

# Võrgurajatiste BIM-mudelite kontrolli tarkvaralahenduse eelanalüüs Rail Balticu tugitaristu loamenetlusteks Eelanalüüs

**Hankija:** Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

**Riigihange:** Võrgurajatiste BIM-mudelite kontrolli  
tarkvaralahenduse eelanalüüs Rail Balticu tugitaristu  
loamenetlusteks

**Viitenumber:** 226917

**Teostajad:** AS Datel ja Callista Software OÜ

## Sisukord

<b>Võrgurajatiste BIM-mudelite kontrolli tarkvaralahenduse eelanalüüs Rail Balticu tugitaristu loamenetlusteks Eelanalüüs .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Sissejuhatus.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Mõisted ja terminid .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Viited ja kasutatud materjal .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Ärianalüüs .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1 RB ehitised ja RB ehitiste ehituslubade väljastamine EHR-s .....</b>	<b>7</b>
4.1.1 RB ehitusluba.....	7
4.1.2 RB ehitised ja rajatised .....	7
4.1.3 RB BIM mudel.....	7
4.1.4 RB projekti staadiumid.....	8
4.1.5 RB projekti faili tähistamine .....	9
4.1.6 RB BIM projekti versioneerimine .....	9
4.1.7 RB projekti esitamine ehitusloa taotlemiseks ja menetluse protsess Ehisregistris .....	9
<b>4.2 RB ja VRA andmete ülevaade .....</b>	<b>11</b>
4.2.1 Elemendi andmestik RB BIM mudelis.....	11
4.2.2 VRA andmestik .....	12
<b>4.3 RB menetlust takistavad tegurid .....</b>	<b>15</b>
<b>5. Tehniline analüüs.....</b>	<b>15</b>
<b>5.1 Tehnilised nõuded lähteandmetele .....</b>	<b>15</b>
<b>5.2 Kontseptsiooni kirjeldus .....</b>	<b>17</b>
5.2.1 Kasutatav tarkvara ja riistvara .....	17
5.2.2 Andmete ekstraktimise eesmärgid.....	17
5.2.3 Tehnilised võimalused .....	18
<b>5.3 Kontseptsiooni tõestuse PoC kasutajaliides .....</b>	<b>26</b>
<b>6. Täiendavad teemad, kokkuvõte.....</b>	<b>30</b>
<b>6.1 Taristu infomudelite andmesisu nõuetele vastavad infomudelid .....</b>	<b>30</b>

<b>6.2</b>	<b><i>Võrgurajatiste puhvrite genereerimine .....</i></b>	<b>30</b>
<b>6.3</b>	<b><i>Soovitused realisatsioonitöödeks.....</i></b>	<b>38</b>

## 1. Sissejuhatus

Dokument kirjeldab hanke „Võrgurajatiste BIM-mudelite kontrolli tarkvaralahenduse eelanalüüs Rail Balticu tugitaristu loamenetlusteks“ äri ja tehnilise analüüsi tulemused.

Dokumendi peatükid:

- Mõisted ja terminid
- Viited ja kasutatud materjalid
- Ärianalüüs
- Tehniline analüüs
- Täiendavad teemad ja kokkuvõte

## 2. Mõisted ja terminid

Mõiste	Selgitus
BIM	Inglise keeles <i>Building Information Model</i> on intelligentne 3D-mudelipõhine protsess, mis annab arhitektidele, inseneridele ja ehitusspetsialistidele vahendeid hoonete ja infrastruktuuri tõhusamaks planeerimiseks, projekteerimiseks, ehitamiseks ja haldamiseks.
BIM mudel	BIM mudel on virtuaalne kolmemõõtmeline "ehitusplats". See võib olla hoone, infrastruktuuriprojekt või muu väiksem või suurem projekt.
EHR	Ehitisregister lühend.
EHR Ehitis	Ehitis võib olla hoone, rajatis või võrgurajatis. Tunnus määratakse vastavalt ehitise kasutusotstarbele.  Ehitisel on unikaalne ehitisregistri kood (EHR kood).
Huvipiirkond	Piirkond, milles paiknevad võrguvaldaja rajatised ning mille piires tuleb teistel osapooltel rajatiste olemasoluga arvestada. (EhS § 6 <sup>1</sup> ).

IFC	BIM mudeli faili formaat, milles BIM hoonemudelit on võimalik lihtsalt edastada teistele projekterijatele ja asjaosalistele.
Kitsendusi põhjustavate objektide infosüsteem (KPO)	Maa-ameti infosüsteem, mille abil saab katastriandmetega seotult esitada ja avalikustada kitsendusi põhjustavate objektidega seotud graafilist ja tekstilist informatsiooni
Rajatis	Rajatis on ehitis, mis ei ole hoone (EhS § 3 lg 2)
Rail Baltic	Rail Baltic on Eestit, Lätit ja Leedut ühendav 1435 millimeetrise rööpme laiusega (nn Euroopa laius) moodne ja kiire elektrifitseeritud raudteeühendus, mis kulgeb Tallinnast Riia kaudu Leedu-Poola piirini.  <a href="https://rbestonia.ee/">https://rbestonia.ee/</a>
RB	Rail Baltic lühend.
RB objekt	RB ehitatav ehitis (hoone või rajatis)
TTJA	Tarbijakaitse ja Tehnilise järelevalve Amet lühend.  Amet on määratud Eestis menetlema RB ehitusloa taotlusi.
VR	Võrgurajatise lühend.
VRA	Võrgurajatiste andmebaas EHR registris.
Võrgurajatis	Elektri- ja sideliin, gaasi-, soojus-, vee- ja kanalisatsioonitrass ja nende teenindamiseks vajalik abirajatis nagu alajaam, mahuti jms. Võrgurajatised on transpordivõrgustikud energia, info, vee jne edasikandmiseks tootjalt tarbijani.

Võrguvaldaja	Sideettevõtja või muu ettevõtja, kes valdab füüsilist taristut, mille kasutuseesmärk on osutada gaasi, elektri, kütte või vee tootmise, transpordi või jaotamise teenust, kusjuures elektri tootmise, transpordi ja jaotamise teenus hõlmab tänavavalgustust ning vee tootmise, transpordi ja jaotamise teenus hõlmab heitvee ja reovee kõrvaldamist või puhastamist ning äravoolusüsteemi. (EHS § 612 lg 6)
Võrgurajatise element	Võrgurajatise mistahes vähim terviklikuna vaadeldav osa (nt. kaev, kilp, kraan) või ruumiliselt sidusate elementide kogum (nt. kaabel, toru), millel on samad füüsilised ja funktsionaalsed omadused ning tekkeline algupära.

### 3. Viited ja kasutatud materjal

Rail Baltic ülevaade <https://rbestonia.ee/>

Ehitusseadustik <https://www.riigiteataja.ee/akt/105032015001?leiaKehtiv>

Ehitusseadustiku määrus § 70 lõike 8 viidatud määrus 73 võrgurajatiste kaitsevööndite nõuded <https://www.riigiteataja.ee/akt/128062015004?dbNotReadOnly=true>

Võrgurajatiste (VRA) andmebaas EHR-s <https://eehitus.ee/timeline-post/vra/>

RB BIM mudeli kohustuslikud väljad <https://www.railbaltica.org/rb-rail-as-bim-documentation/> Template kaustas on fail RBDG-TPL-019-0102\_BIM\_Objects\_Attributes\_Matrix.xlsx.

Poc tarkvara HTML-na *poc.zip*

Ruumianalyys.*zip*

PoC 3D-kaksiku koosseisus avaneb aadressilt: <https://devkluster.ehr.ee/ui/rb-bim/v1/>

## 4. Ärianalüüs

Ärianalüüs annab ülevaate:

- RB projektist ja RB BIM mudelist
- RB ehitusloa taotluse protsessist EHR-s
- RB ja VRA andmestikust
- Millised ehitusloa väljastamist takistavad vastuolud võivad projekteeritavate ja olemasolevate võrgurajatiste vahel tekkida ja mis probleemid võivad veel takistuseks saada objektide ruumilise kattuvuse automaatsel kontrollimisel EHR-s

### 4.1 RB ehitised ja RB ehitiste ehituslubade väljastamine EHR-s

Peatükis on ülevaade RB objektide projekteerimisega seotud ärireeglistikust ning ehitusloa taotlemise ja menetlemise protsessi kirjeldus.

#### 4.1.1 RB ehitusluba

RB lepingutes projekteerijatega on mõiste „building permit“ ehk ehitusluba ja ehitusloa taotlusega võib olla seotud üks kuni mitu IFC faili.

#### 4.1.2 RB ehitised ja rajatised

RB mudelis ehitise tüüpi ei kirjeldata. RB- s eristatakse hooneid ja rajatise tüübiga (RBR-Functional\_classification), mida mudelisse ei kirjutata ja tähistatakse kahetähelise eesliitega.

- OS – jaamad/peatused
- BR – sillad, ülepääsud, altpääsud, trübid, mille diameeter või kandilise trübi ristlõike külg on üle 2m
- OR – teed
- CU – trübid, altpääsud, mille diameeter või kandilise trübi ristlõike külg on kuni 2m

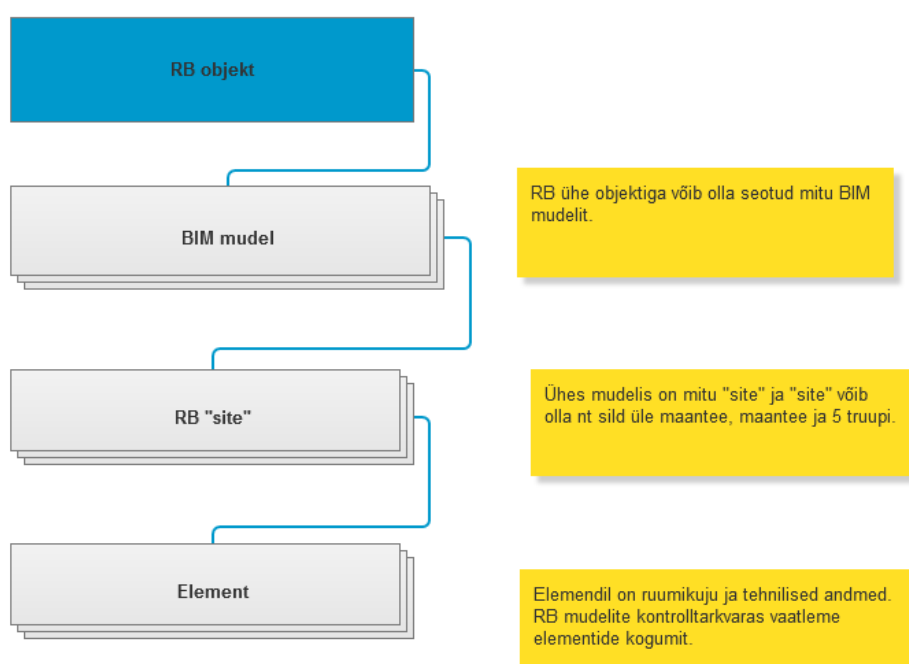
#### 4.1.3 RB BIM mudel

Ehitusloa taotlusega võib olla seotud üks kuni mitu IFC faili ehk BIM mudelit, mis kõik kokku moodustavad ühe projekti.

