

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Peterlin, V., 2015. 3D vizualizacija prometnih simulacij s programom PTV Vissim. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Žura, M.): 66 str.

Datum arhiviranja: 22-06-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Peterlin, V., 2015. 3D vizualizacija prometnih simulacij s programom PTV Vissim. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Žura, M.): 66 p.

Archiving Date: 22-06-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
PROMETNA SMER

Kandidatka:

VESNA PETERLIN

**3D VIZUALIZACIJA PROMETNIH SIMULACIJ S
PROGRAMOM PTV VISSIM**

Diplomska naloga št.: 3440/PS

**3D VISUALIZATION TRAFFIC SIMULATION WITH
PTV VISSIM**

Graduation thesis No.: 3440/PS

Mentor:

izr. prof. dr. Marijan Žura

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Član komisije:

doc. dr. Peter Lipar

izr. prof. dr. Dušan Žagar

Ljubljana, 18. 06. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana Vesna Peterlin izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »3D vizualizacija prometnih simulacij s programom PTV Vissim«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana,

Vesna Peterlin

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 004:656.1(497.4)(043.2)
Avtor: Vesna Peterlin
Mentor: izr. prof. dr. Marijan Žura
Naslov: 3D vizualizacija prometnih simulacij s programom PTV Vissim
Tip dokumenta: diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema: 66 str., 74 sl., 1 pregl., 1 pril.
Ključne besede: Vissim, 3D vizualizacija, 3D vizualizacija prometnih modelov, prometno planiranje

IZVLEČEK

V diplomski nalogi so obravnavane možnosti 3D vizualizacije prometnih simulacij s programom PTV Vissim. V prvem delu diplomske naloge sta opisana pojma simulacija in vizualizacija ter njuna vloga v prometnem modeliranju. Predstavljen je pomen izdelave vizualizacije prometnih simulacijskih modelov. Prometnim strokovnjakom vizualizacija prometnih simulacij služi kot pomoč pri preučevanju različnih prometnih rešitev in pri odločanju katera izmed njih je v danem primeru najbolj optimalna. Služi pa jim tudi kot dober pripomoček pri predstavitvi projektov nestrokovni javnosti.

V nadaljevanju so predstavljene možnosti izdelave 3D vizualizacije z izvozom prometnega modela in rezultatov simulacije, izdelane s programom Vissim, v grafične programe, kot sta Autodesk 3ds Max in Google Earth. Poleg tega so predstavljene možnosti izdelave 3D vizualizacije prometnih modelov, ki jih omogoča programsko orodje Vissim.

V zadnjem delu je opisan primer izdelava 3D vizualizacije z uporabo programske opreme PTV Vissim 7. Vizualizacija prikazuje odvijanje prometa v parkirni hiši centra Planet Tuš v Kopru.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDK: 004:656.1(497.4)(043.2)
Author: Vesna Peterlin
Supervisor: Assoc. Prof. Marijan Žura, Ph. D.
Title: 3D visualization traffic simulation with PTV Vissim
Document type: Graduation thesis – University studies
Scope and tools: 66 p.,74 fig.,1 tab., 1 an.
Key words: Vissim, 3D visualization, traffic models visualization, traffic and transport planning

SUMMARY

The thesis deals with the possibilities of 3D visualization of traffic simulation using the PTV Vissim software. In the first part of the thesis the concepts of simulation and visualization are described, as well as their role in the transport modelling. The importance of making visualization of traffic simulation models is presented. The visualization of traffic simulations serves as an aid when studying different transport solutions and in deciding which of them is the most optimal in a particular case. It also serves well as a tool for presentations of projects to the general public.

The second part presents the possibilities of 3D visualization with the export of the transport model and the simulation results generated with the Vissim software into various graphics applications such as Autodesk 3ds Max and Google Earth. In addition, it presents the possibilities of 3D visualization of traffic models, enabled by the Vissim software tools.

The final part discusses the creation of 3D visualization using the PTV Vissim 7 software. The visualization shows the flow of traffic in the parking garage next to the Planet Tuš shopping centre in Koper.

ZAHVALA

Zahvalila bi se mentorju izr. prof. dr. Marijanu Žuri, asist. mag. Roku Marsetiču in Simonu Detellbachu za vse strokovne nasvete in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Za podporo in pomoč v času študija bi se posebej zahvalila svoji družini, fantu Blažu in vsem prijateljem, s katerimi smo se prebijali skozi študijska leta.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	SIMULACIJA	2
2.1	Kaj je simulacija?.....	2
2.2	Prometna simulacija.....	2
2.2.1	Makroskopske simulacije.....	2
2.2.2	Mezokopske simulacije.....	3
2.2.3	Mikroskopske simulacije.....	3
3	VIZUALIZACIJA	5
3.1	Kaj je vizualizacija.....	5
3.2	Vizualizacija v prometnem planiranju.....	5
3.3	Potrebe po vizualizaciji v prometnem planiranju.....	5
4	PTV VISSIM	8
4.1	Značilnosti programa PTV Vissim.....	8
4.1.1	Enostavno urejanje prometnih omrežij.....	8
4.1.2	Enostavno sestavljanje prometnih omrežij velikih razsežnosti s pomočjo sestavljanja delnih omrežij.....	9
4.1.3	Napredno modeliranje obnašanja voznikov.....	9
4.1.4	Urbane in izven urbane naprave za nadzor prometa.....	9
4.1.5	Številne možnosti analiz.....	10
4.1.6	Pestrost animacijskih možnosti.....	10
4.1.7	Vmesniki do drugih aplikacij.....	10
4.2	Primeri uporabe.....	10
4.2.1	Križišča.....	11
4.2.2	Multimodalni sistemi.....	11
4.2.3	Promet v ruralnih območjih.....	12
4.2.4	Aktivno upravljanje prometa.....	13
4.2.5	Javni potniški promet.....	14
4.2.6	Modeliranje emisije.....	14
5	VIZUALIZACIJA PROMETNIH SIMULACIJ	15
5.1	PTV Vissim in Autodesk 3ds Max.....	16
5.2	PTV Vissim in Google Earth.....	21
6	VIZUALIZACIJA S PROGRAMOM PTV VISSIM	25
6.1	3D modeli.....	25
6.1.1	Modeliranje dinamičnih 3D objektov.....	28
6.1.2	Modeliranje statičnih 3D objektov.....	35

6.2	Uporaba 3D načina pogleda in določanje zaslona	41
6.2.1	Prikazovanje prometnega omrežja iz perspektive voznika ali pešca	41
6.2.2	Urejanje zornega kota (goriščne razdalje) v 3D pogledu	41
6.2.3	Prikazovanje megle	43
7	GRAFIČNA OZADJA	44
7.1	Uporaba spletnih zemljevidov	44
7.2	Vstavljanje grafike ozadja	44
8	USTVARJANJE PREDSTAVITVENIH ANIMACIJ S PROGRAMOM VISSIM	46
8.1	Snemanje 3D simulacij in shranjevanje v .avi datoteki	46
8.1.1	Uporaba različnih pogledov kamere (ang.: Keyframes) in zgodbe zaporedij pogledov (ang.: Storyboards)	46
8.1.2	Nastavitve snemanja	47
8.2	Snemanje 3D simulacij in shranjevanje v .ani datoteki	48
9	PRIMER IZDELAVE VIZUALIZACIJSKEGA MODELA PARKIRNE HIŠE	49
9.1	Modeliranje cestnega omrežja	49
9.2	Izdelava parkirnih mest	54
9.3	Izbira poti	56
9.4	Uporabljeni 3D dinamični in statični modeli	59
9.5	Rezultati	59
10	ZAKLJUČEK	63
VIRI		64

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer 3D animacije v programu Autodesk 3ds Max [12].....	16
Slika 2: Primer 3D animacije prometne simulacije v programu PTV Vissim [12].	16
Slika 3: Štiri stopenjski proces izdelave vizualizacije prometne simulacije s programom Autodesk 3ds Max [12].....	17
Slika 4: Primer prometnega omrežja oblikovanega s programom Vissim [12].....	18
Slika 5: Posnetek 3D modela v programu 3ds Max pred uskladitvijo z-koordinat (pogled iz zraka) [12].....	19
Slika 6: Posnetek 3D modela v programu 3ds Max pred uskladitvijo z-koordinat (stranski pogled) [12].....	19
Slika 7: Posnetek 3D modela v programu 3ds Max po uskladitvi z-koordinat (pogled iz zraka) [12]. .	20
Slika 8: Posnetek 3D modela v programu 3ds Max po uskladitvi z-koordinat (stranski pogled) [12]. .	20
Slika 9: Posnetek 3D modela v programu 3ds Max [12].	20
Slika 10: Urejen, končni prikaz 3D modela v programu 3ds Max [12].	21
Slika 11: Postopek izdelave vizualizacije prometne mikroskopske simulacije [13].....	22
Slika 12: Vizualizacija prometnega omrežja v programu Vissim [13].	23
Slika 13: Vizualizacija prometnega omrežja v programu Google Earth [13].....	23
Slika 14: 3D vizualizacija prometne simulacije v programu Google Earth [13].	23
Slika 15: Potek izdelave 3D objektov v programu Vissim [13].	25
Slika 16: 3D modeli vključeni v standardno Vissim programsko opremo [16].	26
Slika 17: Primeri 3D modelov pešcev [16].	26
Slika 18: Primeri 3D modelov statičnih objektov [16].	27
Slika 19: Primeri 3D modelov vozil [16].	27
Slika 20: Primer 3D modela vozila sestavljenega iz več segmentov (kamion s prikolico) [16].....	28
Slika 21: Spreminjanje osnovnih barv 3D modelov [16].	29
Slika 22: Natančen 3D model [16].	29
Slika 23: Preprost 3D model s senčenjem [16].....	29
Slika 24: Preprost 3D model brez senčenja [16].	30
Slika 25: Enostaven 3D model, kocka [16].	30
Slika 26: Razdalj do osi, grede in priključkov pri vozilih sestavljenih iz dveh elementov ali pri skupini večih vozil [16].	30
Slika 27: Slika preglednice v programu Vissim, za urejanja distribucije 2D/3D modelov [16].....	31
Slika 28: Slika s prikazano preglednico v programu Vissim, za urejanja barvne distribucije [16].	31
Slika 29: Določanje barvne distribucije delov 3D modela pešca [16].	32
Slika 30: Odpiranje in zapiranje vrat vozil javnega prometa [16].	32
Slika 31: Vstopanje in izstopanje pešcev na javni promet [7].	33
Slika 32 Prikazovanje svetlobnih signalov s stop linijo [16].....	34
Slika 33: Premikanje (levo) in rotiranje (desno) 3D signalnih glav [16].	35
Slika 34: Primera signalnih glav. Na levem prikaznem oknu je več signalnih glav za različne smeri vožnje, na desnem pa je prikazana signalna glava s števcem [16].....	35
Slika 35: Primer 3D statičnega modela vključen v standardno Vissim programsko opremo [16].	36
Slika 36: Slika s prikazano preglednico v programu Vissim, v kateri se definira grafični prikaz konstrukcijskih elementov [16].	37
Slika 37: Različne debeline, barve, teksture in nakloni povezav in priključkov [16].....	37
Slika 38: Povezava pohodnega območja in stopnic eno pohodno območje [16].	38
Slika 39: Premične stopnice (levo), premična steza (desno) [16].....	39
Slika 40: Primer prometnega znaka [16].....	39

Slika 41: Prikazno okno za oblikovanje talnih oznak [16].	40
Slika 42: Različne teksture tal, talne oznake, uporaba 3D statičnih (stavbe, rastline, javna osvetljava, itd.) in dinamičnih objektov (vozila, pešci) [17].	40
Slika 43: Pogled iz voznikovega sedeža [18].	41
Slika 44: Zorni kot 35 mm, lokacija kamere 1 [18].	42
Slika 45: Zorni kot 70 mm, lokacija kamere 1 [18].	42
Slika 46: Zorni kot 120 mm, lokacija kamere 1 [18].	42
Slika 47: Različne možnosti prikaza megle [16].	43
Slika 48: Okno za urejanje pogledov kamere v zgodbo (ang.: Keyframe) [16].	47
Slika 49: Slika preglednice za urejanje zgodb zaporedij pogledov (ang.:Storyboard) [16].	47
Slika 50: Vkllop ali izkllop funkcije dvojne osvetlitve (ang.: Double-sided lighting) [16].	48
Slika 51: Parkirna hiša centra Planet Tuš Koper [Google Earth, 15.5.2015].	49
Slika 52: Nivoji (ang.: Levels) uporabljeni pri modeliranju parkirne hiše [16].	50
Slika 53: Uvozna rampa v 1.nadstropje modelirana kot cestna povezava, s z-koordinato začetne točke (ang.: z-offset start) = 0 m in z-koordinato končne točke (ang.: z-offset end) = 3,5 m [16].	50
Slika 54: Tloris pritličja izdelan s programom SketchUp (levo v programu SketchUp, desno izvoženo v program Vissim).	51
Slika 55: Tloris 1. nadstropja izdelan s programom SketchUp (levo v programu SketchUp, desno izvoženo v program Vissim).	51
Slika 56: 3D model parkirne hiše z dvema uvozoma izdelan s programom SketchUp.	51
Slika 57: 3D model parkirne hiše izdelan s programom SketchUp, izvožen in prikazan v 3D pogledu programa Vissim [16].	52
Slika 58: Tloris cestnega omrežja s parkirnimi mesti izdelan v programu Vissim7, na podlagi tlorisov izdelanih v programu Sketchup in grafičnih podlag integriranih v programu Vissim 7 (posnetki iz zraka) [16].	52
Slika 59: Primer parkirnih mest na levi strani ceste, pravokotno usmerjenih glede na smer vožnje (3D pogled) [16].	53
Slika 60: Primer parkirnih mest na levi strani ceste, pravokotno usmerjenih glede na smer vožnje (2D pogled) [16].	53
Slika 61: Ponazoritev vrednosti minimalnega časovnega razmika in minimalnega dolžinskega razmika [16].	54
Slika 62: Minimalna dolžinska razdalja [16].	54
Slika 63: Primer parkirišča vzdolž smeri vožnje izdelanega v programu Vissim (Dunajska cesta, Ljubljana) [16].	55
Slika 64: Prikazno okno za določanje atributov parkirišča [16].	56
Slika 65: Izbira poti tipa parkirišča (ang.: Parking Lot) [16].	57
Slika 66: Izbira poti tipa parkirišča (ang.:Parking Lot); do večine parkirišč vozila lahko pridejo iz obeh uvozov v parkirno hišo [16].	58
Slika 67: Izbira poti statičnega tipa (ang.: Static) [16].	58
Slika 68: Distribucija vozil tipa avto (ang.: car) [16].	59
Slika 69: Kompozicija statičnih modelov in teksture neba in tal [16].	59
Slika 70: 3D model parkirne hiše izdelan s programomVissim7 [16].	60
Slika 71: Izvozna rampa iz 1. nadstropja [16].	60
Slika 72: Simulacija vožnje po parkirni hiši, pogled od zunaj [16].	61
Slika 73: Simulacija vožnje po parkirni hiši, pogled iz voznikovega sedeža [16].	61
Slika 74: Simulacija vožnje po parkirni hiši, pogled iz voznikovega sedež; modro vozilo speljuje iz parkirišča [16].	62

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Zorni koti in pripadajoče goriščne razdalje optičnega sistema 35 mm [16].42

1 UVOD

Danes smo ljudje vsakodnevno izpostavljeni takšnim ali drugačnim vizualizacijskim predstavitevam. Ko se sprehajamo ali vozimo po ulicah katerega koli malo večje kraja, je skoraj nemogoče, da ne bi opazili reklamnih plakatov, ki nam predstavljajo in poskušajo prodati najnovejše produkte. Televizijska industrija, kjer nam je vsaka novica podana tudi vizualno, temelji na 3D vizualizaciji. V filmski industriji vsako leto poskušajo doseči bolj atraktivne vizualne učinke. Ravno tako arhitekti, notranji oblikovalci in grafiki ne morejo brez predstavljanja svojih idej v vizualni obliki. Vsem naštetim panogam je skupna izdelava vizualizacij z računalniško opremo.

Razvoj računalniške tehnologije v zadnjih desetletjih je omogočil razvoj računalniške 3D vizualizacije. Za izdelavo preprostih 3D vizualizacij niso več potrebni visokozmogljivi računalniki, temveč se lahko preproste vizualizacije izdelajo na povprečnem osebem računalniku. Tako si lahko vsak s pomočjo preprostih računalniških programov sam izdelajo načrt postavitve pohištva v stanovanju s pravimi dimenzijami.

Ljudje smo tako vsakodnevno obdani z različnimi vizualizacijami, da nam zato postajajo vedno bolj samoumevne. Ker vizualizacija pomeni lažjo predstavitev nečesa abstraktnega, nečesa težko opisljivega z besedami in preglednicami, je edino logično, da se je vizualizacija začela pojavljati tudi v prometni stroki. Z razvojem računalnikov se je začela vse bolj uveljavljati 3D vizualizacija, kjer se lahko uporabnik izbranim delom modela približa, se od njih oddalji, jih pogleda iz drugega zornega kota in se zopet vrne v prvotni pogled. S 3D vizualizacijo simulacijskih prometnih modelov prometni strokovnjaki na enostaven način pregledujejo potek simulacij, odkrivajo morebitne napake in preučujejo prednosti in slabosti obravnavanih modelov. Predstavljajo pa jim tudi pomembno orodje pri sprejemanju končnih projektnih odločitev.

Vse pogosteje v različnih prometnih projektih sodelujejo tudi predstavniki javnosti in različnih interesnih skupin. Strokovnjaki se tako znajdejo pred preizkušnjo, kako čim bolj, na čim bolj razumljiv in enostaven način strokovne projektne modele in njihove učinke na okolico predstaviti laikom. V teh primerih je 3D vizualizacija zelo uporabno orodje.

V primerjavi s fizičnimi 3D modeli so računalniško izdelani 3D modeli finančno bolj dosegljivi, so fleksibilni in predstavljajo osnovo za izvedbo kompleksnih operacij, v katerih lahko opazujemo in preučujemo medsebojne vplive različnih dinamičnih virtualnih modelov. V prometni stroki je tak primer model prometnega omrežja, kjer lahko strokovnjaki ugotavljajo, kako na prometne tokove vplivajo različni svetlobno signalni programi, umestitve inteligentnih transportnih sistemov (ITS) v prometno omrežje, cestninske postaje, nivojska križanja z železniškim prometom, itd.

2 SIMULACIJA

2.1 Kaj je simulacija?

V splošnem je simulacija definirana kot dinamična predstavitev dela realnega sveta, ki temelji na izdelavi računalniškega modela, kateri vsebuje tudi časovno komponento. Dober prometni simulacijski model, je abstrakcija realnega prometnega sistema, ki ohranja njegove bistvene vidike. Prometni simulacijski model služi za izboljšanje razumevanja delovanja realnega sistema ali za raziskovanje vplivov potencialnih možnosti izboljšav sistema. Več o prometnih simulacijah piše v članku An Evaluation of 3-D Traffic Simulation Modeling Capabilities (Boxill Adams S., 2007), iz katerega je črpanih večina podatkov v obravnavanem poglavju [1].

2.2 Prometna simulacija

Za testiranje prometnih modelov obstaja kar nekaj simulacijskih orodij, ki se jih lahko uporablja, kot orodja za preizkušanje kapacitet sistema, ustreznosti časovnih intervalov svetlobno signalnih naprav v križiščih ali za splošno ocenjevanje prometnega toka v določenem prometnem omrežju. Nekatera izmed teh orodij so Vissim, S Paramics, CORSIM, SimTraffic.

Za simulacijo se izdelava shematično cestno omrežje pripadajočega realnega cestnega omrežja. Za pomoč lahko večina računalniških orodij pri tem uporablja računalniško dodana grafična ozadja (zemljevidi, fotografije iz zraka, itd), na katerih je prikazan potek realnega cestnega omrežja. Navadno so to različni 2D formati, kot na primer izmenjevalni datotečni format za risbe (DXF). Nekatera orodja lahko za ozadja uvozijo in uporabljajo tudi 3D modele, vključno s teksturami.

Rezultat modeliranja prometnih simulacij v realnem času so interaktivni modeli, ki jih z lahkoto prilagajamo in urejamo. Modeliranje okolice lahko na enostaven način prilagajamo trenutnim potrebam, na primer objekte hitro in enostavno dodajamo ali brišemo iz modela. Če želimo popraviti določeno zadevo ali preizkusiti še kaj novega, se vrnemo na model in relativno hitro naredimo spremembe ali zmodeliramo nekaj novega. Te spremembe lahko s pomočjo simulacije zopet vrednotimo. Tako je vizualizacija uporabno orodje pri procesu vrednotenja projektov, posebno ker uporabniku omogočajo hitro in fleksibilno vizualiziranje projekta. Z vizualizacijo lahko raziskujemo okolje in opazujemo območje od blizu. Za lažje modeliranje so lahko v modele vključeni GIS in CAD podatki.

Prav tako kot modeliranje in izdelava simulacij v drugih disciplinah in inženirskih panogah, prometno modeliranje in izdelava prometnih simulacij predstavljata matematično abstrakcijo dela resničnega sveta, kjer se matematični model v virtualnem okolju spreminja s potekom časa. V prometni stroki, se navadno modelirajo cestni ali železniški sistemi. Od dimenzije modeliranja prometnih modelov in simulacij, je odvisna natančnost modela. V splošnem so znani trije nivoji modeliranja: makroskopski, mezoskopski in mikroskopski nivo. V skladu z vrstnim redom v katerem so navedeni, narašča tudi njihova podrobnost podatkov.

2.2.1 Makroskopske simulacije

Makroskopski ali strateški prometni modeli in simulacije obravnavajo velika območja kot so na primer države in regije. Modeli so običajno sestavljeni iz štirih stopenj, generacije potovanj, distribucije potovanj, izbora potovalnega sredstva in obremenjevanja [2]. Makroskopski modeli združujejo vozila v prometne tokove, ki jih lahko predstavimo kot enodimenzionalni fluid, kjer se motnje prometnega toka širijo kot valovi.

2.2.2 Mezoskopske simulacije

Mezoskopske prometne simulacije navadno obravnavajo urbana območja. Podrobneje definirajo cestno omrežje in vključujejo lastnosti križišč, priključkov in razcepov (geometrijo, cikle signalno varnostnih naprav, itd.) [2].

2.2.3 Mikroskopske simulacije

Najpodrobnejše simulacije predstavljajo mikroskopske simulacije, ki omogočajo najnatančnejše in najpodrobnejše analize prometa. Mikroskopski model opisuje obnašanje vsakega vozila oziroma osebe individualno. Modele, ki opisujejo obnašanje vozil, lahko razdelimo na model sledenja vozil, model menjave pasov in model izbire poti. Model sledenja vozil opiše pospeševanje in zaviranje vozila glede na ostala vozila in cestne značilnosti, kot so na primer omejitve hitrosti in potek ceste. Model menjave pasov opiše odločitve voznika, kdaj zamenja vozni pas. Model izbire poti pa opiše, kako se posamezni voznik odloči, po kateri poti bo peljal in kako se bo na tej poti odzival na ostali promet in povratne informacije, ki jih dobi s poti [3].

Mikroskopski simulacijski modeli simulirajo prometni model na nivoju vozila, tako da vseskozi posodablajo lokacijo, hitrost, pospešek ali pojemek, lokacijo glede na vozni pas in druge spremenljivke v vsakem časovnem koraku. Upoštevajo tudi interakcijo posameznega vozila z ostalim prometom, s svetlobno varnostnimi signali, prometnimi znaki in geometrijo ceste. Navadno mikroskopske simulacije vključujejo tudi podrobne modele operacij svetlobno signalnih naprav. Pravilno in natančno modeliranje delovanja svetlobno signalnih naprav predstavlja osnovo za modeliranje varne vožnje v simulaciji prometnega modela. Vozila v prometno simulacijskih modelih so modelirana tako, da vozijo varno, vendar z individualnimi voznimi značilnostmi, kot so na primer agresivnost vožnje pri menjavanju voznih pasov, ohranjanju varnostne razdalje in podobno. Vse to drži tudi v realnem svetu, vendar pa v realnosti, zaradi človeških napak, prihaja do nesreč, ki pa jih prometni modeli ne upoštevajo. Prav tako modeli med vožnjo vozila ne upoštevajo njegove geometrije. Na primer, ko kamion zapelje v dvopasovno krožišče, v realnosti velikokrat zasede prostor obeh pasov. V prometnih modelih, vzporedno lahko vozita kamion in neko drugo vozilo vsak po svojem voznem pasu.

Poleg modeliranja cestnega prometa, torej vožnje motornih vozil, se v mikroskopskih simulacijah lahko modelira tudi simulacijo pešcev. Njihovo gibanje se simulira na pešconah in prehodih, postajah javnega potniškega prometa, stadionih, trgovskih centrih, raznih prireditvah in pri simulacijah izrednih dogodkov, na primer evakuacijah [2].

Strokovnjaki v prometni stroki orodja za prometne analize uporabljajo za iskanje najboljših transportnih rešitev določenih regij. Ravno tako kot postajajo prometne rešitve za izboljšanje poteka prometa vedno bolj sofisticirane in kompleksne, postajajo bolj kompleksna tudi orodja za prometne analize. Tako se različna podjetja lahko znajdejo pred vprašanji kot so, katero orodje za analizo je v obravnavanem primeru najprimernejše za uporabo, kako pregledati in urediti kompleksne prometne podatke, kako v prometne modele vključiti inteligentne transportne sisteme (ITS), napredne prometne ureditve in kontrolne sisteme vožnje.

Napredek računalniških sposobnosti in hitrosti procesiranja podatkov, je omogočil prometni mikroskopski simulacijski programski opremljenosti, modeliranje vedno bolj kompleksnih prometnih sistemov, v vedno večjem obsegu. Tako mikroskopska simulacija postala vedno bolj popularna pri izdelavi prometnih analiz in danes igra pomembno vlogo pri sprejemanju prometnih investicijskih odločitev [4].

Z mikroskopsko simulacijo dobimo detaljne analize s katerimi pridemo do odgovorov, do katerih z bolj konvencionalnimi metodami ne moremo. Samo z mikroskopsko simulacijsko analizo se lahko upoštevajo resnični vplivi, ki jih imajo medsebojno posamezna križišča, vozlišča, varnostno kontrolne naprave in načini vožnje.

3 VIZUALIZACIJA

3.1 Kaj je vizualizacija

Mnogi so mnenja, da je vizualizacija vse kar je vizualno vidno. Vendar to ne drži popolnoma. V naslednjih odstavkih so opisani trije minimalni kriteriji, ki jih mora vizualizacija izpolnjevati, da ji res lahko rečemo vizualizacija. Dobra vizualizacija mora seveda izpolnjevati še več pogojev, kot le te tri, vendar ti predstavljajo neko dovolj dobro ločnico med tem, kaj je res vizualizacija in čemu se pogosto neupravičeno reče vizualizacija.

- Namen vizualizacije je podajanje podatkov in je neke vrste komunikacija s podatki. To pomeni, da so podatki, ki jih podajamo, o nečem abstraktnem ali vsaj o nečem, kar ni vidno na prvi pogled. Vizualizacija tako spremeni nevidno v vidno. S tem izločimo kot vizualizacijo fotografije in slikovne predelave obstoječega.

- Z vizualizacijo ustvarimo neko sliko. Vizualna podoba mora biti primarni način komunikacije, drugi načini komunikacije lahko zagotavljajo le dodatne informacije. Če je slika le majhen del postopka, potem ne moremo govoriti o vizualizacij.

- Rezultati morajo biti razumljivi. Najpomembnejši kriterij je, da mora vizualizacija omogočiti, da se naučimo nekaj o podatkih, ki jih podaja. Z vsakim preoblikovanjem ne-nepomembnih podatkov v slikovno obliko, izgubimo kakšno informacijo, vendar pa moramo pri transformaciji ohraniti vsaj nekatere pomembne podatke, ki so predstavljeni razumljivo [5].

