



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

BIM TEEDE PROJEKTEERIMISES

BIN IN ROAD DESIGN

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Aleksi Oništšik

Üliõpilaskood 176892 EAXM

Juhendaja: Harri Rõuk

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Aleksei Oništšik (sünnikuupäev: 05.09.1984)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose BIM Teede Projekteerimises,

mille juhendaja on Harri Rõuk,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

Ehituse ja arhitektuuri instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Aleksei Oništšik, 176892 EAXM
Õppekava, peeriala: EAXM15/15 Hooned ja rajatised, teedehitus
Juhendaja(d): lektor, Harri Rõuk, tel. 6202606, harri.rouk@taltech.ee
Konsultant:

Lõputöö teema:

BIM Teede Projekteerimises
BIM in Road Design

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Anda vastused mis on BIM
2. Selgeks teha kuidas saab kasutada infomudeli teede projekteerimises
3. Koostada infomudel

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Töö algallikatega	31.09.20
2.	Autodesk Infracore tarkvara õppimine	31.10.20
3.	Infomudeli koostamine, töö vormistamine	15.12.20

Töö keel: eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** ".....".....20.....a

Üliõpilane: Aleksei Oništšik ".....".....20.....a
/allkiri/

Juhendaja: Harri Rõuk ".....".....20.....a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....20.....a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....20.....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

SISUKORD	5
SISSEJUHATUS	7
1 BIM TÄHENDUS	8
2 PLIIATSIST JA PABERIST BIM-iNI.....	8
3 BIM-i TASEMED	10
3.1 BIM tase 0	10
3.2 BIM tase 1	10
3.3 BIM tase 2	10
3.4 BIM tase 3	11
4 JUHENDI STRUKTUUR	11
5 BIM-i EELISED	11
6 BIM-i RAKENDAMISE PÕHIMÕTTED TEEDE PROJEKTEERIMISEL	12
7 BIM PÕHITÕED.....	14
7.1 Mõisted	14
8 BIM JA PROJEKTIJUHTIMINE	16
9 MUDELDAmise JA DOKUMENTEERIMISE STANDART.....	18
9.1 Nimetamisviisid ja -struktuurid	18
9.2 Mudeli geomeetrilise detailsuse tase (LOD)	18
9.3 Andmete ja tööprotsessi haldamine	20
9.4 Mudeli koordineerimine (kokkupõrke tuvastamine)	20
9.5 Mudeli üleandmine	20
9.6 BIM-i väljundid	21
10 INTELLIGENTSUSE EELIS.....	21
11 BIM-IGA ALUSTAMINE	22
12 STANDARDITE TÄPSEM ÜLEVAADE: KUIVENDUSVÕRGUD	23
13 OLEMASOLEVATE TINGIMUSTE MUDELI LOOMINE.....	24
14 BIM PROTSESSID JA TÖÖPROTSESSID	25
15 BIM INFOMUDELI LOOMINE	27
15.1 Üldinfo.....	27
15.2 Kasutatava tarkvara ülevaade	27
15.3 Projekti põhinäitajad.....	28

15.4 Trassi plaan.....	29
15.5 Pikiprofiil.....	29
15.6 Rajatised	29
15.7 Veeviimarid	30
15.8 Ristmikud ja mahasõidud	31
15.9 Tee elemendid.....	33
15.10 InfraWorks ja Civil 3D koostöö	34
KOKKUVÕTE	37
SUMMARY	38
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	39
LISAD	41
GRAAFILINE OSA	47

SISSEJUHATUS

Meie kiiresti arenevas maailmas on väga oluline olla kursis uute võimalustega, mis muudavad meie tööprotsessid ja teevad elu lihtsamaks.

Riistvara ja tarkvara arendus andis ehitamises võimaluse kasutada mahukaid 3D mudeleid, mis tõi kaasa terve protsessi sünni, mille nimeks sai BIM.

Hetkel kõige levinum valdkond, kus kasutatakse antud infomudelit, on hoonete ehitus. Projekteerijad panevad kokku kõik eriosad (arhitektuur, konstruktsioon, ventilatsioon, elekter, vesi ja kanalisatsioon, gaas, küte) ühte 3D mudelisse, mida ehitaja saab kasutada ehitusplatsil hoonete püstitamiseks. Mudelist saab kiiresti kätte vajaliku informatsiooni iga hoone osa kohta, alustades korruse plaanist kuni vundamentide armatuuri paksuseni koos mahtudega.

Antud diplomitöö autor on teede projekteerija kogemusega üle 10. aastat, mis annab mulle võimaluse võrrelda, kuidas on muutunud teede projekteerimine arvuti abil antud ajavahemikul.

Sageli tekkitab vajadus teha koostööd arhitektidega, kelle käest saan erinevad visualiseeringud ja 3D mudelid, mis aitavad paremini aru saada kuidas hakkab välja nägema objekt üldiselt, kuidas kokku viia erinevad jalgteed ja sissesõidud hoonega jne.

Antud kogemus ajendas tegema oma diplomitöös uuring, kuidas saab kasutada infomudelit teede projekteerimises ja ehituses.

Antud töös mina kirjeldan BIM olemust ja etappe, milliseid teadmisi ja spetsialiste on vaja eduka mudeli loomiseks ning nimetan vajalikud tarkvarad. Diplomitöö praktilises osas koostan infomudeli Tallinna väike ringtee näitel lõigul Peetri alevikust Rae vallas kuni Viljandi maanteeeni Tallinnas. Kirjeldan töö protsessi, näitan kuidas saab kasutada koostatud mudeli teises valdkonnas ja tarkvarades.

Diplomitöö eesmärk on näidata kõik infomudeli kasutamise eelised mitte ainult hoonete, vaid ka teede ja tehnovõrkude ehituses. Anda ülevaade infomudeli loomisest, kuidas seda kasutada ja millised teadmised selleks on tarvis.

Infomudeli ja visualiseeringu koostamisel on kasutatud Autodesk InfraWorks 2021 ja Autodesk Civil 3D 2021 projekteerimistarkvara.

1 BIM TÄHENDUS

Eksisteerib mitmeid uurimistöödest leitavaid BIM (Building Information Modeling) määratlusi ning kõikidest nendest jookseb läbi üks ühine teema - BIM on teabehaldusele keskendunud protsess. [1]

BIM on graafilistest (3D mudelitest) ja mittegraafilisest teabest (dokumentidest) koosnevate digitaalsete andmekogumite loomise protsess ühises digitaalses ruumis, mida tuntakse Common Data Environment (CDE) nime all. Mittegraafiline teave seotakse graafilise 3D mudelitega. Klõkkides 3D esituse erinevatele osadele kuvatakse teavet konkreetse objekti kohta.

Läbiv põhimõte on, et BIM ei võrdle üksiku toiminguga või protsessiga. See ei ole eraldi 3D mudeli loomine või pelgalt arvutipõhise disaini kasutamine, see ei ole mahtude andmebaas. BIM ongi kõike seda.

Rääkides lihtsamalt, BIM on hoone või rajatise 3D mudel. Mudel omakorda koosneb erinevatest elementidest (hoone puhul seinad, ukse, aknad, tehnovõrgud jne). Igal elemendil on kirjeldatud omadused (seina paksus, akna mõõdud jne). Mudeli saab kasutada visualiseeringu koostamiseks. Mudelist saab võtta erinevate sõlmede joonised (korruse plaan, ventilatsiooni sõlmed jne) ja samal ajal ka lihtsalt muuta. Peale muutmist (näiteks akna tõstmine 2 m paremale mööda seinat) muutub automaatselt ka mudelist võetud korruse plaan. Mudel annab võimaluse enne ehitamist juba selgeks teha kas antud hoone sobib keskkonda, kõrge täpsusega määrata vajalikud kulud ja tööjõud, koostada ehitusetappide ajagraafikud. Ehituse käigus vaadata seda tahvelarvuti abil otse objektidel.

BIM mudel teedeehituses koosneb tee 3D mudelist koos rajatistega (sillad, tunnelid), tehnovõrkudega (sajuveekanaliseerimine, tänavavalgustus jne) ja erinevate tee elementidega (piirded, aiad, müratõkkeseinad jne). Samamoodi nagu hoonetel iga element on oma omadustega. Mudeli muutmisel dünaamiliselt muutuvad ka seotud osad (nt plaanilahenduse muutmisel pikiprofiil olemasolevast ja projekteeritud kõrgustega muutub automaatselt).

2 PLIIATSIST JA PABERIST BIM-INI

Mõistmaks BIM-i, tuleb aru saada, mida BIM endast ei kujuta. See on midagi enamat, kui lihtsalt järgmine samm 2D-joonise arengus või veel üks viis viidata 3D

projekteerimisele. Enne 1990. aastaid oli tsiviilinfrastruktuur, hooned ja tööstushooned projekteeritud enamasti pliiatsi ja paberiga. Leonardo Da Vinci oleks võinud siseneda mistahes projekteerimisosakonda ja saada protsessist koheselt aru. Ta oleks imestanud pliiatsite ja paberite parema kvaliteedi üle, ent joonestusprotsessi põhitõed oleksid olnud tuttavad.

Projekteerimises toimus revolutsioon pärast seda, kui arvutipõhine joonestamine (CAD) muutis viisi, kuidas inimesed löid projekteerimislahendusi mistahes lõpptootele, alates sildadest kuni hooneteni ja maanteeni. Projekteerimine arvuti abil nimetati automaatprojekteerimiseks (CAD - Computer-aided design) [2].

Mõned näidised automaatprojekteermistarkvarast:

- PLATEIA. Töötab AutoCad baasil, koosneb moodulitest Layout, Axes, Longitudial Sections, Cross sections, Traffic. Tarkvara arendaja on Sloveenia ettevõtte CGS.
- PYTHAGORAS. Kasutab koordinaatsüsteemi. Sobib paremini geoaluste ja kaarte koostamiseks. Tarkvara arendaja on Belgia ettevõtte ADW Software.
- MXRoad. Koosneb moodulitest. Olemas ka raudtee projekteerimiseks MXRail, maastiku arhitektuuriks MXSite ja tänavate rekonstrueerimiseks ja remontimiseks MXRenew, dokumente koostamiseks MXDraw. Töötab iseseisvalt ning ka Autocad või Microstation baasil. Tarkvara arendaja on Ameerika Ühendriikidest ettevõtte Infracsoft. [3]

Antud diplomitöö autor kasutas oma tööteekonna alguses AutoCAD tarkvara, kuhu oli teede projekteerimiseks integreeritud Land Desktop moodul.

Võrreldes praegu kasutatava AutoCAD Civil 3D-ga, Land Desktop ei võimalda joonestada 3D-s ja ei ole dünaamiliselt muutuv (näiteks muutes pikiprofiili vertikaalplaneering automaatselt ei muutu).

Projekteerimisprotsessid kiirenesid ja suhtlemine suurtes meeskondades muutus mõnevõrra lihtsamaks. Kahemõõtmelised jooned, kaared ja ringid toimusid kujunduskeelena. Seejärel liiguti CAD 3D-sse. Kujundusi oli nüüd lihtsam visualiseerida mida kohe võeti kasutusele hoonete projekteerimisel. Samal ajal jäi aga teeprojekt sarnane 2D projektiga. Teeprojekti joonised on teest pealtvaade (asendiplaan), külgsuuna vaade (pikiprofiil) ja otsevaade (ristlõige). Kasutades BIM ka teeprojektis on nüüd olemas võimalus vaadata pildi terviklikult 3D objektidena.