Ühes RB BIM mudelis võib olla mitu "site". Näiteks on sild üle maantee, maantee ja 5 truupi. Seega kokku 7 tunnust ehk „site“.

Ühes RB BIM mudelis võib olla vaid osa ühest objektist. Näiteks ökodukti struktuur on ühes mudelis, piirded teises ja mullatööd kolmandas.

Kõik ühe objektiga seotud BIM mudelid tuleb lisada ehitusloa taotlusele.



Joonis 1 RB mudeli struktuur

#### 4.1.4 RB projekti staadiumid

RB projekteerimisel on kasutusel järgmised projekti staadiumid:

- VE (*value engineering*) – eelprojekti staadium
- MD (*master design*) – põhiprojekt, mis esitatakse ehitusloa saamiseks
- DTD (*detail technical design*) - tööprojekt

#### 4.1.5 RB projekti faili tähistamine

RB projekti mudeli faili nimi ei sisalda projekti staadiumi tähist. NT RB ehitusprojekti fail

RBDTD-EE-DS3-DPS1\_OBR\_BR-2236-00\_0033\_IF\_BR-  
TS\_VE\_15016\_Underpass\_Pedestrian\_Opt-02.ifc

- EE – Eesti
- DS3 – design section 3
- DPS1 – design priority section 1
- BR-2236 – silla kood eelprojekti. Selleks, et teha vahet eelprojekti „site“ koodi ja põhiprojekti „site“ koodi vahel, on eesliite ja numbri vahel miinus. Kui juhuslikult põhiprojekti jääb see kood kehtima, siis on see BR2236
- v1 – faili versioon

#### 4.1.6 RB BIM projekti versioneerimine

Modelleerimise originaaltarkvarast eksporditakse IFCsse uus mudel, mille failinimes kajastub versiooninumber vastavalt BIM nõuetes kirjeldatule.

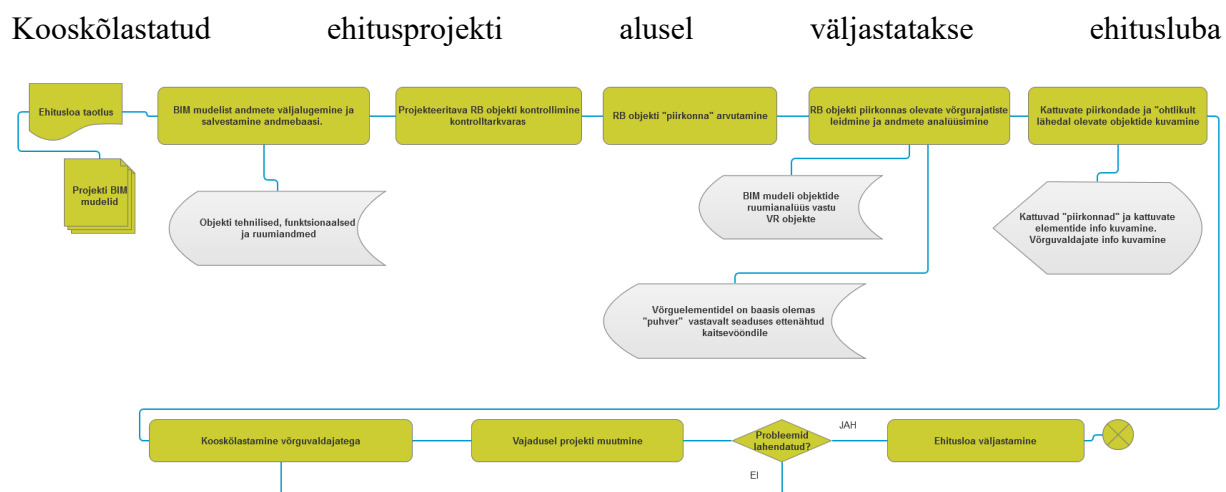
#### 4.1.7 RB projekti esitamine ehitusloa taotlemiseks ja menetluse protsess Ehisregistris

RB raames projekteeritud ehitiste ja võrgurajatiste ehitusloa menetletakse Ehisregistris (EHR).

Ehitusloa taotluse protsess ja sammud on järgnevad.

- **Esitatakse ehitusloa taotlus**, millega seotakse üks või mitu ehitatavat RB objekti (ehitist või rajatist).
- **Ehitusloa taotlusega esitatakse üks ehitusprojekt**, mis peab olema digitaalselt allkirjastatud enne taotluse esitamist.
- **Ehitusprojekt võib sisaldada ühte või mitut BIM mudelit** ja lisaks teisi projekti faile.
- **Projekti failid laaditakse registrisse ja salvestatakse ehitusprojekti failidena** taotluse juurde.

- **Ehitusprojekti BIM mudeli (te)st loetakse välja ja salvestatakse** ehitatavate objektide tehnilised ja ruumilised andmed
- **Taotlusega esitatud ehitusprojekt kontrollitakse** üle pädevate ametnike poolt (RB ehitustaotlusi hakkab menetlema TTJA) .
- Menetleja poolt **kontrollitakse** projekti allkirjastajate pädevust, ehitatavate objektide tehnilisi andmeid, suuremate rajatiste (sh transpordirajatiste) korral koormustaluvust, **objektide ruumilist paiknemist arvestades olemasolevate ja planeeritavate** (neid EHR-s veel ei ole) **võrgurajatistega**.
- Ehitatava objekti või objektide ruumilist paiknemist ja kattuvust kontrollitakse võimalusel vastava kontrolli tarkvara abil (sellist tarkvaralist lahendust praegu EHR-s ei ole).
- Ehitatavate objektide ruumilise "kattuvuse" või mitte piisava kauguse olemasolu korral üksteisest või võrgurajatisest, kuvatakse menetlejale vastav informatsioon
- Probleemsed kohad lahendatakse koostöös projekteerija ja võrguvaldajatega.
- **Ehitusprojekt edastatakse kooskõlastamiseks võrguvaldajatele ja teistele osapooltele** (Päästeamet) kooskõlastamiseks, kelle kooskõlastus on ehitusoa väljastamiseks vajalik



Joonis 2 Ehitusloa menetluse protsessi diagramm

## 4.2 RB ja VRA andmete ülevaade

RB ja VRA andmestiku analüüsi tulemusena on toodud välja olulisemad andmed, mida peaks vaatama ehitusloa taotluse menetlemise protsessis ning mida peaks arvestama ja kuvama RB objektide ruumilise kattuvuse kontrollimiseks realiseeritavas kontrolli tarkvaras.

### 4.2.1 Elemendi andmestik RB BIM mudelis

Allolevas tabelis on kirjeldatud ühe RB mudelis oleva objekti elemendi kohustuslikud andmed.

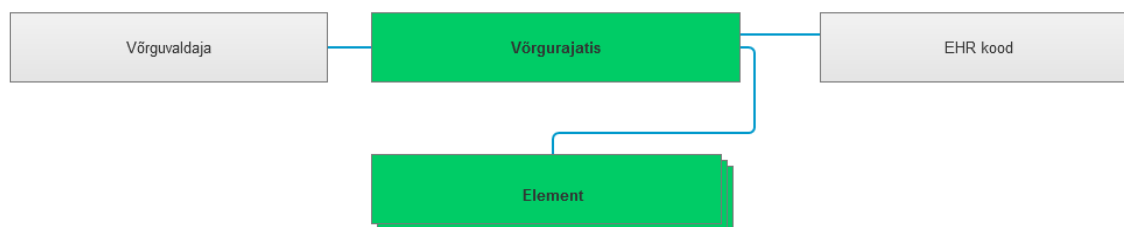
RB BIM mudel → "Site" → Element

Nimetus	Kirjeldus	Kuvada kontrolli tarkvara infoaknas?
<b>RBR-VolSysZone</b>	<p><i>VolSysZone</i> või "<b>Site</b>" kood on objekti tunnus <b>RB -s</b>, mis kehtib ühe BIM mudeli kohta.</p> <p>"Site kood on oluline tunnus, mida RB projektis kasutatakse.</p> <p><i>RBR-Object_ID</i> + <i>RBR-VolSysZone</i> = elemendi UID projektis</p>	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>RBR-Object_ID</b>	<p>Mudeli elemendi identifikaator.</p> <p>Mudelis moodustab koos RBR - <i>VolSysZone</i> koodiga unikaalse elemendi tunnuse</p>	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>RBR-OCC</b>	<p>Object Category Code (OCC) on objekti kategooria kood.</p> <p>OCC kood näitab mis elemendi tüübiga on tegemist.</p> <p>Kasutusel on eraldi OCC koodide tabel <i>tbOCC.xlsx</i>, kus tabelis veerus C on OCC number ja veerus E on elemendi tüübi nimetus.</p>	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas

<b>RBR-Material_Designation</b>	Viide materjali standardile, millest element on valmistatud.	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>RBR-Material_Description</b>	Materjali kirjeldus vastavalt standardile.	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>RBR-Product_Name</b>	Viide kasutatud toote standardile, mida on kasutatud elemendi konstruktsioonis.	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>RBR-Product_Description</b>	Toote kirjeldus vastavalt standardile.	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>RBR-Pr_Code</b>	Viide toote koodile, mida on kasutatud elemendi konstruktsioonis.  Toote kood ja tüüp käivad kokku.	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>RBR-Type_number</b>	Viide toote tüübi koodile, mida on kasutatud elemendi konstruktsioonis.  Toote kood ja tüüp käivad kokku.	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas

#### 4.2.2 VRA andmestik

VRA -s olev võrgurajatis kui tervik moodustub elementidest ja nende seostest. Elementidel on geomeetria ja iseloomulikud punktid koos nimetusega. Elementidel on tehnilised andmed. Võrgurajatisel on oma EHR kood ja võrguvaldaja.