3.2 Vizualizacija v prometnem planiranju

Vizualizacija v prometnem planiranju je simulirana predstavitev predlaganih prometnih izboljšav in njihovih vplivov na okolico, na način, da tudi laik razume celoten obseg, ki ga izboljšave prinašajo [6]. Z projektno dokumentacijo, dodanimi slikami, skicami, grafikoni, diagrami ali zemljevidi izboljšamo predstavo in razumevanje prometnih planov. 3D prometne vizualizacije povezane z mikroskopskimi simulacijskimi modeli uporabnikom omogočajo, da si ustvarijo vizualno predstavo o potencialnih možnostih izboljšav in s tem povečajo razumevanje posledic, ki jih prinaša posamezna projektna možnost [1].

Kljub včasih premajhni osredotočenosti in usmerjenosti, ko govorimo o razvoju vizualizacije, se uporaba vizualnih orodij v prometni panogi povečuje. Razlog za to je velikokrat potreba po strinjanju in sprejemanju projektov s strani javnosti. Danes skoraj vsak projekt, posebno pa veliki, vsebujejo neko obliko vizualizacije. V projektih je postala že pričakovana, posebno v projektih, kjer je prisotno sodelovanje s širšo javnostjo [6]. Njihov pomen se povečuje z napredkom in večanjem uporabnosti računalniških programov kot so PTV Vissim, S-Paramics, Synchro in drugi [1].

3.3 Potrebe po vizualizaciji v prometnem planiranju

Kot je opisano v članku An Evaluation of 3-D Traffic Simulation Modeling Capabilities [1] iz katerega so pridobljeni podatki preostalega poglavja, lahko potrebo po vizualizaciji v prometnem planiranju opredelimo glede na dva faktorja. Prvi je pomoč pri izboljšavi projektnih procesov, drugi pa lažje razumevanje projektov, posebno ko v postopku sodelujejo različne interesne skupine ali javnost. Oba razloga spodbujata razvoj in uporabo vedno bolj naprednih tehnologij, za ustvarjanje vedno bolj obsežnih in natančnih realističnih 3D modelov resničnega okolja, s pomočjo katerih se lahko proučujejo različni ukrepi v prometnih omrežjih.

Uspeh 2D računalniško podprtega načrtovanja (CAD) je raziskovalce spodbudil k raziskovanju možnosti računalniškega načrtovanja z vključevanjem 3D orodij znotraj programske opreme. Z generiranjem modelov v 3D načine načrtovanja, se izboljša proces načrtovanja in poveča nadzor pri postopku načrtovanja, omogočena pa je tudi izdelava 3D vizualizacije modelov. Če je projekt načrtovan v 3D načinu, potem je ustvarjanje prikaznih slik, animacij ali simulacij nek logičen napredek. Vključevanje 3D modeliranja v proces načrtovanja vodi do povečanja zahtev po uporabi vizualizacijskih orodij. To pa posledično pripelje do potencialnih prihrankov, ki so naštetja in opisana v nadaljevanju.

- Povečanje kvalitete kontrole med izvedbo projekta, kar vodi k manjšemu številu potrebnih naknadnih konstrukcijskih popravkov in posledično krajšemu času izdelave projekta.
- Mogoči so boljši in bolj stroškovno učinkoviti projekti, saj vizualizacija pomaga pri razumevanju potencialnih prometnih rešitev. Strokovnjaki imajo tako boljše podlage pri sprejemanju odločitev.
- S pomočjo vizualizacije je veliko lažje posredovati in prikazati možne projektne rešitve, zato lahko trdimo, da sta izboljšana komunikacija in možnost razumevanja.
- Če javnost in različne interesne skupine dobro razumejo projektne rešitve in njihove vplive na okolje, je lažje pridobiti njihovo odobravanje, s čimer se prihrani čas pri projektnem načrtovanju.

Vključevanje javnosti in različnih interesnih skupin, predstavlja velik razlog, da so vizualizacijska orodja v prometnem načrtovanju potrebna. Večina ljudi je danes vsakodnevno izpostavljena 3D računalniškim vizualizacijam in animacijam. Zasedimo jih lahko v televizijskih reklamah, na reklamnih panojih, v filmih itd. Uporabljajo pa se tudi v industrijske namene, kot na primer za računalniško podprto numerično krmiljenje strojne opreme in aplikacije geografskega informacijskega sistema (GIS). Zaradi tolikšne razširjenosti računalniških 3D vizualizacij in animacij, je logično, da si tudi prometna stroka pri komunikaciji z javnostjo pomaga z uporabo 3D vizualizacije. Zato je prometna stroka prisiljena k razvoju in uporabi vedno boljših vizualnih orodij.

Veliki napredki v simulacijski tehnologiji so omogočili nove možnosti v modeliranju prometnih sistemov. V simulacijah lahko modeliramo individualna vozila in pešce na velikih območjih, vendar pa so njihovi podatki navadno na voljo v obsežnih tabelah, ki morajo biti analizirane statistično. Vplive posameznega vozila ali pešca na ostali prometni sistem je s takimi podatki težko interpretirati. Pri tem delu so v veliko pomoč vizualizacijska orodja, ki omogočajo izdelavo vizualizacije prometnih modelov v 3D virtualni realnosti. Uporabniki imajo z uporabo te tehnologije možnost pogleda na okolico iz vozila, lahko krožijo nad prometnim modelom, se približajo in oddaljijo določenim objektom, zaustavijo simulacijo in jo znova poženejo. Raziskovalci, analitiki in načrtovalci, lahko vidijo prometni sistem skozi virtualne statične kamere, kamere iz zraka ali iz pogleda osebe, ki je lahko voznik ali pešec. Tako lahko uporabniki skozi mnoge perspektive vidijo študijsko območje na zelo podoben način, kot bi opazovali območje v realnem svetu.

Urejevalci urbanih območij, prometni inženirji in drugi ki sodelujejo pri sprejemanju prometnih odločitev, s pridom uporabljajo vizualizacijo na raznih področjih, kot so:

- Raziskovanje vzrokov za nastanke prometnih zamaškov in načinov kako jih preprečiti.
- Raziskovanju učinkovitosti novih prometnih tehnologij in izboljšav, kot so razni inteligentni transportni sistemi (ITS).
- Raziskovanje učinkov postopne gradnje in začasnega zapiranje enega izmed voznih pasov .

- Raziskovanje prometnih sprememb, ki so posledica izgradnje novih poslovnih ali stanovanjskih območij.

3D vizualizacijski prikaz prometnega okolja je dobro orodje pri analizi rezultatov simulacij. Natančen pregled vizualizacije je za analitike lahko ključnega pomena pri ugotavljanju mnogih prometnih vprašanj. Eno takšnih vprašanj je ugotavljanje relacije vzrok–posledica, posebno v primerih preobremenjenih cestnih odsekih, z dolgimi čakalnimi vrstami, kjer lahko ugotavljajo vzroke, ki pripeljejo do nasičenega in prenasičenega stanja. 3D vizualizacijski prikazi prometnega okolja so uporabni tudi pri ugotavljanju in iskanju napak v prometnem modelu, kadar pride na primer do večjih časovnih zamud na območjih, kjer zamud ni pričakovati. V teh in podobnih primerih, lahko s pregledom vizualizacije najdemo napake v vhodnih podatkih ali napake v modelu.

Prometna simulacijska orodja, kot so Vissim, S-Paramics in Synchro, so glavna pri vključevanju 3D vizualizacijskih orodij v svoje sisteme. Za uporabo enostavni multimedijски vmesniki, s hitrim interaktivnim odzivom, predstavljajo močno orodje za prometne in okoljske načrtovalce.

4 PTV VISSIM

Vissim je v svetu vodilno mikroskopsko simulacijsko orodje, za izdelavo prometnih simulacij in je v lasti nemškega podjetja PTV. Z njim lahko modeliramo kompleksne prometne situacije, ki se v realnem svetu vsakodnevno dogajajo v cestnih in železniških prometnih omrežjih [7]. Razlog, da je vodilno mikroskopsko simulacijsko orodje, je v njegovi dovršenosti in nenehnem razvoju novih funkcij ter posodabljanju obstoječih [8]. Od leta 2014 je na voljo različica programa Vissim 7.

Je mikroskopski simulacijski računalniški program, ki temelji na modelu odvisnem od obnašanja posameznega vozila v interakciji z ostalim prometom in časovno odvisnem simulacijskem modelu prometnih tokov. Njegov glavni namen je analiza in optimizacija prometnih tokov. Zmožen je modeliranje prometa z vključenimi različnimi ukrepi za nadzor prometa v 3D okolju [1].

Ne glede na to ali se primerja dimenzije križišč, analizira prednostne sheme javnega prometa ali efekte neke signalizacije, Vissim omogoča, natančno simuliranje prometnih tokov, z relativno veliko stopnjo podobnosti realnim prometnim tokovom. V simulacije so lahko vključeni vsi udeleženci v prometu, tako vozila privatnega prometa, tovornega prometa, vozila železniškega in cestnega javnega prometa, kot tudi kolesarje in pešce. Modeli gibanja so znanstveno utemeljeni in zato zagotavljajo realistično modeliranje vseh udeležencev v prometu [9].

Koncept povezav (ang.: links) in priključkov (ang.: connectors) uporabniku omogoča modeliranje geometrije visokih stopenj zahtevnosti. Atributi, ki definirajo značilnosti voznikov in vozil, omogočajo njihovo individualnost. Številni vmesniki zagotavljajo integracijo s sistemi svetlobno signalnih naprav, sistemi za upravljanje prometa in modeli emisij. Vse naštetje je rezultat fleksibilnosti, ki jo ponuja programska oprema programa Vissim [9].

Vissim z možnostjo celovitih analiz prometnih simulacija, predstavlja močno orodje za načrtovanje in ocenjevanje urbanega in ruralnega prometa. S programom je mogoče pridobiti natančne rezultate in narediti natančne 3D animacije za različne scenarije prometnih ureditev. Tudi zapletene razmere v prometu so lahko v Vissimu vizualizirane z visoko ravnijo podrobnosti, ki zagotavlja realne modele prometa. Programska oprema združuje prometno inženirsko znanje in znanje s področja 3D animacij, kar zagotavlja prepričljive in razumljive predstavitve načrtovanih prometnih ureditev tako za tehnične strokovnjake kot nosilce odločitev in javnost [1].

4.1 Značilnosti programa PTV Vissim

Vissim ima zelo širok nabor možnosti uporabe. Povzeto predvsem po članku *An Evaluation of 3-D Traffic Simulation Modeling Capabilities* [1], so v nadaljevanju opisane najpomembnejše.

4.1.1 Enostavno urejanje prometnih omrežij

V preglednem urejevalniku omrežja, ki si ga uporabnik lahko prilagodi glede na njegove želje, ima možnost enostavnega, vendar vseeno natančnega ustvarjanja in urejanja prometnih mrež. Za pomoč pri tem se lahko uporabijo podlage v obliki slik v ozadju kot so zemljevidi mest, fotografije iz zraka in CAD risbe v različnih digitalnih formatih. Natančne lege detektorjev, svetlobno signalnih naprav, mest sprememb hitrosti vožnje, pozicije prednostnih pravil in druge elemente v omrežju lahko uporabnik določi s pomočjo slik v ozadju ali bolj natančno z podajanjem koordinat. Možno je tudi natančno določanje stohastičnih elementov kot so porazdelitve hitrosti, pospeški in model sledenja vozil.

Poleg enostavnega ustvarjanja prometnih omrežij, lahko uporabnik v Vissim uvozi prometna omrežja, izdelana v makroskopsko simulacijskem programu Visum, ki je prav tako kot Vissim, v lasti podjetja

PTV. Poleg prometne mreže, se lahko uvozijo matrice povpraševanj in informacije o izbiri poti.. To je posebej uporabno pri ustvarjanju velikih prometnih omrežij, saj si v programu Visum, lahko pomagamo z vnaprej definiranimi standardnimi križišči. Uporabnik lahko v Vissim uvozi tudi značilnosti prometnega omrežja in fiksne čase svetlobno varnostnih naprav, pripravljenih s pomočjo za to bolj specializiranimi orodij, kot so Siemen TL, Lisa+, VS-Plus, SCOOT, SCATS, RBC itd.

4.1.2 Enostavno sestavljanje prometnih omrežij velikih razsežnosti s pomočjo sestavljanja delnih omrežij

Pri urejanju večjih projektov, Vissim omogoča, da se do podatkov lahko dostopa iz različnih računalnikov, kar omogoča, da se na vsakem računalniku lahko izdeluje del prometnega omrežja. Prometne mreže podobnočij se nato združi v eno veliko prometno območje tako, da se ustvarijo mrežne komponente, kjer uporabnik ustvari knjižnico podobnočij ali vnaprej definiranih križišč.

4.1.3 Napredno modeliranje obnašanja voznikov

Kultura vožnje je na različnih delih sveta lahko zelo različna, zato Vissim omogoča prilagajanje parametrov vožnje tako, da je vožnja v modelu čim bolj podobna vožnji na obravnavanem območju. Možna je izbira med številnimi tipi vozil in modeli načina vožnje (agresiven, neagresiven voznik), ki jih lahko uporabnik še dodatno prilagodi svojim potrebam, z njimi pa lahko dovolj dobro modelira značilnosti vožnje na določenem območju.

Model sledenja vozil se lahko prilagodi glede na to, ali se modelira vožnjo v naselju ali izven naselja, na odprti cesti. Prav tako se lahko modelira menjavanje pasov v različnih situacijah, kot so prepletanja na avtocestah, združevanje zaradi zmanjšanja števila voznih pasov (pravilo zadrge), itd.

V prometni model lahko uporabnik vključi različna prevozna sredstva, ki se med seboj upoštevajo. Modelira lahko vožnjo motornih vozil in kolesarjev na istem voznem pasu, z možnostjo prehitevanja znotraj širine pasu (kolesar kolesarja ali motorno vozilo kolesarja).

Za izbiro poti Vissim omogoča izbiro med statičnim in dinamičnim modelom prometnega povpraševanja. Model dinamične razporeditve izbire poti temelji na izvorno-ciljnih matrikah odvisnih od trajanja in namena potovanja. Izbira poti se lahko določi glede na tip vozila, kar omogoča definiranje poti dovoljene le za pešce, vozne pasove le za javni promet, prepovedi vožnje za tovornjake, itd.

4.1.4 Urbane in izven urbane naprave za nadzor prometa

Vissim omogoča podrobno modeliranje križišč različnih razsežnosti, tako semaforiziranih kot nesemaforiziranih. V nesemaforiziranih križiščih vozilom omogočijo medsebojno upoštevanje različni načini določanja pravil prednosti in konfliktnih območij [8]. V semaforiziranih križiščih lahko uporabnik uporabi svetlobno signalne naprave s fiksnimi dolžinami posameznih faz v semaforskem ciklu (ang.: built-in fixed time signal control) ali pa se posamezne faze po potrebi podaljšujejo oziroma krajšajo v odvisnosti od izračunanih zamud vozil (ang.: built-in ring/barrier actuated control). Uporabnik lahko v programskem jeziku VAP, ki je podoben programskemu jeziku C, glede na projektne potrebe definira ali prilagaja prometno odvisne svetlobno signalne naprave. Z uporabo programskega jezika VAP se lahko modelirajo inteligentni transportni sistemi (ITS) in regionalne kontrolne operacije, kot so dinamični nadzor hitrosti ali dinamični sistemi za izbiro poti. Uporabnik lahko uporabi tudi programske vmesnike kot so SCATS, SCOOT, in SPOT/Utopia.

4.1.5 Številne možnosti analiz

V izhodnih rezultatih primernih za analize so vključeni različni kazalci učinkovitosti, ki so izraženi z različnimi parametri, kot so zamude, potovalni čas, število ustavljanj, kolone, hitrosti in gostota prometnega toka. Izbrane podatke lahko uporabnik izvozi za poljubno časovno obdobje in interval znotraj časovnega obdobja, za poljubno lokacijo ali križišče na omrežju, vzdolž poljubne poti ali za celotno omrežje. Parametri so lahko prikazani za posamezne razrede vozil ali za vsako posamezno vozilo [8]. Za dodatno makroskopsko vrednotenje Vissim omogoča izvoz podatkov o emisijah, ki pa je možen le z vključenim emisijskim modulom enViVer Pro v programski opremi [10].

Za podrobnejše grafične prikaze določenih situacij, je možen izvoz rezultatov simulacij v programsko opremo za planiranje prometa Visum, ki ponuja obsežno grafično zbirko za grafično vizualizacijo rezultatov [8].

Vissim omogoča beleženje podatkov svetlobno signalno naprav kot so minimalni, maksimalni ali povprečni časi zelene faze za posamezno signalno skupino, čakalni čas med tem ko detektor sporoči ukaz dinamični signalni glavi in ko signalna glava izvede ukaz.

4.1.6 Pestrost animacijskih možnosti

Uporabnik ima možnost priprave različnih animacij za razumljive predstavitve, v katerih lahko prikazuje vožnjo vozil v 2D ali 3D pogledu, izbira lahko med številnimi 3D modeli vozil in pešcev, v animacije lahko vključi 3D objekte uvožene v 3ds formatu. Z uporabo modula 3ds lahko preproste 3D objekte tudi sam zmodelira. Prometni model lahko prikaže iz različnih zornih kotov, lahko se nekemu območju oziroma objektu približa, ali se od njega oddalji. Prometno omrežje lahko prikaže tudi iz voznikovega sedeža ali iz pogleda pešca. Določene poglede oziroma postavitve kamere (ang.: keyframes) si lahko uporabnik shrani in jih uredi v zgodbo zaporedij pogledov (ang.: storyboards), ki jih uporabi pri snemanju .avi video posnetkov. Shranjeni pogledi kamere se lahko uporabljajo tudi kot vnaprej določeni pogledi prometnega omrežja ali njegovega dela, do katerih lahko hitro dostopamo med simulacijo ali animacijo.

4.1.7 Vmesniki do drugih aplikacij

Vissim prometna omrežja so lahko izvožena iz makroskopskega prometnega orodja Visum, v katerem je mogoče hitro in učinkovito urejanje velikih prometnih omrežij, v mikroskopskem simulacijskem orodju Vissim, pa se izvede simulacija. V Visum je možen tudi izvoz rezultatov prometne simulacije iz Vissima za namen natančnejšega grafičnega prikaza. Z uporabo programskega vmesnika, so lahko zapisi rezultatov prometnih simulacij pretvorjeni v oblike, ki so uporabne za programe, kot sta Microsoft Access in Excel.

4.2 Primeri uporabe

Vissim omogoča idelavo številnih prometnih študij. Tipične so primerjave različnih variant križišč (nesemaforizirana, semaforizirana, izven nivojska križanja), analize prometnih tokov, analize sistemov za upravljanje prometa, (nadzor izbire poti, nadzor prometnega pretoka, cestnine, nadzor dostopa in prioritetni vozni pasovi), analize velikih omrežij z uporabo dinamičnega tipa izbire poti, analize potniških tokov na multimodalnih tranzitnih centrih ter izdelave modelov prometnih tokov vozil in pešcev na prostem ali znotraj objektov, itd [1]. V nadaljevanju so glavni primeri uporabe, v večini na podlagi podatkov pridobljenih iz predstavitvenega kataloga podjetja PTV Group, What Keeps Traffic Flowing [9], opisani bolj podrobno.

4.2.1 Križišča

Z Vissimom lahko modeliramo, analiziramo in simuliramo križišča različnih oblik in velikosti, ne glede na prednostna pravila in tipe signalizacije. Tako lahko urejamo in preučujemo enostavna nesemaforizirana ali semaforizirana križišča, krožišča, turbo krožišča, križišča s prednostjo vozil javnega prometa, križišča s prehodi za pešce in/ali kolesarje, itd.

V nesemaforiziranih križiščih z definiranjem pravil prednosti in konfliktnih območij uporabnik določi smeri glavnih tokov in omogoči medsebojno upoštevanje vozil na različnih povezavah in vozliščih [8]. V križiščih lahko vozilom različnih razredov določimo značilnosti obnašanja (agresivnost, razmik med vozili, itd.).

4.2.1.1 Svetlobno signalne naprave

Svetlobno signalne naprave dominantno vplivajo na pretok prometa zlasti v urbanih območjih. Prometni inženirji lahko s programom Vissim modelirajo in optimizirajo različne tipe svetlobno signalnih naprav, časovno toge ali prometno odvisne, kot tudi sheme pravil prednosti javnega in intervencijskega prometa. Za boljšo izpopolnitev in optimizacijo programska oprema omogoča povezavo z drugimi orodji za urejanje svetlobno signalnih naprav, kot so Sitraffic Office, SCOOT in SCATS, kot tudi PTV Visum in PTV Vistro.

Pri modeliranju svetlobno signalnih naprav lahko uporabnik definira signalne glave (ang.: signal heads), ki sodijo med infrastrukturo ter signalne kontrolerje (ang.: signal controllers), ki so del nadzora. Več signalnih glav je lahko združenih v eno signalno skupino (ang.: signal groups), ki jih nadzorujejo signalni kontrolerji [8].

Vissim omogoča uvažanje faznih matrik in signalnih programov definiranih z drugimi programi. Lahko jih uvozimo in jih nato po potrebi dodatno urejamo v programu Vissim. Tako lahko prometni inženirji modelirajo svetlobno signalne naprave s časovno togim krmiljenjem za celotno signalno skupino. Program poleg tega omogoča grafično vizualizacijo različnih stanj znotraj ciklusa, tako da lahko hitro odkrijemo in popravimo morebitne napake.

Dodatni modul VAP (Vehicle Actuated Programming) omogoča uporabnikom programa Vissim simuliranje prilagodljivega signalnega krmiljenja. Med simulacijo VAP interpretira navodila programa o krmilni logiki in generira ustrezne preklope med ukazi prometne signalizacije. Modul VisVAP (Visual VAP) uporabniku omogoča, da na enostaven in udoben način določi krmilno logiko signalnih naprav s pomočjo seznama ukazov za urejanje signalnih skupin, faz in detektorjev. Urejena krmilna logika je nato prevedena v VAP jezik za možnost izvedbe simulacije. Med simulacijo ima uporabnik možnost spremljanja kontrolnega krmiljenja postopno, korak za korakom, s čimer lahko na enostaven način najde morebitne napake.

Vissim omogoča zelo realistično prikazovanje svetlobnih signalnih naprav. Na istem voznem pasu lahko prikaže več krmilnih glav, ki prikazujejo različne krmilne nastavitve glede na tip prevoznega sredstva. Tako lahko avtomobili in kolesarji na isti stezi prejemajo različne informacije.

4.2.2 Multimodalni sistemi

Vissim je edini mikroskopski simulacijski program, ki omogoča izdelavo simulacij, v katerih so lahko uporabljena vsa transportna sredstva, tako cestna motorna vozila (osebna vozila, motorji, avtobusi), vozila železniškega prometa (tramvaji, vlaki) in nemotorna vozila (kolesarji, pešci).

V simulacijah prometnih modelov izdelanih s programom Vissim, so upoštevani medsebojni vplivi mešanega promet. Vozila in kolesarji lahko vozijo enden ob drugem na istem voznem pasu, možno pa je tudi prehitevanje znotraj istega voznega pasu. Modeli kolesarjev se med simulacijo vozijo po pravih proste vožnje, torej niso vezani na linijo, navadno pa izberejo stranski položaj na voznem pasu, ki jim omogoča vožnjo s svojo zeleno hitrostjo. Kolesarji lahko zavzemajo morebitne vrzeli med udeleženci v prometu, ki jim omogočajo hitrejše premikanje in prehitevanje. Njihove medsebojne razdalje so pri analizah upoštevane in prikazane na simulaciji.

Za natančno modeliranje javnega prometa lahko uporabniki vozno mrežo javnega prometa uvozijo iz programa Visum ali jo ročno dodajo v modelirano simulacijo. Znotraj programa Vissim se lahko definira linije javnega prometa, različne tipe vozil javnega prometa, vozne rede, lege postaj, tipe postaj in čakalne čase. Modelirana je lahko tudi signalizacija za prednostno vožnjo javnega prometa. S pomočjo simulacije se lahko pregleda in analizira kako planirani vozni redi delujejo, kako dolga mora biti posamezna avtobusna postaja in ali so čakalni časi avtobusov ustrezni za vstopanje in izstopanje potnikov.

Dodatni modul Viswalk omogoča podrobno preučevanje obnašanja pešcev. Omenjena programska oprema upošteva svobodno voljo pri izbiri smeri premikanja, kar je značilno obnašanje pešcev v realnosti. Temelji na individualnemu odločanju in omogoča uporabniku, da definira različne tipe pešcev. Modelira se lahko intermodalne povezave pešec-vozilo (prehodi za pešce) ter kompleksne interakcije med vozili in pešči (vstopanje in izstopanje iz vozil javnega prometa.). Zelo uporabna je lahko možnost modeliranja simulacij raznih prireditev in evakuacijskih načrtov, ki pomagajo pri sprejemanju odločitev glede evakuacijskih načrtov zapustitve stavb, stadionov, tunelov, itd.

Pri modeliranju tovornega prometa je glavni dejavnik teža vozila, saj se prazna tovorna vozila med vožnjo obnaša drugače kot polna. Razlike so predvsem vidne pri pospeševanju in zaviranju. S programom PTV Vissim je mogoče natančno določiti tako dimenzije kot težo vozila. Kot rezultat tega se lahko med simulacijo realistično prikaže in analizira procese pospeševanja in zaviranja tovornih vozil.

4.2.3 Promet v ruralnih območjih

Ocena pretočnosti na avtocestah temelji na makroskopskih spremenljivkah, kot so potovalni časi in dolžine čakalnih vrst. Z možnostjo podrobne določitve geometrije in mikroskopskih modelov obnašanja, Vissim omogoča, da so dobljeni rezultati prometnih tokov na avtocestah primerljivi z realnimi prometnimi tokovi.

Modeliranje individualnih modelov obnašanja predstavlja jedro prometnih simulacij. S programom Vissim lahko v prometnih modelih uporabimo neomejeno število modelov vozil, vrst in tipov vozil, podrobno pa lahko uporabnik prilagodi še lastnosti posameznega voznika in vozila. Prometni tok se poleg osnovnih lastnosti, kot so zelene hitrosti, pospeški in pojemki, določi še z modelom sledenja vozil in modelom menjave voznih pasov [9].

Za simulacijo modela sledenja vozil se uporablja Wiedemannov psiho-fizični model sledenja vozil, ki ga je razvil prof. R. Wiedemann. Voznik se v omenjenem modelu odziva s pospeševanjem ali zaviranjem, v odvisnosti od razdalje in sprememb v hitrosti spredaj vozečega vozila. Pri modelu menjanja voznega pasu se upoštevajo vnaprej določena pravila. Eno izmed njih je agresivnosti pri menjavi pasu. Za opredelitev agresivnosti se določi minimalna vrzel na sosednjem pasu in kolikšen pojemek je še sprejemljiv za vozilo na sosednjem pasu, pred katerega bo vozilo zapeljalo [9].

Izbira voznega pasu veliko vpliva na prometni tok in je predvsem odvisna od poti vozila, njegove vidne razdalje in vozil v okolici. Menjave pasu, pospeševanje in zaviranje, zahtevajo interakcijo med vozili v prometnem omrežju. Interakcija med vozili in pripravljenost posameznika, da upošteva vožnjo sosednjih vozil, ima velik vpliv na pretočne zmogljivosti območji, predvsem na območja združevanja voznih pasov, prepletanj in priključnih ramp. Vissim omogoča prilagajanje omenjenih atributov, s čimer lahko uporabnik prometni model realnega območja na določeni regiji, dovolj dobro prilagodi značilni vožnji voznikov v tej regiji [9].

4.2.4 Aktivno upravljanje prometa

Z uporabo aktivnih ukrepov za upravljanje prometa lahko prometni inženirji, tako na urbanih in ruralnih območjih, vplivajo na izboljšanje kakovosti prometa. Glavni namen je preprečevanje nastajanja prometnih zamud. S programom Vissim je mogoče modelirati vse operativne posege in oceniti njihove učinke na prometne tokove. Nekateri od njih so naštetih v nadaljevanju.

4.2.4.1 Spremenljive dovoljene hitrosti in uporaba odstavnega pasu (ang.: hard shoulder)

S spreminjanjem dovoljene hitrost se poskuša doseči homogeniziranje prometnega toka do točke, ko je dosežena največja izkoriščenost, torej najbolj optimalno razmerje med obremenitvijo in kapaciteto, glede na dane prometne razmere. Homogeniziran tok namreč zagotavlja večjo kapaciteto in prepustnost odseka kot nehomogeniziran. Uporaba odstavnega pasu je ukrep, pri katerem se zaradi povečanega pretoka za vožnjo dovoli začasna uporaba odstavnega pasu [11].