BIM võimaldab töötada intelligentse mudeli raames intelligentsete objektidega. See intelligentsus tuleb geomeetriliste definitsioonide, suhete ja andmete kujul, mis juhivad mudeli reageerimist selle arenedes. Elemendi muutmisel kohandab ja koordineerib mudel ülejäänud mudelit, et arvestada muudatusi dünaamiliselt. Erinevalt 3D- ja andmebaasipõhisest projekteerimisprotsessist asuvad BIM andmed mudelis; see ei ole väline andmebaas. Niisiis, suudab tarkvara hoida kogu projekteerimise järjepidevana ja kooskõlastatuna.

3 BIM-I TASEMED

BIM võib esineda erineval kujul (või valmiduse tasemetel). Kõige elementaarsemal tasemel võib erinevaid BIM vorme kirjeldada järgmiselt [4]:

3.1 BIM tase 0

Kõige lihtsamalt öeldes tähendab 0 tase koostöö puudumist. Kasutatakse ainult 2D CAD-kavandit, peamiselt ehituslikku teabe jaoks. Tulemus ja levitamine toimub paberil või elektrooniliselt teostatud trükiste kaudu või mõlema variandi kooskasutamisel. Suurem osa tööstusest on antud etapist juba tublisti ees.

3.2 BIM tase 1

Tavaliselt koosneb antud tase kontseptsioonitöödeks vajaliku 3D CAD-i ja kohustuslike dokumentide ja ehitusteabe koostamiseks vajaliku 2D kooskasutamisest. Hallatakse CAD-standardeid ja teostatakse andmete elektroonilist ühiskasutust, sageli töövõtja poolt. Paljud organisatsioonid tegutsevad hetkel antud tasemel, aga koostöö erinevate distsipliinide vahel on piiratud - igaüks avaldab ja haldab oma andmeid ise.

3.3 BIM tase 2

Antud taset iseloomustab koostöö - kõik osapooled kasutavad oma 3D CAD-mudeleid, aga samal ajal ei pea tingimata töötama ühe ühise mudeli kallal. Koostöö sõltub osapoolte vahelisest teabevahetusest - see on antud taseme juures ülioluline aspekt. Projekteerimise teavet jagatakse ühise failivormingu kaudu, mis võimaldab igal organisatsioonil ühendada teave enda andmetega, et koostada ühine BIM mudel ning teostada vajadusel päringuid. Seega peab kummagi osapoole kasutatav CAD tarkvara olema võimeline eksportima andmeid ühisesse failivormingusse, näiteks IFC-sse

(Industry Foundation Class) või COBie-sse (Construction Operations Building Information Exchange).

3.4 BIM tase 3

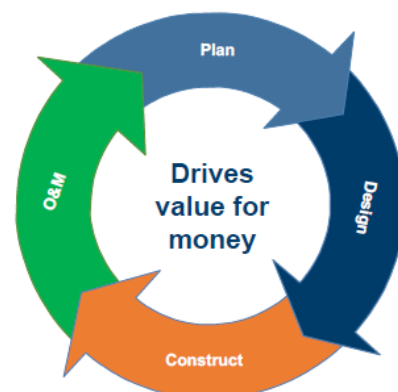
Hetkel veel püha graali staatuses, kujutab antud tase endast kõikide distsipliinide täielikku koostööd, kasutades selleks ühtainsat ning ühist projektimudelit, mida hoitakse tsentraliseeritud hoidlas. Kõik osapooled pääsevad antud mudelile ligi ja saavad seda muuta, mis eemaldab vastuolulise teabe lõpliku riskikihi. Antud taset nimetatakse "avatud BIM-iks". Lahendada tuleb hetkel tööstuses esinev närvilisus konstruktsioonimudelite õigusliku staatus ümber tiirlevate küsimuste osas (nt Binding, Informational, Reference, Reuse).

4 JUHENDI STRUKTUUR

Juhend järgib projekti tavapärast kulgu:

- planeerimine (*Plan*)
- projekteerimine (*Design*)
- konstrueerimine (*Construct*)
- vormistamine (*Operate and Maintain*)
- ehitise haldamine/toimimine (*Operate and Maintain*).

Joonis 1: Struktuuri näide



5 BIM-I EELISED

BIM on kasulik ehitise terve elukaare vältel. Eelised on veel tasuvamad, kui protsessi vaadeldakse tervikuna ja teabe/andmetega seotud nõudeid kooskõlastatakse. Suuremaid eelised on kulude kokkuhoid, vähem ümbertegemist ja kõrgem tootlikkus.

Kulude kokkuhoid saavutakse läbi:

- Selgelt tuvastatud kliendi nõuded. Tõhusaim disain. Klient saab projekteerimise käigus ülevaade, milline tuleb tellitud objekt, kuidas see sobib keskkonda.
- Vähem ümbertegemist, kuna projekteerimisvead tulevad välja enne ehitamise algusest.
- Täpsem ajastamine. Mudelis kirjeldatud detailsemalt kõik ehitus etapid, mahud ja materjalid. Koostatud ajagraafikud
- Vastuolude tuvastamine projekteerimisfaasis, vähem ümbertegemist.

Vähem ümbertegemist aitab säästa aega ja vähendada kulud. Ehitamise käigus leitud projekteerimise viga on keerulisem lahendada ja oluliselt kallim.

Kasutades BIM-i on kõrgem tootlikkus projekteerimis- ja ehitusetappides. Kõik protsessid, mahud, materjalid, ajakavad on detailselt kirjeldatud. Andmed saadakse ühe klikkiga. Mudeli saab vaadata erinevates seadmes objektidel, andmed jagada erineva ehitustehnika vahel.

6 BIM-I RAKENDAMISE PÕHIMÕTTED TEEDE PROJEKTEERIMISEL

Kõik projekti lühikokkuvõtted, mis on mõeldud projekteerijate kaasamiseks peavad projekti igas etapis sisaldama selget Employer Information Requirements'ide (EIR) määratlust. Olenevalt projekti keerukuse ja riski tasemest läheb vaja BIM EIR-i skaleeritavust. Kõikide projektide puhul ei pruugi BIM protsessi rakendamine olla nõutud. Suurprojektide puhul määratletakse Employer Information Requirements lisana, samas kui eraldiseisvat BIM projekti lühikirjeldust võib kasutada teiste projektide korral.

Kõik osakondade projektide hankemenetluse esindajad peavad enne hanke etappi esitama kavandatud lähenemisviisi, suutlikkust ja võimekust täita osakonna BIM nõudeid vastavalt EIR-is sätestatule.

BIM Management Plan (BMP) koostatakse võitja poolt ning selles antakse ülevaade järgneva käsitlemisest:

- projekti eesmärgid
- teabehaldusprotokollid (rollid, vastutus ja kohustused)
- personali kvalifikatsioon ja kogemus infomudelite koostamisel

- kommunikatsiooni- ja koostööstrateegiad töövõtjate meeskonna ning töövõtja teabe modelleerimise juhi ja administraatoriga
- kogu projekti hõlmava teabe mudeldamise ja CAD-failide valideerimise meetoodika
- failide jagamine, säilitamine ja otsing
- lisanõuded, mis on määratletud Employer Information Requirements'is või BIM Briefis

Projekteerimise haldamine - distsipliini esindajad, kes vastutavad lõplikku teabe eest distsipliinide spetsiifilistes mudelites, mida nad ise kontrollivad, hangivad vajadusel teavet muudest mudelitest ja allikatest, mille tagajärjel toimub liitmudeli väljatöötamine või teabevahetus Common Data Environment'is (CDE)

Common Data Environment'i (CDE) loomine ressursside üksikasjade ja avatud juurdepääsuga teabe talletamiseks.

Distsipliinispetsiifiliste infomudelite väljatöötamine, kasutades ühte järgmistest tööriistade kombinatsioonidest:

- distsipliinipõhine tarkvara; üksikute omanduses olevate andmebaasidega, mille omavaheline toimimine on piiratud, või seotud projekteerimisanalüüsi tarkvaraga
- distsipliinipõhine tarkvara koos üksikute omanduses olevate andmebaasidega, mis on täielikult ühilduvad, piiratud ühilduvusega seotud projekteerimisanalüüsi tarkvaraga
- distsipliinipõhine tarkvara koos üksikute andmebaasidega ja nendega seotud projekteerimisanalüüsi tarkvara, mis on täielikult ühilduv, või
- ühe lähtekoodiga platvormitarkvara koos ühe välise relatsiooniandmebaasiga ja sellega seotud projekteerimisanalüüsi tarkvara, mis on täielikult ühilduv

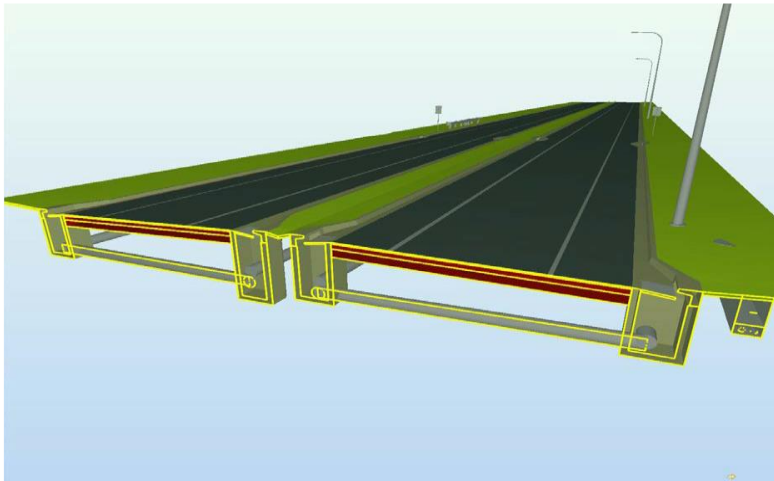
7 BIM PÕHITÕED

7.1 Mõisted

Enamiku projektide raames koostab iga projekteerija või valdkond oma mudeli, nt drenaaz, ehitised, tee. Neid mudeleid saab seejärel kombineerida või ühendada ühiskasutatava mudeli loomiseks. Valdkondade vaheline koordineerimine, tuntud ka kui kokkupõrke tuvastamine, on võimalik kinnitada ühendatud mudelis. Vajalikud muudatused tehakse individuaalsetes mudelites.

Suurte projektide korral võib mudeleid jagada sisemiste protsesside tarbeks ja failide suuruse paremaks haldamiseks mitmeks väiksemaks mudeliks.

Joonis 2: Ühendatud mudeli näide



- Projekt BIM Brief [5]

Määratleb, "mida" on vaja

Projektijuht töötab project BIM Brief'i välja enne projekteerimismeeskonna kaasamist. See annab ülevaate projektist ning eesmärkidest ja eelistest, mida osakond soovib BIM-iga saavutada. See peaks sisaldama piisavalt üksikasju, et projekteerijad saaksid osakonna BIM-i ootuste äri- ja programmimõjusid adekvaatselt hinnata. Projekt BIM Brief'i võib nimetada ka Employer Information Requirements-iks (EIR) [5].

BIM Brief /EIR on osa lepingudokumentatsioonist.

- *Projekti BIM Management Plan* [7]

Määratleb, "kuidas" täidetakse EIR-i nõudeid.