Joonis 3 VRA objekti struktuur

VRA elemente kirjeldavad järgmised andmed VRA- s:

Nimetus	Kirjeldus	Kuvada kontrolli tarkvaras?
<b>Elemendi andmed</b>		
<b>Võrgu liik</b>	Võrgu liigi nimetus. VRA- s on järgmised võrgu liigid:  KYTE, JAHUTUS, VESI, SIDE,GAAS, KANAL, ELEKTER_MAAKAABEL, ELEKTER_OHULIIN ja MUU  vr_liik_grupp	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Võrgu liigi kood</b>	Elemendi võrgu liigi kood (nt EMK1), mille elemendiga on tegemist  Ühel võrgu liigil võib olla mitu erinevat võrgu liigi koodi.  vr_liik	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Võrgu liigi nimetus</b>	Võrgu liigi koodile vastav nimetus.  nt Elektri maakaabel, pinge <1kV  vr_nimetus	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Elemendi kood</b>	Elemendi kood (nt KBL - kaabel)	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Elemendi nimetus</b>	Elemendi nimetus (kaabel, toru, kaev jne)	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas

<b>Elemendi kvaliteediklass</b>	<p>Geomeetria objektidele on lisatud ka kvaliteedi klass, mis iseloomustab andmekvaliteeti – nt klass A on geodeedi poolt sisestatud punktid ja kuju otse andmebaasi läbi oma töö üleslaadimise. Klass D aga seevastu on ühekordne massimpordi käigus täidetud andmetabelid.</p> <p>Kv_klass</p>	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Elemendi tinglik läbimõõt</b>	Kasutatakse ainult torude puhul. diameter nominal.	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Elemendi tehnilised näitajad</b>	<p>Elemendiga on seotud tema tehnilised näitajad (materjal, läbimõõt jne)</p> <p>VRA- s praegu puuduvad tehnilised näitajad.</p> <p>Materjali nimetus, materjali tüüp, elemendi tüüp jne</p>	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Rajatise seisund</b>	<p>Rajatise seisund näitab kas rajatise element on kasutusel või kasutusest maas.</p> <p>rajatise_seisund</p>	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Geomeetria</b>	Elemendi koordinaadid	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Võrgurajatise EHR kood</b>	Võrgurajatise EHR kood, mille juurde element kuulub	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Võrgurajatise nimetus</b>	<p>Võrgurajatise nimetus EHR-s</p> <p>vrajatis_nimetus</p>	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
<b>Võrguvaldaja</b>	Võrguvaldaja nimi	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas

### 4.3 RB menetlust takistavad tegurid

- RB objektide ja VRA võrgurajatiste ruumilise kattuvuse analüüsimise eelduseks on EHR registris olev usaldusväärne ja kaasajastatud info nii olemasolevate ja kui ka planeeritavate võrgurajatiste kohta
- VRA- s peavad olema võrgu elementidel arvatud puhvrid vastavalt seadustikule (võrguelementide kaitsevööndid)
- Kui VRA ei täida eelpool nimetatud tingimusi, siis saab olema probleemiks RB objektide ruumilise kattuvuse automaatse kontrolli tulemuste usaldusväärsus menetlemise protsessis

## 5. Tehniline analüüs

Tehnilises analüüsis analüüsime järgmisi küsimusi ning koostasime meie tehnilise analüüsi dokumenti vajalikud peatükid:

- Milliseid võrgurajatiste ning nende elementide tehnilisi andmeid (ruumiandmed ja atribuutinfo) on võimalik ekstraktida ning salvestada vastavalt EHR VRA kavandatavale andmekoosseisule järgnevatest BIM ehitusinfo mudelitest:
- RB andmesisu nõuetele vastavad infomudelid;
- Taristu infomudelite andmesisu nõuetele vastavad infomudelid .
- Kuidas on võimalik andmete ekstraktimise ja salvestamise protsessi läbi viia ning millisel määral oleks võimalik seda automatiseerida.
- Millised on tehnilised võimalused ärianalüüsiga kindlaks tehtud võrdlevate kontrollide läbi viimiseks ekstraktitud andmete põhjal. Analüüsi osana esitame ka kontrollide tehnilise lahenduse kirjeldus.

### 5.1 Tehnilised nõuded lähteandmetele

BIM mudelid peavad olema esitatud L-EST97 ehk EPSG:3301 koordinaatsüsteemis EH2000 kõrgussüsteemis ning mudeli Survey Point peab olema projekti nullpunkt ja mudel peab olema tõese põhjasauna jaoks õigeks pööratud.

Kõik koordinaadid ja ka pikkuste mõõdud on meetrites. Juhul kui esitatakse ka millimeeter mõõdustikus nagu on hoonete projektid, siis on vajalik hilisemas realisatsioonitarkvaras sellega arvestada, et tuleb mõõdud õigeks skaleerida.

Mudelites RB spetsiifilised andmed sisaldusid sektsioonis RBR-Data.

Lähteandmetena kasutasime kolme RB BIM mudeli faili, milleks olid:

1. Jalakäijate tunnel. EE-DS3-DPS1\_BR-2236v1.ifc (206KB), versioon 2x3

Ifcproject/IfcSite/IfcBuilding/RBR\_Level

Kõik elemendid on tüübist 192. Kokku on 14 elementi. 6-el elemendil on andmed propertySet-is Data RBR-Data asemel.

2. Sild. EE-DS3-DPS1\_BR-2238v1.ifc (50,1MB), versioon 2x3

Ifcproject/IfcSite/IfcBuilding/RBR\_Level

Kokku 203 elementi

Tüüp 187 – 6 elementi

Tüüp 189 – 14 elementi

Tüüp 185 – 115 elementi

Tüüp 155 – 68 elementi

3. Trass: EE-DS3-DPS1\_RW\_Part-02v1.ifc (37.1MB). Corridor Model Information versioon 2x3

Andmed on ifcproject/IfcBuilding/IfcBuildingProxys. Kokku 475 elementi. Iga element sisaldab RBR-Data.

Lisaks on meil kasutada võrgurajatiste andmebaasiks GeoJSON fail, mis sisaldab 24 trassiobjekti ruumikuju ning atribuutandmed ning paiknevad samas asukohas kus on esitatud mudelid.

## 5.2 Kontseptsiooni kirjeldus

### 5.2.1 Kasutatav tarkvara ja riistvara

Tarkvaralisteks vahenditeks andmete teisendamisel ja analüüsimisel ning tulemuste esitamisel on meil kasutusel järgmine tarkvara:

- 1) FME Desktop Professional Edition, kasutame nii FME Workbench kui ka FME Quick Translator vahendit. FME on ühtlasi ka visuaalse programmeerimise vahend, ehk teisendusi, mis on FME Workbench abil koostatud töölaual seadistades saab hiljem kasutada programmeerimisega moodulites ehk siis käsud ja parameetrid on etteantavad väljatöötatud korduvkasutatavale komponendile. Kõik RB IFC mudelid saab teisendada ühe juba väljatöötatud teisendusmudeliga, parameetritega antakse ette faili nimi, mida transformeeritakse.
- 2) Postgres 12 ja PostGIS 3.0; DBeaver.
- 3) Python 3.9, IfcOpenShell, Postgres pakett psycopg2
- 4) Cesium / 3D-kaksik

Erinevate mudelite visualiseerimiseks tööjaamas on kasutusel veel vahendid:

- Open Design Alliance toode **OpenIFCViewer** – IFC failide visualiseerimine ja andmete hierarhiline esitus
- **Azul** - CityGML mudelite vaatlemiseks
- **Cesium Ion** – 3D tileset-id

Teisenduste ning ruumianalüüside juures oleme välja toonud ka ajalised kestvused. Kogu tarkvara FME Desktop Pro, Python, Postgres andmebaas paiknesid ühes tööjaamas, MacOS Mojave 10.14, 2,3GHz Intel Core i7, 16 GB RAM, SSD kettad.

### 5.2.2 Andmete ekstraktimise eesmärgid

BIM mudelitest andmeid ekstraktida on vajalik järgmistel eesmärkidel:

1. Mudeli ja tema detailide atribuutinfo on vajalik salvestada andmebaasi, et teostada kontrollid ja ettevalmistus ehitusloa menetluseks. Atribuutinfo väljendab detailide tüüpi, identifitseerimise infot, mõõtmeid, materjali ja muud olulist infot, mida saab kasutada BIM põhises ehitusloa menetluses. Andmete sisusid me selle analüüsi käigus põhjalikult ei uuri, käsitleme ainult seda, kuidas mudelitest andmed on võimalik välja lugeda.

2. Mudeli ja detailide geomeetria on vajalik salvestada andmebaasi, et teostada ruumianalüüsid võrgurajatiste ja võrgurajatiste kaitsevööndite kattuvuse ning lõikumiste kohta. Samuti saab analüüsida ka mudeli ja teiste jube registris olevate ehitiste vastastikust paiknemist, lähedust ning ka lõikumist mudeliga.
3. Tulemuste visualiseerimiseks 3D kaardil mudeli sobivale kujule teisendamiseks.

### 5.2.3 Tehnilised võimalused

Kirjeldame, millised on tehnilised võimalused ärianalüüsiga kindlaks tehtud võrdlevate kontrollide läbi viimiseks ekstrahitud andmete põhjal.

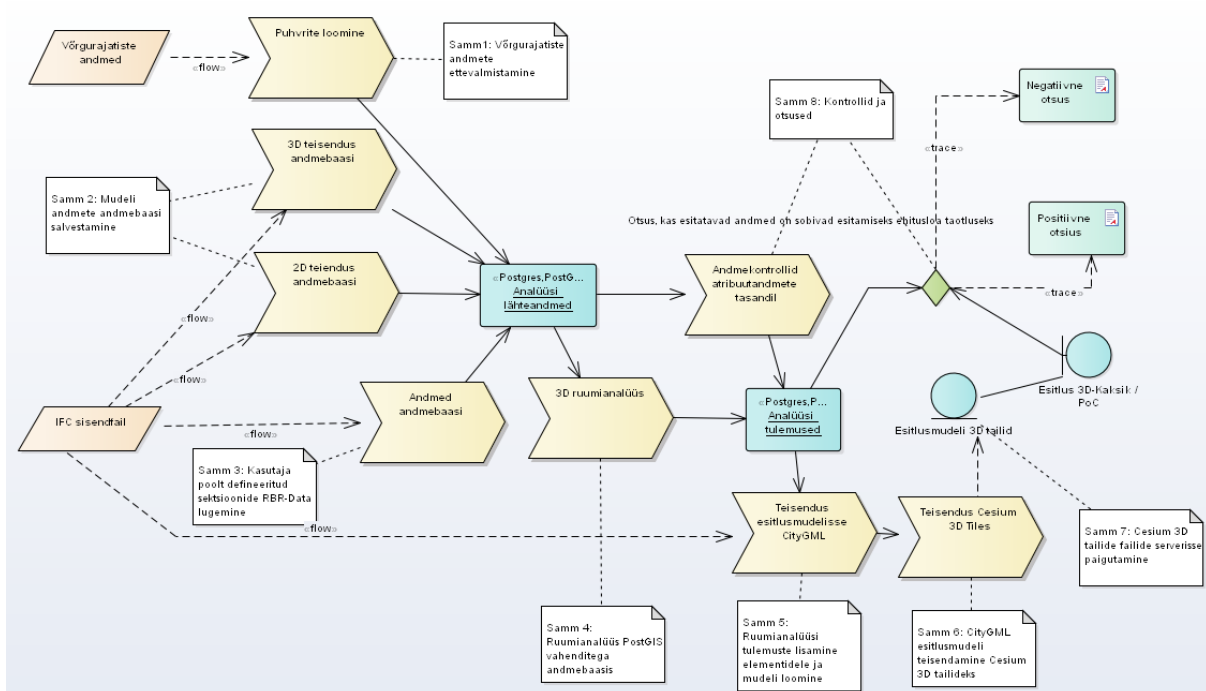
Peamine võrdlev kontroll on 3D ruumianalüüs, mis kontrollib mudeli lähedust ja lõikumisi teiste ehitistega, kas võrgurajatiste ja nende kaitsevöönditega aga võib kontrollida paiknemist ka teiste juba registris olevate ehitistega. Meie selles analüüsis ei käsitlenud muid ehitisi kui võrgurajatisi.