4.2.4.2 Nadzorovan uvoz (ang.: ramp metering)

Ukrep nadzorovanega uvoza na večpasovno cesto, je ukrep, ki je smotrno za uporabo v primerih zelo zgoščenega prometnega toka na glavni smeri. S semaforjem v takih primerih omejimo uvozni tok [11]. Z vmesniškimi aplikacijami VAP, VisVAP in COM uporabniki lahko preizkušajo različne algoritme za nadzor uvoza in se odločijo za najboljšo strategijo.

4.2.4.3 Usmerjanje poti

Sistemi, kot so obvestilni znaki in navigacijski sistemi, vplivajo na izbiro poti. Primer obvestilnih tabel so statične prometne table, katerih napisi se ne spreminjajo in prometne table, katerih napisi se digitalno spreminjajo glede na stanje na cestnem omrežju in tako voznikom podajajo aktualne informacije. V primeru prometnih zastojev jih usmerjajo na prometno manj obremenjene obvozne poti. Posamezna vozila so lahko opremljena z različnimi sistemi vodenja, ki jim omogočajo obveščanje o stanju na cestah in jih vodijo do zelenega cilja z upoštevanjem trenutnega stanja na cestah.

4.2.4.4 Car 2x aplikacije

Car2X aplikacije omogočajo komunikacijo vozila z ostalimi bližnjimi vozili ali prometno infrastrukturo. Naprava voznika opozarja na zastoje v prometu, delo na cestah, omejitve hitrosti, predlaga mu optimalno hitrost vožnje, da ujame zeleni val, itd. Razvoj omenjenih sistemov zahteva velike denarne vložke in velike nabore vozil, ki bi predstavljali dovolj velik odstotek celotnega prometa, da bi bili dobljeni rezultati verodostojni. Simulacije s programom Vissim omogočajo cenovno ugodno alternativo. Z vmesnikom CAR je mogoče modelirati Car2X sisteme in oceniti njihove vplive na promet.

4.2.5 Javni potniški promet

Trajnostno načrtovanje prometa daje poudarek na spodbujanju javnega prevoza. Vissim s svojim širokim izborom funkcij in možnostjo podrobnega načrtovanja, predstavlja dobro orodje, s katerim si prometni inženirji lahko pomagajo pri načrtovanju javnega prometa. Simulacije javnega prometa, tako cestnega kot železniškega, temeljijo na prilagodljivi strukturi javnih transportnih linij z različnimi tipi vozil, ki vozijo v skladu s pripadajočimi voznimi redi in voznimi trasami. V Vissim je preko vmesnika možen uvoz javnega transportnega omrežja, urejenega s programom Visum.

Z vmesnikoma VisVAP ali COM lahko prometni inženirji preizkušajo različne scenarije javnega prometa z dodeljenimi delnimi potmi, kot na primer ustavljanje avtobusov na avtobusnih postajah, vodenje potnikov proti avtobusnim postajam, itd.

4.2.6 Modeliranje emisije

Študije emisij, tako lokalne študije kot študije celotnih omrežij, postajajo v prometnih panogi vedno bolj pomembne. S pomočjo vmesnika enViVer (program za določevanje škodljivih emisij podjetja PTV) je mogoče na osnovi poti vozil in drugih informacij pridobljenih s programom Vissim, ugotoviti emisije škodljivih snovi. Za pridobitev natančnih emisijskih modelov so glavnega pomena točni podatki o pospeševanju in zaviranju posameznih vozil. Glede na tipe vozil Vissim omogoča podajanje informacije o lastnostih vozil, kot so vrsta goriva ki ga vozilo uporablja in razred onesnaževanja.

S pomočjo vmesnika enViVer lahko grafično ali tabelarično prikažemo podrobno izračunane izpuste CO₂, NO_x in PM₁₀ na obravnavanih območjih. Uporabnik lahko prilagaja prikaze svojim potrebam. Emisije lahko prikaže kot skupno vsoto, kot vsote posameznih vrst emisij za celotno območje ali kot toplotne zemljevide, ki ponazorijo tudi prostorsko razporeditev emisij.

5 VIZUALIZACIJA PROMETNIH SIMULACIJ

Pri oblikovanju vizualizacije prometnih projektov je navadno fokus na vizualizaciji gibanja prometnih objektov in ne toliko na videzu dinamičnih objektov, kot so prevozna sredstva. Z vse večjo popularnostjo 3D animacij, ki realistično prikazujejo gibanje prometa in hitrim računalniškim razvojem, pa postajajo vizualizacije vse bolj pomemben del projektiranja, saj je prikaz dinamičnih objektov zelo uporaben pri predstavljanju prometnih projektov javnosti. Kako deluje prometno omrežje, se javnosti lahko prikaže iz voznikove perspektive, kot tudi s pogledom na celotno omrežje iz neke oddaljene točke [12].

Danes se prometni strokovnjaki soočajo z izzivom, kako vključiti realistično gibanje prometa v foto-realistično vizualizacijo. Programske opreme, s katerimi se lahko kvalitetno oblikujejo 3D realistične vizualizacije, navadno ne morejo prikazati realističnih prometnih gibanj. Prav tako pa programska oprema za modeliranje prometnih simulacij navadno ne zmore oblikovati foto-realističnih vizualizacij. Ko želimo neke podatke pokazati s 3D animacijo, je potrebno poleg zahtevnega modeliranja različnih cestnih elementov in elementov okolice, modelirati še prometne elemente, ki predstavljajo dodatno kompleksnost v procesu modeliranja. Pri združevanju 3D foto-realističnih vizualizacij in prometnih simulacij se navadno uporabljata dve metodi.

Metoda 1 predvideva uporabo programske opreme za 3D modeliranje, kot je Autodesk 3d Max. Pri uporabi tega in njemu podobnih programov, se prometnim elementom ali skupinam prometnih elementov pripišejo lokacije ob določenih časovnih korakih. Lokacijo med posameznimi koraki program interpolira. V primeru modeliranja približujočega se vozila krožnemu križišču, kjer mora vozilo, ki vstopa v krožišče paziti na prednostno vozilo, ki že vozi v krožišču, je potrebno določiti točne časovne korake za interval začetne potovalne hitrosti, interval zaviranja, interval ustavljanja in čakanja, pospeševalni interval in končne potovalne hitrosti. Zaradi težavnega ročnega izračuna posameznih korakov in kompleksnosti pri modeliranju velikega števila vozil, ima programska oprema za 3D modeliranje navadno omejeno število modeliranih prometnih elementov.

Pri metodi 2 so uporabljeni prometno simulacijski programi, kot sta na primer Vissim in Paramics. Pri modeliranju prometnih elementov omenjena programska oprema avtomatsko generira 3D modele elementov. Pri tej metodi ni mogoče direktno modelirati 3D statičnih objektov (mostovi, hiše, itd.). Možno jih je uvoziti iz programov za modeliranje 3D objektov, kot je na primer program Google SketchUp. Zaradi poudarka prometno simulacijskih programov na modeliranju prometnih simulacij, pogosto ne vsebujejo ustreznih orodij za urejanje 3D konstrukcijskih elementov. Zato v prikazu simulacij manjkajo kakšne podrobnosti 3D objektov [12].

Trenutno največkrat uporabljene vizualizacije prometnih simulacij stremijo k izgradnji 3D okolja znotraj programskih orodij za modeliranje prometnih simulacij. To omogoča uporabo vnaprej definiranih standardnih 3D objektov, ki zaradi standardizacije ne ustvarjajo realistične predstavitve obravnavanega okolja. Druga možnost, ki se veliko uporablja pri mikroskopskih simulacijah, vključuje izvoz podatkovnih datotek, ki opisujejo prometno omrežje, v programska orodja za grafično obdelavo, kot je na primer Autodesk 3ds Max (slika št. 1). Vendar pa je nadaljnja obdelava z omenjenim programom navadno dolgotrajen postopek. Model prometnega omrežja lahko uvozimo tudi v grafične aplikacije geografskih informacijskih sistemov (GIS), kot je na primer Google Earth, ki ima trenutno kar nekaj mest po svetu predstavljenih v 3D obliki. Prednost Google Earth aplikacije je v tem, da ima že vnaprej določeno 3D okolje, ki ga lahko uporabimo za grafične predstavitve prometnih modelov [13].



Slika 1: Primer 3D animacije v programu Autodesk 3ds Max [12].



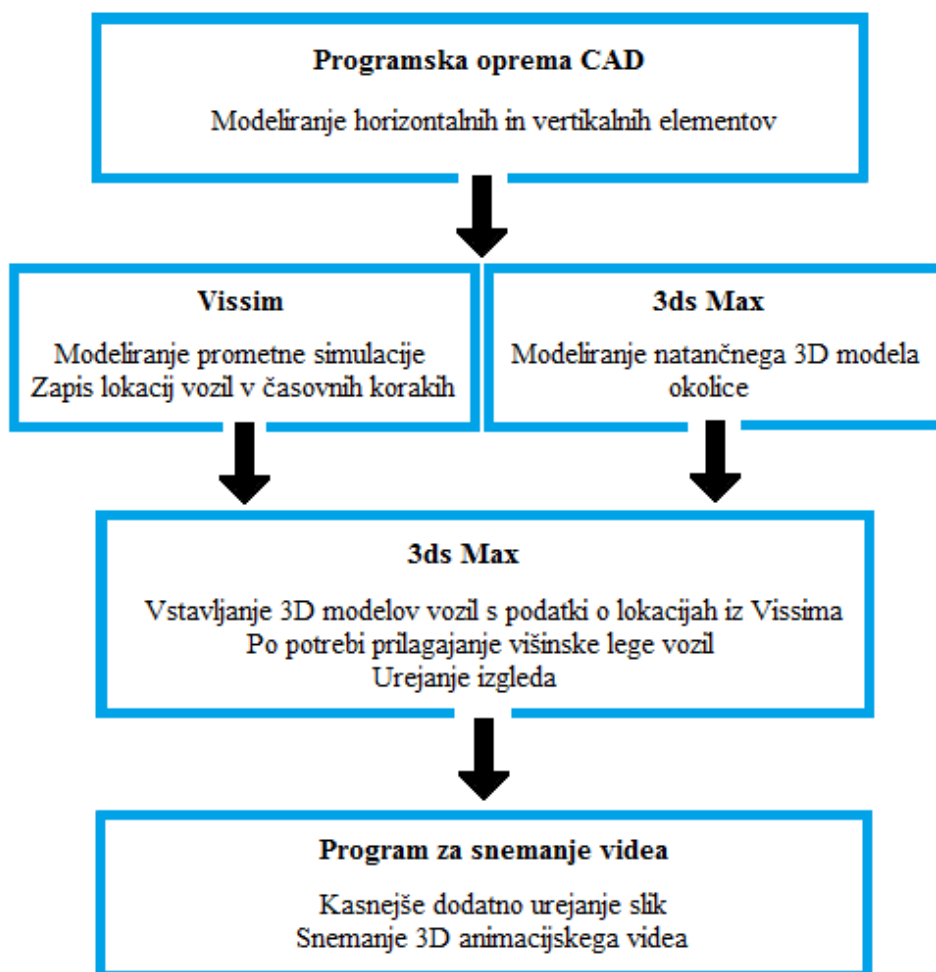
Slika 2: Primer 3D animacije prometne simulacije v programu PTV Vissim [12].

5.1 PTV Vissim in Autodesk 3ds Max

Izdelava 3D vizualizacijskih modelov, ki so izdelani s pomočjo programskih orodij Vissim in 3ds Max, je podrobno opisano v študiji Integrating Traffic Simulation into Design Visualization [12], iz katerega so tudi črpani podatki obravnavanega podpoglavja 5.1. Autodesk 3ds Max je grafični računalniški program, za izdelavo 3D animacij 3D modelov, video iger, itd, ki je v lasti ameriškega podjetja Autodesk. Uporablja se v arhitekturi, inženirstvu, raznih medijih, in zabavni industriji. Zelo

uporaben je za izdelavo video igrice, tv reklam, arhitekturnih vizualizacij in raznih filmskih učinkov. Poleg tega je tudi najbolj razširjen program za vizualiziranje 3D prometnih simulacij.

Postopek izdelave vizualizacije prometnih simulacij s programom 3ds Max vključuje izdelavo vertikalnih in horizontalnih elementov, izdelavo prometne simulacije v programu Vissim, zapis informacij o lokacijah vozil med simulacijo in izdelavo podrobnega 3D modela okolja s programom 3ds Max. Iz Vissima se v 3ds Max uvozi 3D modele vozil z informacijami o njihovih lokacijah za vsak dovolj majhen časovni korak. Nato se nadaljuje z grafičnim urejanjem elementov modela. Delo se konča z izdelavo 3D animacijskega videa. Na sliki št. 3 je postopek povzet v štirih korakih. Prvi in četrti korak sta značilna za vse postopke izdelave vizualizacije, drugi in tretji pa sta posebna za postopke, kjer integriramo prometne simulacije v programe specializirane za izdelavo vizualizacij.

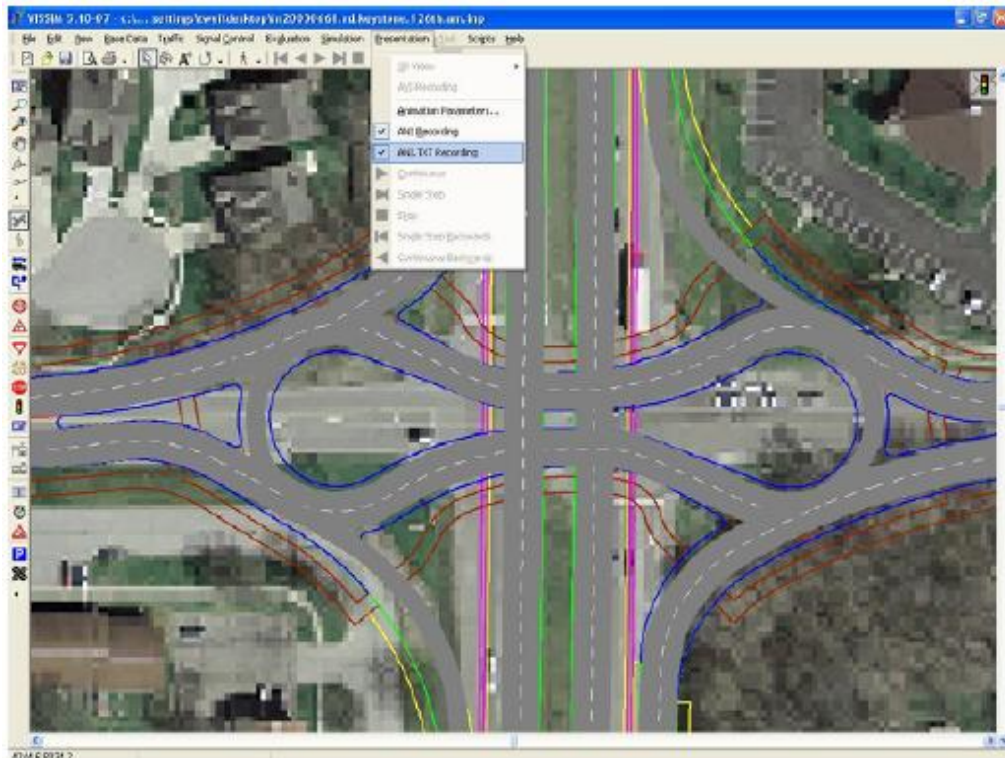


Slika 3: Štiri stopenjski proces izdelave vizualizacije prometne simulacije s programom Autodesk 3ds Max [12].

Za izdelavo vizualizacije moramo prvo izdelati elemente, ki jih želimo prikazati. Navadno imamo podatke o teh elementih v 2D obliki, največkrat v formatih za izmenjavo datotek (DXF). V drugem koraku lahko istočasno prometni inženirji izdelujejo prometne simulacije s programom Vissim, grafični oblikovalci pa izdelujejo 3D model okolice (stavbe, rastline, itd) s programom 3ds Max.

V Vissimu se izdelava prometno omrežje na podlagi oblikovanih elementov v prvem koraku. Poleg omrežja se modelirajo tudi prometni elementi kot so prometna signalizacija, strukture vozil, prometne obremenitve in smeri gibanja vozil. Po končanem urejanju in izvedeni kalibraciji (kontroliranje

ustreznosti vnesenih vrednosti), se posname simulacija. Za snemanje simulacije je potrebno izbrati način snemanja .ani.txt, saj se v tem načinu simulacija shrani v datoteko, primerno za izvoz v programsko orodje 3ds Max. V tej izhodni datoteki so shranjene lokacije vozil s koordinatami za vsak časovni korak, 3D modeli vozil, dolžine vozil, orientacije vozil, itd.



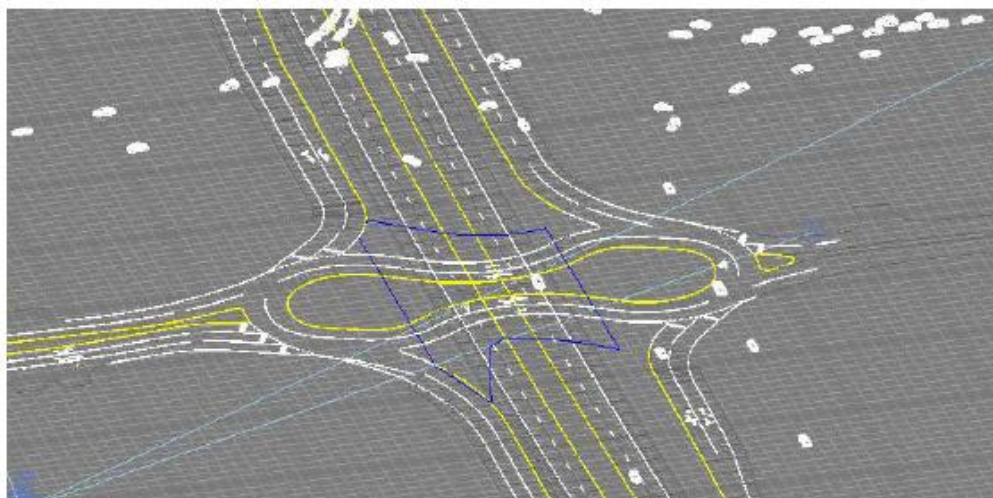
Slika 4: Primer prometnega omrežja oblikovanega s programom Vissim [12].

Medtem ko poteka izdelava prometne simulacije s programom Vissim, grafični oblikovalci s programom 3ds Max dodatno uredijo 3D elemente, izdelane v prvem koraku. Izdelajo tudi druge elemente okolja za čim boljši prikaz okolice prometnega omrežja.

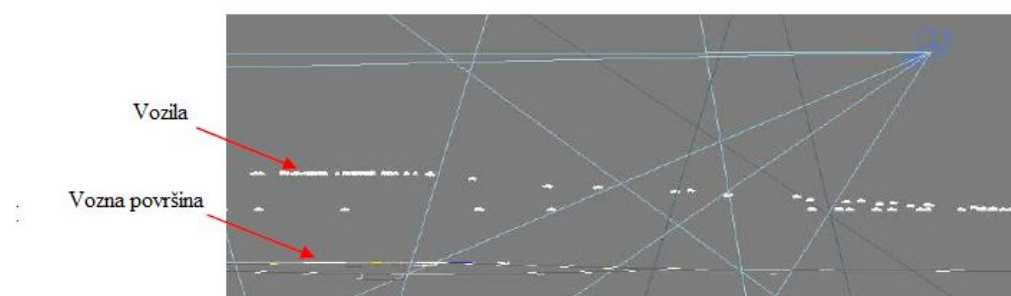
V tretjem koraku v program 3ds Max uvozimo izhodno datoteko s podatki o prometnem omrežju. Na ta način v 3ds Max podamo podatke o 3D modelih vozil, ki jih 3ds Max bere vrstico za vrstico. Če vozilo v določenem časovnem koraku ravno vstopa v prometno simulacijo, bo na podlagi Vissim izhodnega zapisa zanj določen 3D model v 3ds Max programski opremi, prilagojene pa bodo, poleg 3D modela, tudi koordinate položaja. Ko je vozilo v določenem trenutku že v simulaciji, se prilagodijo koordinate glede na trenutni časovni korak. V tretjem primeru, v primeru da vozilo ravno zapušča simulacijo, pa 3ds Max skriva vozilo. Navadno časovni intervali simulacijskih korakov ne zadostujejo za kvalitetne posnetke vizualizacije. Zato 3ds Max generira dodatne nize med sosednjimi časovnimi koraki. Za nove nize lokacije vozil interpolira.

Da se koordinate vozil, s katerimi so določene lokacije vozil, v posameznih časovnih korakih prilagodijo koordinatam voznih površin, urejenih v programu 3ds Max, je bistveno, da sta bila tako model prometnega omrežja izdelan s programom Vissim, kot tudi model okolice izdelan s programom 3ds Max, izdelana na podlagi istih elementov, oblikovanih v prvem koraku. Usklajevanje koordinat v horizontalni smeri je relativno lahko doseči. Zaradi omejenih zmožnosti modeliranja vertikalnih elementov v programu Vissim se večji problemi pojavijo z usklajevanjem vertikalne lege. V primeru ko sta tako v Vissimu in v 3ds Maxu površine brez debelin, bosta z-koordinati obeh programov usklajene. Vendar pa se bodo z-koordinati v primerih, ko ima območje modeliranja vertikalne

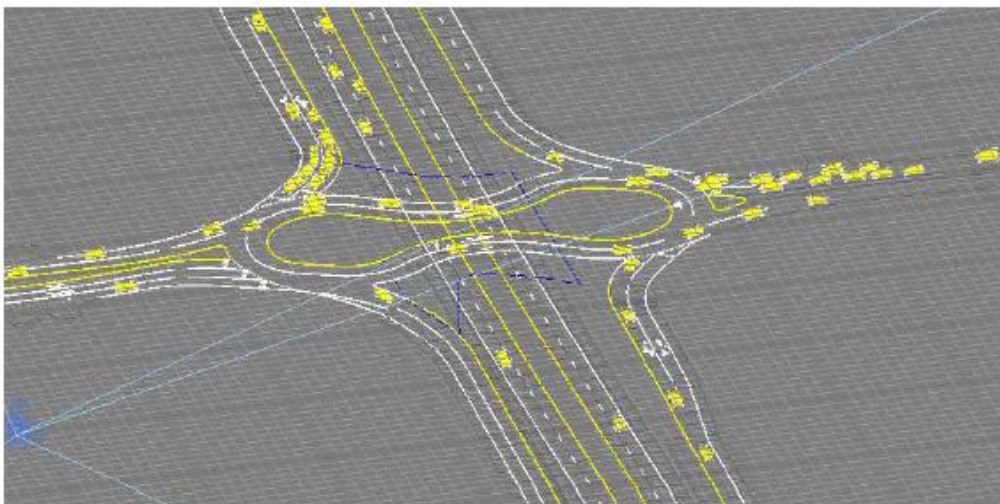
elemente, kot so nadvozi, mostovi, itd. med programoma najverjetneje razlikovale. Zaradi razlik lahko vozila v programu 3ds Max lebdijo nad voziščem ali so vanj ugreznjena. Ureditev neuskklajenih z-koordinat je tako še ena izmed nalog v tretjem koraku.



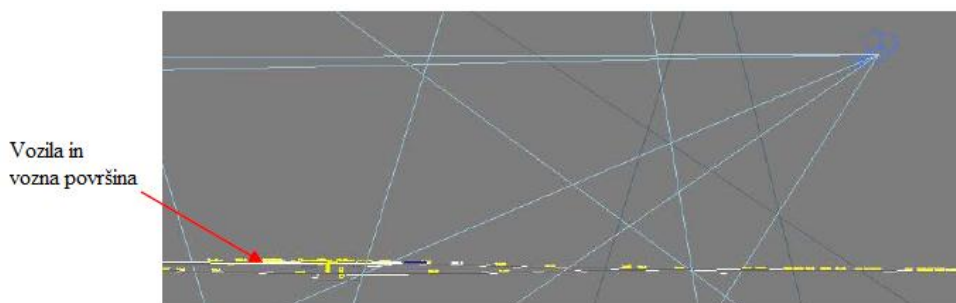
Slika 5: Posnetek 3D modela v programu 3ds Max pred uskladitvijo z-koordinat (pogled iz zraka) [12].



Slika 6: Posnetek 3D modela v programu 3ds Max pred uskladitvijo z-koordinat (stranski pogled) [12].



Slika 7: Posnetek 3D modela v programu 3ds Max po uskladitvi z-koordinat (pogled iz zraka) [12].



Slika 8: Posnetek 3D modela v programu 3ds Max po uskladitvi z-koordinat (stranski pogled) [12].



Slika 9: Posnetek 3D modela v programu 3ds Max [12].

V zadnjem koraku je potrebna še dodatna obdelava upodobljenih slik z dodajanjem naslovov, obrezovanjem nepotrebnega območja prikaza, itd.



Slika 10: Urejen, končni prikaz 3D modela v programu 3ds Max [12].

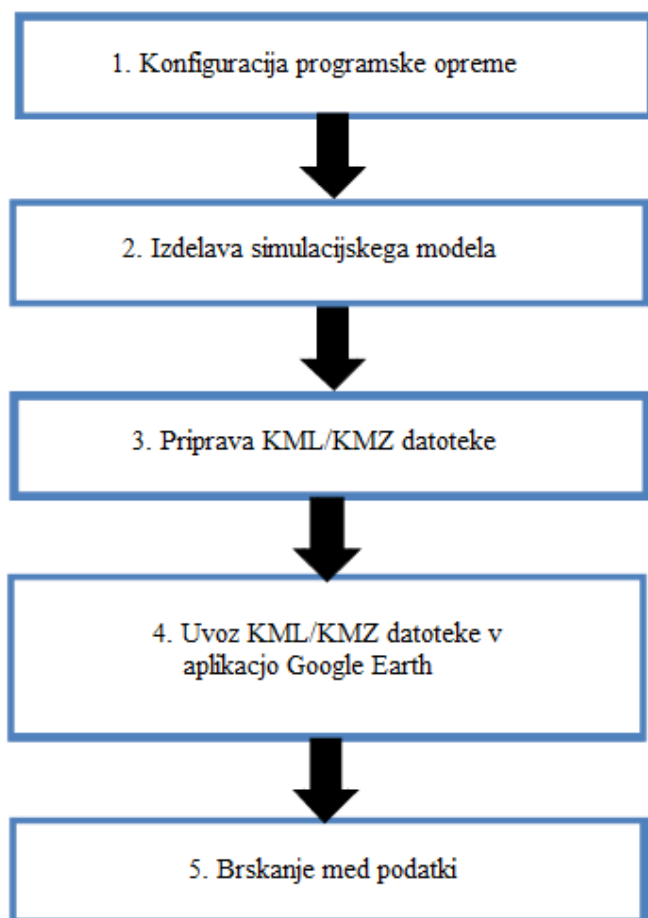
Z vključevanjem prometnih simulacij v oblikovno vizualizacijo, povežemo realistično prometno gibanje z realistično vizualizacijo okolice. S tako izdelanimi 3D animacijami lahko učinkovitejše komuniciramo z javnostjo, kot s tradicionalnimi vizualizacijami.

5.2 PTV Vissim in Google Earth

V članku *Microscopic transport model animation visualisation on .kml base* [13], po katerem je povzeto podpoglavje 5.2, je predstavljena ideja, da se za vizualizacijo prometnih simulacij uporabijo geografski informacijski sistemi (GIS) z že pripravljenim in urejenim 3D okoljem. V ta namen se potrebuje ustrezno programsko orodje za komunikacijo simulacijskega programa Vissim z geografskim informacijskim sistemom. Trenutno najbolj razširjeno programsko orodje za te namene je .kml (Keyhole Markup Language).