See on BIM-i projekti edukaks rakendamiseks kõige olulisem dokument. Olles BIM Briefi laiendus töötab selle välja projektimeeskond pärast nende kaasamist ja enne projekteerimise algust. See on reaalajas eksisteeriv dokument ja seda saab uuendada kogu projekteerimise, ehituse ja viimistlusetappide vältel. Seda kasutatakse osakonna eesmärkide saavutamisel, nagu on kirjeldatud Employer Information Requirements dokumendis ning määratletakse, kuidas nimetatud eesmärke saavutada. Projekti BIM Management Plan jaotab peamised kohustused ja määratleb kasutatavaid protsesse, protseduure ja vahendeid.

Projekteerimisfaasi lõppedes edastatakse projekti BIM Management Plan projekteerimismeeskonnalt ehitusmeeskonnale, mis muudab ja täiendab seda ehitusetapi BIM tegevustega.

- *BIM Uses* [8]

Määratleb modelleerimisel rakendavate BIM protsesside "kasutusalasid".

BIM hõlmab mitmeid protsesse või ülesandeid, näiteks kulude prognoosimist, kokkupõrgete tuvastamist, olemasolevate tingimuste modelleerimist, projekteerimise haldamist ja koordineerimist.

- *BIM juht* [9]

Osakonna projektijuhi poolt määratud isik (kas iseseisvalt kui mõne teise ametikoha laiendusena). BIM juht juhivad projekti BIM Management Plan-i koostamist ja koordineerib teiste projektis osalejate panust. Nende eesmärk on erinevate mudelite ühendamine/liitmine üheks koordineeritud mudeliks, mis sisaldab järjepidevat ja struktureeritud teavet/andmeid.

BIM juhti võib kaasata kogu projekti raames või eraldi projekteerimis- ja ehitusetappide jaoks.

- *BIM distsipliinide koordinaator* [10]

Iga projekteerimise distsipliini koordinaator. Koordinaatorite ülesanne on tagada, et nende mudelid vastaksid BIM Management Plan-ile. Nad juhivad oma meeskondade koordineerimistegevusi.

Detailsemalt mõisted on toodud peatükkis LISAD.

8 BIM JA PROJEKTIJUHTIMINE

BIM-i rakendamine projektis ei asenda projektijuhtimise funktsiooni. Projektijuht peab säilitama üldise kontrolli projekti programmi, tulemuste ja kommunikatsiooni üle.

Projekti BIM Brief (kokkuvõte) ja Management Plan (halduskava) peaksid olema projektijuhtimise dokumentatsiooni lisad. BIM Brief koostamisel peaks eesmärgiks olema projektiplaanide sisu mittedubleerimine.

Projekti BIM Briefi töötab osakonna projektijuht välja enne osakonna meeskonna kaasamist.

Projekti BIM Briefi väljatöötamisel peaks projektijuht vaatlema projekti üldisi eesmärke ja kaaluma, kuidas aitab BIM-i kasutamine neid eesmärke saavutada. Igale eesmärgile saab omistada konkreetse kasutusviisi, mis aitab eesmärki saavutada. BIM Uses lõplikul määramisel peaks osakonna projektijuht arvestama kaasnevate eeliste ja tõenäoliste kuludega.

Projekti BIM Brief peab sisaldama järgmist teavet:

- Teavet projekti kohta
- Projekti võtmeisikuid
- Projekti eesmärke
- BIM kasutamise kompetentsinõudeid
- Kliendispetsiifilisi nõudeid
- Projekti väljundit
- Viidatud dokumente ja standardeid.

Projekti BIM Brief peaks määratlema osakonna poolt nõutavaid ehitusetappe ja käitamisetappe, isegi kui hangitakse ainult projekteerimisetapi teenuseid. Hilisemate etappide nõuded võivad mõjutada projekteerijate tööd.

Vastates hankekutsele peaksid projekteerijad märkima, kuidas nad rakendavad nende käsitlusalasle jäävaid konkreetseid BIM kasutusviise.

Management plan töötab välja projektijuht pärast projekteerijate kaasamist ning enne projekteerimisdokumentatsiooni menetlust või sõltuvalt lepingust töövõtja varase

kaasamise osana. See on koostöös valmiv dokument, kus iga valdkonna koordinaator tagab tema valdkonna erinõuete kaasamise.

Management Plan on vastus osakondade projekti BIM Briefile.

Management Plan sisaldab üldiselt järgmist teavet:

- Teavet projekti kohta
- BIM Managementi
- Projekti võtmeisikuid
- Projekti eesmäärke
- Infohaldus ja -vahetus
- BIM Uses
- Koostöö
- Projekti väljundid
- Kvaliteedikontroll
- Mudelelemendi funktsioone, ja
- Viidatud dokumente ja standardeid.

Management Plan peaks olema reaalajas kasutatav dokument. Seda tuleks muudatuste korral uuendada.

Töövõtja kaasamisel tuleks koheselt koostada BIM Management Plan.

Projektijuhti võib kaasata kogu projekti vältel või eraldi projekteerimis- ja ehitusetappides. Nendeks võib olla kaks erinevat osapoolt. Kahe osapoole kaasamisel peaksid pooled tegema koostööd ehitusetapi BIM Management Plan-i väljatöötamiseks.

Töövõtja ja alltöövõtja peavad selgelt aru saama, millisesse etappi projekteerimismudelid kuuluvad.

9 MUDELDAMISE JA DOKUMENTEERIMISE STANDART

Järgnevalt on toodud mudeldamise ja dokumenteerimise standart, mida kasutab oma töös projektijuht või BIM koordinaator.

9.1 Nimetamisviisid ja -struktuurid

BIM-i üks suurimaid eeliseid on võimalus taaskasutada tõhusalt mudeli andmeid ja nendega seotud ressursse. Osakonna projektijuhi ja teiste osapoolte arutelude tulemusena peaks Management Plan määratlema:

- Elementide detailsuse ja nimetamismeetodid ning vastama vähemalt osakonna joonestamise ja projekteerimise esitamishendi nõuetele, ning
- Elementidele esitatavaid konkreetseid parameetrinõudeid.

Isegi kui mudeli/andmete lõppkasutamine ei ole kinnitatud, tuleb andmed luua võimaliku tulevikus kasutamise eesmärgil struktureeritult ja terviklikult.

9.2 Mudeli geomeetrilise detailsuse tase (LOD)

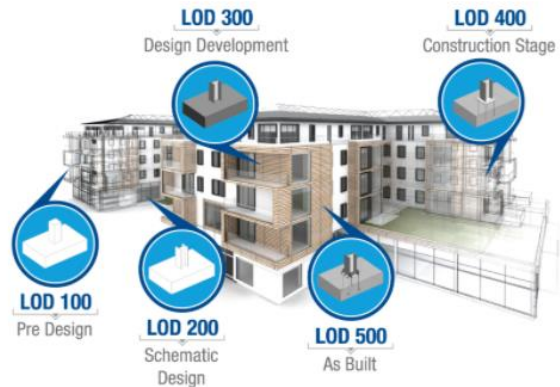
LOD (Level Of Development) [5] on skaala, mida saab kasutada sisu, mida eeldatavasti kasutatakse konkreetsete mudeli elementide väljatöötamiseks, usaldusväärse näitamiseks. LOD-i peamine eesmärk Management Plani integreerituna on anda igale projekteerimis- / ehitusmeeskonna liikmele selge ülesanne - igas etapis koostatava mudeli sisu ja mil määral saavad teised neile loota.

Määratletud tasemed (koos sisunõuetega) on:

- LOD 100 Conceptual: mudeli element(id) on esitatud mudelis sümbolina või geneerilise elemendina (mahumudelina või massina), kuid mis ei vasta LOD 200 arengutasemel. Mudelielementidega seotud teavet (st ruutmeetri hind jne) võib tuletada muudest mudeli elementidest.
- LOD 200 Approximate geomeetria: mudeli element(id) on esitatud mudelis geneerilise tarindina, hoone osana, elemendina/objektina ja/või koosteosana, millel on määratud ligikaudne maht, mõõtmed, kuju, asukoht ja suund. Lisaks geomeetriaale võib mudel sisaldada mittegeomeetrilist informatsiooni .

Joonis 3: LOD 100 kuni 500 näide

- LOD 300 Precise geomeetria: mudeli elemendid on esitatud mudelis tüüptarindina, hoone osana, objektina ja/või koosteosana, millel on määratud ligikaudne maht, mõõtmed, kuju, asukoht, suund ja sidusus teiste hoone või rajatise osadega. Lisaks geomeetria sisaldab mudel mittegeomeetrilist informatsiooni.



- LOD 400 Fabrication: mudeli elemendid on esitatud mudelis kindlate toodetena, hoone osana, objektina ja/või koosteosana, millel on määratud olulisemad andmed, mõõtmed, kuju, asukoht, suund ja sidusus teiste hoone või rajatise osadega ning lisaks tootmise, detailide, koostamise ja paigaldamise informatsioon. Lisaks geomeetria sisaldab mudel mittegeomeetrilist informatsiooni.

LOD 500 As-built: Mudeli element on esitatud mudelis selliselt, et see kirjeldab tegelikkust. mudelielement on esitatud täpse suuruse, kuju, asukoha, koguse ja paigutusega. Lisaks geomeetria sisaldab mudel mittegeomeetrilist informatsiooni.

Skemaatiliselt mida iga tase ennast kujutab on näidatud joonisel 3.

LOD kontseptsioon hõlmab mitmeid projekteerimiselementide aspekte:

- Graafilise detaili tase/modelleerimise täpsus
- Mittegraafilise teabe kogus, kvaliteet ja olulisus, ning
- Mittegraafilise teabe tüüp, nt mudeli elementides sisalduv, ühendatud mudeli elementidega, mudeli elementidest eraldatud, ent ristviidetega neile.

Kõik need aspektid toetavad LOD-i kontseptsiooni, ei ole need määravad, LOD on nende kõigi summaarne väärtus.

Põhimõtteliselt, kui arvestatakse kõikide nende aspektidega, tähistab LOD seda, mis määral saab konkreetsel ajahetkel otsuste tegemisel tugineda elemendi kohta käivale teabele. See on koostöötamise korralduse kontekstis kõige kriitilisem mõiste.

9.3 Andmete ja tööprotsessi haldamine

Kuigi BIM keskendub mudelitele, "toodetakse" projekti käigus palju mittegraafilisi ja mudeldamata andmeid. Mudeldamata andmeid tuleb hallata ja kooskõlastada sarnaselt BIM mudelile. Kuigi need andmed pole mudelis säilitamiseks praktilised, tuleb need siduda asjakohaste mudeli elementidega. Nende andmete hulka kuuluvad näiteks inspektorite tehtud fotod, katsetulemused ja -andmed, projekteerimislahenduste erandite raportid jne.

Data Management Systems (DMS) on hõlpsasti kättesaadav ning on olnud projektides kasutusel juba mõnda aega. Seda tüüpi süsteemid võivad luua olulist lisandväärtust mudelisse mittekuuluvate andmete haldamises ja nende sidumises asjakohaste mudeli elementidega.

DMS-id võivad pakkuda väärtust ka tööprotsesside automatiseerimises. See parandab andmete kogumise ja levitamise koordineerimist erinevate meeskonnaliikmete vahel. Projekti teabe jagamise haldamiseks kõigi projektimeeskonna liikmete vahel tuleks luua A Common Data Environment (CDE) [7].