Ruumianalüüside läbiviimiseks salvestame mudelist atribuutinfo ja ruumilise geomeetria Postgres andmebaasi. Postgres andmebaasi PostGIS laiendus omab võimekust teha nii 2D kui ka 3D ruumianalüüsi. Geomeetria omavahelise seose olemasolu ja kauguse arvutamine sisaldub standardses PostGIS installatsioonis. Kui on vajalik arvutada lõikumise ulatust või selle 3D ruumikuju leida, siis on vajalik serverile paigaldada lisamoodul SFCGAL. Mudeli ruumiandmete transformeerimiseks sobivale kujule ning andmebaasi salvestamiseks saab kasutada FME vahendeid. Vabavaraline pakett IfcOpenShell võimaldab samuti üksipulgi IFC failist nii atribuutandmeid kui ka geomeetria lugeda ning salvestada andmebaasi läbi Python programmeerimiskeele ja vajalike pakettide – näiteks on vajalik postgres pakett psycopg2. Järgnevas kontseptsiooni kirjelduse ühes sammus kasutamegi seda python ja IfcOpenShell moodust, et lugeda andmed IFC faili spetsiifilisest omaduste sektsioonist RBR-Data või avaliku halduse taristu BIM mudelist VK\_Toru või VK\_Kaev sektsioonist. IfcOpenShell on C++ keeles kirjutatud tarkvara, millel on python liides.

Tehnilistest vahenditest on veel Open Design Alliance (ODA) IFC-SDK tarkvarateek, mida saab kasutada IFC mudelite lugemiseks, kirjutamiseks aga ka visualiseerimiseks. Ka vabavaraline IFC vaatur OpenIFCViewer on loodud IFC-SDK tarkvarateegi baasil. IFC-SDK pole aga ei avatud lähtekoodiga ega ka vabavaraline toode. Kasutada saavad need arendajad, kes on liitunud organisatsiooniga Open Design Alliance ning maksavad aastamaksu. Liikmestaatus annab võimaluse kasutada arendusfirmal teeke ning jagada arendatud tarkvara ilma, et kaasneks täiendavaid litsentsi tasusid ODA-le. Ka IFC-SDK on peamiselt C++ keeles

arendatud ning omab liidestust nii C, Java kui ka C# keeltele ning jookseb erinevatel operatsioonisüsteemidel, nii Linux, MacOS, iOS, Android ja Windows.

3D-kaksik ja Cesium vajavad andmete näitamiseks IFC mudelist teisendatud esitusmudelit koos vajalike elementide atribuutinfoga. Selleks, et vajalik atribuutinfo paigutada mudelisse teeme andmete teisendamise, töötlemise ja analüüsimise, mudeli moodustamise sellises järjekorras:



Joonis 4. Mudeli teisendamise ja kontrolli protsessi sammud

Täpsemalt kirjeldame milliseid tegevusi sammude käigus tehti järgnevas:

### Samm 1: Võrgurajatiste andmete ettevalmistamine

VR andmete teisendamine andmebaasi ja sobivate puhvritega täitmine. VR andmeid tuleb andmebaasi paigutada üks kord ning samuti vajalikud puhvrid luua. Meie kontseptsiooni tõestamise sisendiks on GeoJSON failis VR andmed aga hilisemas töösüsteemis tuleksid need andmed juba VRA-st. Ka vajalikud ruumipuhvrid andmetele tuleks juba valmis genereerida andmebaasi, sest ruumiliste puhvrite genereerimine analüüsimise hetkel oleks ressursimahukas ja pole mõtet iga analüüsi jaoks uuesti genereerida. Ruumipuhvrid on vajalikud kas VR objektide kaitsevööndite või/ehk objektide kujade leidmisel.

Selle sammu jooksul genereeritakse tabelid postgres andmebaasi:

<b>Tabeli nimi</b>	<b>Selgitus</b>
<b>rb.parnu</b>	3D kujud pärnu VR andmetega
<b>rb.parnub_0_5</b>	2D kujud pärnu VR andmetest koos puhvriga arvutatud diameetri väärtusest
<b>rb.parnubuf_0_5</b>	3D kujud pärnu VR andmetest koos arvutatud puhvriga trassi diameetri väärtusest $(DIAM / 2) * 0.001$
<b>rb.parnubuf</b>	3D kujud Pärnu VR andmetest koos puhvriga vastavalt kaitsevööndi laiusele VOOND

Cesium 3D kaksikus andmete 3D kuvamiseks luuakse ka CityGML mudel, mis hiljem teisendatakse 3D failideks FME Quick Translator abil.

Kaitsevööndite laiused elektripaigaldiste puhul:

(1) Õhuliini kaitsevööndi ulatus on mõlemal pool liini telge:

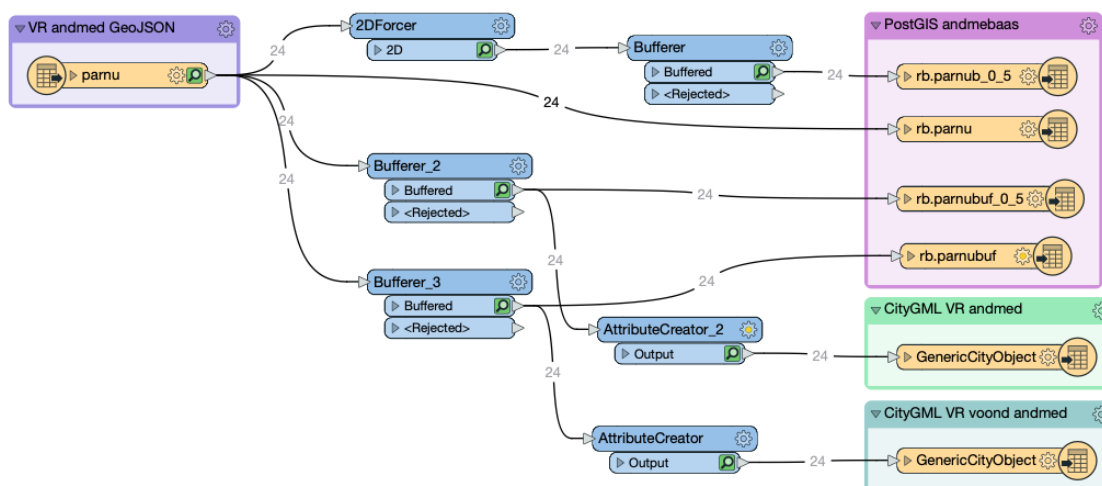
- 1) kuni 1 kV nimipingega (kaasa arvatud) liinide korral 2 meetrit;
- 2) 1 kV kuni 35 kV nimipingega liinidel õhukaabli kasutamise korral 3 meetrit;
- 3) 1 kV kuni 35 kV nimipingega liinide korral 10 meetrit;
- 4) 35 kV (kaasa arvatud) kuni 110 kV nimipingega liinide korral 25 meetrit;
- 5) 220 kV kuni 330 kV nimipingega liinide korral 40 meetrit.

Testandmetes on vööndite laius kummalegi poole telgjoont järgmised:

- 1) Maakaabel kuni 1kV – 1m
- 2) Side maakaabel – 1m
- 3) Kõrgepinge õhuliin 35kV..110kV – 25m

Eeldame, et diameeter on antud lähteandmetes millimeetrites.

FME transformatsiooni faili nimetus: **parnugeojson2postgis.fmw**



Joonis 5. Võrgurajatiste andmete puhvrite loomine, andmebaasi kirjutamine, esitlusmudeli loomine

Postgres+PostGIS andmebaasi salvestatakse VR joonobjektid ise, nendele genereeritud objektide 3D ruumikujud ning 2D ruumikujud aga samuti ka kaitsevööndite puhvrite 3D ruumikujud.

Loodud CityGML failidest tehakse võrgurajatiste ja nende kaitsevööndite 3D tailid Cesium 3D-kaksik keskkonnas kuvamiseks.

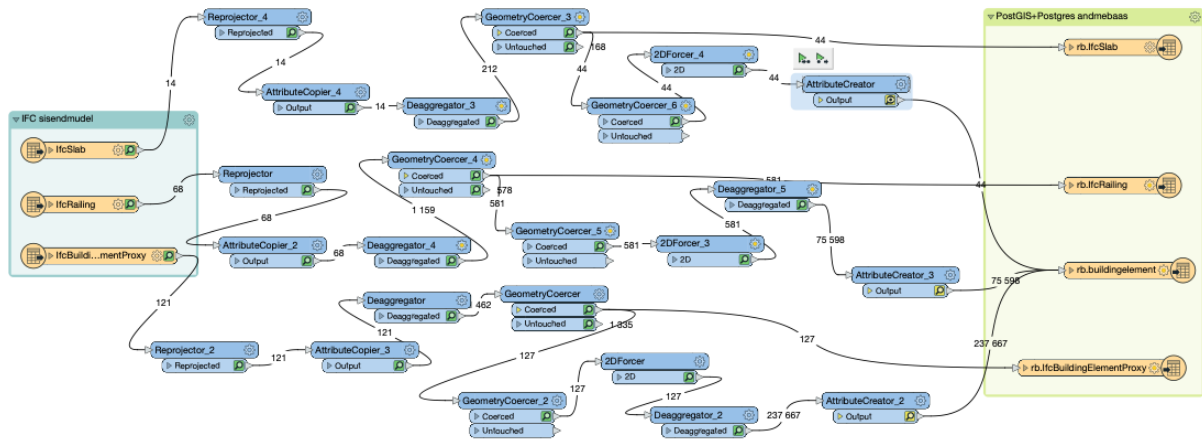
Transformatsiooni ajaline kestvus 2min 53.8sek.

Andmed parnu CityGML -> 3D tiles teisendus ajaline kestvus 3,2 sek.

Andmed parnubuf CityGML -> 3D tiles teisendus ajaline kestvus 1,9 sek.

### *Samm 2: Mudeli andmete andmebaasi salvestamine*

Järgmises etapis toimub BIM mudelitest andmete salvestamine andmebaasi et luua valmisolek teha ruumianalüüs andmebaasis PostGIS vahenditega. FME transformatsiooni faili nimetus: **RB-ifc2postgis.fmw**.