Programsko orodje .kml temelji na .xml jezikovni bazi, ki je namenjena za izražanje geografskih prikazov in vizualizacijo internetnih 2D zemljevidov ter 3D brskalnikov Zemlja. .kml je bil razvit za uporabo programa Keyhole Earth Viewer, ki se je kasneje preimenoval v Google Earth. Datoteko .kml določa nabor funkcij za prikazovanje v 3D brskalnikih Zemlja z možnostjo .kml kodiranja (Google Earth, Maps and Mobile, itd.). Te funkcije so prikazovanje krajevnih oznak, slik, poligonov, 3D modelov, tekstovnih opisov, itd. Datoteka .kmz je sestavljena iz glavne .kml datoteke, lahko pa ima še več dodatnih datotek, ki so z uporabo .zip pripomočka zapakirane v eno enoto datoteko.

Izdelavo vizualizacije prometne simulacije, s pomočjo 3D okolice urejene v programu Google Earth, lahko opišemo v štirih korakih, ki so predstavljeni na sliki št 11.



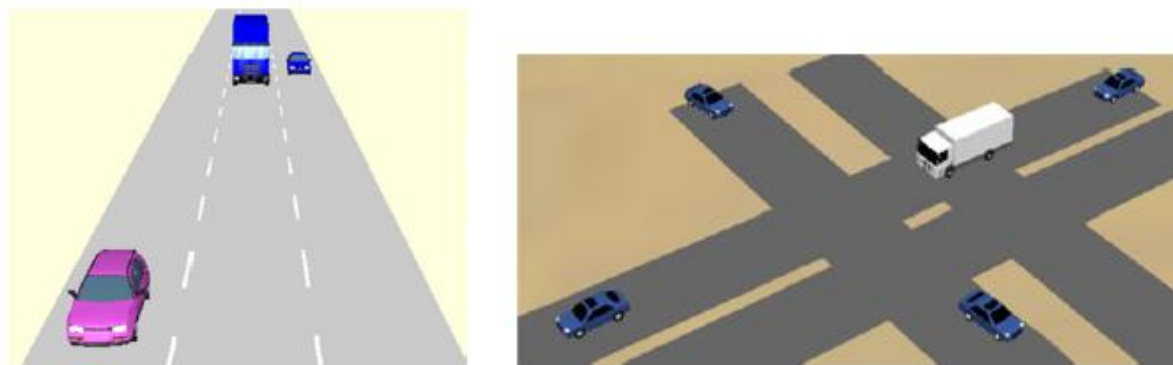
Slika 11: Postopek izdelave vizualizacije prometne mikroskopske simulacije [13].

Prvi korak, konfiguracija prometne simulacije, je zelo pomemben za izvedbo naslednjih korakov. Tu je potrebno definirati način, kako bodo ustvarjene .kml oziroma .kmz datoteke. Najprej je potrebno opredeliti geolokacijo, kar pomeni, da je potrebno določiti zemljepisno dolžino in širino simulacijskega objekta. S pomočjo tega podatka se v nadaljevanju uskladijo koordinate, uporabljene pri izdelavi prometne simulacije in koordinate v programu Google Earth. Za ponoven izračun koordinat, ki predstavljajo pravilne zemljepisne širine in dolžine, je potrebno upoštevati uporabo ustreznih projekcij, kot so Mercator ali LKS-92. Pri modeliranju prometnega modela je potrebno paziti tudi na izbor 3D modelov vozil, saj mora Google Earth podpirati njihove programske zapise (kot na primer COLLADA).

V drugem koraku sledi izdelava prometnega modela in shranjevanje lokacij posameznega vozila v posameznem časovnem koraku, ki se zabeleži s tremi koordinatami x, y in z. Na podlagi podatkov o lokaciji vozil v posameznem časovnem koraku in podatkov o geolokaciji definiranih v prvem koraku, se lahko za vsak časovni korak izračuna zemljepisna širina in dolžina lokacije posameznega vozila.

V tretjem koraku se med potekom simulacije izdela .kml oziroma .kmz datoteka z zbranimi podatki. Morda je bolj smotno ustvariti .kmz datoteko, saj se tako dobi le ena datoteka, ki vsebuje .kml datoteko in številne datoteke uporabne za vizualizacijo vozil.

Datoteka KML ali KMZ se nato uvozi v aplikacijo Google Earth. Končno urejanje podatkov je lahko izvedeno s pomočjo aplikacije Google Earth ali Google Earth vmesnikov. Seveda morajo za uporabo podpirati KML ali KMZ datoteke.



Slika 12: Vizualizacija prometnega omrežja v programu Vissim [13].



Slika 13: Vizualizacija prometnega omrežja v programu Google Earth [13].



Slika 14: 3D vizualizacija prometne simulacije v programu Google Earth [13].

Za opisani postopek izdelave vizualizacije prometnih simulacij, se lahko uporabi katerikoli geografski informacijski sistem (GIS), ki podpira .kml zapis in katerokoli prometno simulacijsko orodje z integriranimi ustreznimi programskimi funkcijami. V primerjavi s postopkom izdelave vizualizacije s pomočjo grafičnega programa 3ds Max, ima vizualizacija z aplikacijo GIS prednost predvsem v krajšem in lažjem postopku izdelave. Poleg tega omogoča enostavno širjenje informacij preko interneta. Dodatno omembe vredne so značilnosti, na katere mora biti uporabnik pozoren, ko se odloča za izdelavo 3D vizualizacije z opisanim postopkom:

- Za določanje lege objektov se morajo uporabljati zemljepisne širine in dolžine. Kljub temu, da ima večina simulacijskih programov možnost uporabe različnih koordinatnih sistemov, so navadno prometni modeli modelirani v internih koordinatnih sistemih. Neupoštevanje tega pravila, lahko torej pripelje do nepravilnih vizualizacij.

- Aplikacija Google Earth ima le omejeno število območij po svetu pokritih s 3D podatki. To lahko postavi pod vprašaj uporabnost opisanih postopkov vizualizacije. Vendar pa število območij s 3D podatki narašča.

6 VIZUALIZACIJA S PROGRAMOM PTV VISSIM

Simulacijski program Vissim, je v prvi vrsti namenjen izdelavi prometnih simulacij. Poleg tega pa se lahko v njem izdelajo tudi preproste 3D vizualizacije prometnih simulacij. Med tem ko uporabnik v 2D pogledu modelira prometno omrežje, program avtomatsko izdelava tudi osnovne 3D modele. To je mogoče, ker Vissim vsebuje knjižnico 3D modelov osnovnih objektov pogosto uporabljenih pri modeliranju prometnih omrežij. Najbolj tipični takšni so 3D modeli motornih vozil, pešcev in statičnih objektov (stavbe, rastline, zaščitni znaki v primeru dela na cesti, itd.) [13].

V Vissimu se lahko vožnja vozil prikaže tako v 2D kot v 3D pogledu, kar uporabniku omogoča snemanje realističnih video posnetkov v .avi in .ani programski obliki. Med simulacijo se vozila vozijo po traktrisah, s čimer se doseže vizualno realistično gibanje vozil v ovinkih, še posebno vozil sestavljenih iz več komponent. Za pomoč pri delu in za večjo predstavljenost, lahko uporabnik kot ozadje uvozi zemljevide, slike iz zraka, slike izdelane s CAD programi in 3D modele okolice izdelane v grafičnih programih, kot je SketchUp [14]. Kot je opisano že v poglavju 4. in 5., se za izdelavo najbolj realističnih vizualizacij, prometne simulacij izvozi v grafične programe, kot sta 3ds Max ali preko .kml oziroma .kmz datotek v aplikacijo Google Earth.

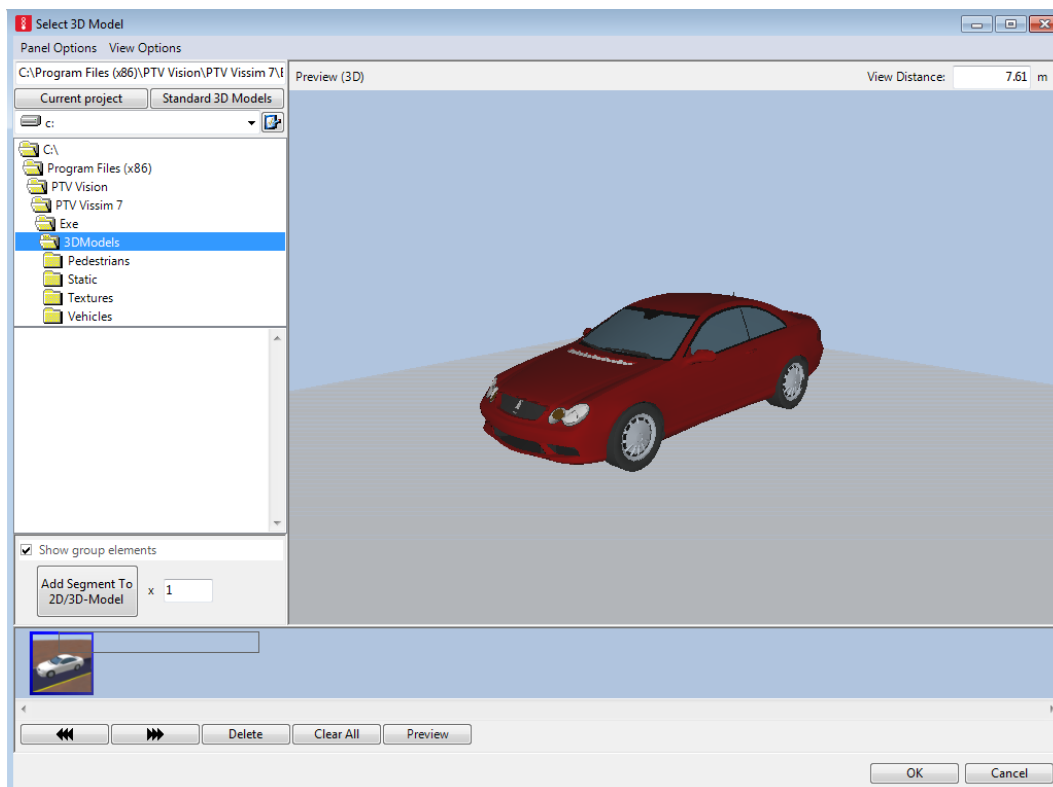
Vissim razlikuje dve vrsti 3D objektov, statične in dinamične. Statični objekti s spreminjanjem časa ne morejo spreminjati oblike in lokacije. Primeri statičnih vnaprej definiranih objektov, ki so shranjeni v Vissim knjižnici, so različne stavbe, drevesa, rože, prometni znaki, postajališča javnega prometa, itd. Dinamičnim objektom se s spreminjanjem časa nekatere njihove lastnosti lahko spreminjajo. Kot primere dinamičnih vnaprej definiranih objektov pa so v Vissimu na izbiro razni modeli motornih vozil, modeli pešcev, kolesarjev, semaforjev, itd. Kot rečeno, ima Vissim svojo knjižnico vnaprej definiranih statičnih in dinamičnih objektov. V primeru, da uporabnikovem željam ne ustreza noben model, lahko preproste modele oblikuje sam. Za to je potreben dodatni modul programa Vissim, V3DM [13], ki uporabniku omogoča pretvorbo 3D modelov iz programskih oblik .skp, 3ds (oba Avtodesk) ali .skp (Google Sketchup) v .v3d obliko, ki je 3D programska oblika programa Vissim. Dodatni modul V3DM omogoča, da uporabnik že obstoječim modelom ureja velikost, lego in lastnosti vozil (barva, lega osi, vrata, itd). Poleg tega pa je z njegovo pomočjo mogoče ustvarjati preproste 3D modele, na primer stavb, ki jim lahko spreminjamo teksturo površin in jih tako naredimo bolj realistične [10].



Slika 15: Potek izdelave 3D objektov v programu Vissim [13].

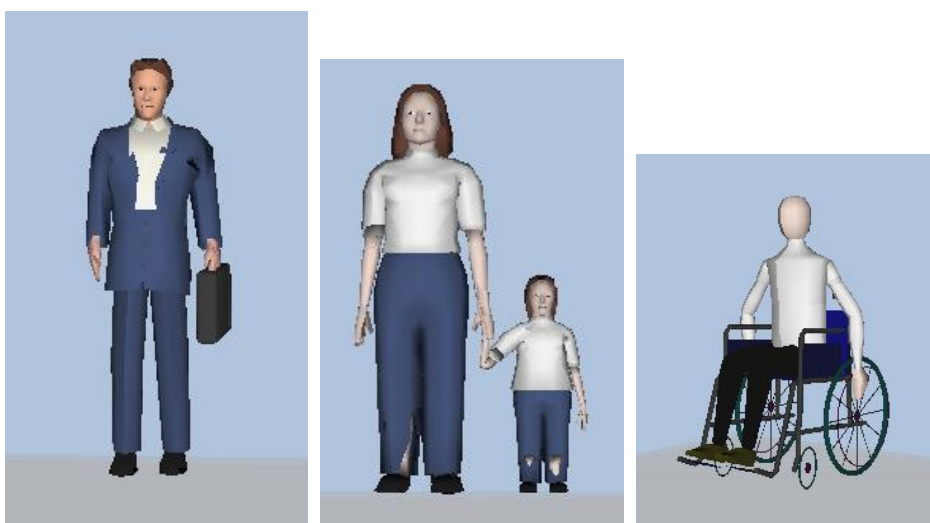
6.1 3D modeli

V standardni Vissim programski opremi je vključenih kar nekaj vnaprej definiranih modelov dinamičnih (vozila, pešci) in statičnih objektov, ki so shranjeni v .v3d programski obliki. Še več modelov v .v3d obliki lahko uporabnik pridobi na spletnih straneh podjetja PTV, vendar mora za to izpolnjevati nekatere uporabniške pogoje [15].

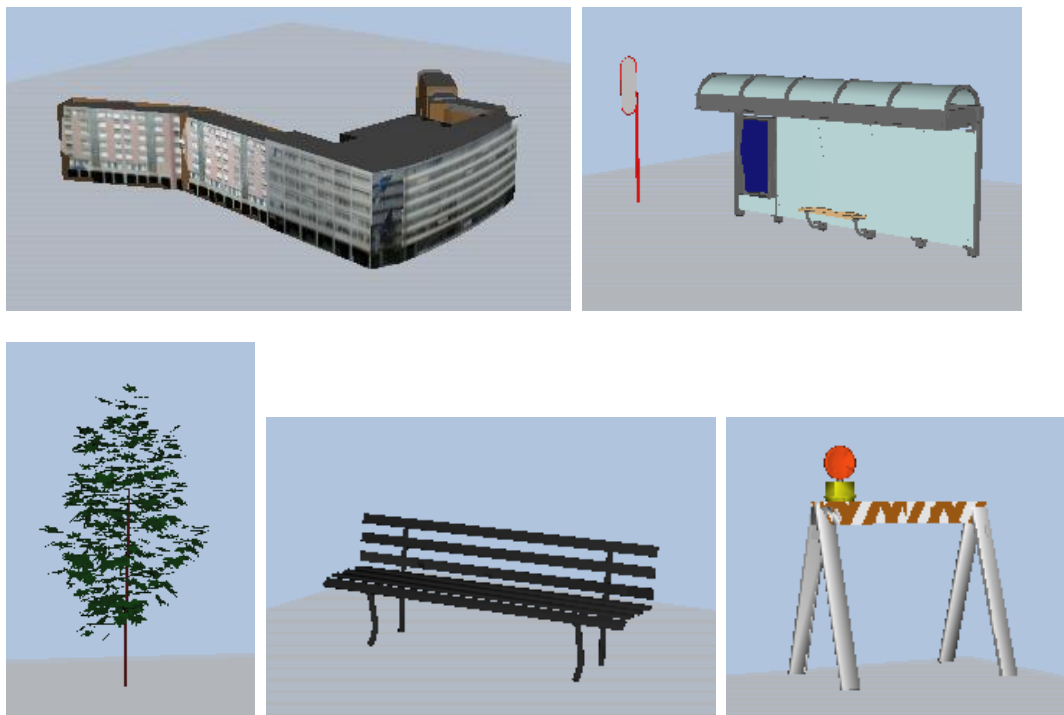


Slika 16: 3D modeli vključeni v standardno Vissim programsko opremo [16].

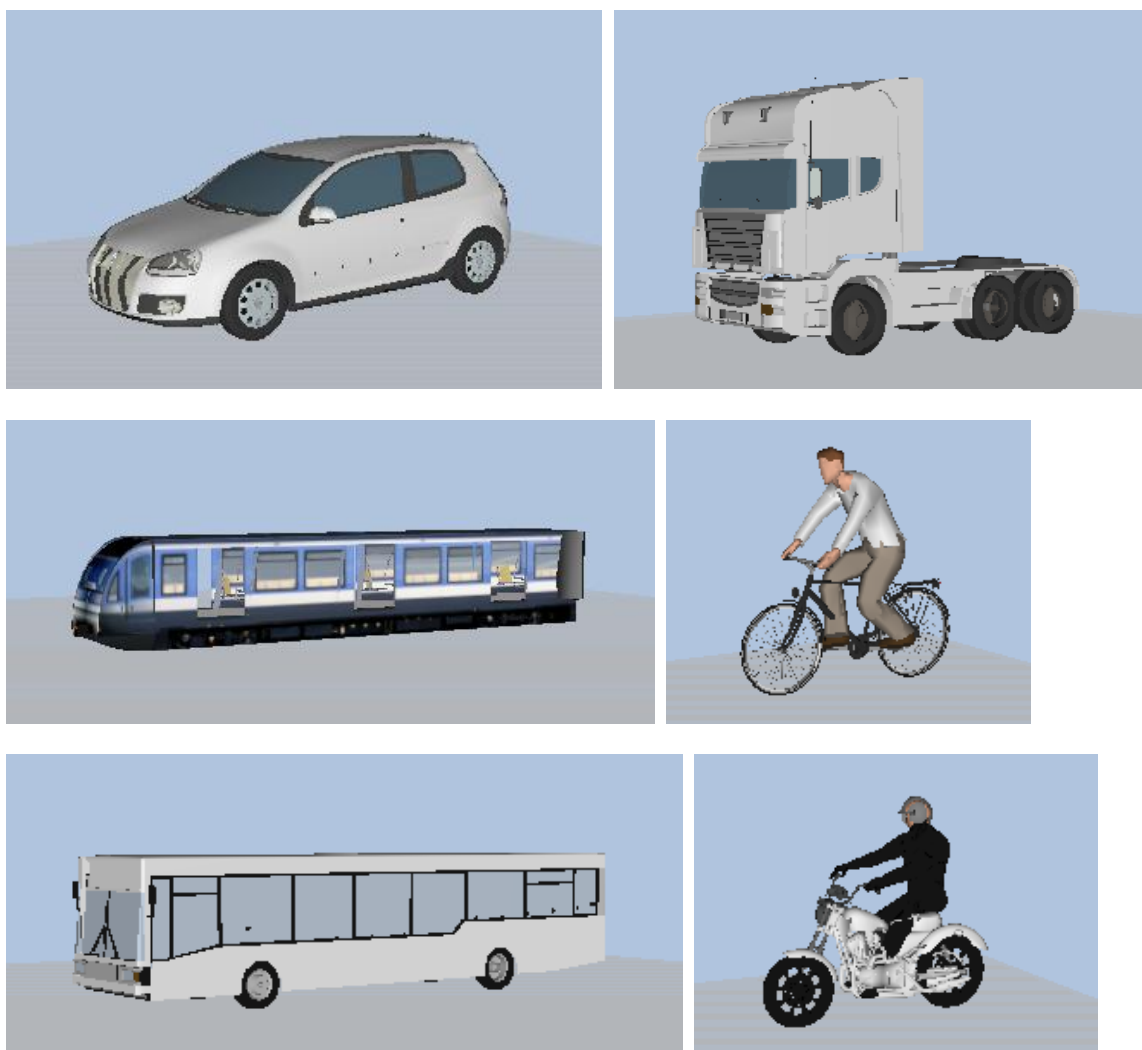
V knjižnici 3D modelov so vnaprej določeni standardni 3D modeli razdeljeni v štiri mape z imeni: Pešci (ang.: Pedestrians), Statični modeli (ang.: Static), Teksture (ang.: Textures) in Vozila (ang.: Vehicles). V mapi Pešci so na izbiro različni modeli oseb ženskega, ali moškega spola, otrok, parov, model osebe na invalidskem vozički, itd. V mapi Statični modeli so modeli različnih stavb (stanovanjski objekti, šole, pisarniški objekti, itd.) rastlin (drevesa, rože, trave), klopic, javne razsvetljave, varnostnih oznak za delo na cesti, itd. V mapi Vozila pa so realistični modeli osebnih vozil znanamk različnih proizvajalcev, tovornih vozil, vozil javnega prometa (cestnega in železniškega), motorjev in koles.



Slika 17: Primeri 3D modelov pešcev [16].



Slika 18: Primeri 3D modelov statičnih objektov [16].

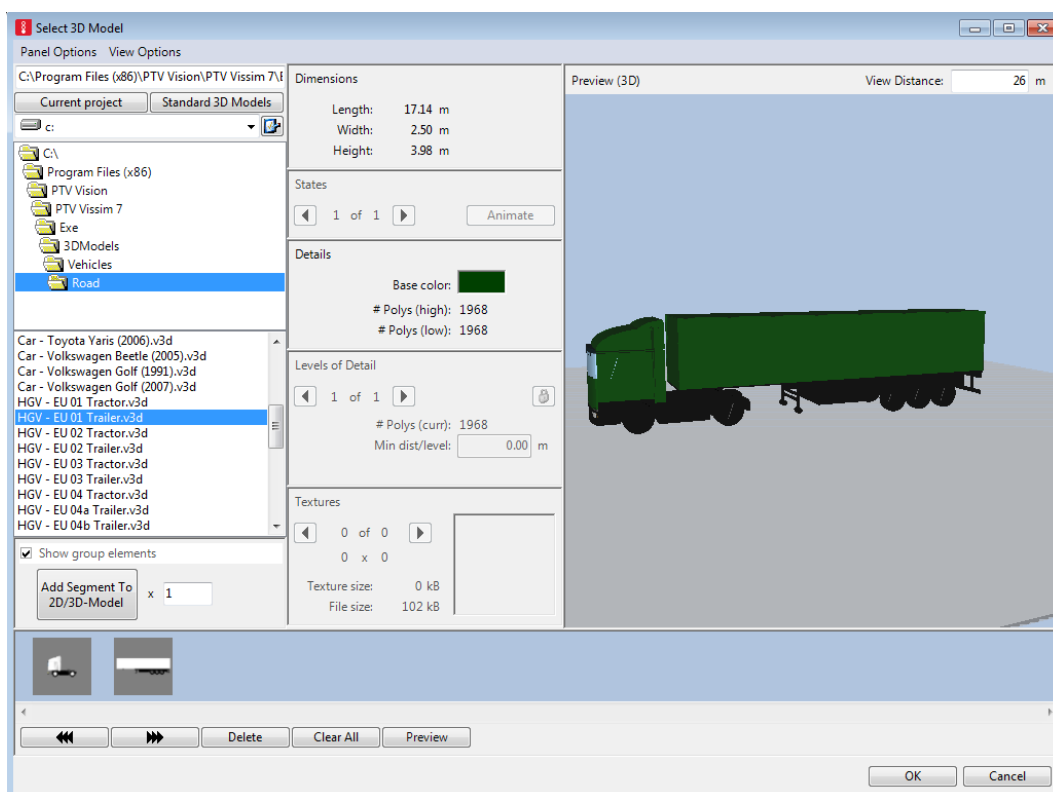


Slika 19: Primeri 3D modelov vozil [16].

V nadaljevanju poglavja so možnosti različnih prikazovanj 3D objektov in simulacij v programu Vissim povzete po uporabniškem priročniku programa Vissim 7 [16].

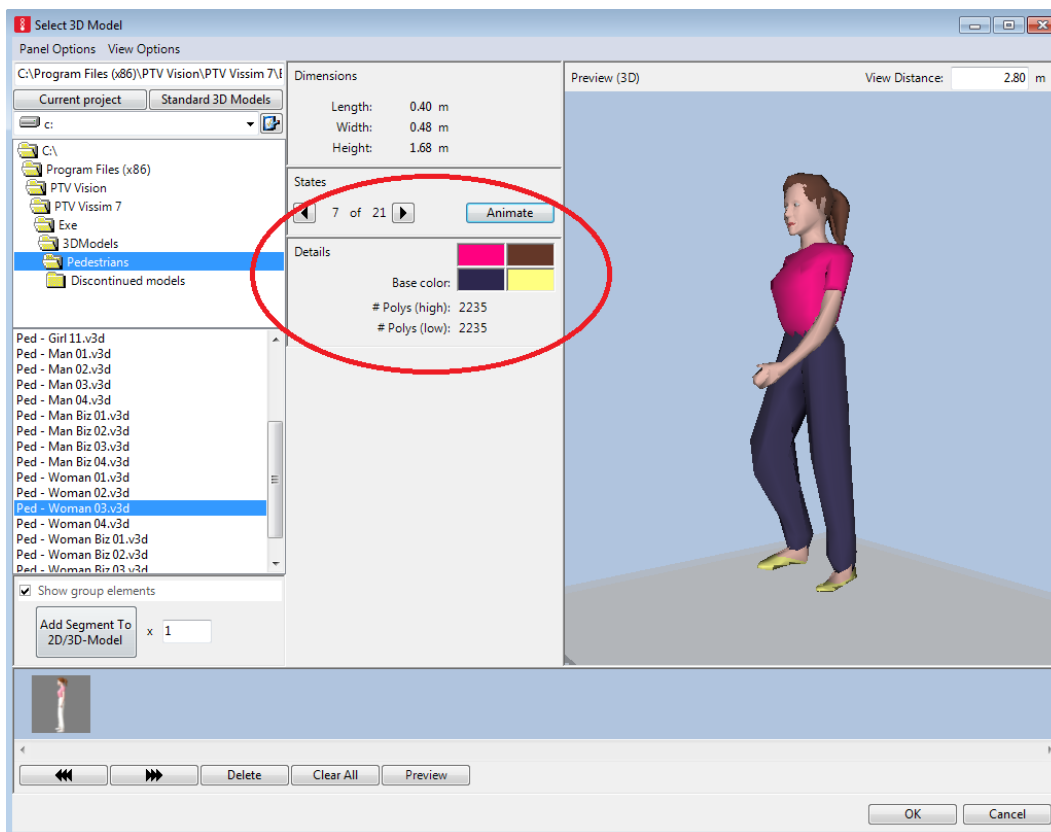
6.1.1 Modeliranje dinamičnih 3D objektov

3D model dinamičnega objekta (pešec ali prevozno sredstvo), ki ga izbereš v knjižnici 3D modelov, se prikaže v oknu za predogled (desno okno na sliki št. 20). Modeli vozil so lahko sestavljeni iz več 3D modelov, ki se jih lahko grupira, lahko pa se vozila sestavi iz več segmentov (kamion s prikolico). Vozilo z več segmenti je v predogledu prikazano kot eno vozilo, in kot tako je obravnavano tudi v prometnem modelu. Dolžine vseh segmentov posebej se avtomatsko seštejejo.



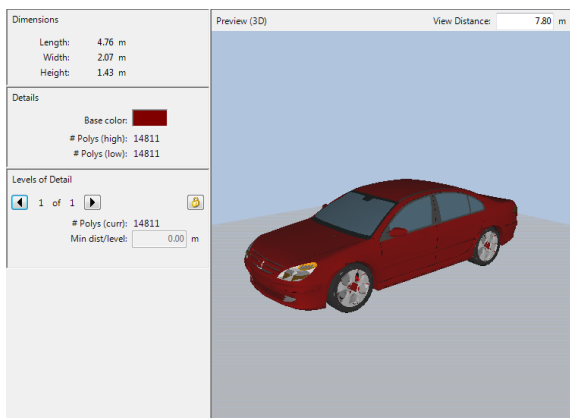
Slika 20: Primer 3D modela vozila sestavljenega iz več segmentov (kamion s prikolico) [16].

3D modelom je mogoče spreminjati barve osnovnih sestavnih delov (pri osebi barvo hlač, majice, čevljev in las) kot je prikazano na sliki št.21. Barve so določene preko barvne distribucije razredov (ang.: Color Distribution) ali tipov vozil in pešcev, zato spremembe ne morejo biti shranjene v knjižnici modelov.