9.4 Mudeli koordineerimine (kokkupõrke tuvastamine)

BIM protsessi üks peamisi eeliseid on mudeldatud elementide koordineerimise võimalus. Koordineerimisküsimuste lahendamiseks mudeldatud keskkonnas võimaldab märkimisväärset kokkuhoidu.

Iga distsipliini BIM koordinaator vastutab selle eest, et nende vastutusallas olevad mudelid oleksid kooskõlastatud kõigi osapooltega. Peamised probleemid tuleks lahendada enne mudelite liitmist ja kontrollida kokkupõrke tuvastamise protsessides.

9.5 Mudeli üleandmine

Mudeli väljastamisel peaks distsipliini BIM koordinaator lisama sinna Model Description Document-i (MDD) [5], mis sisaldab olulist teavet mudeli kohta. MDD tuleks nimetada nii, et seda saaks seostada hõlpsasti õige mudeliga ning kirjeldada mudeli sisu, selle eesmärki ja piiranguid.

MDD vormistus ja sisu tuleks kokku leppida ja dokumenteerida BIM Management Plan-i osana.

9.6 BIM-i väljundid

Project BIM Brief peaks kirjeldama selgelt nõutavaid väljundeid. Hetkel põhinevad lepingud 2D paber kandjal dokumentidel (joonised, aruanded, ajakavad ja spetsifikatsioonid). BIM protsessi edasikulgemisel saab antud teavet edastada BIM režiimis.

Kui mudel peab sisalduma üleandmisdokumentides, nii projektimeeskonnalt osakonnale/töövõtjale või töövõtjalt osakonnale, tuleb kinnitada järgmised punktid:

- mudelid eraldi või kombineeritult
- formaadi/faili tüüp
- mis on (ja mida ei ole) mudelisse kaasatud.

Kui 2D väljundid genereeritakse mudelist, peaksid need esindama täpselt mudeli vaadet.

10 INTELLIGENTSUSE EELIS

BIM tähendab tegutsemist täiesti uuel viisil. BIM mudeli intelligentsus avab efektiivsuse uue tase. Oletame, et projekteeritakse viadukti, kasutades BIM protsessi. Projekteeritakse mudelis viadukti toetavat konstruktsiooni. Konstruktsiooni kõik komponendid, sealhulgas tammid, tugipostid ja piirded, vastavad mudelis määratud või oma piirkonna spetsifikatsioonide loetelust võetud spetsifikatsioonidele. Klient soovib muuta profiili. Muudetakse profiili ja muudatus kajastub automaatselt kogu projektis. Puudub tarvidus muuta igat komponenti käsitsi.

Näidiseks on minu pool salvestatud video, kus ma muudan asendiplaani ja pikiprofiili, mudel muutub automaatselt. Lingid videotele on toodud peatükis LISAD.

Muudatuste efektiivsuse kõrval on kõige silmatorkavam eelis see, et kõik, mida projekteerija ja projektimeeskond saavad teha mudelis sisalduva teabega. Töötades projekti intelligentsse 3D-mudeliga, mis sisaldab kõiki transpordivõrke,

kommunaalteenuseid, avatud ruume, hooneid ja infrastruktuuri komponente ning valides mistahes linnatänavat, näeb koheselt selle asukohta, ühendavaid tänavaid, üld- ja maa-aluseid kommunaalteenuseid, läheduses asuvaid hooneid ja palju muud.

Selline mudel hõlbustaks projektiga töötamist; see parandaks ka kõikide toimingute ja hoolduse kavandamist piirkonnas. Linn või muud infrastruktuuri omanikud võiksid riski modelleerimiseks ja ressursside jõudluse suurendamiseks korraldada simulatsioone. Samuti oleks võimalik võrrelda olemasolevate tingimuste kontekstis planeerimise alternatiive.

Vastupidiselt 2D või 3D CAD-le võib BIM andmetel olla oluline roll mitmetes protsessides ilma oluliste ümbertegemise vajaduseta. Kasutades BIM protsesse saab:

- Luua intelligentset mudelit ning kasutada mudeli andmeid kogu ehitise elukaare jooksul
- Uuendada üksikuid mudeli objekte ilma, et peaks redigeerima iga mõjutatud objekti üksikuid osi
- Jagada mudeleid teiste erialade spetsialistidega
- Mudeldada elemente, et kajastada nende tegelikku asukohta ruumis ja suhet teiste objektidega

Nii nagu erineb andmete töötlemine BIM-is ja CAD-is, erineb ka projekteerimisprotsess. Antud artikli ülejäänud osa vaatlleb mõnda erinevust ja annab juhiseid nendega arvestamiseks BIM-ile üleminekul.

11 BIM-IGA ALUSTAMINE

Mõned organisatsioonid planeerivad BIM-ile üleminekut liiga aktiivselt. Nad mõistavad, et BIM-i rakendamisel on oluline omada selgeid standardeid, nii et nad püüavad standardiseerida kõike enne BIM protsesside kasutamist ühes projektis.

Parim lähenemisviis on mõelda sellele, et mida soovivad projekteerija, tellija ja ülejäänud meeskond projekti väljatöötamise ajal mudeliga teha. Samuti tasuks mõelda ka sellele, kuidas saaks mudelit kasutada ehitiste haldamiseks pärast projekti valmimist. Tuleks seada koostöös projekteerimis meeskonnaga eesmärged, mis toetavad mudeli tegelikku kasutamist ning kommunikeerida neid tervele meeskonnale.

Tuleks tähele panna milline oluline teave, näiteks füüsilised omadused ja objektide suhted mudelis, on eesmärkide saavutamiseks olulised. Seejärel defineeritakse standardeid, mis lihtsustavad alustamist.

BIM-i rakendamiseks tuleb projekteerimises kasutatavatele objektidele kehtestama standardid. Vaja läheb ka malle, mis toetavad konkreetse organisatsiooni eelistusi objektide kujutamise osas. BIM standardeid on erinevates vormingutes, sealhulgas:

- Näidismallid
- Tsentraliseeritud sisukogu kasutaja BIM tööriistades
- Tööriistades sisalduv parameetrite fail, mida saab uuendada ja jagada meeskonnasiseselt
- Valdkonnaspetsiifilised objektiraamatukogud; neid saab sageli teisendada olemasolevatest detailiraamatukogudest

On tarvis standardeid kõikide tavaliselt kasutatavate objektide jaoks. Lihtsaim viis alustamiseks on BIM standardite kogu, mis vastab või on sarnane sellele, mida vajab nii projekteerija kui ka tema tellija. Standardeid saab muuta, et need vastaksid paremini projekteerija vajadustele ja eelistustele. Näiteks sisaldab Autodesk AutoCAD Civil 3D tarkvara mitut tüüpi tsiviilinfrastruktuuri objektide loetelu, näiteks survetorude võrgustik ja tasandamine.

12 STANDARDITE TÄPSEM ÜLEVAADE: KUIVENDUSVÕRGUD

Kasutame näitena kuivendusvõrke ning vaatleme BIM-i rakendamisel määratlemist vajavaid objekti intelligentsust ja omadusi. Enne üksikasjadesse sukeldumist on oluline meeles pidada, miks on standardite eelnev määratlemine nii oluline. BIM-iga projekteerid objektidega, mitte joonte, kaare ja viirutustega. Drenaaželemendid, näiteks torud ja kaevud, on kõik suurema mudeli objektid. Iga objekt sisaldab teavet enda ja seoste kohta teiste mudeli objektidega. Näiteks toru ei ole lihtsalt mõni rida või tekst. BIM protsessis hõlmab toru määratlev teave endas:

- Toru füüsilist geomeetriat, sealhulgas seinapaksust ja läbimõõtu
- Konstruktsiooni tugevust

- Projekteerimisreegleid, mis kontrollivad asetust, näiteks nõudeid loa saamiseks
- Minimaalset kallet versus veekiirust
- Teavet tingimuste osas, näiteks konstruktsiooni terviklikkust

Toru paigutamisel mudelisse, saab see ise "soovitada" enda omadusi, mis põhinevad projekteerija määratletud projekteerimisstandarditel ning mudeli muude objektide asukohal ja omadustel. Nagu sai varem mainitud, on võimalik ajakokkuvõid, alustades eelnevalt määratletud BIM-i standarditest, mis vastavad või on sarnased järgitavatele standarditele. Enne projektiga alustamist tuleks muuta kõikide võrgu põhielementide määratlusi nii, et need vastaksid kasutatavatele standarditele. Kuna planeerimise komplektid on endiselt tavaliselt nõutav väljund, määratletakse kindlasti iga objekti kujutamist prinditud ehitusdokumentides. Väga sageli on need eelistused kindla organisatsiooni ja geograafia osas üsna eristatavad. Enda printimisstandardite määratlemine tagab, et BIM protsesside abil tehtud töö säilitab dokumentatsioonis projekteerija organisatsiooni "näo" .

Kuivendusvõrkude puhul peab määratlema selliseid objekte nagu sisselaskeavad, kaevukatted ja torud. Iga objekti puhul kaalutakse täpsustamist vajavaid materjale. Kas torud on plastikust, metallist või betoonist? Seadistatakse BIM tööriistad vastavalt kasutaja eelistatud spetsifikatsioonidele.

Sama oluline on määratlema objektide käitumist kontrollivaid kriteeriume. Eelmääratud standardid hõlmavad tõenäoliselt paljusid ühiseid kriteeriume, näiteks torude suurust ja paksust. Teised kriteeriumid eristuvad projekteerija piirkonnast või tööprotsessidest. Põhjalikult määratletud kriteeriumid säästavad märkimisväärselt projekteerija aega. Näiteks kui määratletakse sademevee kanalisatsioonitorude ja muude kommunaalteenuste minimaalse eraldatuse, aitavad BIM tööriistad säilitada antud vahemaad automaatsel kogu projekti vältel.

13 OLEMASOLEVATE TINGIMUSTE MUDELI LOOMINE

BIM-i kasutamise alustamiseks infrastruktuurprojektis tuleb kõigepealt luua intelligentse olemasolevate tingimuste mudeli, mis kiirendab projekti tempot. Vastupidiselt traditsioonilisele tingimuste joonistele, kus pole sageli piisavalt detaile ja põhjalikkust, et panustada projekti hilisematesse etappidesse. BIM protsessis on olemasolev tingimuste mudel 3D-s, ruumiliselt täpne ja andmete rikas - mitte ainult

2D või 2D elemendid, mis on kuvatud 3D-efektidega. Saab iseseisvalt teha seadistused, kogudes kokku kõik vajalikud andmed ja määrates seejärel mudeli elementidele õige objekti intelligentsuse. Olemasolevate tingimuste mudeli loomisprotsess Autodesk InfraWorks 360 tarkvaras, BIM protsesse toetav eelprojekteerimis- ja projekteerimisvahend, algab andmete kogumisega. Tõenäoliselt alustatakse teatud tüüpi piirkonna vaatlusandmete kogumisega. Laserskaneerimisel põhinevad uuringutehnikad loovad detailrikkaid punktpilvi, mida saab lisada otse kasutaja tarkvarasse. Tuleks täiendada oma uuringuandmeid muudest allikates pärit andmetega. Avastatakse, et palju geograafilisi infosüsteeme (GIS), utiliite, õhuruumi uuringud, planeeringud ja keskkonnaandmed on hõlpsasti kättesaadavad. Saab olemasolevate tingimuste mudelisse lisada teavet sellistest allikatest nagu Bing Maps [5].