Joonis 6. Ruumiandmete jaoks vajalike andmete postgres andmebaasi eraldamine IFC mudelist

Sama teisendust kasutatakse kõikide Rail Baltica IFC failidega. Kui tabelleid pole andmebaasis veel loodud, siis tabelid luuakse ning kui tabelid on juba olemas, siis lisatakse andmed.

Loodud kirjete arv tabelites.

IFC fail	IfcSlab	IfcRailing	IfcBuildingElementProxy	buildingelement	Ajaline kestvus
Part02v1	0	0	342	Proxy: 202448	1 min 37,5sek
2236v1	0	28	16	Railing: 5914 Proxy: 244	3,7 sek
2238v1	44	581	127	Railing:75598 Slab: 44 Proxy: 237667	2 min 10 sek
Kokku:	44	609	485	Proxy: 521915	3 min 51,2 sek

### *Samm 3: Kasutaja poolt defineeritud sektsioonide RBR-Data lugemine*

Rail Baltica BIM failides on Rail Baltica projekti spetsiifilised andmed nn kasutaja defineeritud andmesektsioonis RBR-Data. Sellest sektsioonist andmete sisse lugemist FME vahenditega on liigselt keerukas ning seepärast kasutame siin vabavaralist ja avatud lähtekoodiga Python tarkvara paketti IfcOpenShell ning kirjutame selleks python programmi, mis loeb kõigi elementide RBR-Data andmesektsiooni sisu ning kirjutab postgres andmebaasi tabelisse rb.rbrdata ning seejärel jaotatakse GlobalId omaduse järgi tabelitesse IfcSlab, IfcRailing ja IfcBuildingElementProxy.

Loodud python programmi failid:

- **ifcrbr.py**
- **database.ini** – fail, kus defineeritakse postgres andmebaasi ühenduse parameetrid

### *Samm 4: Ruumianalüüs PostGIS vahenditega andmebaasis*

Ruumianalüüsi tulemuste salvestamiseks luuakse andmebaasi kaks tabelit. Esimesse kirjutame tulemuse, mis saadakse BIM mudeli objektide ruumianalüüsi vastu VR objekte, teise kirjutame tulemuse, mis saadakse BIM mudeli objektide ruumianalüüsiga vastu VR objektide kaitsevööndeid.

Tabel **rb.analysis\_nobuff** – ilma puhvrita objektidega ruumianalüüsi tulem.

Tabel **rb.analysis\_dist** – genereeritud kaitsevööndi puhvriga ruumianalüüsi tulem.

Kõikides ruumianalüüsides esmalt tehakse 2D ruumianalüüs ja saadakse kandidaatkirjed, millega minnakse edasi 3D ruumianalüüsi tegema.

Esimene analüüs: IfcBuildingElementProxy , parnubuf\_0\_5 , kestus 47 min 59sek, tulemus 1368 kirjet

Teine analüüs: IfcBuildingElementProxy , parnubuf, kestus 48 min 35 sek, tulemus 1368 kirjet.

Kolmas analüüs: IfcSlab , parnubuf\_0\_5 , kestus 4 min 40 sek, tulemus 1056 kirjet.

Neljas analüüs: IfcSlab , parnubuf , kestus 4 min 42 sek, tulemus 1056 kirjet

Viies analüüs: IfcRailing , parnubuf\_0\_5 , kestus 9min,13 sek, tulemus 1944 kirjet

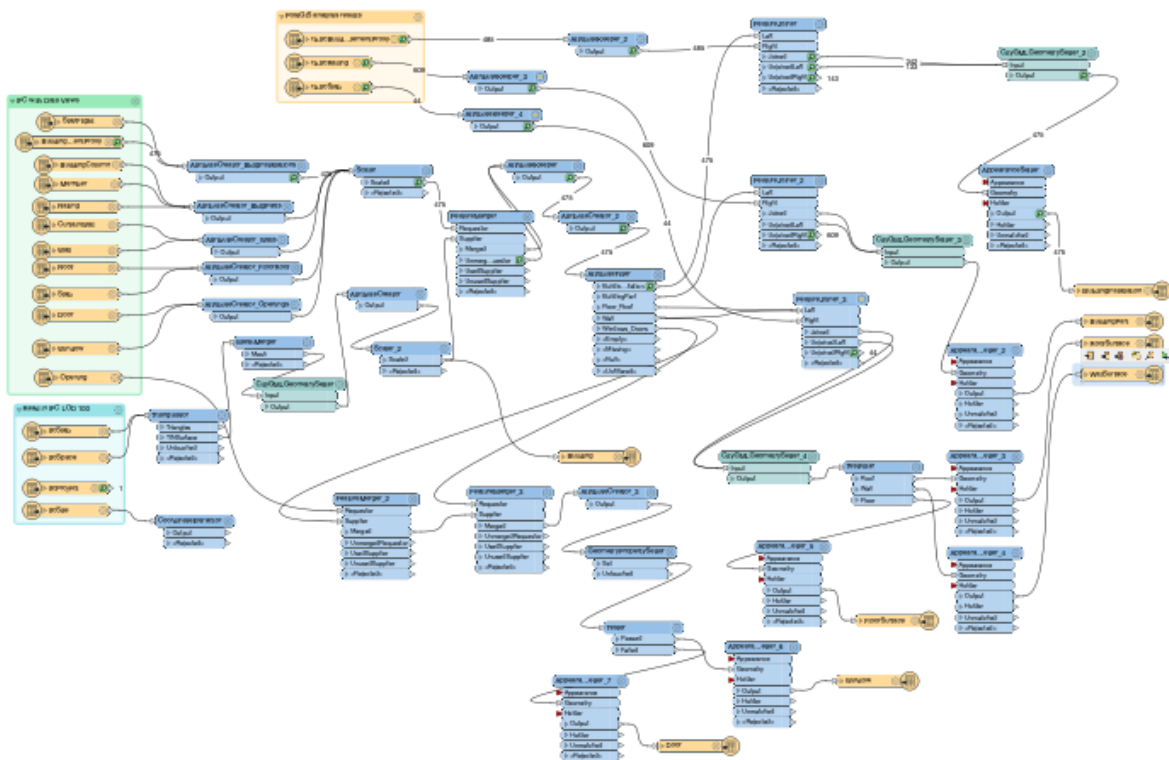
Kuues analüüs: IfcRailing , parnubuf , kestus 9min 21 sek, tulemus 1944 kirjet

Ruumianalüüside skript: **RB-ruumianalyys.sql**

### Samm 5: Ruumianalüüsi tulemuste lisamine elementidele ja mudeli loomine

Analüüsi tulemus lisatakse andmetabelitesse: IfcSlab, IfcRailing, IfcBuildingElementProxy andmeväljadele **dist** – distants objektist ja võrgurajatise vahel ja **bufdist** – distants objekti ja kaitsevööndi laiuses võrgurajatise objekti vahel ning andmeväljadele **object\_collision** ja **buffer\_collision** nende võrgurajatiste koodid, millistega lõikumine esineb. Lisaks täidetakse ka andmeväljad rbr\_\* algusega andmeväljadele.

Seejärel andmetest ning IFC mudelitest genereeritakse CityGML mudelid, mis järgnevalt teisendatakse 3D tile serveri jaoks sobivateks failideks FME Quick Translator abil. 3D Tailides sisalduvad ka eelmistel sammudel lisatud dist, bufdist, object\_collision, buffer\_collision ning RBR-Data seksioonis olevad andmed, mida kasutajaliideses on võimalik vaadata infopäringutes ning nende andmete järgi ka vajadusel kujundust reguleerida. Näiteks lõikuvad objektid on värvitud punaseks ja ohtlikult läheduses olevad objektid kollaseks.



Joonis 7. Esitlusmudeli loomine, tulemuseks on CityGML mudel

FME teisenduse faili nimetus: **ifc-lod3citygml-rb.fmw**

Esitlusmudeli loomisel on sisendiks:

- Algne IFC mudel
- Postgres andmebaasi varem imporditud andmed, nii elementide geomeetriad kui ka omadused ning kasutajaspetsiifilised andmesektsioonid (RBR-Data) ja ka ruumianalüüsi tulemused.

Väljund:

- CityGML mudeli fail.

#### *Samm 6: CityGML esitlusmudeli teisendamine Cesium 3D tailideks*

Teisendamine tehakse FME Quick Translatori transformatsioonina.

Sisend:

- CityGML visualiseerimise mudel

Väljund:

- 3D tailide tileset, vastavalt nii palju kui on erinevat tüüpi elementide sektsioone

Kui on rohkem kui üks tileset, siis luuakse ka mudelile master tileset, mis teeb selle programmi koodis kasutamise lihtsamaks.

#### *Samm 7: Cesium 3D tailide failide serverisse paigutamine*

Kasutajaliideses 3D tailide failid paigutame devkluster aadressilt kättesaadavasse teenuse serverisse, et kasutada neid 3D-kaksiku või prototüübi PoC kasutajaliideses.

#### *Samm 8: Kontrollid ja otsused*

Kõik mudelite juures olevad andmed on andmebaasi kantud ning ruumianalüüsid on tehtud. Tulemusi on võimalik vaadelda kasutajaliidese kaudu. Andmekontrollid atribuutandmete tasemel saab automatiseerida, kui on defineeritud reeglid, millele mudeli andmed peavad vastama. Näiteks kontrollid: Millised on kohustuslikud väljad, mis peavad olema täidetud?; Kas sama projekti pole samas koosseisus juba varem esitatud, et poleks duplikaatseid andmeid? ; Võimalikud arvulised väärtused oleks sobivas vahemikes? ; jne...