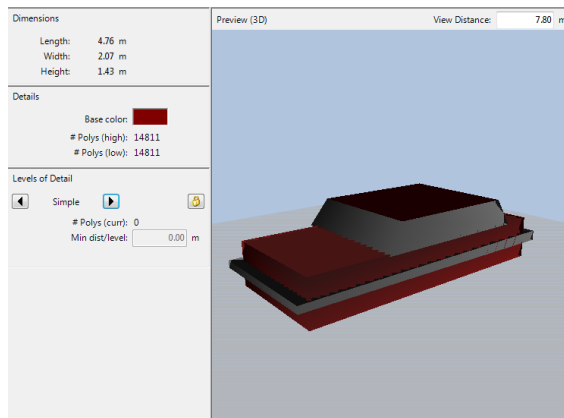


Slika 21: Spreminjanje osnovnih barv 3D modelov [16].

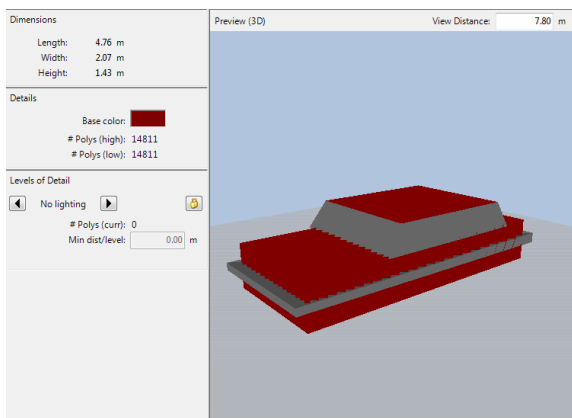
Možno je izbirati, kako natančen 3D model objekta želi uporabnik uporabiti v simulaciji. Uporabnik se mora pri tem zavedati, da se z večanjem natančnosti modelov upočasni potek simulacije.



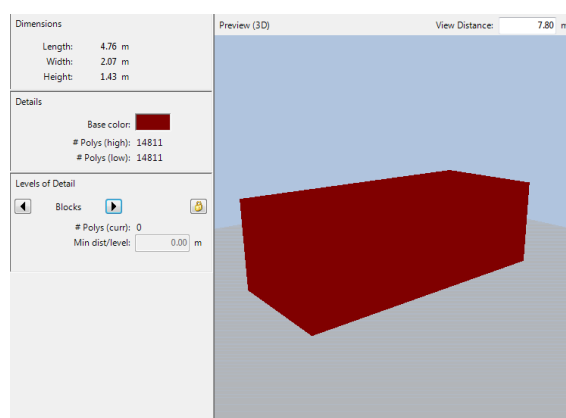
Slika 22: Natančen 3D model [16].



Slika 23: Preprost 3D model s senčenjem [16].



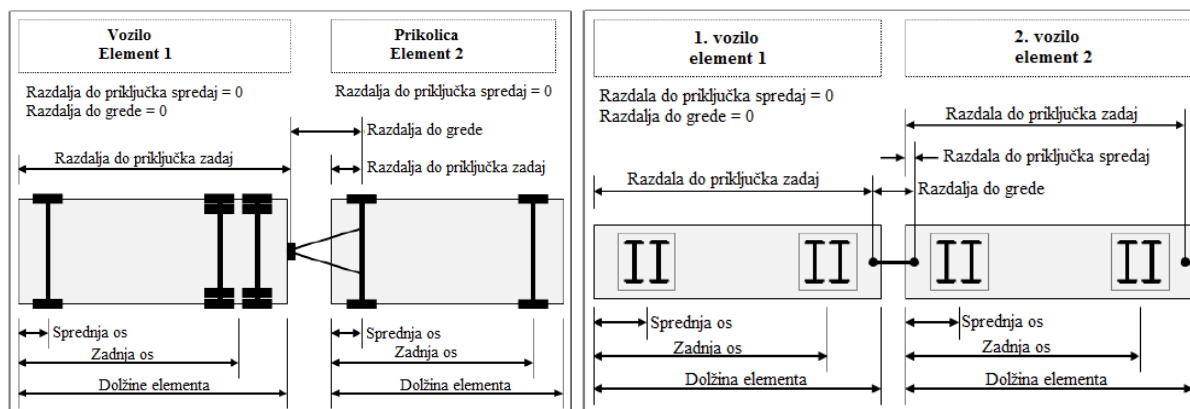
Slika 24: Preprost 3D model brez senčenja [16].



Slika 25: Enostaven 3D model, kocka [16].

V 3D obliki prikaza prometne simulacije so dinamični objekti prikazani s 3D izbranimi modeli v .v3d.datoteki. Geometrijske spremembe (dolžina, medosna razdalja, itd.), ki se jih lahko določi v zavihku 2D/3D seznamu segmentov modela (ang.: 2D/3D Model Segments list), so v 3D pogledu zanemarjene in so vidne le v 2D pogledu simulacije. Kot posledica tega zanemarjenja se v 3D pogledu lahko vozila na trenutke vizualno prekrivajo ali pa je navidezno med voziloma velika razdalja.

Vissim omogoča, da uporabnik z določanjem atributov sam definira nova vozila. S tem ni potrebno uporabiti 3D modelov vozil zapisanih v datoteki .v3d. Dimenzije vozila določi s podajanjem razdalj, ki so ponazorjene na sliki št. 26. Vozilom javnega prometa lahko definira vrata, katerih lokacija in dimenzije morajo biti prilagojene za simuliranje izstopanja in vstopanja pešcev. Tako definirani modeli so v 3D pogledu pokazani kot kocke.



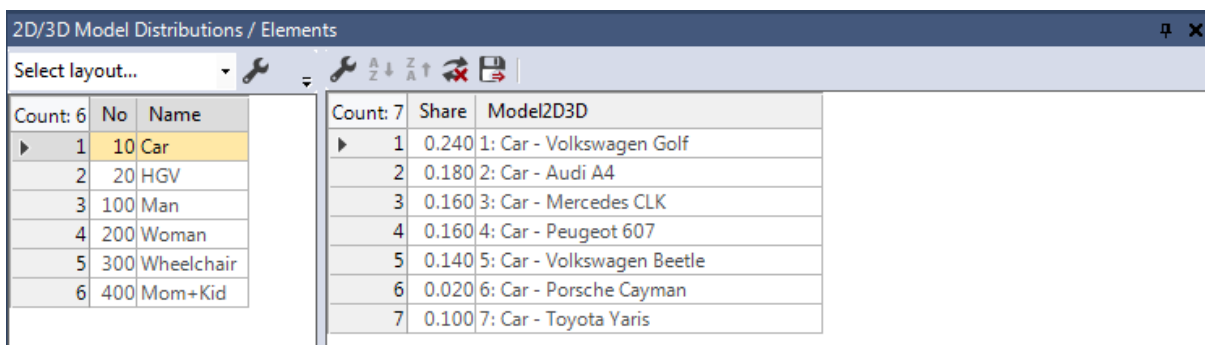
Slika 26: Razdalj do osi, grede in priključkov pri vozilih sestavljenih iz dveh elementov ali pri skupini večih vozil [16].

6.1.1.1 Uporaba distribucije

Vissim za modeliranje omogoča uporabo različnih stohastičnih distribucij. Večina distribucij vpliva na delovanje modeliranega prometnega modela, nekatere pa imajo samo vizualne učinke. Če se vozila nekega tipa razlikujejo le po obliki, dolžini ali širini ne pa tudi v tehničnih lastnostih, se jih lahko znotraj enega tipa vozil (osebno vozilo, tovorno vozilo, itd) razdeli tako, da se definira distribucijo modelov ali barvno distribucijo.

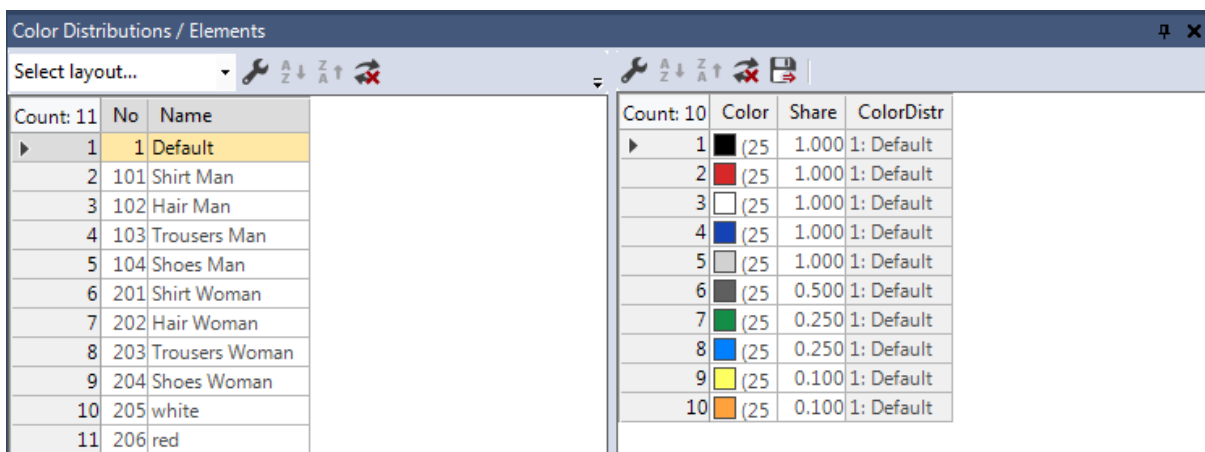
Za bolj realistične rezultate in vizualne prikaze prometnih modelov, lahko uporabnik določi distribucijo 2D ali 3D modelov (ang.: 2D/3D Model Distribution) vozil in pešcev. V realnosti na cestah ne vidimo le ene vrste vozil, saj je promet sestavljen iz različnih osebnih vozil, različnih vozil tovornega prometa, različnih vozil javnega prometa itd. To uporabnik pri modeliranju prometnega

modela doseže z definiranjem distribucije modelov. Za tip vozila osebni avto lahko uporabnik določi enega ali več 2D/3D modelov. Absolutne deleže modelov Vissim izračuna samodejno kot razmerje posameznega relativnega deleža in vsote vseh deležev.



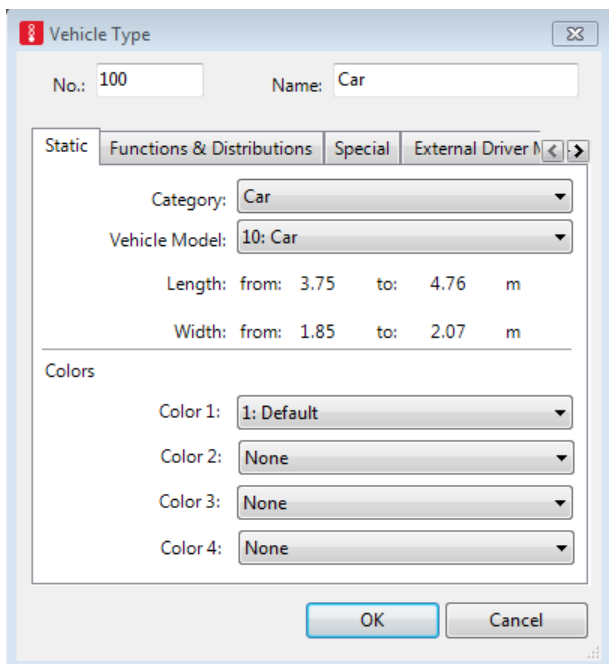
Slika 27: Slika preglednice v programu Vissim, za urejanja distribucije 2D/3D modelov [16].

Določitev barvne distribucije je relevantna le za grafični prikaz objektov. Uporabnik lahko na ta način, znotraj enega tipa vozil ali pešcev, določi njihovo prikazovanje v različnih barvah. Definira lahko do deset barv in za vsako določi relativni delež večji od nič. V primeru, da uporabnik želi določen tip vozila ali pešcev prikazati le z eno barvo, mora v barvni distribuciji vseeno definirati vsaj eno barvo. Absolutne deleže Vissim izračuna samodejno kot razmerje posameznega relativnega deleža in vsote vseh deležev.



Slika 28: Slika s prikazano preglednico v programu Vissim, za urejanja barvne distribucije [16].

Za bolj realističen grafični prikaz Vissim omogoča določitev barvne distribucije za 4 glavne sestavne dele vsakega modela, tako vozil kot pešcev. Tako lahko za pešce uporabnik določi barvno distribucijo majčke, las, hlač in čevljev kot je prikazano na sliki št. 29.



Slika 29: Določanje barvne distribucije delov 3D modela pešca [16].

6.1.1.2 3D animacija odpiranja in zapiranja vrat javnega prometa

Vissim v 3D pogledu omogoča prikazovanje odpiranja in zapiranja enojnih ali dvojnih drsnih vrat. To je mogoče pri modelih vozil javnega prometa shranjenih, v datoteki .v3d, katerih modeli vsebujejo vrata.



Slika 30: Odpiranje in zapiranje vrat vozil javnega prometa [16].

Poleg simulacije odpiranja in zapiranja vrat vozil javnega prometa, lahko uporabnik simulira tudi vstopanje in izstopanje potnikov javnega prometa. Potniki čakajo vozilo javnega prometa na čakalni platformi. Ko vozilo ustavi na ustreznem mestu pred platformo, se najprej odpro vrata, skozi katera potniki najprej izstopijo. Ko potniki zapustijo vozilo, začnejo čakajoči potniki iz platforme vstopati v

vozilo. Potniki, ki so vozilo zapustili, sledijo potem, ki so jim dodeljene po zapustitvi vozila. Za modeliranje takega scenarija mora uporabnik definirati čakalne prostore in robove platform preko katerih potniki vstopajo v vozila javnega prometa ter število vstopajočih in izstopajočih potnikov javnega prometa.



Slika 31: Vstopanje in izstopanje pešcev na javni promet [7].

Uporabnik lahko sam definira dimenzije in lokacijo vrat na vozilu javnega prometa, pri tem pa mora paziti, da se dolžina vozila javnega prometa ujema z dolžino postajališča in da so vrata vozila locirana na mesto, ki se ujema z lokacijo vstopne platforme na postajališču javnega prometa. Za definiranje vrat, uporabnik uredi naslednje attribute:

- lokacijo vrat določeno z razdaljo med vrati in sprednjo stranjo elementa vozila,
- širino vrat,
- odmik v z-smeri od nivoja na katerem stoji vozilo,
- stran na kateri so vrata, saj ima model vozila javnega prometa lahko vrata na obeh straneh, na potnikovi desni ali potnikovi levi strani
- namen uporabe vrat, ki se lahko uporabljajo le za vstopanje, le za izstopanje, za vstopanje in izstopanje potnikov ali nič od naštetega.

Z distribucijo lokacije lahko uporabnik določi, kako se skupno število izstopajočih in vstopajočih potnikov razporedi po dolžini vozila. Za vsaka vrata, ki so namenjena izstopanju in/ali vstopanju, se izračuna delež potnikov glede na dolžino vozila. Možna sta dva načina razporeditve glede na pozicijo vrat v vozilu:

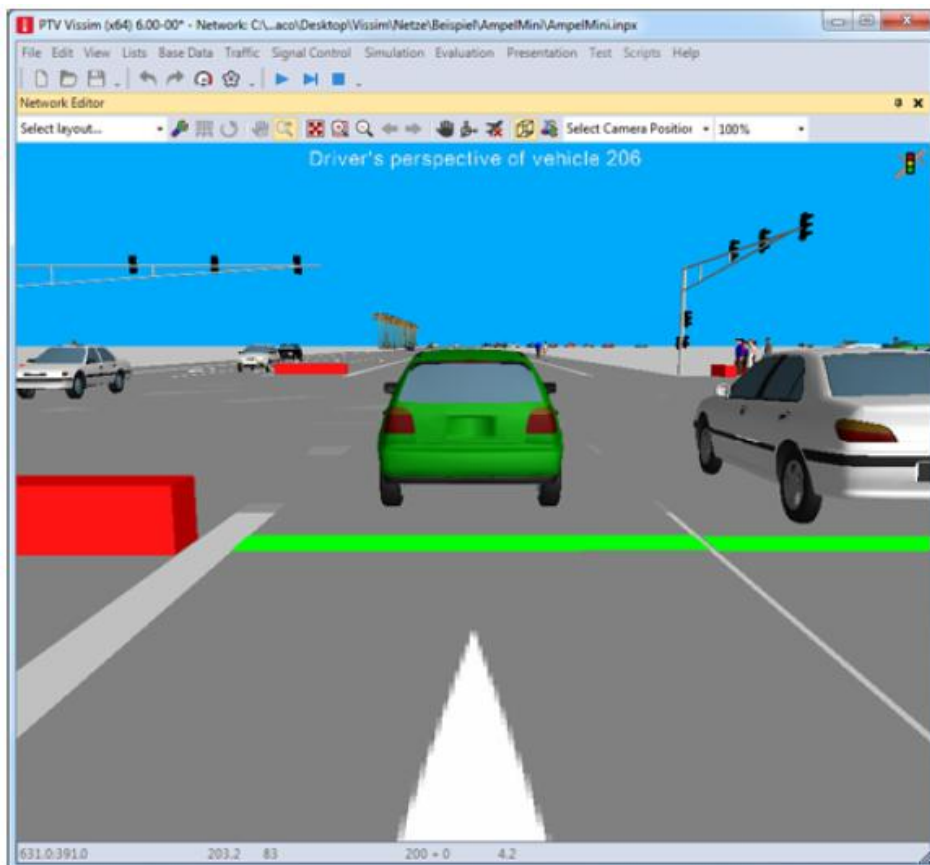
- polovica razdalje do naslednjih vrat (za vmesna vrata) in
- celotna razdalja do začetka ali konca vozila (za vrata spredaj oz. zadaj).

6.1.1.3 Modeliranje signalnih skupin in signalnih glav

Signalne skupine predstavljajo najmanjše kontrolne enote, ki pripadajo signalnemu kontrolniku (ang.: Signal Controller). Posameznemu signalnemu kontrolniku lahko, glede na njegovo programsko logiko, uporabnik pripiše do 125 signalnih skupin. Vissim razlikuje med signalnimi skupinami in signalnimi glavami. Signalne skupine v realnosti niso vidne, so pa vidne signalne glave, ki predstavljajo semaforje. Signalne skupine lahko pripišemo večim signalnim glavam, ki vedno kažejo iste slike, iste ukaze signalnih skupin.

Signalne glave v prometnem omrežju so lahko locirane na stop linijah na posameznem voznem pasu. Ko na signalni glavi gori zelena luč, vozila peljejo preko stop linije mimo signalne glave, ko gori rdeča luč, pa vozila ustavijo na vnaprej določeni razdalji pred signalno glavo.

Signalne glave lahko v prometnem omrežju grafično prikažemo kot bloke ali stop linije. Stop linije lahko prikažemo tako na voznih pasovih, ki so namenjeni vožnji motornih vozil, kot tudi na območjih, ki so namenjeni gibanju pešcev, ali le na voznih pasovih motornega prometa.

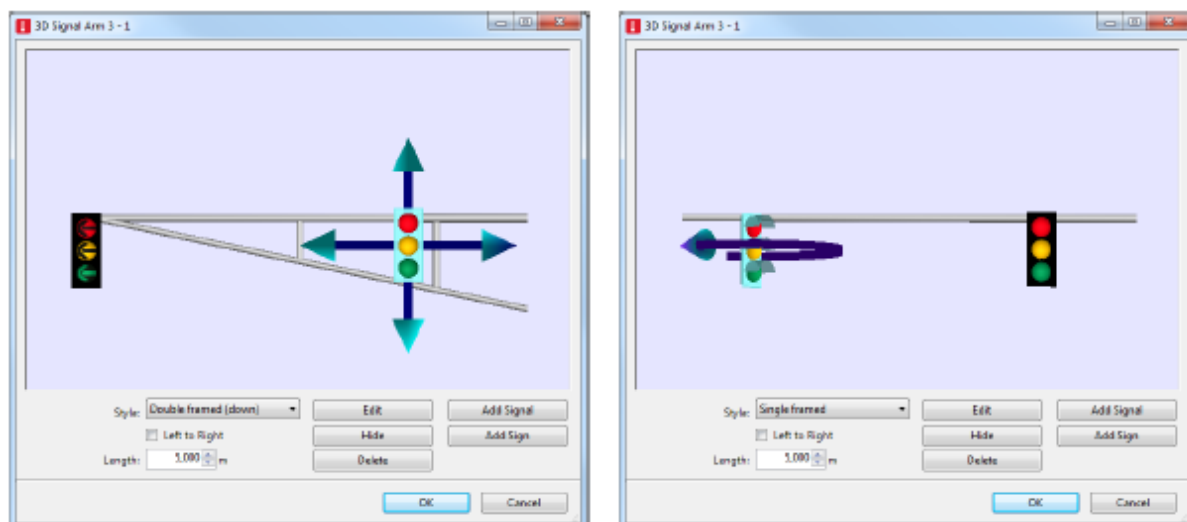


Slika 32 Prikazovanje svetlobnih signalov s stop linijo [16].

Vissim omogoča uporabo različnih signalnih glav, s pomočjo katerih lahko natančno prikažemo večino signalnih situacij, ki se pojavljajo v realnih prometnih omrežjih. Med drugim omogočajo prikaz različnih signalnih skupin za različna prevozna sredstva na enem voznem pasu. Za vsako signalno glavo lahko uporabnik izbere tip vozila.

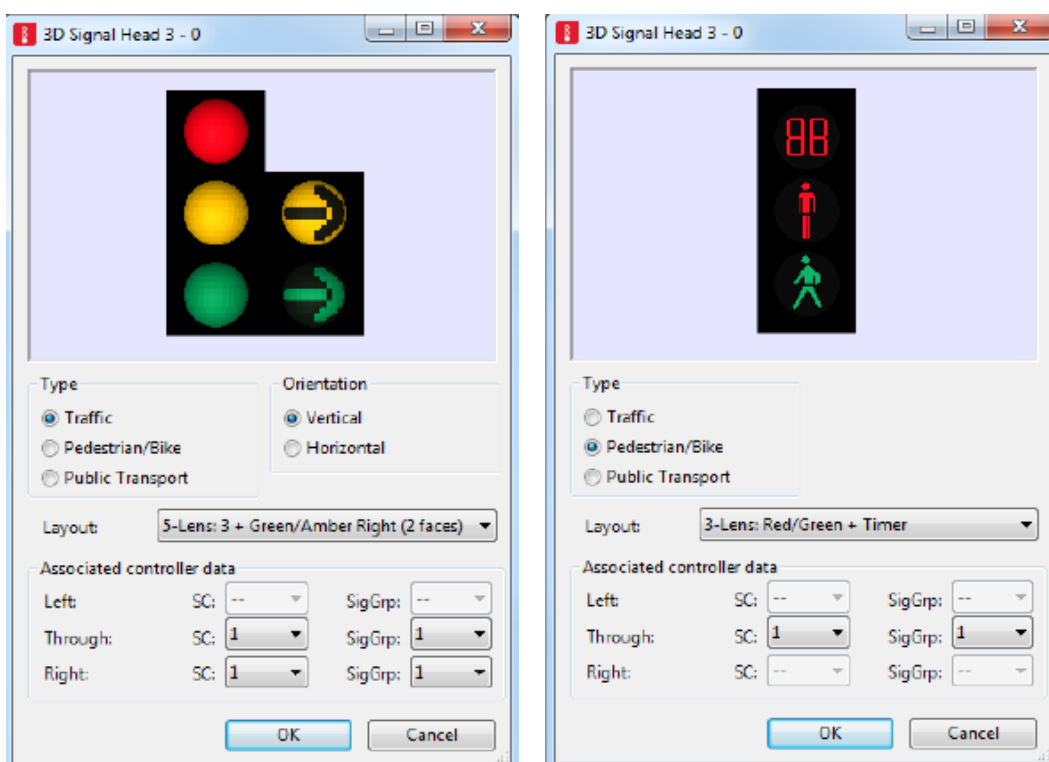
Zaradi možnosti podrobnega oblikovanja modela signalne glave, jo lahko prikažemo zelo realistično. Njene sestavne elemente lahko uporabnik oblikuje in določa vsakega posebej. Pri oblikovanju droga uporabnik določi tip droga, obliko, dimenzijo prereza in višino. Nato izbere signalno roko in določi njeno dolžino in položaj v omrežju (x,y in z zamik). Če uporabnik želi, lahko posebej oblikuje še preostale sestavne elemente signalne glave, kot so, prikazi na signalnih glavah in različne barve svetlobe, ki jih oddajajo.

Uporabnik lahko izbira med signalnimi glavami za različne tipe prometa. Lahko je ena signalna glava za ves promet, le za kolesarje, pešce ali vozila javnega prometa. Glava za motorni promet je lahko obrnjena vertikalno ali horizontalno, lahko se ji določi lega na dolžini signalne roke, lahko se jo rotira v poljubno smer. Število polj, ki so prikazana v glavi lahko določi uporabnik sam.



Slika 33: Premikanje (levo) in rotiranje (desno) 3D signalnih glav [16].

V signalni glavi se lahko prikaže tudi numerične števice, ki prikazujejo preostali čas posamezne faze v ciklu. Števci so lahko prikazani v kombinaciji s signali za zeleni tip vozila ali v samostojni signalni glavi. Števci so, kot v realnost, barvno usklajeni z signalnimi glavami. Ko signalna skupina sveti rdeča ali oranžno, je števec obarvan rdeče, ko signalna skupina sveti zeleno, je števec obarvan zeleno, itd.



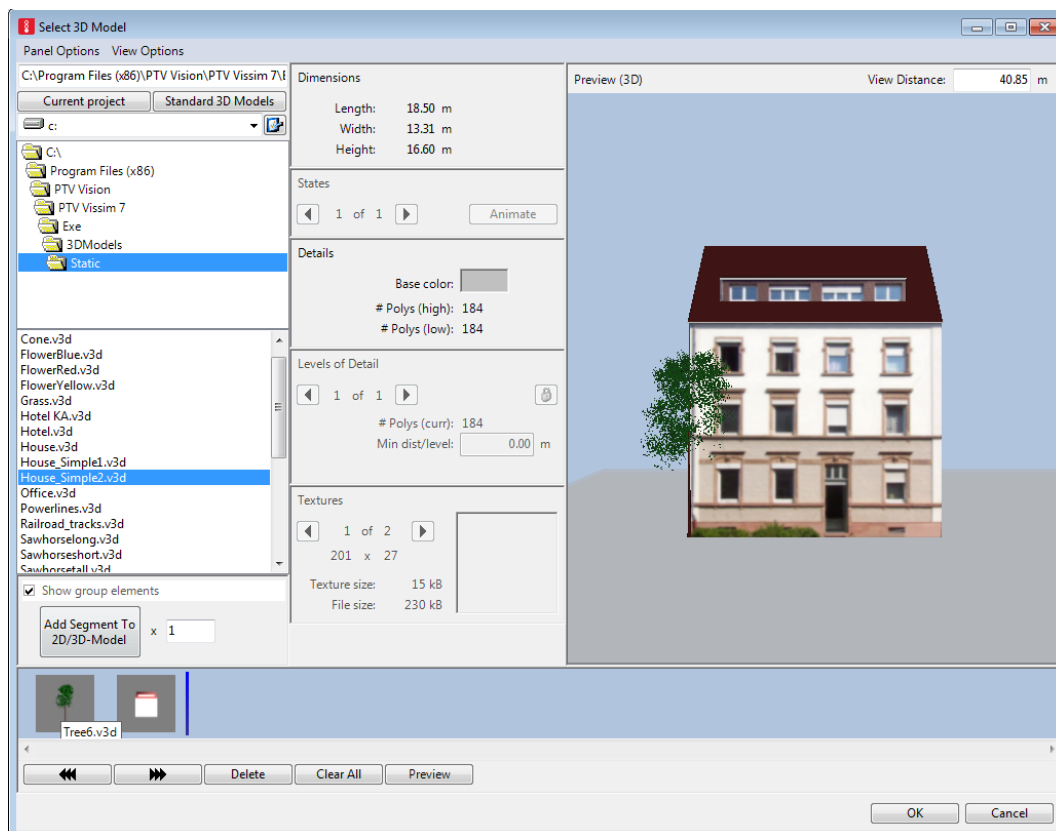
Slika 34: Primera signalnih glav. Na levem prikaznem oknu je več signalnih glav za različne smeri vožnje, na desnem pa je prikazana signalna glava s števcem [16].