Mudelisse on võimalik teisendada mitmeid levinumaid ruumiandmete formaate. Mudeli objektidel on omadusi, mis muudavad need intelligentsemaks. Näiteks näeb toru 3D-mudelis välja nagu päris toru. Sellel on läbimõõt, sügavus maapinnast ja seos teiste mudelis sisalduvate objektidega.

Antud ettevalmistavas etapis saab lisada mudeli elemente kiiremini. Suhteliselt lühikese ajaga on võimalik luua ja hinnata mitmeid alternatiive ning esitada olemasolevatele tingimustele erinevaid võimalusi projekti otsustajatele. Laiendades oma mudelit pilveks, saab seda kasutada ka mobiilseadmetes.

Võib vaadelda projekti asukohta koos teiste osapooltega, kes saavad parema ülevaate kavandatud alternatiividest tegelikes tingimustes.

Partnerid saavad hinnata erinevaid võimalusi rikkalikus kontekstis, mis aitab neil teha teadlikumaid valikuid. Pärast nende otsuseid saab tuua esialgse mudeli AutoCAD Civil 3D-sse. Tarkvara tunneb mudelis olevad objektid ära. Rakendades objektide suhtes eelnevalt määratletud standardeid, lisatakse mudelile automaatselt detaile ja intelligentsust. See on näide sellest, kuidas saab kasu standardite määratlemisest. Säätatakse rohkem aega praktiliselt iga järgmise projekti puhul, mis kasutab samu standardeid.

14 BIM PROTSESSID JA TÖÖPROTSESSID

BIM-i tõhusaks rakendamiseks on soovitatav luua projekti täitmiskava. Väiksemate projektide korral võib selline plaan olla üsna lihtne. Mitme osapoolega suurte

projektide puhul võib detailne plaan olla hädavajalik, et hoida kõiki samal kursil. Miks on plaan vajalik? BIM-i abil projekteeritakse intelligentsete objektidega. Tuleb teada, milline intelligentsus peab objektidel olema juba projekti algusest. Ka siis, kui jagatakse intelligentsetel objektidel põhinevaid projekteerimislahendusi, võib muudatus lainetada läbi kogu projekti. Projekti põhiplaani peaks:

- Määratlema peamistele mudeli objektidele lisatavat intelligentsust; näiteks liigitusplaani, mida kasutatakse GPS-iga juhitud liikumiseks, nõuab suuremat täpsust
- Määratlema, kuidas ja milliseid andmeid kasutatakse ehitise elukaare jooksul
- Kirjeldama, kuidas ja millal edastatakse andmeid projektis osalejate vahel

Mudel peaks olema piisavalt üksikasjalik, et toetada kõiki kavandatud kasutusalasid kogu infrastruktuuri ehitise elukaare jooksul. Kuna andmeid saab kasutada palju enamaks kui traditsiooniliseks 2D või 3D CAD-andmeteks, võidakse avastada, et küsitakse projekti alguses palju uusi küsimusi. Näiteks:

- Kas mudelit kasutatakse lisaks dokumenteerimisele ka valmistamiseks?
- Kuidas kasutatakse mudelit ehituses?
- Mille jaoks veel saab mudelit kasutada? Analüüsid, simulatsioon, optimeerimine? Mida on alati tahtnud teha, ent mis oli 2D või 3D CAD-iga võimatu?
- Millal ja kuidas jagatakse andmeid projekti teiste distsipliinidega? Igapäevaselt? Iga nädal? Igakuiselt?
- Kui sageli peaks koordineerima projekti mudeleid?

Täpse plaani olemasolu aitab hoida meeskonda rea peal. Soovitav on täiustada oma projektiplaani BIM-i rakendamise protsessis vahe-eesmärkidega kirjapanekuga ja jagamise protsessiga. Kui meeskond näeb ja jagab BIM-i eeliseid, on neil lihtsam hinnata standardite ja protsesside määramisel tehtud tööd. Näiteks võib profiili esmakordsel liigutamisel ja sellega seotud mudeli elementide ning dokumentide automaatsel uuendamisel olla inseneri jaoks "kõikemuutev" efekt. Pole tähtis, mil määral kasutaja mõistab BIM-i ja loeb selle kohta, need "ahha-momendid" illustreerivad tööstuse püüdlusi liikuda intelligentse mudelite kasutamise poole.

15 BIM INFOMUDELI LOOMINE

15.1 Üldinfo

Antud diplomitöö raames on minu poolt lahendatud Tallinna väike ringtee osa eskiisi staadiumis.

Lõik ühendab Tallinnas Viljandi maanteed (Viljandi mnt – Valdeku tn ristmik) ja Peetri külas Vana-Tartu maanteed (Järveküla-Jüri tee - Vana-Järveküla tee ristmiku piirkond).

15.2 Kasutatava tarkvara ülevaade

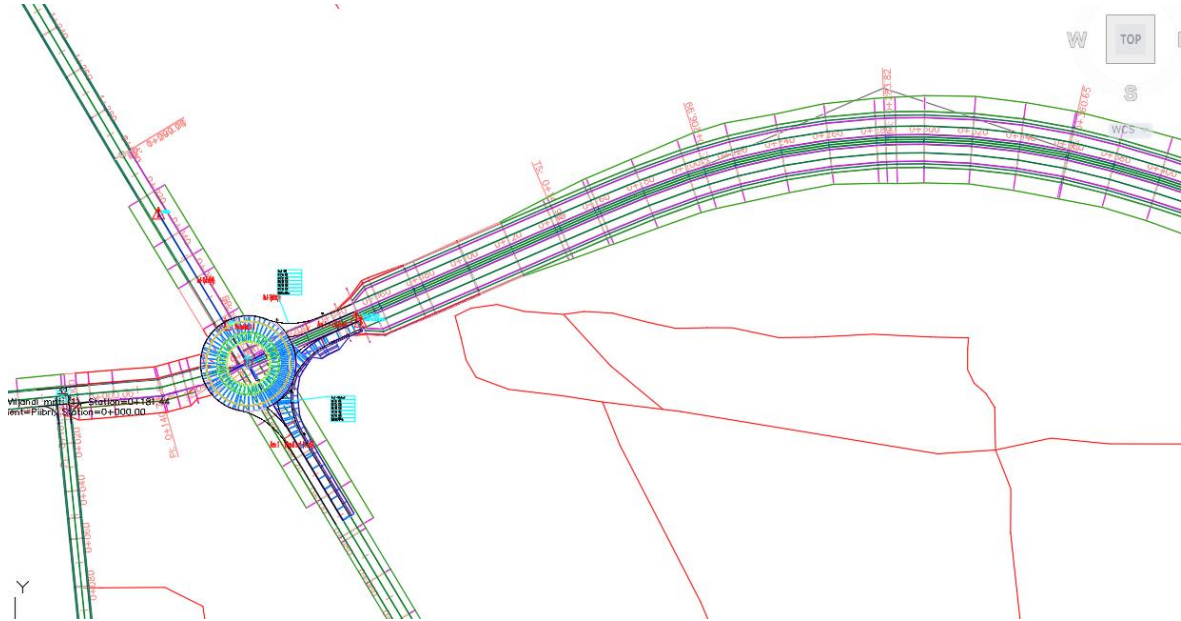
Eskiisi loomiseks on kasutatud minu jaoks uus Autodesk Infracore ja juba tuttav Autodesk Civil 3D. Autodesk Infracore tarkvara kasutamist õppisin koos infomudeli loomisega. Selleks kasutatud erinevad koolitusmaterjale ja videod [5].

Nende kahe tarkvara kasutamise suureks plussiks on see, et mudelit saab omavahel importida. Autodesk Infracore sobib paremini eskiisi ja eelprojekti järgus projekteerimiseks ning visualiseeringu koostamiseks. Autodesk Civil 3D sobib paremini juba tööprojekti vormistamiseks.

Joonis 4: Autodesk Infracore



Joonis 5: Autodesk Civil 3D



15.3 Projekti põhinäitajad

Tallinn väike ringtee lõik Viljandi mnt – Vana-Tartu mnt [6]:

- maantee klass – I
- projektkiirus – 100 km/h
- teelõigu pikkus- 4.33 km
- sõiduradade arv – 4
- sõiduraja laius – 3,5
- katte laius 9,0 m (sh kindlustatud tugipeenrad)
- projektis kasutatud plaanikõverike radiused vastavad „H” tasemele. Ülejäänud trasselemendid on „H” tasemel.

15.4 Trassi plaan

- Projekteeritud sõidutee telgjoon lähtub Rae valla poolt valitud tee koridorist [6].
- Projekteeritud lõik algab Tallinnas Viljandi mnt – Valdeku tn ristmikust ja lõppeb Peetri alevikus Järveküla-Jüri teel.
- Projekteeritud on 4 pöördnurka, minimaalne raadius 350 m. kõverikud on projekteeritud siirdekõveratega, sõidumugavuse suurendamiseks kasutatud viraaži kaldega 4,0%.
- Trassi terves ulatuses on kasutatud 2,5% kahepoolsed põikkalded.
- Trass algab ja lõppeb ringristmikuga.
- PK 13+60 on projekteeritud sild üle Kuma oja. Silla pikkus on 125m.
- PK 19+75 on projekteeritud veel üks sild avaga 35 m. Seda on võimalik asendada ka truupidega järgmises projekteerimis etapis.

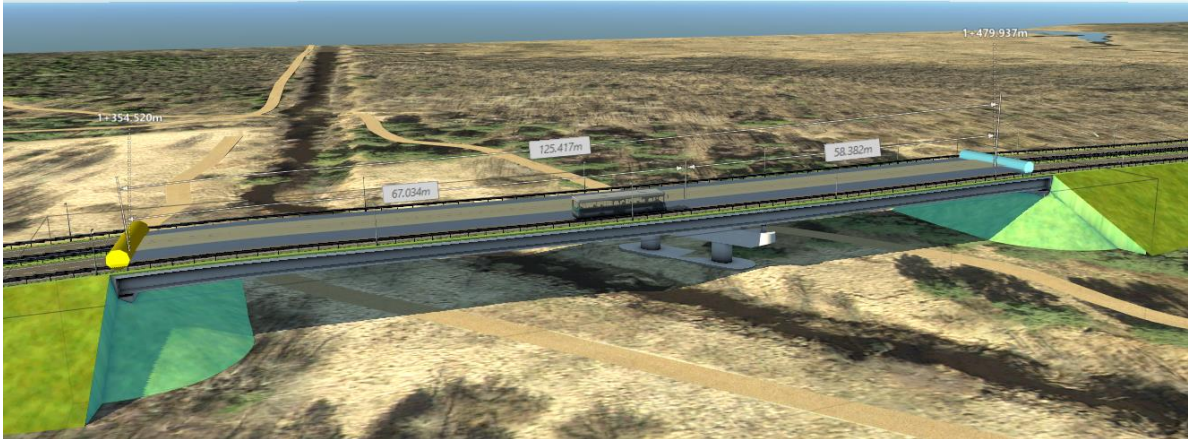
15.5 Pikiprofiil

- Pikiprofiili koostamisel on arvestatud maapinna kõrgusega, viraažide kujundamisega ning maanteede projekteerimise normidega [7].
- Lõigu vertikaallahendus on kõrguslikult kokku viidud lõigu alguses ja lõpus oleva tee kõrgusega.
- Maksimaalne projekteeritud piki kalle on 5,10 %; minimaalne 0,30%.