Ruumiliste lõikumiste puhul võivad need lõikumised olla lubatavad, sest ehitusprojekti koosseisus esitatakse ka projektiosad nende rajatiste või ehitiste ümberehitamiseks, siin peab siis olema kas reeglid kuidas seda saab automaatselt kontrollida või protsessi siseselt kellegi

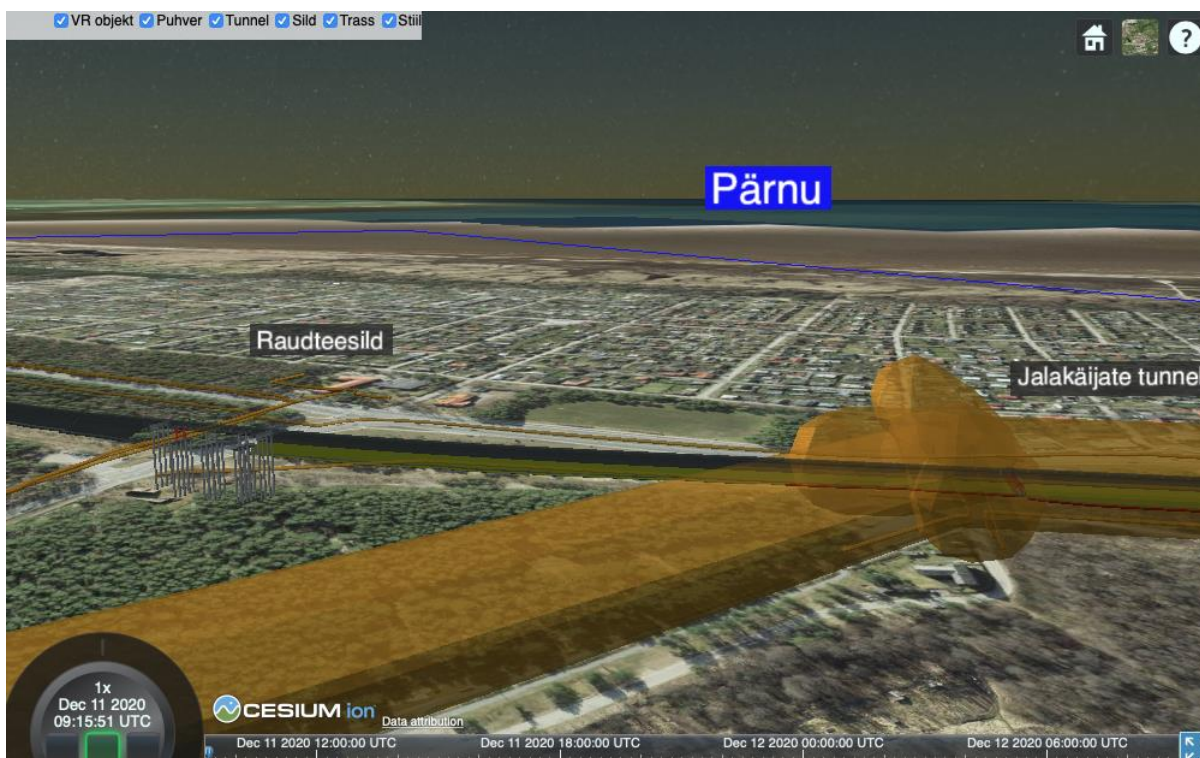
kooskõlastus sellele saada. Protsessi sammu lõpus peab lõpuks kas negatiivne või positiivne otsus tulema, et kas esitatud mudel või mudelid on ehitusloa taotluse esitamiseks sobivad.

### 5.3 Kontseptsiooni tõestuse PoC kasutajaliides

Kontseptsiooni tõestuse visualiseerimine on realiseeritud esmalt iseseisvas HTML moodulis ja ka 3D-kaksiku koosseisus eraldi lisamoodulina.

Iseseisev HTML leht on arhiivis **poc.zip**, sisaldab **index-rb.html** faili, mille saab oma tööjaamas käivitada topeltklõpsuga failile. Fail avaneb vaikimisi veebilehitsejas aga saab ka avada soovitud veebilehitsejas failile klõpsates hiire parempoolse nupuga ning valides Open ja sobiv veebilehitseja. Cesium laaditakse cesium.com aadressilt, aluskaardid Maa-ameti tailiserveritest ning ülejäänud andmed nagu maapinnamudel ning RB jaoks loodud 3D tailid MKM devkluster serverist.

Avanev veebileht näeb välja umbes selline:



Joonis 8. Avavaade ja kuvamise juhtimine

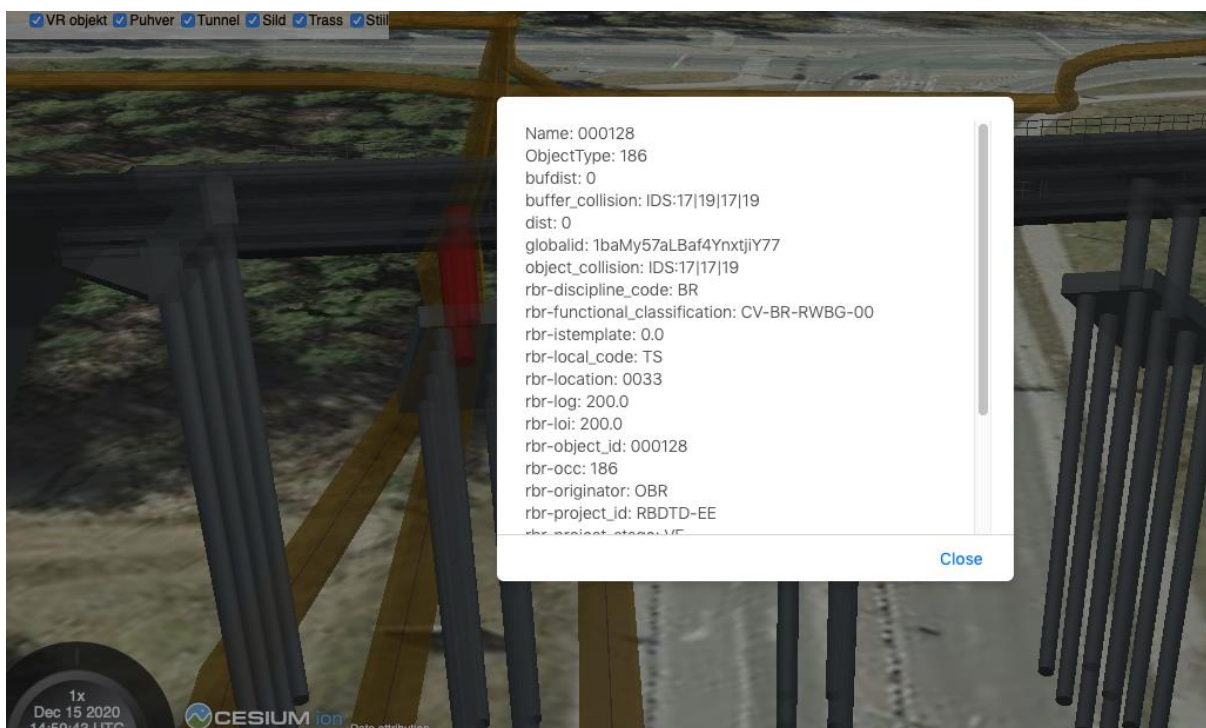
Märkeruudud üleval vasakus servas võimaldavad välja lülitada mudeleid ja võrgurajatise ning määrata, kas kasutatakse objekti lõikumise või puhvri lõikumise stiili.

- **VR objekt** – võrgurajatiste objektide sisse/välja lülitamine

- **Puhver** – võrgurajatiste puhvrite väljalülitamine
- **Tunnel, Sild, Trass** – lülitavad sisse/välja RB mudeleid
- **Stiil** – märgitud olekus kuvatakse punasega need RB mudelite elemendid, mis lõikuvad võrgurajatiste endiga, kollasega kuvatakse need, mis on  $\leq 1\text{m}$  distantsi ulatuses. Märkimata olekus kuvatakse punasega need RB mudelite elemendid, mis lõikuvad võrgurajatiste kaitsevöönditega ja kollasega kuvatakse need, millistel kaitsevööndid on  $\leq 3\text{m}$ .

Kaardi pööramiseks ja kallutamiseks tuleb hiirega lohistamisel hoida all samaaegselt Ctrl klahvi.

Objektide peale klõpsamisel kuvatakse info hüpinkaknas. Mudeli elemendile klõpsamisel avaneb selline vaade.



Joonis 9. RB mudeli elemendi info.

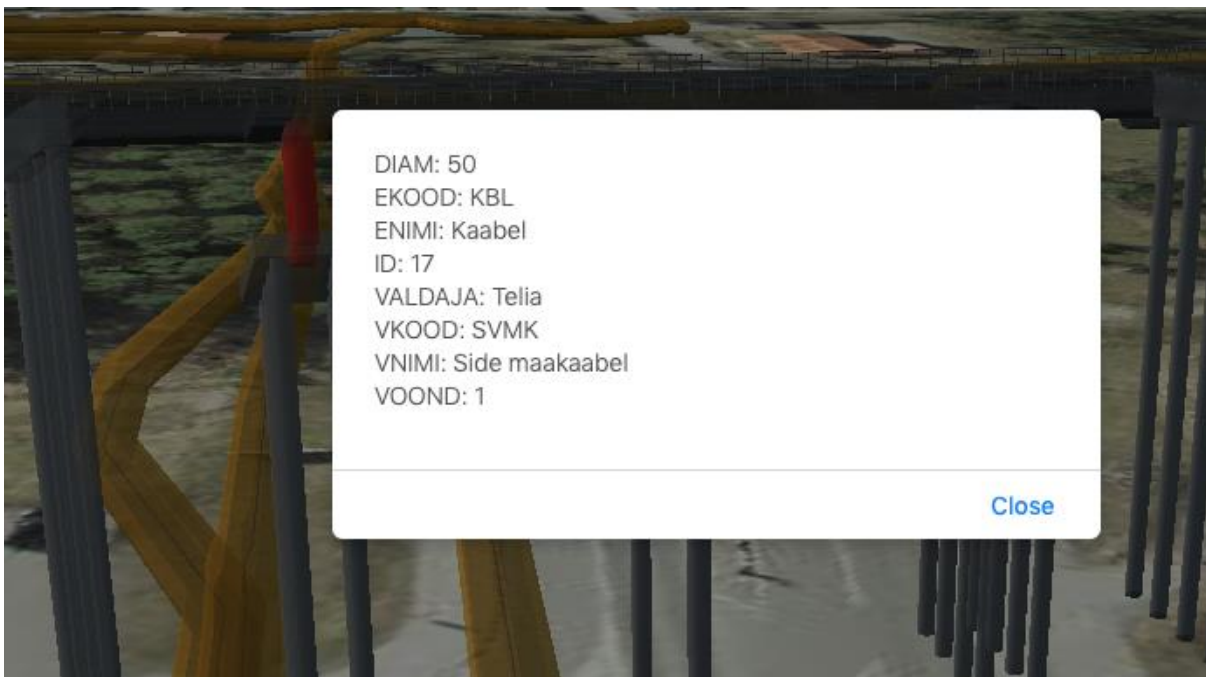
**bufdist** – näitab, et milline on lähima kaitsevööndi kaugus. Kui see väärtus on 0, siis on tegemist lõikumisega.