6.1.2 Modeliranje statičnih 3D objektov

Statični objekti so lahko elementi cestnega omrežja ali del okolice in služijo boljši vizualni predstavi. V obeh primerih so to objekti, ki ostajajo nespremenjeni tekom celotne simulacije. Ko uporabnik v 2D pogledu modelira prometno omrežje, lahko spremlja njegov videz v 3D pogledu, saj Vissim ustrezne 3D modele elementov modeliranega prometnega omrežja gradi avtomatsko. Ti elementi prometnega

omrežja so prometne povezave in priključki, parkirišča in konstrukcijski elementi namenjeni modeliranju peš prometa (pohodne površine, stopnice, pomične stopnice in steze, dvigala in ovire). Uporabnik pri modeliranju teh elementov prometnega omrežja, poleg drugih lastnosti, poda tudi lastnosti 3D modela pripadajočega elementa. Na podlagi podanih podatkov Vissim naredi 3D model, ki ga uporabnik lahko vidi v 3D pogledu.

Po končanem urejanju prometnega modela, lahko uporabnik uredi tudi 3D okolico prometnega modela. Prometnemu omrežju lahko dodaja statične modele stavb, rastlin, prometnih znakov, talnih označb, itd. Ti elementi ne vplivajo na prometne tokove, vendar imajo le vizualne učinek.



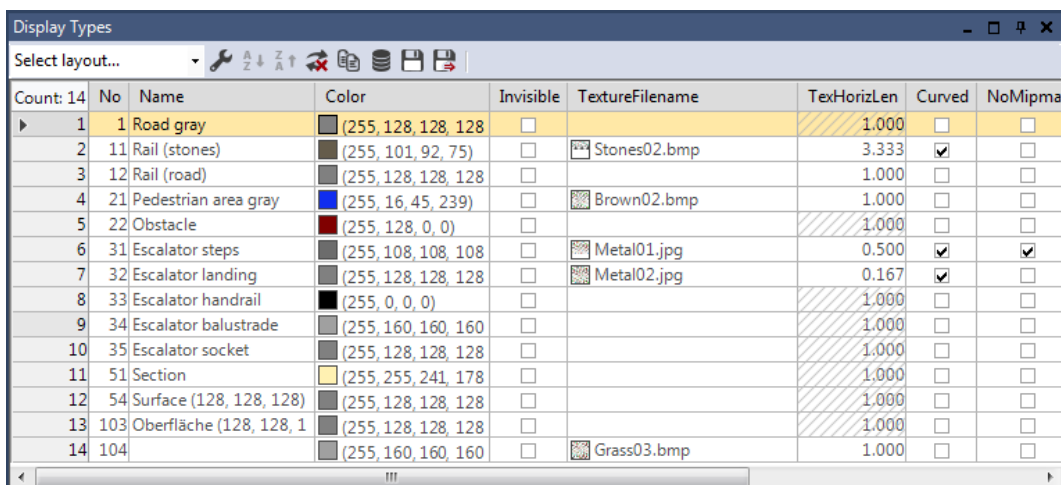
Slika 35: Primer 3D statičnega modela vključen v standardno Vissim programsko opremo [16].

6.1.2.1 Modeliranje konstrukcijskih elementov

Za elemente cestnih povezav (ang.: Links) in priključkov (ang.: Conectors) ter konstrukcijskih elementov namenjenih modeliranju peš prometa, lahko uporabnik določi njihov videz v 3D pogledu prometnega omrežja. Izbira lahko med različnimi barvami in teksturami površin. Različne, v naprej definirane teksture, med katerimi lahko izbira uporabnik, so vključene v standardni Vissim programski opremi. Na sliki št. 36 je prikazana preglednica, v kateri uporabnik določi barvo (stolpec Color v preglednici) ali strukturo površine (stolpec TextureFilename v preglednici) različnih konstrukcijskih elementov. Tekstura se lahko na površini elementa prikaže vzporedno z središčno linijo poteka elementa, tako da sledi ukrivljenosti, lahko pa je usmerjena enako za celoten element, ne glede na ukrivljenost. Poleg barv in tekstur, se lahko elementom določi tudi debelino, začetno in končno višini z določanjem z-koordinate ter druge lastnosti.

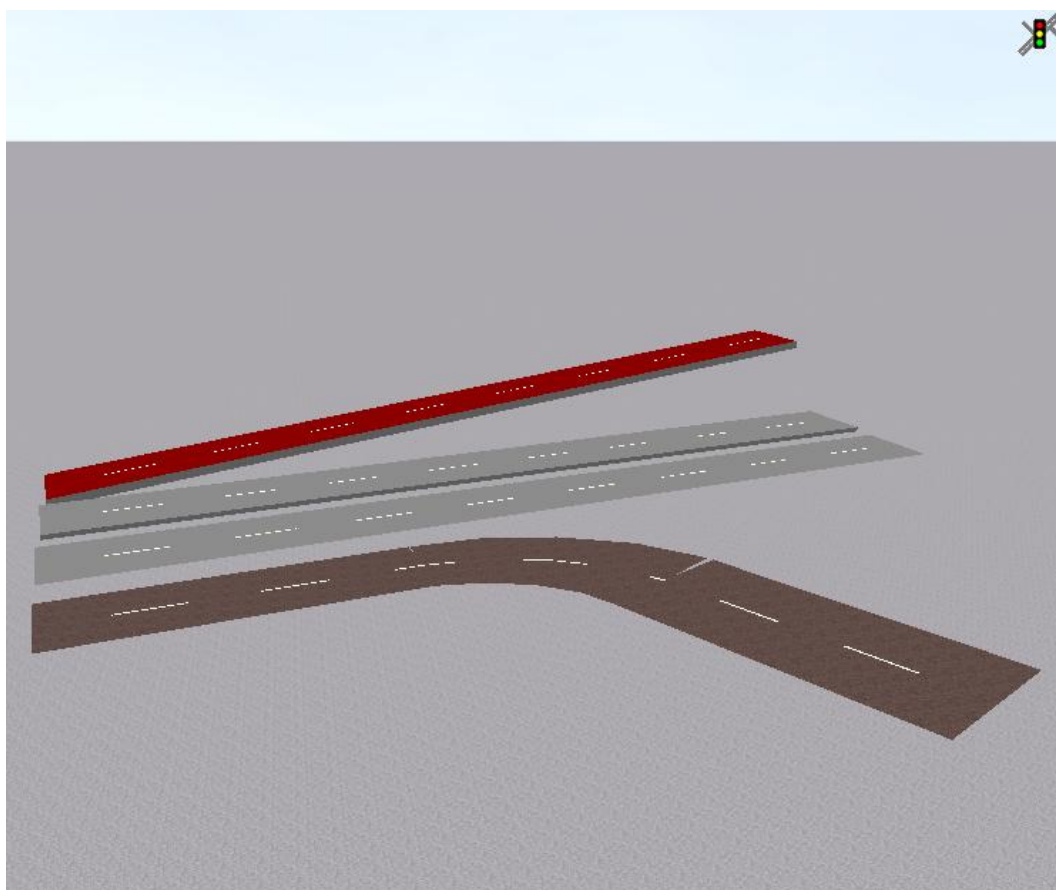
Vissim omogoča, da se po potrebi konstrukcijske elemente iz prometnega omrežja grafično skrije (stolpec Invisible v preglednici na sliki št. 36). To je uporabno, ko želimo okolico, v kateri so prikazani tudi nekateri konstrukcijski elementi, ki smo jih uporabili pri modeliranju prometnega

omrežja, prikazati s statičnimi modeli, izdelanimi v katerem od grafičnih programov (npr. SketchUp). Določeni elementi bi bili v takih primerih prikazani dvakrat in bi se pri prikazovanju simulacije prekrivali. To bi zmanjšalo preglednost in realistični videz prometnega modela.



Count	No	Name	Color	Invisible	TextureFilename	TexHorizLen	Curved	NoMipmap
14	1	Road gray	(255, 128, 128, 128)	<input type="checkbox"/>		1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	11	Rail (stones)	(255, 101, 92, 75)	<input type="checkbox"/>	Stones02.bmp	3.333	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	12	Rail (road)	(255, 128, 128, 128)	<input type="checkbox"/>		1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	21	Pedestrian area gray	(255, 16, 45, 239)	<input type="checkbox"/>	Brown02.bmp	1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	22	Obstacle	(255, 128, 0, 0)	<input type="checkbox"/>		1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	31	Escalator steps	(255, 108, 108, 108)	<input type="checkbox"/>	Metal01.jpg	0.500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	32	Escalator landing	(255, 128, 128, 128)	<input type="checkbox"/>	Metal02.jpg	0.167	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	33	Escalator handrail	(255, 0, 0, 0)	<input type="checkbox"/>		1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	34	Escalator balustrade	(255, 160, 160, 160)	<input type="checkbox"/>		1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	35	Escalator socket	(255, 128, 128, 128)	<input type="checkbox"/>		1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	51	Section	(255, 255, 241, 178)	<input type="checkbox"/>		1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	54	Surface (128, 128, 128)	(255, 128, 128, 128)	<input type="checkbox"/>		1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	103	Oberfläche (128, 128, 1	(255, 128, 128, 128)	<input type="checkbox"/>		1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	104		(255, 160, 160, 160)	<input type="checkbox"/>	Grass03.bmp	1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Slika 36: Slika s prikazano preglednico v programu Vissim, v kateri se definira grafični prikaz konstrukcijskih elementov [16].



Slika 37: Različne debeline, barve, teksture in nakloni povezav in priključkov [16].

Med konstrukcijske elemente, namenjene modeliranju peš prometa, spadajo pohodne površine (ang.:Areas), pohodne rampe, stopnice, pomične stopnice, in pomične steze ter dvigala in ovire.

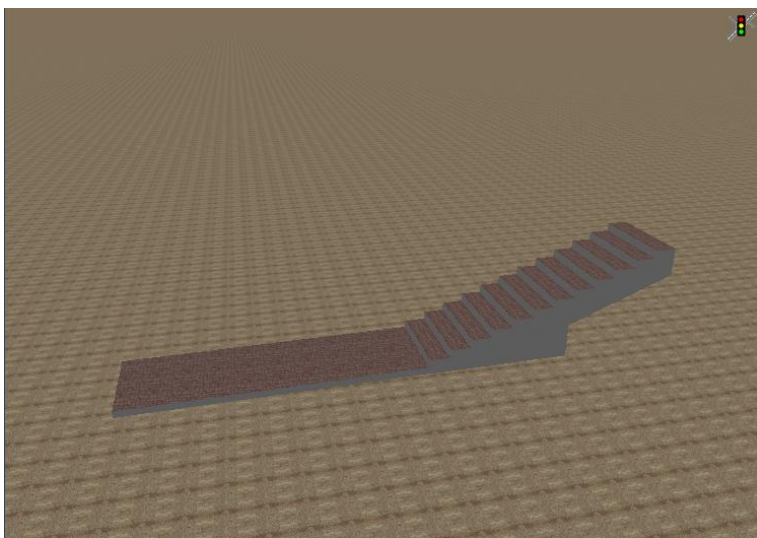
6.1.2.1.1 Pohodne površine, pohodne rampe in stopnice

Rampe so konstrukcijski elementi za povezovanje pohodnih površin, ki se nahajajo v različnih nivojih. Tako pohodne površine, kot tudi rampe, so konstrukcijski elementi namenjeni za določanje območij, po katerih se gibljejo pešci. Površine se določijo kot pravokotniki ali poligon, rampe in stopnice pa določimo kot pravokotnike. Pohodne površine lahko uporabnik tudi uvozi iz katerega od grafičnih programov, na primer AutoCAD.

Pohodne površine in rampe same po sebi nimajo določenih smeri, lahko pa za pešce vključujejo informacije o izbiri poti. Lahko se jih definira kot mesta čakanja na lokacijah postajališč javnega prometa, ali kot robove platform za vstopanje in izstopanje potnikov na vozila javnega prometa.

Pri modeliranju površin za vožnjo vozil moramo definirati lege povezav, ki ji je potrebno med seboj povezati s prometnimi povezavami, če želimo, da se vozila nemoteno premikajo iz ene povezave na drugo. Drugače je pri konstrukcijskih elementih namenjenih hoji pešcev, ki so avtomatsko združeni, če se na nekem mestu prekrivajo. Vissim tako vse pohodne površine, ki se dotikajo ali prekrivajo, združi v en velik pohodni poligon, kjer robovi med posameznimi pohodnimi območji pešcem ne predstavljajo ovir.

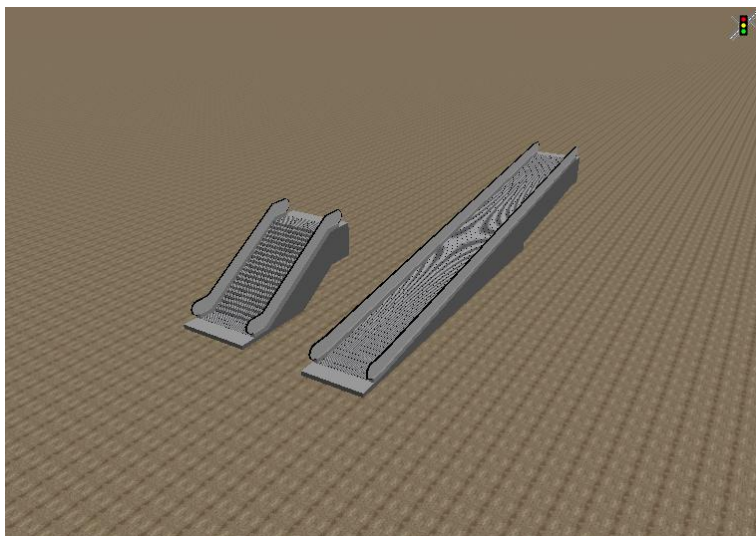
Kot že omenjeno, se stopnice določijo kot pravokotniki. Pri tem se določi širina in dolžina stopnic. Za realen prikaz v 3D pogledu je potrebno definirati še začetno in končno z-koordinato, število stopnic, debelino elementa in teksturo ali barvo površine.



Slika 38: Povezava pohodnega območja in stopnic eno pohodno območje [16].

6.1.2.1.2 Dvigala, pomične stopnice in pomične steze

Za avtomatski prevoz pešcev Vissim omogoča modeliranje dvigal, pomičnih stopnic in pomičnih stez. Omenjeni konstrukcijski elementi imajo določeno smer, po kateri se gibljejo pešci. Pomične stopnice in pomične steze se definira podobno kot stopnice. Oblikuje se jih s pravokotnikom, določi se začetna in končna z-koordinata in debelina elementa.



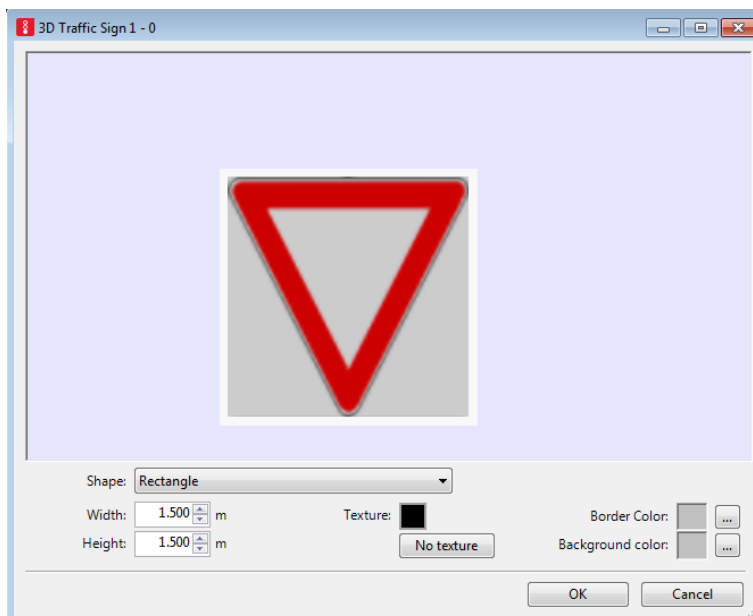
Slika 39: Premične stopnice (levo), premična steza (desno) [16].

6.1.2.1.3 Ovire

Ovire so območja znotraj pohodnega območja, po katerih se pešci ne morejo gibati. Obliko ovir se definira s pravokotnikom. Definira se tudi odmik v z-smeri spodnjega in zgornjega roba ovire, ter njeno višino.

6.1.2.2 3D modeli prometnih znakov

V Vissimu se lahko prikaže tudi prometne znake. Uporabnik izbere obliko, širino in višino, barvo obrobe in barvo ozadja. Za prikaz realističnih prometnih znakov se kot teksturo lahko določi sliko resničnega prometnega znaka. Nekaj takih tekstur že vsebuje standardna Vissim programska oprema.

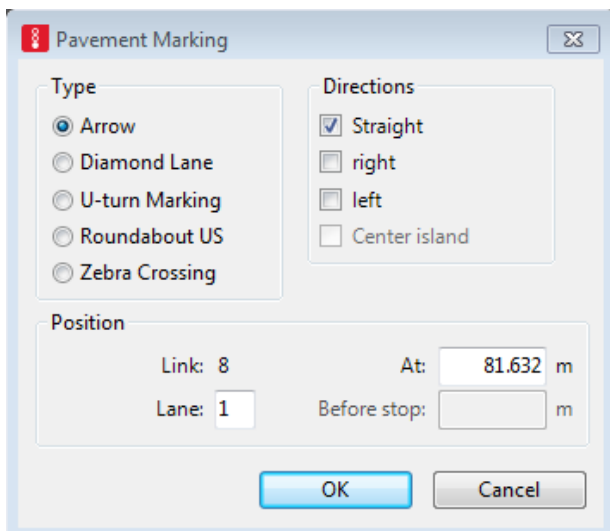


Slika 40: Primer prometnega znaka [16].

6.1.2.3 Modeliranje talnih oznake

Vissim omogoča tudi prikazovanje talnih oznak, katerih namen je le vizualni in ne vplivajo na vožnjo vozil. Kot je prikazano na sliki št. 42, uporabnik lahko prikaže talne oznake, kot so smerne puščice na

posameznih voznih pasovih, s katerimi se ponazorijo dovoljene smeri nadaljevanja vožnje, prehodi za pešce, itd. Možne so tudi druge, v realnem svetu manj razširjene talne oznake, kot na primer znak trikotne oblike, ki se uporablja predvsem v ZDA in ponazarja pasove namenjene vozilom z minimalnim številom potnikov.



Slika 41: Prikazno okno za oblikovanje talnih oznak [16].

6.1.2.4 Uporaba tekstur

Teksture so grafični prikazi površin v 3D pogledu, ki se lahko uporabijo namesto barv za bolj realističen prikaz elementov in okolice prometnega modela. V Vissimu lahko za prikaz v 3D pogledu različne teksture pripišemo nebu, tlem in konstrukcijskim elementom (povezave, priključki in konstrukcijski elementi za modeliranje peš prometa).



Slika 42: Različne teksture tal, talne oznake, uporaba 3D statičnih (stavbe, rastline, javna osvetljava, itd.) in dinamičnih objektov (vozila, pešci) [17].

6.2 Uporaba 3D načina pogleda in določanje zaslona

Vissim med simulacijo omogoča tako 2D kot tudi 3D pogled prometnega omrežja. Grafične elemente omrežja se lahko ureja le v 2D pogledu, in sicer tudi med potekom simulacije. Grafični parametri, ki jih uporabnik lahko ureja so:

- oddaljenost od gledišča za katero so vozila prikazana kot kocke
- oddaljenost od gledišča za katero so vozila prikazana kot preprosti 3D modeli brez senčenja
- oddaljenost od gledišča za katero so vozila prikazana kot preprosti 3D modeli s senčenjem
- prikaz površine, neba in podzemlja možen z barvo ali teksturo
- prikaz ko uporabnik lahko izbira med dvema prikazoma megle, kjer megla poteka linearno (uporabnik določi razdaljo gledišča do začetka in do konca območja megle) ali eksponentno (uporabnik določi gostoto megle).

6.2.1 Prikazovanje prometnega omrežja iz perspektive voznika ali pešca

Med potekom simulacije v 3D pogledu Vissim omogoča pogled iz perspektive voznika ali pešca. Uporabnik prestavi pogled iz ptičje perspektive na perspektivo iz voznikovega sedeža ali pešca s klikom na izbrano vozilo ali pešca. Ti pogledi se lahko shranijo kot lokacije kamere za snemanje .avi video posnetkov.



Slika 43: Pogled iz voznikovega sedeža [18].

6.2.2 Urejanje zornega kota (goriščne razdalje) v 3D pogledu

Pogled v 3D načinu je v programu Vissim prednastavljen na pogled iz zornega kota 45° , ki ji ustreza goriščna razdalja 43 mm optičnega sistema 35 mm. Uporabnik ima možnost prilagajanja zornega kota, s čimer se ustrezno spremeni tudi goriščna razdalja slik. Na preglednici št. 1, so navedeni nekateri zorni koti in njihove goriščne razdalje optičnega sistema 35 mm.

Preglednica 1: Zorni koti in pripadajoče goriščne razdalje optičnega sistema 35 mm [16].

Zorni kot	Goriščna razdalja (35 mm)	Zorni kot	Goriščna razdalja (35 mm)
4°	500 mm	38°	53 mm
7°	300 mm	40°	50 mm
10°	200 mm	44°	45 mm
11°	180 mm	45°	43 mm
15°	135 mm	65°	28 mm
20°	100 mm	72°	25 mm
24°	85 mm	81°	21 mm
29°	70 mm	90°	18 mm



Slika 44: Zorni kot 35 mm, lokacija kamere 1 [18].



Slika 45: Zorni kot 70 mm, lokacija kamere 1 [18].

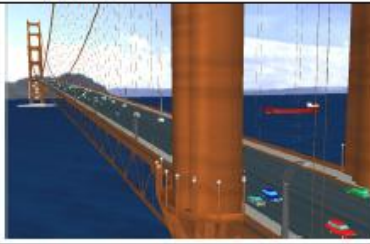






Slika 46: Zorni kot 120 mm, lokacija kamere 1 [18].

6.2.3 Prikazovanje megle

Preko grafičnih parametrov Vissim v 3D pogledu omogoča prikazovanje megle. Megla ni vidna v 2D, v 3D pogledu pa ni vidna, kadar je vklopljena funkcija nebo (ang. Sky) ki omogoča prikazovanje okolice z videzom neba. Da je megla vidna, se v ozadju nebo prikaže z dodanim statičnim 3D modelom zidu, kateremu se določi ustrezna barva ali tekstura neba.

Ko se opazovalec v prometnem modelu približuje megli, je navadno vidljivost 100%. Z dodatnim približevanjem doseže čelo območja megle, kjer vidljivost še ni nujno 0%. Z nadaljnjo vožnjo pa doseže čelo območja brez vidljivosti. Tako se gostota megle med čelom območja megle in čelom območja brez vidljivosti spreminja. Čelo območja brez vidljivosti je vedno za čelom območja megle. Na sliki št. 47 so prikazani štirje scenariji prikazovanja megle.

Scenarij	Prikaz
<p>Scenarij 0: Brez megle.</p>	
<p>Scenarij 1: Čelo megle in čelo ničelne vidljivosti sta na isti točki. Megla je prikazana kot stena.</p>	
<p>Scenarij 2: Nadaljevanje scenarija 1, čelo ničelne vidljivosti se premakne stran od opazovalca.</p>	
<p>Scenarij 3: Nadaljevanje scenarija 1, čelo megle se premakne stran od opazovalca.</p>	
<p>Scenarij 4: Kombinacija nastavitve scenarija 2 in scenarija 3.</p>	

Slika 47: Različne možnosti prikaza megle [16].

7 GRAFIČNA OZADJA

Poglavje, povzeto po uporabniškem priročniku programa Vissim 7 [16], opisuje možnosti uporabe grafičnih ozadij, ki jih omogoča program Vissim. Za ozadje prometnih omrežij lahko uporabnik uporabi digitalne zemljevide v pravem merilu. To so lahko grafične datoteke ali zemljevidi v spletni obliki. Ti zemljevidi uporabniku predstavljajo predvsem podlago za modeliranje prometnega omrežja, služijo pa tudi za bolj enostavne predstavitve prometnega modela v 2D pogledu.

Ko uporabnik uvozi izbrano sliko ozadja, ji mora najprej urediti merilo. Pri tem je dobro, da je uporabnik kar se da natančen, saj kasnejše spremembe merila niso mogoče. Na sliki ozadja uporabnik izbere dve toči, za kateri ve njuno medsebojno razdaljo. Priporočljivo je uporabiti točke katerih razdalja je večja od 100 m. To sta lahko na primer vogalni točki objekta.

7.1 Uporaba spletnih zemljevidov

Če ima uporabnikov računalnik omogočen dostop do interneta, lahko v Vissimu za ozadje uporabi zemljevide, ki jih ponujajo ponudniki spletnih zemljevidov. Različni spletni ponudniki zagotavljajo posnetke iz zraka visokih ločljivosti, satelitske slike in podrobne grafične načrte mest. Na spletu uporabnik lahko izbira med posnetki komercialnih ponudnikov, ki so na voljo samo strankam, ki imajo z njimi sklenjene pogodbe o vzdrževanju. Primer takšnega ponudnika je Microsoft Bing Maps. Obstaja pa tudi nekaj prosto dostopnih ponudnikov kot je OpenStreetMap, katerih zemljevide uporabnik lahko uporablja, če izpolnjuje nekatere licenčne pogoje.

Prednost uporabe zemljevidov Bing Maps je v tem, da ima uporabnik vedno na voljo najnovejše zemljevide. Zaradi pogojev uporabe zemljevidov tega ponudnika se podatki zemljevida ne shranijo skupaj z ostalimi podatki, vendar se, v primeru da uporabnik ponovno odpre dokument v katerem ureja prometno omrežje, ponovno naložijo. Ob ponovnem nalaganju pa se ustrezna grafična podlaga naloži in prikaže v ustrezni velikosti povečave in na ustreznem mestu, tako da se ujema z modeliranim omrežjem.

Uporaba spletnih zemljevidov omogoča uporabniku kar nekaj prednosti.

- Uporabniku ni potrebno pripravljati in uvažati grafičnih podatkov.
- Vedno so mu na voljo najnovejši zemljevidi.
- Med projektom lahko uporabnik menja računalnike, ne da bi se mu pri tem izgubila pot do shranjenih grafičnih podatkov.
- Spletni zemljevidi ne zasedejo dodatnega prostora na uporabnikovem računalniku.
- Prometno omrežje, lahko uporabnik enostavno postavi na ustrezno mesto na spletnem zemljevidu.
- Uporabnik lahko prikaže izbrano območje na zemljevidu in pogled shrani kot privzet. Na ta način se ob ponovnem odpiranju programa Vissim, vedno prikaže shranjeni pogled.

7.2 Vstavljanje grafike ozadja

Za ozadja prometnih omrežij Vissim omogoča uporabo različnih grafičnih načrtov. Uporabnik lahko skenira zeleno grafiko in jo shrani v grafično datoteko, ki jo nato uvozi v Vissim kot sliko ozadja. V Vissimu jo nato postavi na pravilno lego in ji uredi velikost. 64-bitna verzija programa Vissim 7 ima nekaj omejitev, zato se vektorske grafike shranjene v datotekah .dwg in .dxf ne prikažejo pravilno. Za

pravilen prikaz mora uporabnik pretvoriti vektorsko grafiko v rastrsko, na primer v datoteke .bmp ali .jpg. Sicer pa Vissim podpira rastrske grafične formate grafičnih datotek .bpm, .jpg, .png, .tga, .tif, .sid, in .ecw ter vektorske grafične formate grafičnih datotek, .dwg, .dxf, .emw, .wmf in .shp.

Prikaz različnih grafičnih ozadij prometnih omrežij je odvisen od oblike datotek in načina stiskanja grafične datoteke, od ločljivosti zaslona in njegove barvne globine, ter od spomina spominske in grafične kartice računalnika. Od strojne opreme računalnika pa je odvisna največja možna velikost grafične datoteke, ki se lahko uporabi za ozadje.