15.6 Rajatised

PK 13+60 on projekteeritud sild üle Kuma oja. Silla pikkus on 125m. Autodesk InfraWorks automaatselt valib silla sammaste arvu vastavalt silla pikkusele. Silda on eraldi võimalik importida Autodesk Revit tarkvarasse, kus koostatakse juba detailne silla tööprojekt.

Joonis 6: PK 13+60 sild üle Kuma oja



PK 19+75 on projekteeritud veel üks lihttala sild avaga 35 m. Seda on võimalik asendada ka truupidega järgmises projekteerimis staadiumis.

Joonis 7: PK 19+75 lihttala sild



15.7 Veeviimarid

Eskiisi etapis pole vajadust ette näidata sajuveekanaliseerimise, aga demonstratsiooniks olen seda peale pannud trassi alguses ringristmikul (Viljandi mnt).

Joonis 8: Sajuveekanaliseerimise näide



Valitakse torude ja kaevude diameetrid, näidatakse restkaevude asukohad ja tarkvara ühendab ise need torudega ühte võrku. Restkaevu kõrgus määratakse teekattel automaatselt vastavalt kõrgustele antud kohas.

15.8 Ristmikud ja mahasõidud

Projekteeritud on 4 suuremat ristmikku. Nendest kaks on ringristmikud ja ülejäänud kaks on sissesõit ja mahasõit trassilt.

Ringristmikud olid valitud vastavalt oodatavale liiklussagedusele, mis on eelduste kohaselt piisavalt kõrge kõikides suundades. Aga kuna eskiisi etapis liiklusloendust ei ole tehtud, järgmistes projekteerimise etappides ristmiku tüübid ja kuju võivad muutuda.

Ringristmiku lisamiseks oleks vaja valida ringristmiku tüüp, raadiused, sõiduradade arv ja laius. Infracore loob ise ringristmiku etteantud parameetritega, kui see on võimalik.

Joonis 9: Viljandi mnt – Valdeku tn



Joonis 10: Järveküla–Jüri tee



Käokella tee ja Vana-Järveküla tee mahasõit ja sissesõit oli lahendatud selliselt kuna eeldatakse, et nendel tänavatel on suhteliselt madal liiklussagedus. Teised lahendused ei sobi ka projektkiirusele 100 km/h. Kui II etappiga projekteerida lõik Peetri külast kuni Smuuli tänavani ja hetkel projekteeritud ringristmik Järveküla–Jüri teel likvideeritakse, siis projektkiirust on võimalik jätta 100 km/h kuni Smuuli tänavani.

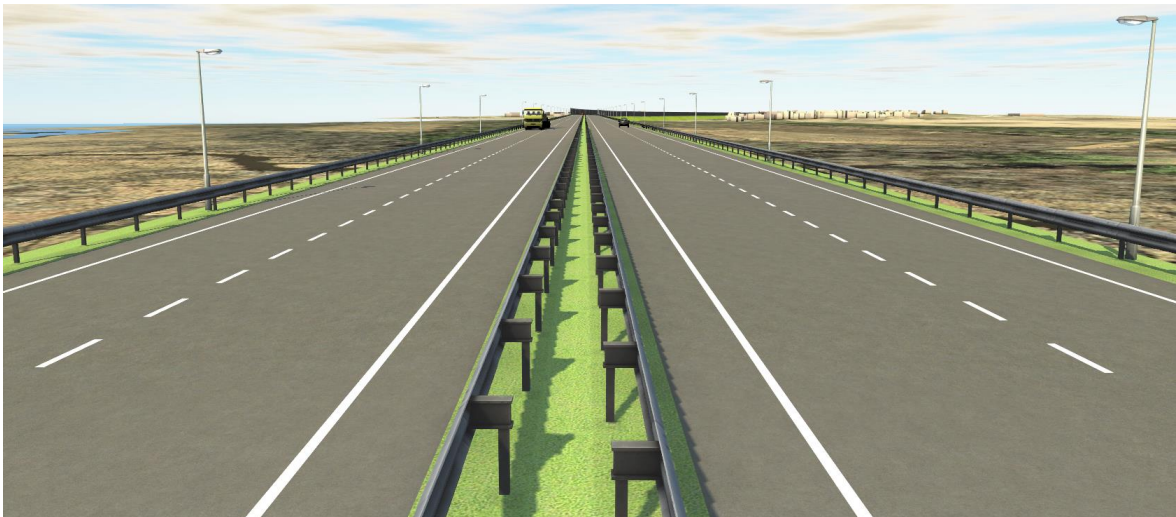
Joonis 11: Käokella tee, Vana-Järveküla tee



15.9 Tee elemendid

Autodesk Infracore võimaldab mudelis lisada trassile vajalikud pörkepiire elemendid, müratõkkeseinad, tänavavalgustuspostid jne. Võimalik on valida vajalik postide samm, posti kõrgus, pörkepiire tüüp ja töö laius.

Joonis 12: Tee elemendid



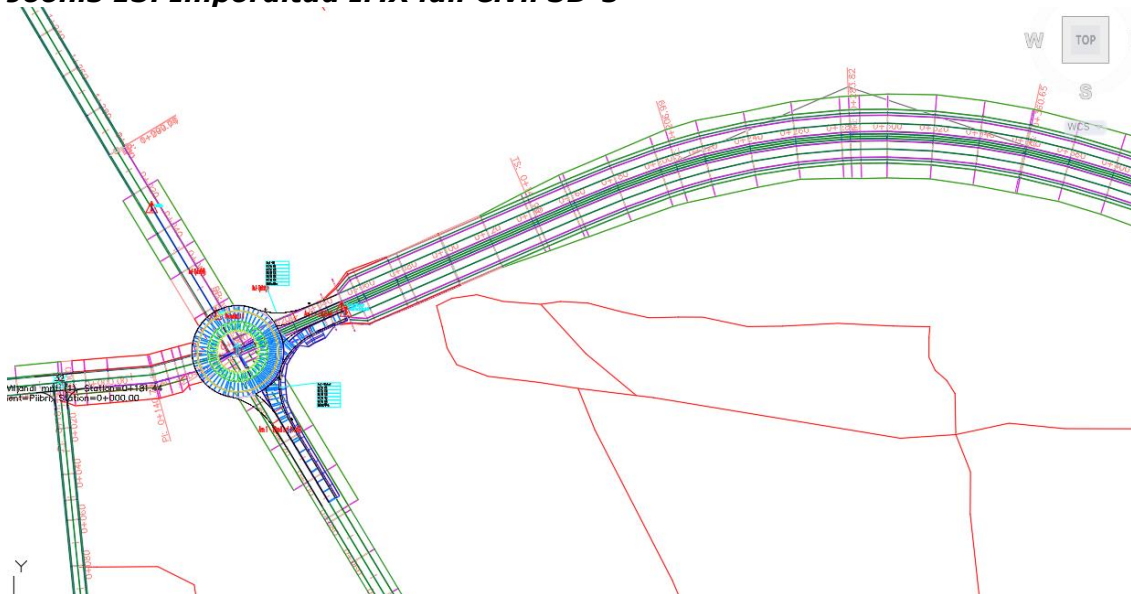
Puuduv element on võimalik importida 3d objektidena. See võib olla enne valmis tehtud näiteks Autodesk Civil 3D-s. Samuti kui projekt Civil 3D tarkvara abil on juba tööprojektidena valmis saanud (palju detailsem mudel, kui võimaldab koostada Infracore), siis saab seda importida tagasi Autodesk Infracore-i ja lisades maaameti [8] fotokaardi, hooned ja dekoratiivsed elemendid salvestada video projekteeritud trassilt (3D visualiseering).

15.10 Infracore ja Civil 3D koostöö

Nagu varem oli juba lühidalt kirjeldatud, projekteeritud elemendid saab omavahel jagada Infracore ja Civil 3D vahel. Võtan näidiseks Tallinna väike ringtee mudeli, projekteeritud Infracore abil.

Infracore abil loodud mudel on ligikaudu 70% teeprojektist eelprojekti staadiumil. On olemas plaaniline lahendus, pikiprofiil. Eelprojekti valmis saamiseks ekspordin mudeli IMX formaadis Autodesk Civil 3D tarkvarasse.

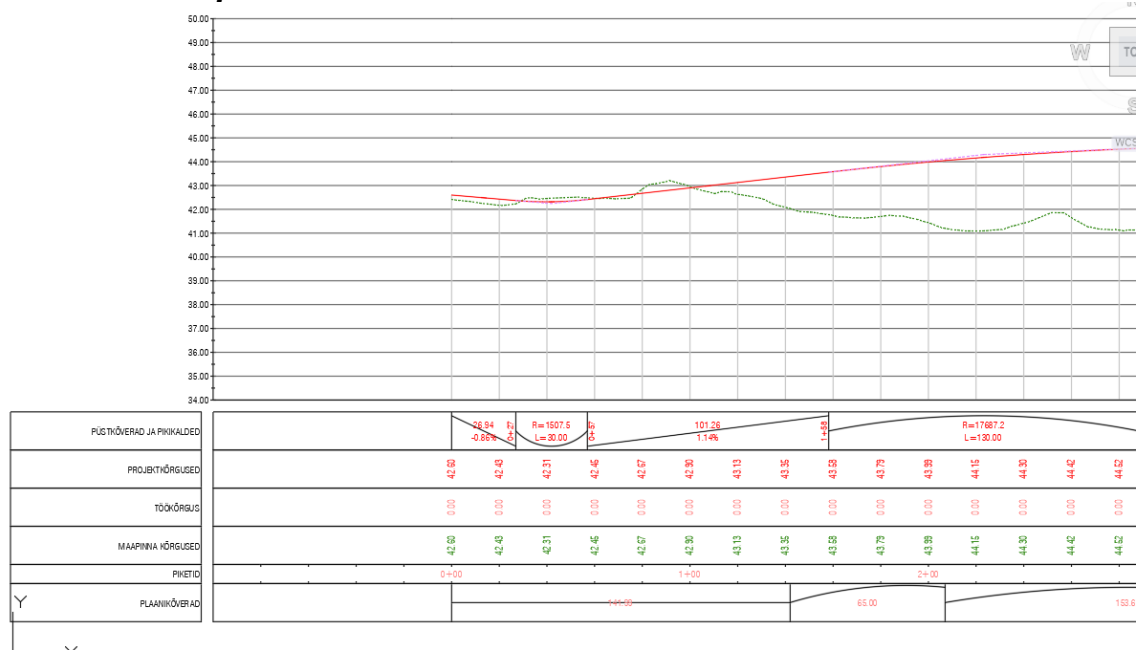
Joonis 13: Imporditud IMX fail Civil 3D-s



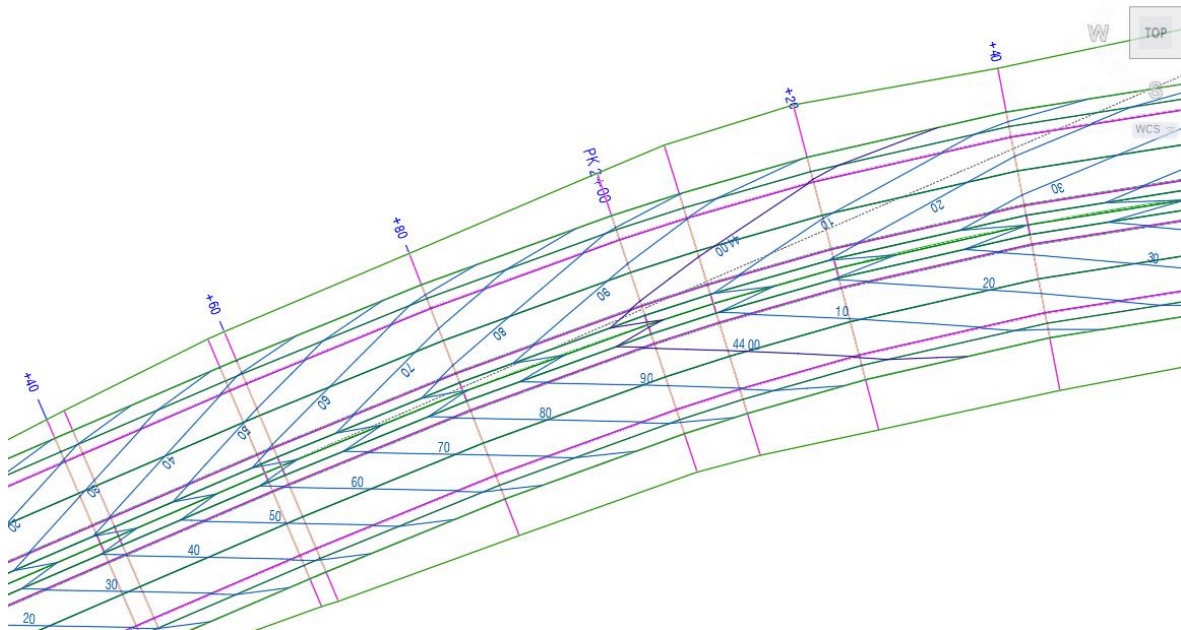
Kuna kõrguslikult tee oli paika pandud juba Infracore-is, kogu informatsioon olemas ka Civil 3D-s.