**dist** – näitab, et milline on lähima võrgurajatise kaugus. Kui see väärtus on 0, siis on tegemist lõikumisega.

**object\_collision** – püsti-kriipsude vahel on nende võrgurajatiste identifikaatorid, millistega on löikumine objekti endaga

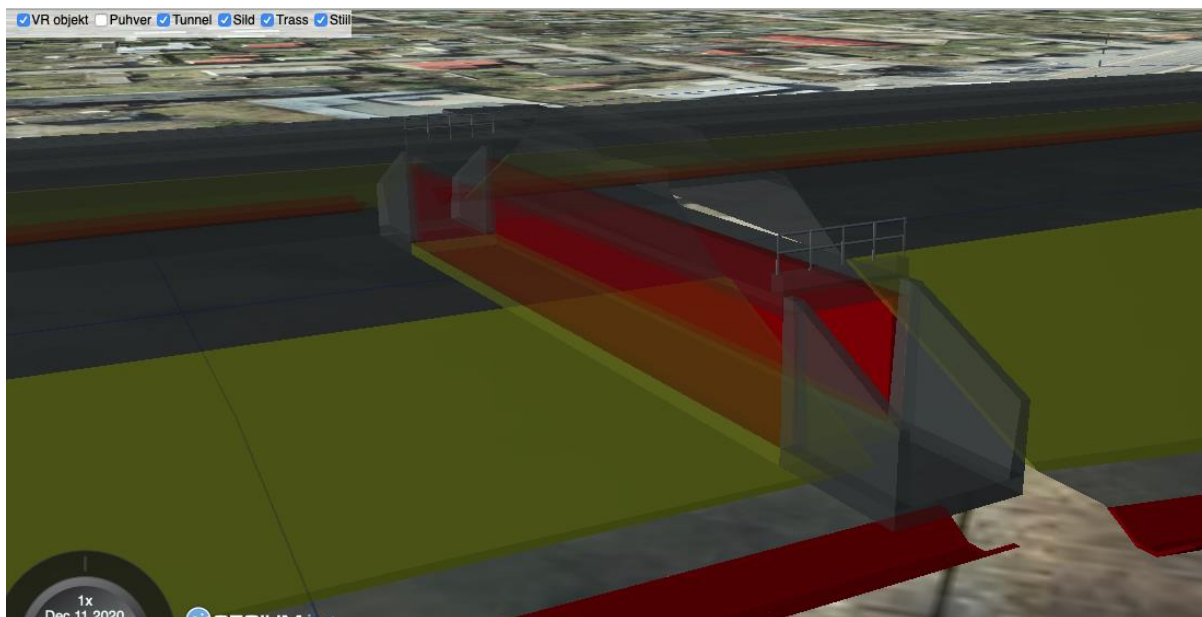
**buffer\_collision** – püsti-kriipsude vahel on nende võrgurajatiste identifikaatorid, millistega on löikumine puhvriga ehk kaitsevööndiga

**rbr-\*** algusega omadused on RBR-Data seksioonist loetud andmeatribuudid.

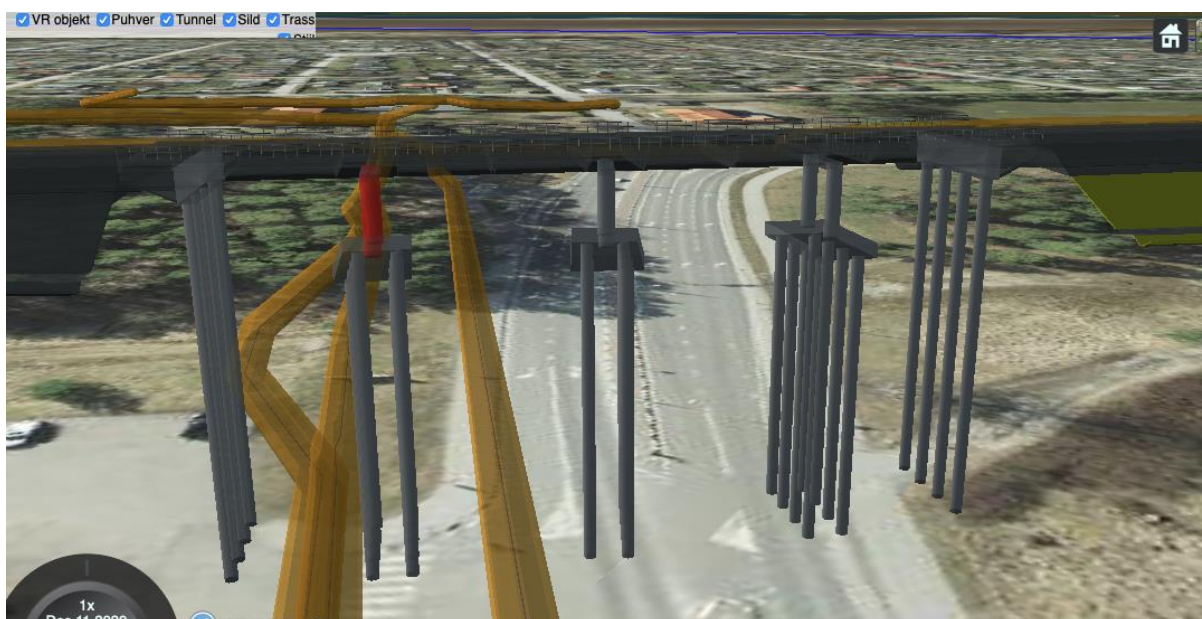


*Joonis 10. Võrgurajatise või ka võrgurajatise puhvri info.*

Võrgurajatise või tema puhvrile klõps kuvab selle objekti atribuudid.



*Joonis 11. Jalakäijate tunneli vaade kus lõikumised ja lähedused on indikeeritud värvidega*



*Joonis 12. Silla vaade, kus punasega esile tõstetud lõikuvad objektid*

PoC 3D-kaksiku koosseisus avaneb aadressilt: <https://devkluster.ehr.ee/ui/rb-bim/v1/>

## 6. Täiendavad teemad, kokkuvõte

### 6.1 Taristu infomodelite andmesisu nõuetele vastavad infomudelid

Töö käigus uurisime ka taristu infomodelite andmesisu nõuetele vastavaid infomodeleid või õigemini oli selleks üks BIM mudel: VKV\_IKT29\_ET\_Civil3D.ifc mis sisaldas Viimsi Riigigümnaasiumi läheduses olevaid võrgurajatisi – kanalisatsiooni kaevud, kanalisatsiooni torud, hüdrandid ja siibrid. Ruumilisi seoseid Rail Baltica objektidega sellel mudelil ei olnud. Sarnaselt nagu oli RB mudelitel oli eraldi omaduste sektsioon (Pset või PropertySet) RBR-Data oli ka selle mudeli elementidel omaduste sektsioon, mis sõltus objekti tüübist. Torudel VK\_Toru nimeline sektsioon, kaevudel VK\_Kaev nimeline ja hüdrantidel ning siibritel oli selleks VK\_Hüdrant\_ ja\_siiber nimeline. Andmesektsioonist omaduste välja lugemisega probleeme ei ole, selle kõik annab ära automatiseerida. Selle eelanalüüsiga samaaegselt töötab taristu infomodelite töögrupp ja nõudeid alles töötatakse välja. Kui sellega edasi liikuda ärianalüüsi faasi, siis on vaja lähtudes infomodelite nõuetest välja töötada andmebaasi struktuurid, andmete vastuvõtmise ja kontrollimise mehhanismid aga tehniliselt on nende välja arendatud kontrollide tarkvaraga kõike seda tulevikus võimalik automaatselt teha.

Mõned tähelepanekud mudeli kohta:

- Erinevad mudelita vaatamise ja teisendamise tarkvarad käituvad erinevalt ja ei pruugi kasutaja poolt defineeritud sektsioone käsitleda. Väljaspool oma andmesektsiooni võiks ka Ifc elemendi standardkirjeldustest välja lugeda, et millega on tegemist, näiteks objekti tüüp ja nimi. Praegu nimi dubleeris elemendi liiki ja indeksit, näiteks: BUILDINGELEMENTPROXY(4), objekti tüüp oli aru saadav aga elemendi andmesektsiooni nime järgi, kas VK\_Toru, VK\_Kaev või midagi muud.

Standard Pset Identification sisaldas nii Name kui Type kohas sama sisu, mis tegelikult ei väljenda, et millega on tegemist.

- VK\_Toru identifikaatorites oli kohati kasutatud prim ehk siis apostroofi märki – see võib tekitada probleemi mõne tarkvaralahenduse juures
- Täpitähtede kasutamisest ka hoiduks sektsiooninimedes nagu siin oli: VK\_Hüdrant\_ ja\_siiber. Ingliskeelse keeleruumiga arendajad kipuvad pahatihti mitte arvestama teiste rahvuskeelte spetsiaalsete tähemärkidega.

### 6.2 Võrgurajatiste puhvrite genereerimine

Praeguses analüüsis genereerisime võrgurajatiste ümber 3D puhvri kasutades Buffer transformatsiooni ja tulemuseks olid nn silindrid ümber kaablite või torude. Kontseptsiooni ja PoC väljatöötamise jaoks selline lähenemine sobis aga hilisema töösüsteemi jaoks oleks

vajalik nõuetes täpsed puhvrite või distantsi arvutamise ja võrdlemise reeglid määratleda. Kaitsevööndite nõuetes „Ehitise kaitsevööndi ulatus, kaitsevööndis tegutsemise kord ja kaitsevööndi tähistusele esitatavad nõuded“ pole nõuded kohati üheselt arusaadavad. Näiteks on mõnes kohas öeldud, et tuleb moodustada mõttelised vertikaaltasandid ja horisontaaltasandid ning teistes kohtades, et kaitsevöönd mõlemale poole telge on n meetrit, ning mõnes kohas antud lihtsalt kaugus. Siin tuleks otsustada erinevate objekti liikide puhul, et kuidas nendele nõuete juures 3D kaitsevööndite puhul arvutused täpsemalt tehakse, et ei oleks umbmäärasust ega mitut viisi võimalik aru saada. Näiteks, et kas võrgurajatise teljest alates moodustatakse mõttelised vertikaaltasapinnad ja mõttelised horisontaaltasapinnad nendele esitatud numbriliste väärtuste kaugustele, et siis tegelikult moodustatav kaitsevöönd on rajatise piki suunas kulgeva risttahuka kujuline kaitsevöönd või kui vertikaalsuunas pole määratletud, siis kuidas sellisel juhul toimida.

Järgnevas analüüsimise praegustes nõuetes olevaid nõudeid ja mis vajaks täpsustamist.