8 USTVARJANJE PREDSTAVITVENIH ANIMACIJ S PROGRAMOM VISSIM

Vissim omogoča snemanje simulacij prometnih modelov v obliki kratkih video posnetkov. S predstavitvenimi videi imajo prometni strokovnjaki dobro orodje za ponazoritev obravnavanega projekta javnosti. Kot je opisano v uporabniškem priročniku Vissim 7 [16], po katerem je povzeto obravnavano poglavje, Vissim omogoča snemanje simulacije v 3D video datoteki .avi ali animacijski datoteki .ani.

8.1 Snemanje 3D simulacij in shranjevanje v .avi datoteki

S programom Vissim lahko uporabnik snema 3D simulacije in jih shranjuje v video datoteki .avi, ki jo lahko posname tudi med predvajanjem simulacije. Da lahko uporabnik izvede snemanje, mora vnaprej definirati poglede kamere, ki jih nato uporabi pri oblikovanju zgodbe pogledov.

8.1.1 Uporaba različnih pogledov kamere (ang.: Keyframes) in zgodbe zaporedij pogledov (ang.: Storyboards)

Za snemanje videa lahko uporabnik določi zaporedje spreminjanja različnih pogledov kamere, ki jih uporabnik shrani glede na svoje želje. To so pogledi na prometno omrežje iz različnih zornih kotov, različnih oddaljenosti od omrežja, lahko prikaže celotno omrežje, lahko pa prikaže le manjši, v nekem trenutku pomembnejši del. Možen je tudi pogled iz voznikovega sedeža ali iz perspektive pešca. Ko so vsi želeni pogledi shranjeni, jih lahko uporabnik uredi v zaporedje in na ta način pripravi zgodbo pogledov. Na sliki št. 48 je prikazano okno za urejanje pogledov kamere, v katerem uporabnik ureja poglede v zgodbo. Za vsak pogled posebej uporabnik določi začetni čas (ang.: Starting time), ki predstavlja sekundo simulacije v kateri se kamera postavi v izbrani pogled in čas snemanja v tem pogledu (ang.: Dwell time). Nato se premakne na naslednjega. Čas med spreminjanjem položaja kamere (ang.: Movement) se preračuna avtomatsko. Med različnimi pogledi se položaj kamere spreminja s konstantno hitrostjo ali na tri načine spreminjajočo hitrostjo. Pri prvem gladkem načinu (ang.: Smooth) je gibanje v bližini pogleda, ki ga kamera zapušča počasno, nato se gibanje pospeši in se z bližanjem naslednjemu pogledu zopet upočasni. Pri drugem načinu, gladkem začetku (ang.: Smooth start), se gibanje začne s konstantno hitrostjo in z bližanjem naslednjemu pogledu upočasni. Ravno obratno je pri tretjem načinu, gladkem koncu (ang.: Smooth end), pri katerem se gibanje začne počasi in se konča s konstantno hitrostjo.

Vissim prepreči, da bi uporabnik za obravnavani pogled nastavljal čas začetka snemanja ali čas trajanja snemanja, ki bi se prekrival s časom snemanja že prej definiranega pogleda. Funkcija Premakni poznejše poglede (ang.: Shift subsequent Keyframes) omogoča, da se vsi začetni časi poznejših pogledov kamere premaknejo glede na nastavitve trenutno obravnavanega pogleda.

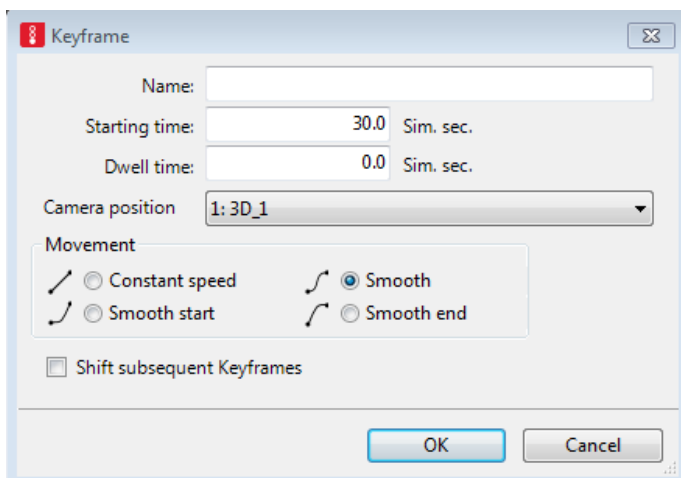
- Ko uporabnik umesti snemanje pogleda med dva že časovno definirana pogleda, Vissim preveri, ali čas začetka snemanja obravnavanega pogleda leži za časom trajanja prej definiranega pogleda. Če je tako, Vissim prestavi začetne čase vseh sledečih pogledov glede na enačbo:

$$\Delta t = \text{začetni čas novega pogleda} + \text{čas trajanja novega pogleda} + \text{čas spreminjanja iz pogleda na pogled} - \text{začetni čas sledečega pogleda}.$$

S tem, ko se ustrezno uredi začetni čas novega pogleda, se ohrani čas do naslednjega pogleda.

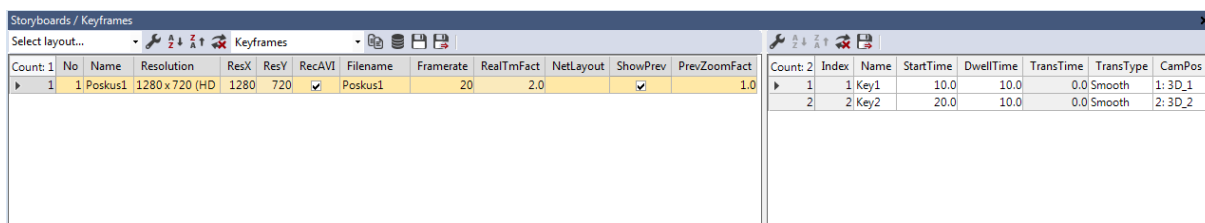
- Ko uporabnik ureja obstoječi pogled, se vsi sledeči pogledi premaknejo glede na nov začetni čas in/ali čas trajanja. Začetni časi vseh sledečih pogledov se premaknejo v skladu z enačbo:

$\Delta t = \text{nov začetni čas} - \text{star začetni čas} + \text{nov čas trajanja} - \text{star čas trajanja}$.



Slika 48: Okno za urejanje pogledov kamere v zgodbo (ang.: Keyframe) [16].

Vnaprej shranjene poglede kamere lahko uporabnik uporabi na dva načina. Pri prvem, z urejanjem zaporedja različnih pogledov uporabnik oblikuje zgodbo, kot je opisano v prejšnjem odstavku. Pri tem mora paziti, da se pogledi časovno ne prekrivajo. Video v .avi datoteki se začne snemati v sekundi, v kateri je definiran prvi pogled, ki pa ni nujno istočasen z začetkom simulacije. Če v neki sekundi snemanja ni definiran noben pogled, se snema trenutni pogled v 3D pogledu, iz česar sledi, da se spremembe v 3D pogledu med snemanjem beležijo. Drugi način uporabe shranjenih pogledov je, njihova direktna uporaba med snemanjem videa oblike .avi. To pomeni, da uporabnik ne definira zgodbe zaporedij pogledov, vendar med snemanjem videa ročno izbira med vnaprej shranjenimi pogledi kamere.

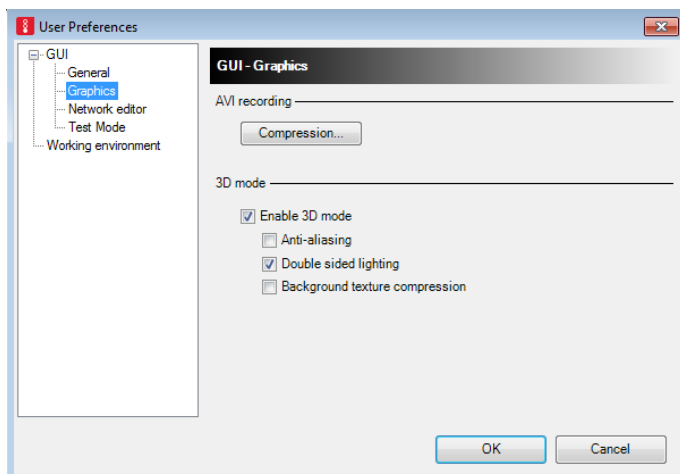


Slika 49: Slika preglednice za urejanje zgodb zaporedij pogledov (ang.:Storyboard) [16].

8.1.2 Nastavitve snemanja

Vissim ustvarja tudi .avi video datoteke, ki posnamejo 20 slik na sekundo. Ker se za vsak časovni korak simulacije ustvari točno ena slika, je čas predvajanja odvisen od števila časovnih korakov na simulacijsko sekundo. Tako je s simulacijsko resolucijo desetih časovnih korakov, ki je priporočljiva, čas predvajanja dvakrat hitrejši od realnega časa. Pri tem pa je pomembno omeniti, da izbira simulacijske resolucije vpliva na vedenje voznikov in pešcev v simulaciji.

S funkcijama Pogladiitev (ang.: Ant-Aliasing) in Dvostranska osvetlitev (ang.: Double-side lighting) se lahko izboljša kvaliteta posnetkov. Funkcija Pogladiitev pogladi kvadratne robove objektov, ki nastanejo zaradi slabše ločljivosti zaslona. Dvostranska osvetlitev pa povzroči kvalitetnejše barvno prikazovanje 3D posnetkov. Zaradi video posnetkov višje kakovosti, pa se upočasni hitrost snemanja.



Slika 50: Vkllop ali izklop funkcije dvojne osvetlitve (ang.: Double-sided lighting) [16].

Video datoteka .avi se lahko v 3D pogledu začne snemati, ko je uporabnik shranil zelene poglede kamere in definiral vsaj eno zaporedje pogledov, v katerem je izbral vsaj en pogled kamere. Vsem izbranim pogledom pa je definiral začetni čas in čas trajanja snemanja simulacije. Preden se snemanje začne, mora uporabnik zbrati program za snemanje glede na konfiguracijo računalniškega sistema.

8.2 Snemanje 3D simulacij in shranjevanje v .ani datoteki

Animacijski posnetki, oblike .ani, vsebujejo le grafične podatke o simulaciji in so tako namenjene predvsem predstavitvam simulacij. Ker ne vsebujejo veliko podatkov, so v primerjavi z samo simulacijo hitrejši.

Za snemanje .ani videa se lahko izbere celotno obravnavano prometno omrežje ali se vnaprej določi sekcije. Z določitvijo sekcij, se lahko snema le del podatkov na omrežju, kot na primer gibanje pešcev na območjih namenjenih pešcem ali vozila na vozni povezavi. V eni sekciji je lahko vključenih več prometnih elementov. Uporabnik si, poleg izbora sekcije, lahko izbere tudi časovni interval simulacije, ki jo želi posneti. To določi z definiranjem začetne in končne sekunde glede na čas simulacije.

Posnetek .ani lahko uporabnik pregleduje tako, da si ga ponovno predvaja, ga po želji ustavlja in predvaja naprej po korakih. Poleg tega pa ga, z razliko od simulacij, lahko predvaja vzvratno in vzvratno po korakih.

Pri snemanju animacijskih datotek, se uporabnik odloči ali želi animacijo izvoziti ali jo le pregledovati. V prvem primeru mora pri .ani obliki posnetka izbrati končnico txt, v drugem primeru pa končnico .ani.

9 PRIMER IZDELAVE VIZUALIZACIJSKEGA MODELA PARKIRNE HIŠE

Kot primer možnosti vizualizacije v programu Vissim sem v diplomski nalogi naredila model dvoetažne parkirne hiše. S slikami in kratkimi video posnetki sem prikazala na kakšne načine lahko prikažemo 3D potek vožnje po parkirni hiši. Na tem mestu bi omenila, da namen izdelave prometnega modela parkirne hiše ni študija prometnih tokov, ampak le prikaz 3D vizualizacije s programom Vissim. Zato tudi vožnja (hitrost, izbira poti, izbira parkirnih mest, itd.) ni popolnoma enaka kot vožnja v parkirni hiši v realnim življenjem.

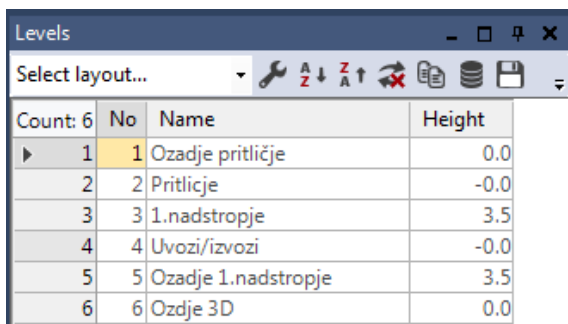
9.1 Modeliranje cestnega omrežja

Parkirna hiša, katere model sem prikazala s 3D vizualizacijo s programom Vissim, je parkirna hiša centra Planet Tuš v Kopru. Načrte, ki sem jih uvozila v Vissim kot podlago za pomoč pri izdelavi prometnega modela, sem izdelala s pomočjo programa SketchUp. Obliko parkirne hiše sem nekoliko prilagodila, tako da sem za rezultat dobila načrt enostavne dvoetažne parkirne hiše z dvema uvozoma. Pri delu v programu Vissim sem si pomagala z uporabniškim priročnikom programa Vissim 7 [16], s pomočjo katerega je v nadaljevanju opisan potek izdelave modela.



Slika 51: Parkirna hiša centra Planet Tuš Koper [Google Earth, 15.5.2015].

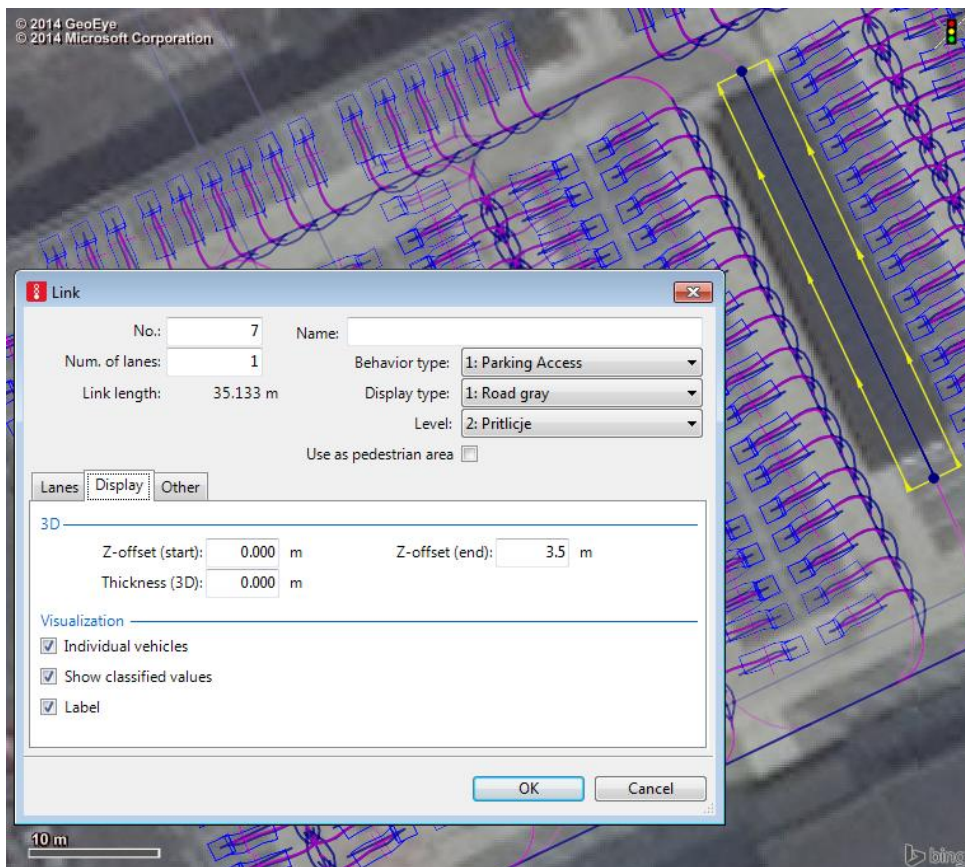
V programu SketchUp sem izdelala načrta dveh tlorisov, pritličja in prvega nadstropja, ter 3D model celotnega objekta. Na podlagi tlorisov, ki sem jih kot podlago uvozila v Vissim ter grafičnih podlog že integriranih v programu Vissim 7 (posnetki iz zraka), sem izdelala prometni model vsakega nadstropja posebej, vsakega v svojem nivoju (ang.: Level). Prvi nivo, v katerem sem izdelala model pritličja, sem postavila na z-koordinato 0 m, drugi nivo, nivo prvega nadstropja, pa na z-koordinato 4 m. Nato sem nadstropja med seboj povezala z rampama. Začetno točko uvozne rampe v prvo nadstropje sem definirala na višini pritličja in končno na višini prvega nadstropja. Začetno točko izvozne rampe iz prvega nadstropja pa sem definirala na višini prvega nadstropja in končno na višini pritličja.



Count	No	Name	Height
6	1	Ozadje pritličje	0.0
	2	Pritličje	-0.0
	3	1.nadstropje	3.5
	4	Uvozi/izvozi	-0.0
	5	Ozadje 1.nadstropje	3.5
	6	Ozdje 3D	0.0

Slika 52: Nivoji (ang.: Levels) uporabljeni pri modeliranju parkirne hiše [16].

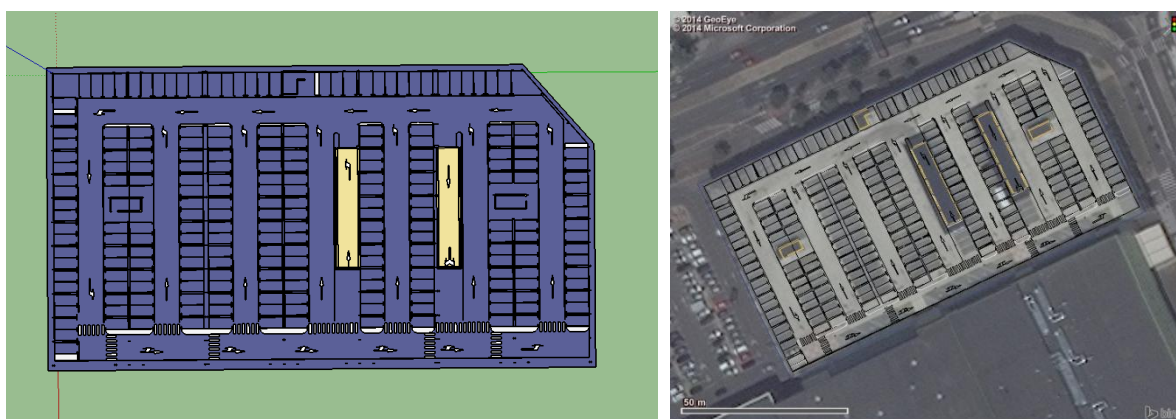
Uporaba različnih nivojev omogoča, da pri modeliranju vizualno prikažeš ali skriješ izbrane nivoje. Nivojem lahko določiš različne z-koordinate in tako izdelash več etažne objekte. S pomočjo omenjenih funkcij, sem izdelala dve etaži, ki ležita ena nad drugo. Ko sem izdelovala drugo etažo v nivoju poimenovanem Pritličje (slika št. 52), sem prvo etažo v nivoju poimenovanem 1. nadstropje (slika št. 52) vizualno izklopila. Kot sem že omenila, sem nato etaži v različnih nivojih povezala z uvozno in izvozno rampo v in iz prvega nadstropja. To sem naredila tako, da sem določila z-koordinati začetne in končne točke cestne povezave, ki predstavlja uvozno rampo v prvo nadstropje. Z-koordinata prve točke je enaka višinski legi pritličja, torej $z = 0$ m, z-koordinata končne točke pa je enaka višinski legi prvega nadstropja, torej $z = 3,5$ m. Ravno obratno sem naredila za izvozno rampo iz prvega nadstropja. Vmesne točke Vissim uredi sam, tako da naraščajo oziroma padajo linearno. Višinske točke priključkov, ki povezujejo rampi s cestnimi povezavami v cestnem omrežju pritličja oziroma prvega nadstropja, Vissim prav tako kot vmesne točke cestnih povezav, ki predstavljata rampi, linearno višinsko razporedi.



Slika 53: Uvozna rampa v 1.nadstropje modelirana kot cestna povezava, s z-koordinato začetne točke (ang.: z-offset start) = 0 m in z-koordinato končne točke (ang.: z-offset end) = 3,5 m [16].

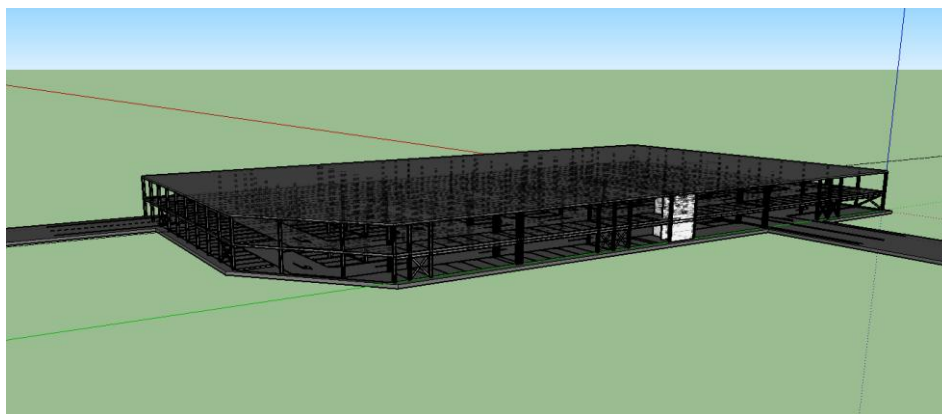


Slika 54: Tloris pritličja izdelan s programom SketchUp (levo v programu SketchUp, desno izvoženo v program Vissim).



Slika 55: Tloris 1. nadstropja izdelan s programom SketchUp (levo v programu SketchUp, desno izvoženo v program Vissim).

3D model parkirne hiše, oblike, barve in teksture površin ter talne oznake, sem uredila s programom SketchUp. Urejen 3D model sem uvozila v Vissim kot 3D statični model, ki sem ga uporabila za bolj realističen končni videz 3D vizualizacije.



Slika 56: 3D model parkirne hiše z dvema uvozoma izdelan s programom SketchUp.

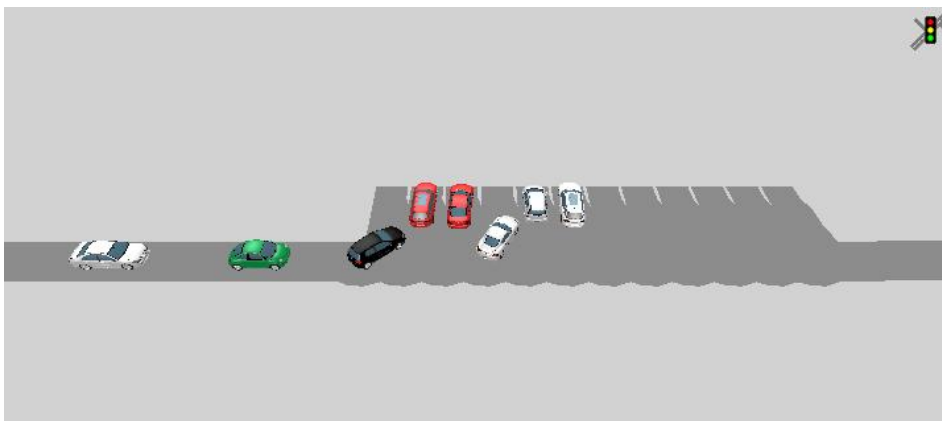


Slika 57: 3D model parkirne hiše izdelan s programom SketchUp, izvožen in prikazan v 3D pogledu programa Vissim [16].

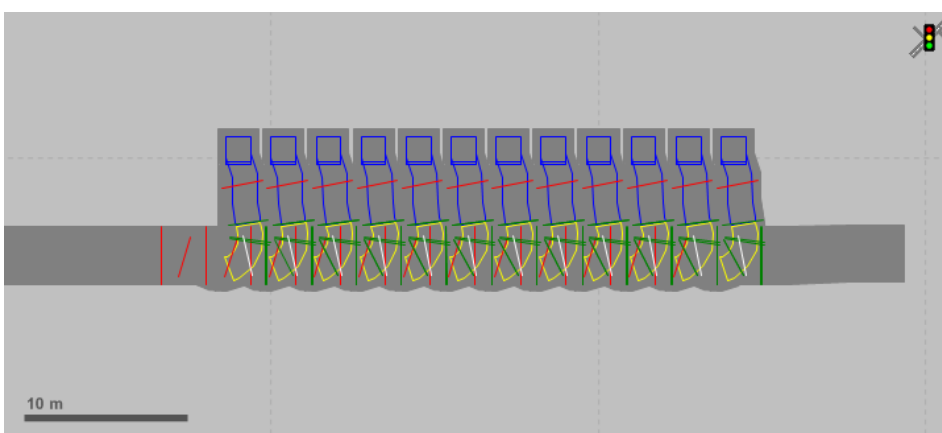


Slika 58: Tloris cestnega omrežja s parkirnimi mesti izdelan v programu Vissim7, na podlagi tlorisov izdelanih v programu Sketchup in grafičnih podlag integriranih v programu Vissim 7 (posnetki iz zraka) [16].

Pri izdelavi poti vožnje na in iz parkirnega mesta, sem si pomagala s primeri, ki so shranjeni v mapi s primeri (ang.:Examples Training), ki je vključena v standardni Vissim programski opremi. V mapi so shranjeni različni primeri, kjer parkirna mesta potekajo levo, desno ali ob obeh straneh glavne smeri ceste. Vsi omenjeni primeri so prikazani za parkirna mesta ležeča pravokotno in diagonalno glede na os ceste. Kot osnovo za izdelavo modela sem uporabljala primer pravokotno, desno ležečih parkirnih mest in primer pravokotno, levo ležečih parkirnih mest glede na smer vožnje (slika št.: 59). Širine in dolžine parkirnih mest sem prilagajala širinam in dolžinam parkirnih mest v obravnavani parkirni hiši.



Slika 59: Primer parkirnih mest na levi strani ceste, pravokotno usmerjenih glede na smer vožnje (3D pogled) [16].

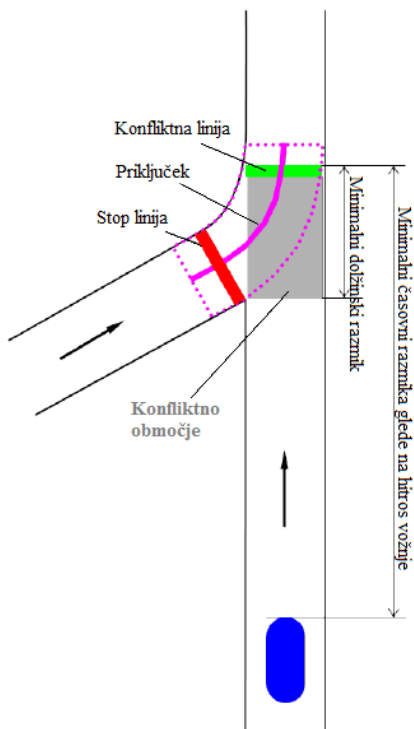


Slika 60: Primer parkirnih mest na levi strani ceste, pravokotno usmerjenih glede na smer vožnje (2D pogled) [16].

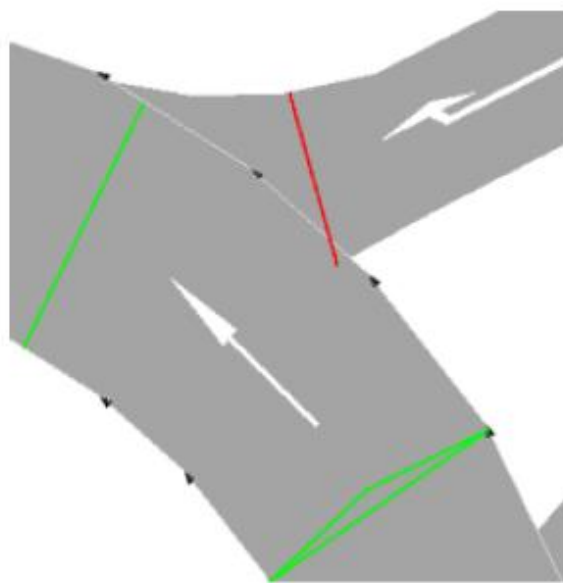
Za pravilen potek vožnje in pravilno parkiranje vozil znotraj parkirne hiše, sem določila prednostna pravila (rdeče in zelene linije na sliki št. 60), stop linije (bele linija na sliki št. 60) in območja zmanjšane hitrosti vožnje pred uvozi na parkirno mesto (rumeni krožni loki na sliki št. 60). Ta pravila omogočajo medsebojno upoštevanje vozil v prometnem omrežju in s tem varno vožnjo. Torej omogočajo čim bolj realno vožnjo.