Kustutan üleliigsed objektid. Lisan joonisele pikiprofiil ja vertikaalplaneering.

Joonis 14: Pikiprofiil



Joonis 15: Vertikaalne planeering



Edasi on võimalik ümber kujundada tee plaaniline lahendus, muuta kõrguslikult pikiprofiilil ja terve mudel uueneb automaatselt. Muutuvad kõik nõlva ulatuse jooned, muutub piketaaz plaanilahenduse muutmisel, muutub vertikaalne planeering pikiprofiili muutmisel.

Näidiseks on minu pool salvestatud video, kus ma muudan asendiplaneeringi ja pikiprofiili ning mudel muutub automaatselt. Lingid videotele on toodud peatükis LISAD.

Eelprojekti valmis saamiseks jääb jooniste vormistamine, viirutuse ja liikluskorralduste lisamine, seletuskirja koostamine.

KOKKUVÕTE

Antud diplomitöö eesmärk oli näidata kõik BIM infomudeli kasutamise võimalused ja eelised teede ehituses.

Töö teoreetilises osas on antud vastused küsimustele mis on BIM ja millised on tema etapid. Samuti on kirjeldatud mudeli loomise protsessid. On kindlaks tehtud uued töökohad ja elukutsed, mis tulid koos infomudeli kasutamisega. Kirjeldatud nende tööprotsessid ja rollid. Lühidalt on kirjeldatud infomudeli loomiseks vajalikud tarkvarad.

Töös on kirjeldatud, kuidas BIM-i põhist lähenemisviisi kasutavad projektid näitavad mitmeid ahvatlevaid eeliseid: vähem ümbertegemist, vähem vigu, tõhustatud koostöö ja projekteerimisandmed, mida saab kasutada toimingute, hoolduse ja halduse toetamiseks.

Osad kasutajad muretsevad, et BIM muudab nende juba väljakujunenud protsesse. Teised kahtlevad - või peavad end liiga hõivatuks - BIM-i rakendamisse kuluva aja raiskamises. Mõned võivad isegi arvata, et on juba asunud BIM-i kasutama, ent tegelikult kasutavad nad lihtsalt 3D formaadis protsesse.

Selleks, et BIM-i rakendusprotsess tunduks mõistlik, tuleb sellest aru saada. Inimestel on üldine arusaam BIM-ist kui intelligentsest mudelipõhisest protsessist infrastruktuuri planeerimisel, projekteerimisel, ehitamisel ja haldamisel. BIM-i kasutamiseks peavad projekteerija, tellija ja ehitaja mõtlema projektide elluviimisest teisiti. Enam ei ole vaja töötada punktidega, joontega, viirutustega ja kujudega. Selle asemel luuakse intelligentseid mudeleid ning töötatakse hoopis nendega. Need mudelid on ruumiliselt täpsed ja varustatud intelligentsete objektidega. Alustamiseks määratletakse kuidas need objektid välja näevad ja mis on nende otstarbe. Seejärel planeeritakse protsessi, mis aitab kõikidel projekti osapooltel saada pakutavatest andmetest enim kasu.

Antud lähenemine võib tunduda liiga lihtne olevat, kuid võrreldes teadmiste mahuga, mis on vajalik kõige keerukamate projektide väljatöötamiseks, on BIM-i juurutamine lihtne. Alustamiseks on vaja natuke planeerimist, aega ja väljaõpet.

SUMMARY

The aim of this diploma work was to show all the possibilities and advantages of using the BIM in road construction.

The theoretical part of the work provides answers to the questions of what BIM is and what its stages are. The model creation processes are also described. New jobs and professions have been identified that came with the use of the information model. Their work processes and roles are described. The software required to create the information model is briefly described.

This work describes how projects using a BIM-based approach show a number of attractive benefits: less rework, less errors, enhanced collaboration, and design data that can be used to support operations, maintenance, and management.

Some users worry that BIM will change their already established processes. Others doubt - or consider themselves too busy - a waste of the time it takes to implement BIM. Some may even think that they have already started using BIM, but in reality they are just using 3D processes.

For the BIM implementation process to make sense, it needs to be understood. People have a general understanding of BIM as an intelligent model-based process for planning, designing, building and managing infrastructure. To use BIM, the designer, customer and builder must think differently about implementing projects. It is no longer necessary to work with dots, lines, hatches and shapes. Instead, intelligent models are created and worked on. These models are spatially accurate and equipped with intelligent objects. To get started, define what these objects look like and what their purpose is. A process is then planned that will help all parties involved in the project to get the most out of the data provided.

This approach may seem too simple, but compared to the amount of knowledge required to develop the most complex projects, the implementation of BIM is easy. It takes a little planning, time and training to get started.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] M. H. EVELINA HJALMARSSON, „Use of BIM in infrastructural projects,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: <https://odr.chalmers.se/handle/20.500.12380/214046?locale=en>.
- [2] Wikipedia, „Computer-aided design,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design.
- [3] G. F. V. I. P. V. N. Boikov, Автоматизированное проектирование автомобильных дорог, Moscow, 2005.
- [4] S. o. Q. A. Transport and Main Roads, „Building Information Modelling (BIM) for Transport and Main Roads,“ 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.tmr.qld.gov.au/business-industry/Technical-standards-publications/Building-Information-Modelling>.
- [5] „Preparing the Project BIM Brief,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://navigator.biminstitute.org.za/preparing-the-project-bim-brief/>.
- [6] T. BIM, „What are Employer's Information Requirements? (EIRs),“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.theb1m.com/video/what-are-employers-information-requirements#:~:text=Employers%20Information%20Requirements%20or%20EIRs,levels%20of%20service%20to%20provide..>
- [7] „BIM Management Plans,“ 2012. [Võrgumaterjal]. Available: <https://revitall.files.wordpress.com/2014/06/p1-what-is-a-bim-management-plan-aia-ca.pdf>.
- [8] BIMAXON, „BIM USES,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.bimaxon.com/what-is-bim/bim-uses/>.
- [9] LetsBuild, „What is the role of a BIM manager?,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.letsbuild.com/blog/bim-manager>.
- [10] BIMCorner, „Who can become a BIM Coordinator?,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://bimcorner.com/who-can-become-bim-coordinator/>.
- [11] Tracesoftware, „THE LEVEL OF DETAIL AND THE LEVEL OF DEVELOPMENT IN THE BIM ENVIRONMENT,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.trace-software.com/blog/the-level-of-detail-and-the-level-of-development-in-the-bim-environment/#:~:text=The%20level%20of%20development%20of,that%20the%20BIM%20element%20contains..>
- [12] T. BIM, „What is a Common Data Environment?,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.theb1m.com/video/what-is-a-common-data-environment>.
- [13] T. N. Z. B. HANDBOOK, „Model Description Document – example,“ 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://static1.squarespace.com/static/57390d2c8259b53089bcf066/t/5cd13354c83025eacd2b5b09/1557214041998/NZ-BIM-Handbook-Appendix%20B%20Model-description-documentation%20MDD%20-example-April-19.pdf>.
- [14] Microsoft, „Bing Maps,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bing.com/maps>.
- [15] R. Puust, „Raido Puust,“ 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.youtube.com/user/eRaido>.

- [16] R. vald, „Rae valla GIS portaal,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://map.rae.ee/gis/apps/sites/#/data/>.
- [17] Maanteeamet, „Maanteede projekteerimisnormid,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1070/8201/5014/MKM_m106_lisa.pdf.
- [18] L. S. Sterling, The Art of Agent-Oriented Modeling, London: The MIT Press, 2009.

LISAD

- Tallinn Väike ringtee 3D visualiseering:

<https://www.youtube.com/watch?v=91pKK2tOON0>

- Plaanilahenduse ja pikiprofiili muutmise näide:

<https://autode.sk/35eXChs>

Järgnevalt on toodud mõisted, mida kasutatakse antud juhendis või BIM-i käsitlevad aruandes

Mõiste	Tähendus
4D BIM	3D mudel, mis on seotud aja või andmete ajastamisega. Näidisobjekte ja elemente, millele on lisatud antud andmed, saab kasutada ehituse ajastamise analüüsimiseks ja haldamiseks. Antud mudel leiab kasutust ka ehitusprotsesside ilmestamisel
5D BIM	4D BIM, mis on seotud kuluandmetega. Ajaandmed lisavad kuluandmetele veel ühe mõõtme, võimaldades võrrelda kulusid rahavoogude analüüsi tarbeks
Asset Management System (AMS)	Ressurssihaldus toetav IT-süsteemide komplekt(st ARMIS, ROAMS, BIS jne)
BIM Coordination Room	BIM meeskonna liikmete poolt digitaalmudelite kooskõlastamise hõlbustamiseks loodud ruum. Selles on IT-infrastruktuur, nagu kaablid,

	projektorid ja/või nutitahvlid, mis võimaldavad toas viibijat mudeleid kooskõlastada, kujundada jne
BIM Management Plan (BMP)	Ametlik dokument, mis määraltseb projekti teostamise, seire ja kontrolli. BMP töötatakse välja projekti alguses, et saada põhiteabe/andmehalduskava ning rollid ja vastutusosalad mudeli loomiseks ja andmete integreerimiseks kogu projekti vältel
Building Information Management (Data Definition)	Building Information Management toetab BIM-i kasutamiseks vajalikke andmenorme ja -nõudeid. Järjepidevus andmetes võimaldab usaldusväärset teabevahetust olukorras, kus nii saatja kui ka vastuvõtja mõistavad teabe sisu
Building Information Model (BIM) (Product)	Tee või ehitise füüsiliste ja funktsionaalsete omaduste objektipõhine digitaalne esitus. The Building Information Model on ühiskasutatav teabe teabeallikas, moodustades usaldusväärse põhja otsuste tegemiseks selle elukaare jooksul alates loomisest
Building Information Modelling (BIM) (Process)	Määratletud mudeli kasutamise, tööprotsesside ja mudeldamismeetodite kogum, mida kasutatakse mudeli konkreetsete, korduvate ja usaldusväärsete teabetulemuste