§ 10. Elektripaigaldise kaitsevööndi ulatus		
<b>(1) Õhuliini kaitsevööndid</b>		Ulatus <b>mõlemale</b> poole liini telge.
kuni 1 kV nimipingega (kaasa arvatud) liinide korral	2 meetrit	Kas see peaks olema siis nii horisontaal kui vertikaalsuunas. <b>Kui selle ulatuse väärtus on vertikaalsuunas midagi muud, siis peab olema piirang, et kui kaugele ulatub ülesse ja alla suunas.</b>
1 kV kuni 35 kV nimipingega liinidel õhukaabli kasutamise korral	3 meetrit	-,-
1 kV kuni 35 kV nimipingega liinide korral	10 meetrit	-,-
35 kV (kaasa arvatud) kuni 110 kV nimipingega liinide korral	25 meetrit	-,-

220 kV kuni 330 kV nimipingega liinide korral	40 meetrit	-, -
<b>(2) Õhuliini mastitõmmitsa või -toe või maandusjuhi,</b> mis ulatub väljapoole õhuliini kaitsevööndit, puhul on mastitõmmitsa või -toe või maandusjuhi kaitsevöönd.	1 meeter selle projektsioonist	
<b>(3) Maakaabelliini kaitsevöönd</b> on piki kaablit kulgev ala, mida mõlemalt poolt piiravad liini äärmistest kaablitest 1 meetri kaugusel paiknevad mõttelised vertikaaltasandid.	1 meeter	Määratlemata on kui palju allapoole ja ülespoole on kaitsevöönd
<b>(4) Veekaabelliini kaitsevöönd</b> on piki kaablit kulgev veepinnast põhjani ulatuv veeruum, mida mõlemalt poolt piiravad liini äärmistest kaablitest meres ja järvedes 100 meetri kaugusel ning jõgedes 50 meetri kaugusel paiknevad mõttelised vertikaaltasandid.	100 meetrit  50 meetrit	Kõrgus ulatus on veepinnast kuni põhjani ulatuv. Vajalik on teada põhja profiili või leppida kokku, et kas mingi konstantne ulatus või kui on teada mere, järve, jõe maksimaalne sügavus kaitsevööndi ulatuses, siis kasutada seda
<b>(5) Laevatatavate siseveekogude veepinna kohal asuva õhuliini kaitsevöönd</b> on piki liini kulgev õhuruum, mida mõlemalt poolt liini teljest 100 meetri kaugusel paiknevad mõttelised	100 meetrit	Alumine on veepind, määratlemata on kui kõrgele õhuruumi piirang ulatub.

vertikaaltasandid.		
<b>(6) Alajaamade ja jaotusseadmete</b> ümber ulatub kaitsevöönd 2 meetri kaugusele piirdeaiast, seinast või nende puudumisel seadmest.	2 meetrit	Määratlemata on kaitsevööndi sügavus ja kõrguse ulatus.
§ 11. Kaugküttevõrgu ehitiste kaitsevöönd		
(1) Maa-aluste soojustorustike, mida mõlemal pool torustikke piiravad äärmise torustiku isolatsiooni välispinnast järgmistel kaugustel asuvad,		mõttelised vertikaaltasandid ja horisontaaltasand.  Siit saab aru, et moodustub piki võrgurajatist kulgev risttahukas.
1) alla 200 mm läbimõõduga torustiku korral	2 meetrit	
2) 200 mm ja suurema läbimõõduga torustiku korral	3 meetrit	
(2) Maapealsete soojustorustike, mida mõlemal pool torustikke piiravad äärmise torustiku isolatsiooni välispinnast järgmistel kaugustel asuvad mõttelised vertikaaltasandid, kaitsevööndi ulatus:		Mõttelised vertikaaltasandid, mis tähendab, et ulatused sügavusse ja kõrgusesse on määratlemata.

1) aurutorustikul töörohul üle 16 baari on	10 meetrit	-,,-
2) aurutorustikul töörohul 16 baari ja alla selle on	5 meetrit	-,,-
3) veetorustikul töörohul üle 6 baari on	5 meetrit	-,,-
4) veetorustikul töörohul 6 baari ja alla selle on	2 meetrit	-,,-
(3) Kaugküttevõrgu juurde kuuluvate dreanaažitorude, jaotuskambrite, pumbamajade, mõõtesõlmede ning reguleerpunktide rajatiste ja hoonete kaitsevöönd ulatub välisseina äärmistest punktidest	2 meetrit	-,,-
(3) Kaugküttevõrgu juurde kuuluvate dreanaažitorude, jaotuskambrite, pumbamajade, mõõtesõlmede ning reguleerpunktide rajatiste ja hoonete kaitsevöönd	ulatub välisseina äärmistest punktidest 2 meetri kaugusele.	Siin ei moodustu puhver vaid tuleb arvutada lähim distants
(4) Kanalisatsiooni-, vee-, side- ja gaasitrasside ning elektrikaablite ja teiste kommunikatsioonide rajamisel kaugküttevõrgu kaitsevööndisse on vähimad	1) ristumisel 0,2 meetrit; 2) paralleelsel kulgemisel 1 meeter.	Siin tuleb arvutada distants mitte teljest vaid VR välisest pinnast.

kaugused kaugküttetorustiku välispinnast kommunikatsiooni välispinnani:		
§ 12. Vedelkütusetorustike kaitsevöönd		
Vedelkütusetorustike kaitsevööndi ulatus on torustiku välisseina äärmistest punktidest	5 meetrit.	Kaitsevööndi puhvrit ei moodustata, objekti enda välisest pinnast arvutatakse distants ja võrreldakse neid.
§ 13. Gaasitorustike kaitsevööndid		
(1) Gaasitorustiku kaitsevööndi ulatus mõlemal pool gaasitorustikku on:		Määratud on väga umbmääraselt ainult horisontaalsuundades ulatused.
1) A- ja B-kategooria gaasipaigaldiste korral torustiku välimisest mõõtmest	1 meetrit	Loeme välja, et puhver oleks nagu silindriline, välisest mõõtmest
2) C-kategooria gaasipaigaldise korral torustiku välimisest mõõtmest	2 meetrit	Loeme välja, et puhver oleks nagu silindriline, välisest mõõtmest
3) D-kategooria gaasipaigaldise nimiläbimõõduga <200 mm torustiku korral torustiku keskjoonest	3 meetrit	Loeme välja, et puhver oleks nagu silindriline, teljest

4) D-kategooria gaasipaigaldise nimiläbimõõduga $\geq 200$ mm ja $< 500$ mm torustiku korral torustiku keskjoonest	5 meetrit	Loeme välja, et puhver oleks nagu silindriline, teljest
5) D-kategooria gaasipaigaldise nimiläbimõõduga $\geq 500$ mm torustiku korral torustiku keskjoonest	10 meetrit	Loeme välja, et puhver oleks nagu silindriline, teljest
(2) Gaasipaigaldise torustiku vee alla paigaldamisel on kaitsevööndi ulatus lõikes 1 sätestatud kaitsevööndi ulatustest kaks korda laiem.	2x	Eelmises lõikes olevad kaitsevööndid vee alla paigutamisel on 2 korda suuremad. <b>Vajalik teada, et kas gaasitorustik paikneb vee all.</b>
(3) Kõrvuti asetsevate C- ja D-kategooria gaasipaigaldiste torustike vahele jäävad kaitsevööndid võivad olla lõikes 1 sätestatud kaitsevööndi ulatustest kuni 1,5 korda laiemad, et vältida torustike vahele kaitsevöönditega katmata maa-ala teket.	1,5x	Kui leitakse ruumianalüüsiga kõrvuti asetsevad C, D kategooria gaasipaigaldiste torustikke, siis rakendatakse reeglit. Vajalik on ka kõrvuti paiknemise ruumianalüüs.
(4) Gaasitorustiku juurde kuuluva gaasipaigaldise (gaasijaotus-, gaasimõõte- ja gaasireguleerjaam) kaitsevööndi ulatus piirdeaiast, hoone seinast või nende puudumisel seadmest on:		Distanti arvutus.

1) A- ja B-kategooria gaasipaigaldiste korral	1 meetrit	
2) C-kategooria gaasipaigaldise korral	2 meetrit	
3) D-kategooria gaasipaigaldise korral	10 meetrit	
§ 14. Sideehitise kaitsevöönd	Sideehitise kaitsevööndi ulatus on mõlemal pool sideehitist	Määratlemata on kõrgus ja sügavus
1) maismaal – 1 meeter sideehitisest või sideehitise välisseinast sideehitisega paralleelse möttelise jooneni või tõmmitsatega raadiomasti korral 1 meeter välimiste tõmmitsate vundamendi välisservast ühendades tõmmitsad mötteliseks kolmnurgaks, vabalt seisva masti korral 1 meeter vundamendi välisservast;	1 meeter	Kaugus välisest servast
2) siseveekogudel – 100 meetrit sideehitise keskjoonest;	100 meetrit	Kaugus teljest
3) merel – 0,25 meremiili sideehitise keskjoonest.	0,25 meremiili	Kaugus teljest

--	--	--

### 6.3 Soovitused realiseerimiseks

Selleks juhtumiks kui mudelite kontrollitarkvara tarkvara hakatakse välja arendama, anname siin mõned soovitused, millega veel peaks arvestama või tegelema.

PoC käsitles vaid Rail Baltica mudeleid ja ainult selles osas mudelites, mis olid olemas lähtemudelites. Tegelik elu on arvatavasti keerulisem ja mudelites on rohkem erinevaid elemenditüüpe, mida kõiki peab käsitlema ja analüüsima. Vajalik oleks kõikvõimalikke näitefaile, et kõik tüüpjuhtumid oleks käsitletud ning oleks tarkvara testimiseks materjali. Siin võib veel realiseerimise lisanduda ka taristu infomudelite käsitus.

PoC ei käsitlenud praegu esitatavate mudelite omavahelisi seosed ja suhteid. Võib-olla peaks seda ka lisaks tegema, et välistada ka siin vead.

PoC ei käsitlenud olemasolevaid teisi ehitisi, välja arvatud võrgurajatiste osaline väljavõte. Ka teiste EHR ehitistega on arvatavasti vajalik mingis osas analüüsida kattuvusi, lõikumisi.

Kontseptsiooni kirjelduses loetlesime veel selle võimaluse, et teadaolevad ülekatted-lõikumised võivadki olla esitatud ka koos muudatusprojektiga. See vajaks ka läbimõttlemist, et kuidas see teadmine analüüsi funktsionaalsusele ette anda, et selliseid ignoreerida või kuidas seda kasutajaliideses ametnikule esitada.

Kuna 3D ruumianalüüsid on ajamahukad, siis soovitatav on funktsionaalsus realiseerida nii, et ehitusprojekti mudelid esitatakse süsteemile ja pannakse üles analüüsi tellimus. Tarkvara teostab automaatselt vajalikud ruumianalüüsid ja muud atribuutandmete kontrollid ning moodustatakse analüüsitulemuste loend. Ruumianalüüsi valmis saamisest või ka sellest kui esines tõrkeid, teavitatakse ametnikke, kes analüüsi tulemusi üle vaatavad (TTJA).

Analüüsi tulemuste üle vaatamine peaks ka olema selline, kus tulemused on loendina esitatud kasutajaliideses ning valides mingi analüüsi tulemuse vaatamise, avatakse 3D-kaksik kaart juba sellest kohast, kus saab juba täpsemalt vaadelda, milline on probleem. Kasutajaliidese mugavus, et ei peaks neid kahtlasi kohtasid kaardirakenduses taga otsima vaid need toodaks kiirelt osutades esile.