	<p>saamiseks. Antud meetodid mõjutavad mudelist genereeritud teabe kvaliteeti. Mudeli kasutamise põhjus ja aeg mõjutab BIM-i tõhusat ja tulemuslikku kasutamist soovitud projekti tulemuste saavutamiseks ja otsuste toetamiseks</p>
BIM juht	<p>Juhib ja koordineerib projekti BIM protsesse.</p>
BIM koordinaator	<p>BIM koordinaator projekti iga valdkonna jaoks.</p>
CAD	<p>Arvutipõhine disain. Geomeetiline/sümbolipõhine arvuti joonistamissüsteem, mis dubleerib käsitsi joonistamise tehnikaid</p>
Common Data Environment (CDE)	<p>Ühine andmekeskond on keskne hoidla, kus asub ehitusprojekti teave. CDE sisu ei ole piiratud "BIM keskkonnas" loodud varadega ja see hõlmab ka dokumentatsiooni, graafilist mudelit ja mittegraafilisi ressursse</p>
Employer Information Requirements (EIR)	<p>Employer's Information Requirements (EIR) on 2. taseme BIM protsesiga töötavate inimeste põhidokument. See on osa laiemast hankedokumentide kogumist, mis on ette nähtud</p>

	projekteerimismeeskonna ja töövõtja hankeks. Vaata ka BIM Briefi
Väljundid	Inseneri- ja projekteerimislahenduste lõpptulemus, mis tuleks kliendile edastada digitaalsete failidena ja/või paberkanjdal. Tavaliselt on see kontseptsiooni esitamine ja parandustega lõplik projekt. Sellel võib olla mitu etappi
Ühendamine	Ülevaatamiseks ja koordineerimiseks mitme distsipliini mudeli ühendamine üheks mudeliks.
Geographic Information System (GIS)	Süsteem, mis integreerib riistvara, tarkvara ja andmeid mistahes geograafiliselt viidatud teabe jäädvustamiseks, haldamiseks, analüüsimiseks ja kuvamiseks
Industry Foundation Class (IFC)	Süsteem arhitektuuriliste ja ehitusega seotud graafiliste ja mittegraafiliste andmete määratlemiseks ja esitamiseks 3D virtuaalsete objektidena, mis võimaldab andmevahetust BIM tööriistade, kulude kalkulatsioonisüsteemide ja muude ehitamisega seotud rakenduste vahel viisil, mis säilitab võimaluse analüüsida objekte nende liikumisel ühest BIM süsteemist teise. BIM autoritarkvarast

	<p>salvestatud või eksporditud IFC-faile saab kasutada järgmistes toimingutes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BIM mudelite ja nendega seotud projekteerimisdistsipliinide koordineerimine • kokkupõrke tuvastamine • reeglitepõhine kontrollimine • Building Code'i järgimine • mudelite jagamine erinevate BIM haldustarkvara vahel • BIM-mudelitest tuletatud COBie-andmed • BIM mudelitest tuletatud energiatarbimise testimise andmed • süsteemide simulatsioon.
Level of Development (LOD)	Arengutasand(id) kirjeldavad mudeli elemendi arengu täielikkuse taset

GRAAFILINE OSA

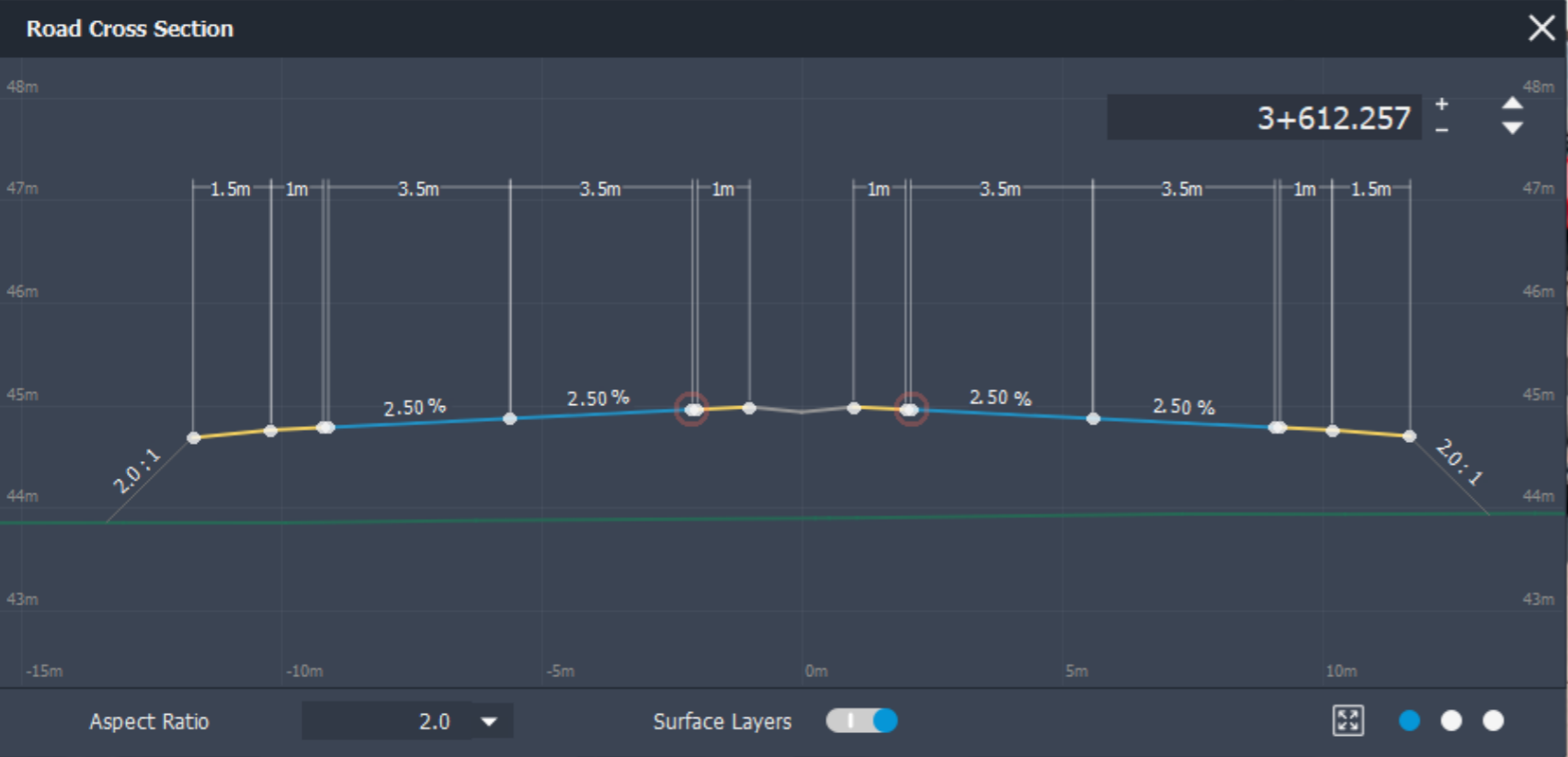
1. Mudeli pealtvaade, plaanilahendus



2. Silla pikiprofiil



3. Ristprofil



4. Sild (PK 19+75)



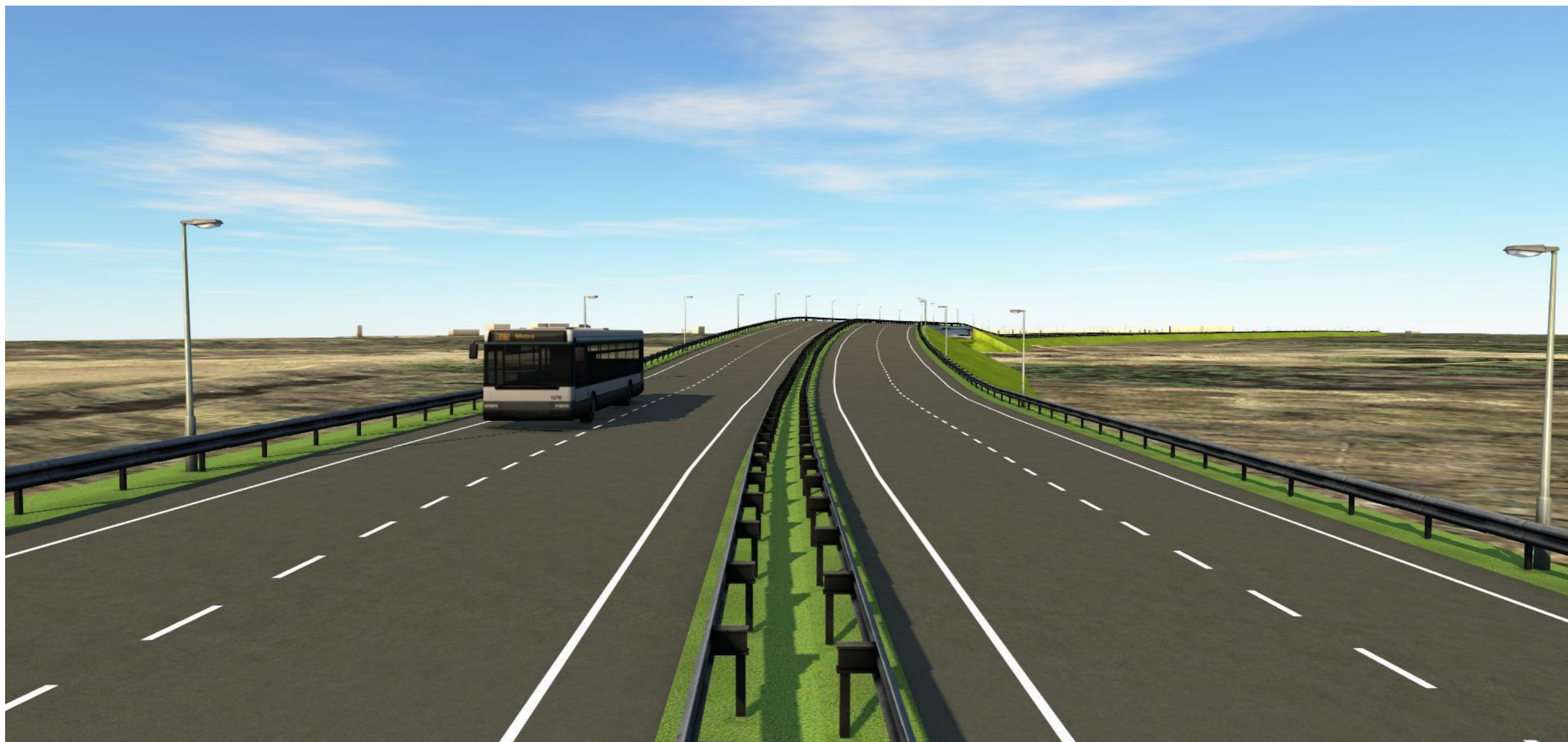
5. Ringristmik (Viljandi mnt – Valdeku tn – Tallinn väike ringtee)



6. Ringristmik (Vana-Tartu mnt – Tallinn väike ringtee)



7. Tallinn väike ringtee



8. Peetri küla (Käokella tee)



9. Silid (PK 13+60)