Prednostna pravila je potrebno določiti v konfliktnih območjih, ki niso kontrolirana s svetlobno signalnimi napravami, vseeno pa morajo vozila upoštevati vožnjo vozil na sosednjih cestnih povezavah in priključkih. V obravnavani situaciji parkirne hiše se konfliktna območja pojavijo med vozili, ki vozijo v glavni smeri in vozili, ki želijo zapeljati na oziroma iz parkirnega mesta. Ko se vozilo približuje stop liniji (rdeča linija na sliki št. 60, 61 in 62), Vissim pregleda, ali je izpolnjena vrednost minimalnega časovnega razmika in/ali minimalnega dolžinskega razmika. Vrednost minimalnega časovnega razmika predstavlja čas, ki ga prvo vozilo, vozeče v nasprotni smeri vožnje, potrebuje, da s trenutno hitrostjo vožnje doseže konfliktno linijo. Vrednost minimalnega dolžinskega razmika pa predstavlja minimalno razdaljo od konfliktno linije, do prvega vozila v nasprotni smeri vožnje, ki je za to minimalno razdaljo oddaljeno od konfliktno linije. Glede na modelirano situacijo se določi, kateri od pogojev je bolj pomemben, časovni ali dolžinski razmik, ali sta morda potrebna oba. Če pogoj ali pogoja nista izpolnjena, vozilo na stop liniji ustavi in počaka, dokler pogoja ni zadoščeno. Vozila na isti cestni povezavi, tudi na povezavi z več pasovi, se medsebojno upoštevajo tudi brez predpisanih pravil, tako da prednostnih pravil v teh primerih ni potrebno določiti.

Za določitev prednosti na konfliktnem območju potrebujemo dve oznaki. Z rdečo linijo je na slikah št. 60, 61 in 62 označena stop linija, ki predstavlja mesto na katerem vozilo, ki nima prednosti, ustavi in čaka na prosto pot. Z zeleno linijo pa so na istih slikah označene konfliktno linije, končni robovi enega ali več kritičnih območij. Stop liniji, na kateri mora neprednostno vozilo čakati, lahko pripada več konfliktnih linij. To pomeni, da mora biti neprednostno vozilo pozorno na več kritičnih območij. Z zelenim trikotnikom je na slika št. 62 označena minimalna dolžinska razdalja do kritične linije.



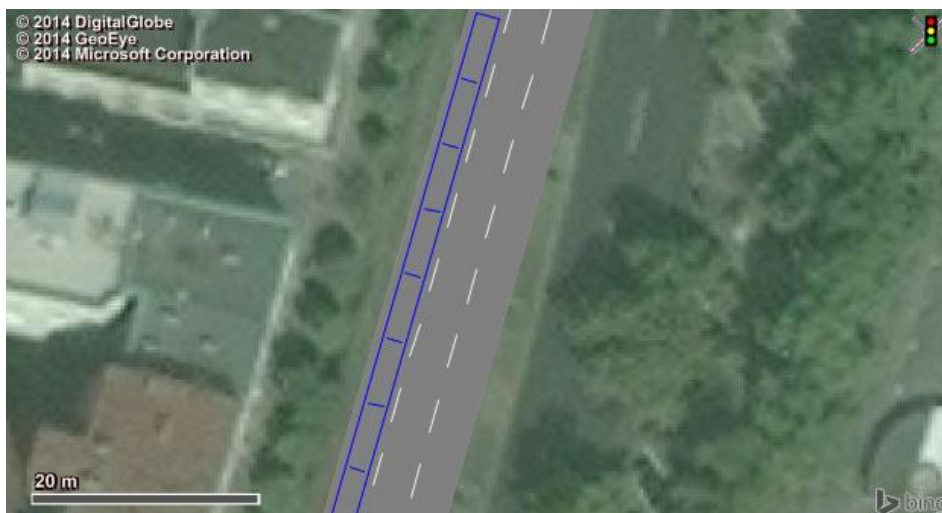
Slika 61: Ponazoritev vrednosti minimalnega časovnega razmika in minimalnega dolžinskega razmika [16].



Slika 62: Minimalna dolžinska razdalja [16].

9.2 Izdelava parkirnih mest

V Vissimu se parkirišča modelirajo na vozne pasove in sicer v smeri vožnje. Prvo parkirno mesto mora biti dovolj odmaknjeno od mesta odločitve poti (ang.: Routing decision) tako, da lahko vozila pred parkirnim mestom dovolj upočasnijo in varno zapeljejo na prvo parkirno mesto.

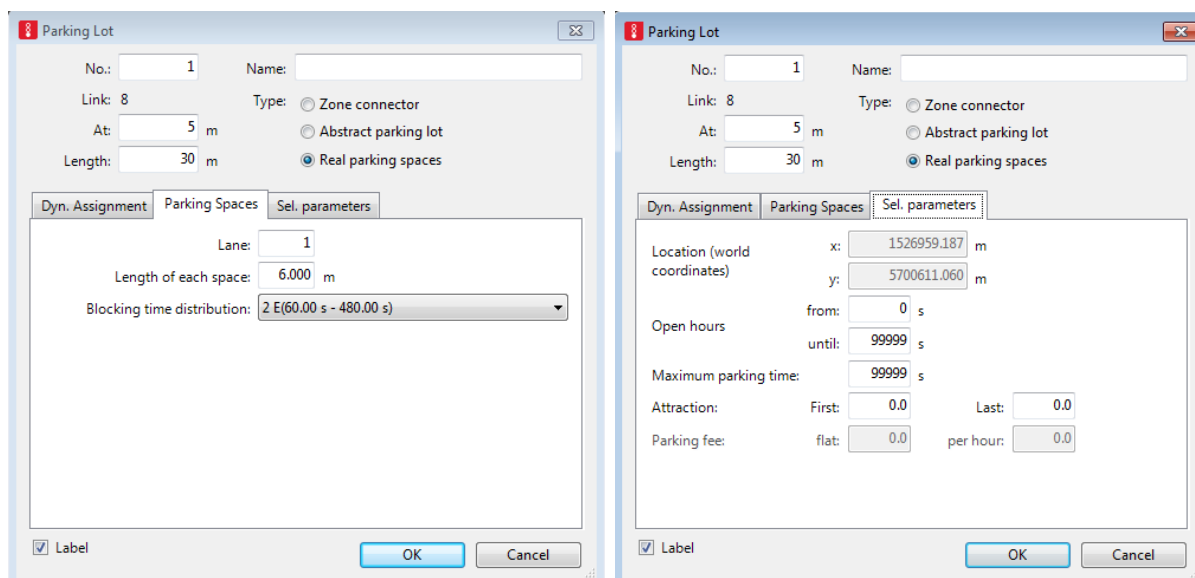


Slika 63: Primer parkirišča vzdolž smeri vožnje izdelanega v programu Vissim (Dunajska cesta, Ljubljana) [16].

Parkirišče je glede na tip lahko definirano kot realno parkirišče ali kot abstraktno parkirišče, ki se lahko uporabi le v primeru uporabe dinamične razporeditve izbire poti (ang.: Dynamic assignment). V obravnavanem primeru sem uporabila statično določene izbire poti, zato sem za parkirišče izbrala tip realno parkirišče.

Za definiranje parkirišča je v splošnem potrebno določiti naslednje atribute:

- Lokacijo, ki je določena z začetno koordinato parkirišča glede na začetek pripadajoče cestne povezave ali priključka.
- Dolžino parkirišča.
- Vozni pas na katerem leži parkirišče.
- Dolžino posameznega parkirnega mesta kjer maksimalna dolžina parkirnega prostora ne sme biti večja od dolžine parkirišča.
- Čas blokiranja, ki predstavlja čas, ko je blokiran sosednji vozni pas zaradi parkiranja vozila.
- Lokacijo glede na globalni koordinatni sistem: x in y koordinati.
- Obratovalni čas (odprto od, odprto do), ki predstavlja časovno obdobje v katerem vozila lahko zapeljejo in parkirajo na parkirišču.
- Maksimalni čas parkiranja. V primeru, da bi vozilo želelo biti parkirano dalj časa od maksimalnega časa parkiranja, ne more parkirati na tem parkirišču.
- Atraktivno, kjer višja kot je vrednost atrakcije parkirišča ali parkirnega mesta, bolj atraktivno je za vozila ki imajo namen parkirati. V primeru, da prvemu in zadnjemu parkirnemu mestu v nizu parkirnih mest dodeliš različni vrednosti atrakcije, atraktivnost parkirnih mest linearno narašča ali pada.



Slika 64: Prikazno okno za določanje atributov parkirišča [16].

Dolžina parkirišča je dolžina celotnega parkirišča z večjim številom parkirnih mest, ki so veržno pozicionirana eden za drugim v smeri vožnje (slika št. 63). V obravnavanem primeru je na vsaki liniji samo po eno parkirno mesto, zato se dolžina parkirišča, ujema z dolžino parkirnega mesta.

Čas blokiranja sosednjega voznega pasu zaradi parkiranja vozila v simulaciji obravnavanega modela ni bil upoštevan. Čas obratovanja ni bil omejen, prav tako ne maksimalni čas parkiranja.

Atraksije so bile določene za posamezno parkirno mesto. Najvišje vrednosti atrakcije imajo parkirna mesta v bližini stopnišč in dvigal. Tako se parkirnim mestom z oddaljevanjem lege od izhodov za pešce (stopnišča, dvigala), zmanjšujejo vrednosti atrakcij.

9.3 Izbira poti

Pot je fiksno zaporedje cestnih povezav in priključkov. Začne se z izbiro poti in konča z izbrano destinacijo. Izbira poti navadno vodi v več različnih destinacij, zato se lahko ena pot razveja proti več individualnim destinacijam.

Pri modeliranju s programom Vissim lahko uporabnik izbira različne tipe izbora poti:

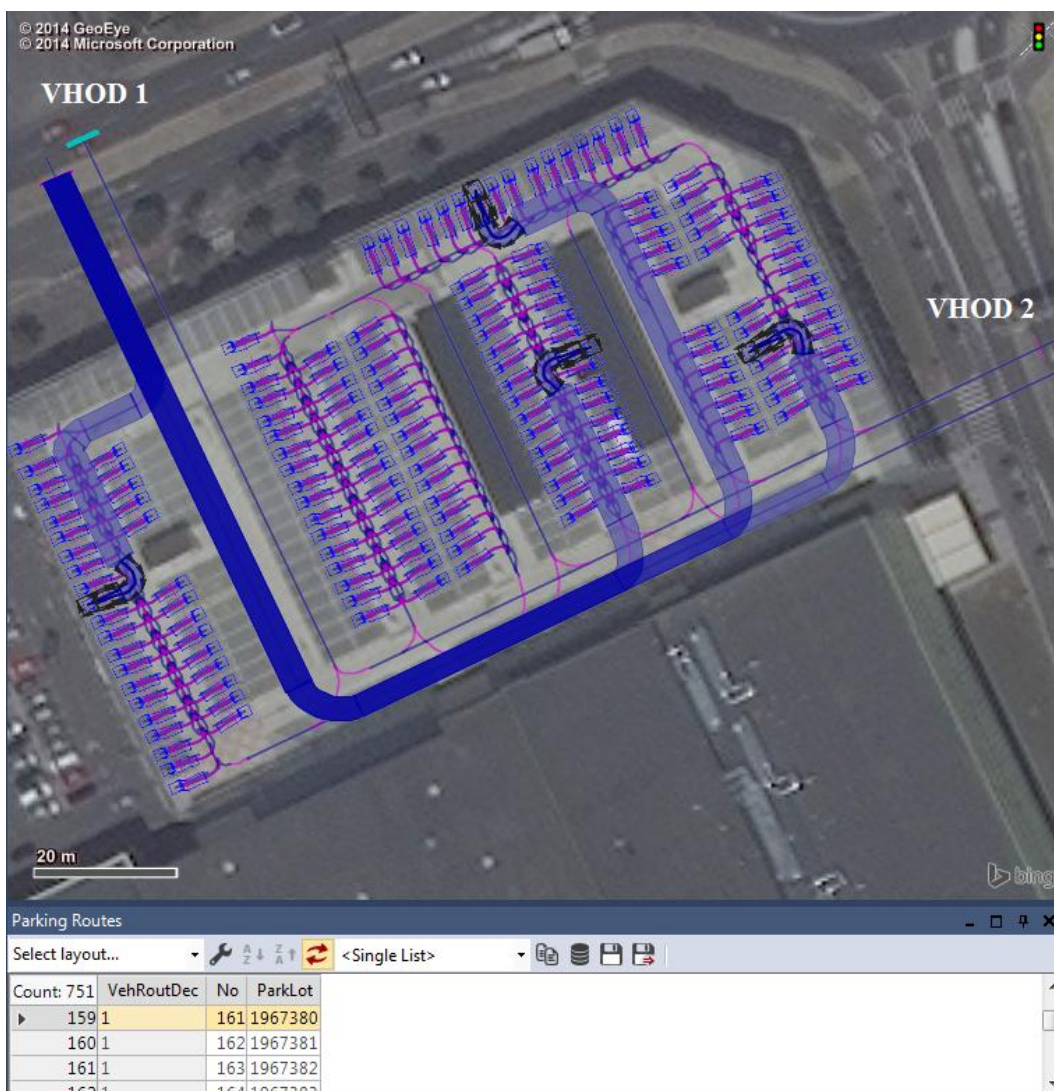
- Statična izbira poti (ang.: Static), kjer so poti vozil iz začetne točke (točke izbire poti) do ene izmed destinacij točno določene in se med simulacijo ne spreminjajo v odvisnosti od prometnih tokov.
- Delne poti (ang.: Partial route) s katerimi se definira območje, na katerem je definirana ena ali več statičnih poti in služi za lokalne distribucije vozil. Vsem relevantnim vozilom, ki zapeljejo v tako območje, so poti na novo pripisane, glede na poti v tem območju. Ko vozilo zapusti to območje, nadaljuje po prvotno določeni poti.
- Delne poti javnega prometa (ang.: Partial public transport route) s katerimi se definira območje, na katerem je definirana ena ali več statičnih poti javnega prometa. Za to območje so poti vseh relevantnih vozil javnega prometa na novo določene, glede na izbiro poti v tem območju. Ko vozilo zapusti to območje, nadaljujejo pot po prvotno določeni poti.

- Parkirišče (ang.: Parkin Lot) ki se ga lahko uporabi le za tip realnega parkirnega prostora. Uporabnik definira točko izbire poti in končno destinacijo, ki je lahko katero od parkirišč. Pot od začetne točke, točke izbora poti, se avtomatsko generira do vsakega parkirnega prostora in nazaj na cestno omrežje.

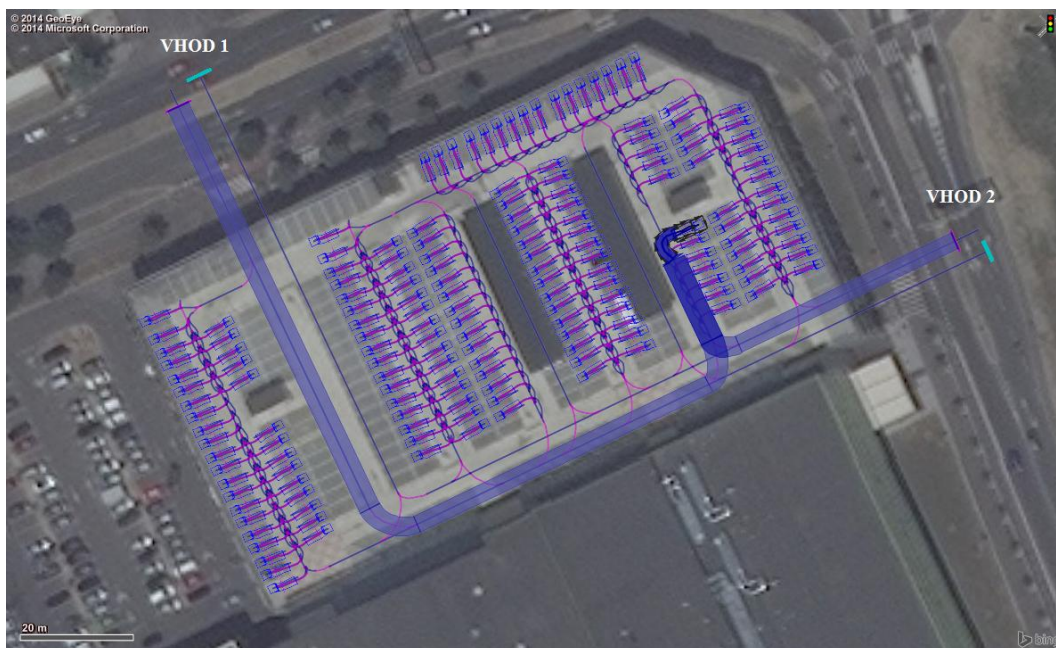
- Urejevalne poti (ang.: Managed Lanes) predstavljajo poti vozil preko dveh paralelnih poti, iz začetnega območja do končnega območja, območja destinacije. Primer so pasovi za vozila z več kot tremi potniki. Za ta tip izbora poti je potrebno definirati model, ki upošteva različne faktorje, na podlagi katerih vozilo izbere pot. Na ta način se pri izboru poti upoštevajo zasedenost vozil (koliko oseb je v vozilu), deli dneva in trenutna prometna situacija.

- Poti z zaporo (ang.: Closure)

Pri modelu sem uporabila statični tip izbire poti in tip izbire poti parkirišče. Vozila vstopajo v model cestnega omrežja nekaj deset metrov pred uvozoma v parkirno hišo. Tu sem postavila liniji izbora poti tipa parkirišč. Od tu se poti razcepijo do vsakega parkirišča kot je prikazano na sliki št. 65. Parkirišča tako predstavljajo destinacijo izbire poti. Do skoraj vseh parkirnih mest lahko vozila pridejo iz obeh uvozov v parkirno hišo (slika št. 66). Izjema so parkirna mesta na levi strani, do katerih zaradi enosmernih cest vodi pot le iz vhoda 1.

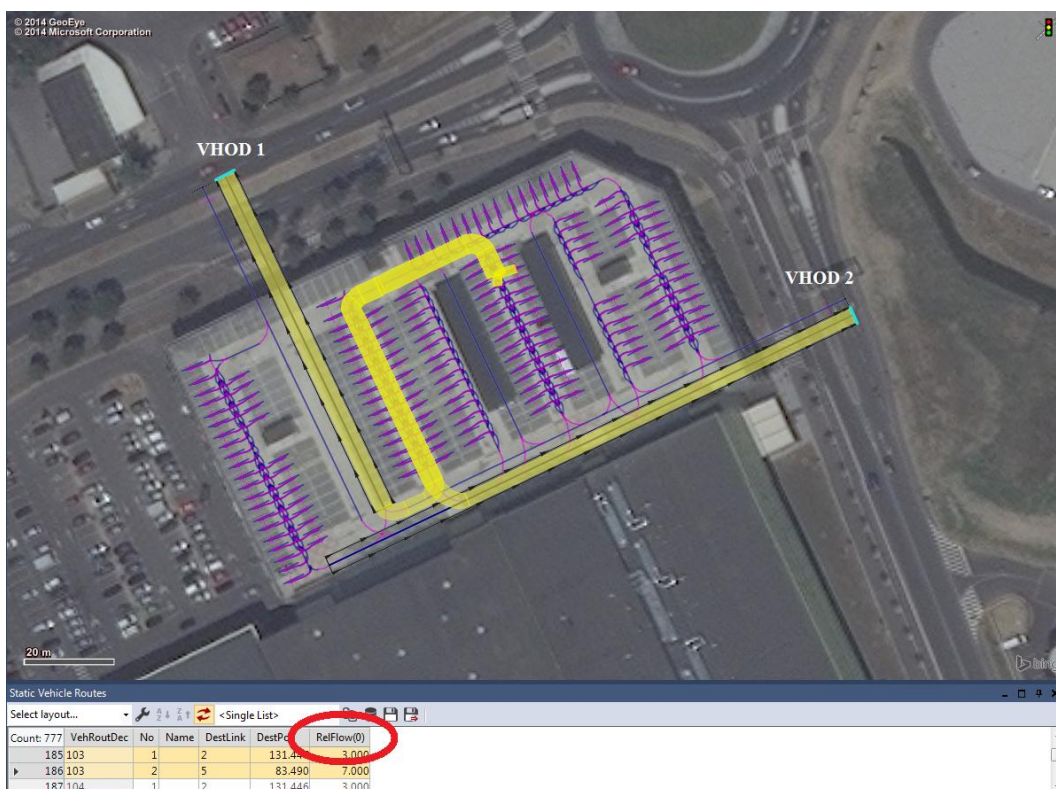


Slika 65: Izbira poti tipa parkirišča (ang.: Parking Lot) [16].



Slika 66: Izbira poti tipa parkirišča (ang.: Parking Lot); do večine parkirišč vozila lahko pridejo iz obeh uvozov v parkirno hišo [16].

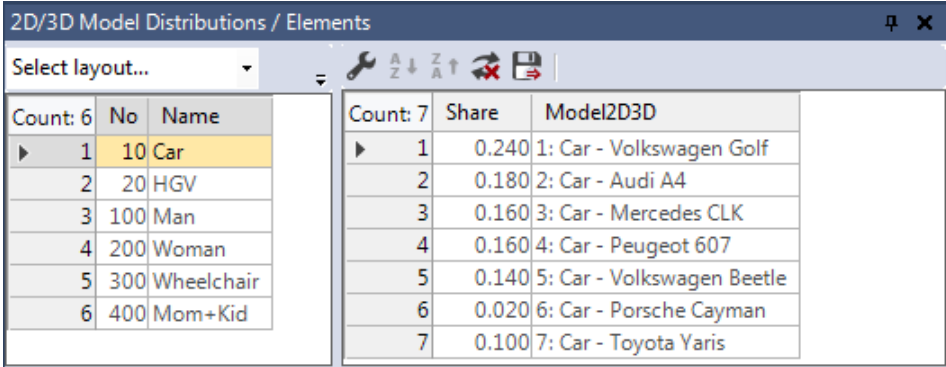
Statični tip sem uporabila za izbor poti iz vsakega parkirnega mesta posebej proti izvozu. S tem sem se izognila, da bi vozila, po zapustitvi parkirnega mesta, krožila po parkirni hiši. Iz parkirnega mesta ima vozilo na izbiro dve poti, poti do obeh izvozov. Za vsako parkirno mesto posebej sem določila, kolikšen delež vozil, ki speljejo iz parkirnega mesta, gre proti enemu in koliko proti drugemu izvozu. Večji delež pripada bližjemu izvozu glede na posamezno parkirno mesto. Kolikšen delež vozil pelje proti kateremu od izvozov nam pove atribut RelFlow (slika št. 67).



Slika 67: Izbira poti statičnega tipa (ang.: Static) [16].

9.4 Uporabljeni 3D dinamični in statični modeli

V modelu sem uporabila različne realistične 3D modele osebnih vozil. Vsi izbrani modeli so že bili integrirani v standardni Vissim instalaciji. Različne modele osebnih vozil sem prikazala s pomočjo distribucije vozil (desna preglednica na sliki št. 68), tako sem lahko definirala le en tip vozil in sicer tip osebno vozilo (ang.: Car) (obarvano polje na levi preglednici slike št. 68).



Count: 6	No	Name
▶ 1	10	Car
2	20	HGV
3	100	Man
4	200	Woman
5	300	Wheelchair
6	400	Mom+Kid

Count: 7	Share	Model2D3D
▶ 1	0.240	1: Car - Volkswagen Golf
2	0.180	2: Car - Audi A4
3	0.160	3: Car - Mercedes CLK
4	0.160	4: Car - Peugeot 607
5	0.140	5: Car - Volkswagen Beetle
6	0.020	6: Car - Porsche Cayman
7	0.100	7: Car - Toyota Yaris

Slika 68: Distribucija vozil tipa avto (ang.: car) [16].

Poleg statičnega 3D modela parkirne hiše, ki sem ga oblikovala s programom SketchUp, sem ob parkirni hiši dodala še statične modele klopce, dreves in drugih rastlin. Za bolj realističen videz sem določila tudi teksturo neba in teksturo tal, kot je prikazano na sliki št. 69.



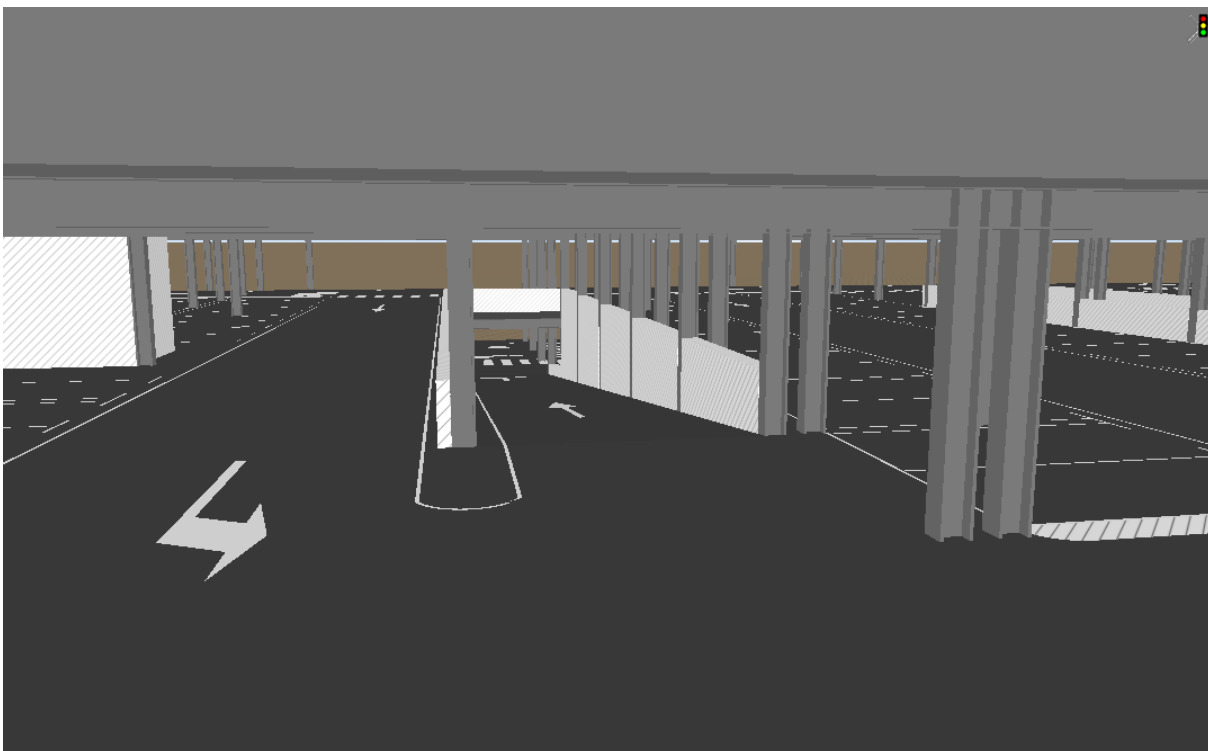
Slika 69: Kompozicija statičnih modelov in teksture neba in tal [16].

9.5 Rezultati

Rezultat mojega dela je 3D model dvoetažne parkirne hiše. Ker je poudarek na vizualizaciji, so v nadaljevanju grafično prikazani različni pogledi modela in simulacije. V prilogi pa je dodan video posnetek simulacije vožnje po parkirni hiši iz različnih pogledov kamere. Za video posnetek sem določila štiri poglede kamere, pogled na vhod 1, na vhod 2, pogled od zunaj proti dovoznima rampama v 1. nadstropje in pogled od zunaj v 1. nadstropje. Poglede sem uredila v zgodbo pogledov, ki sem jo uporabila za snemanje videa.



Slika 70: 3D model parkirne hiše izdelan s programom Vissim7 [16].



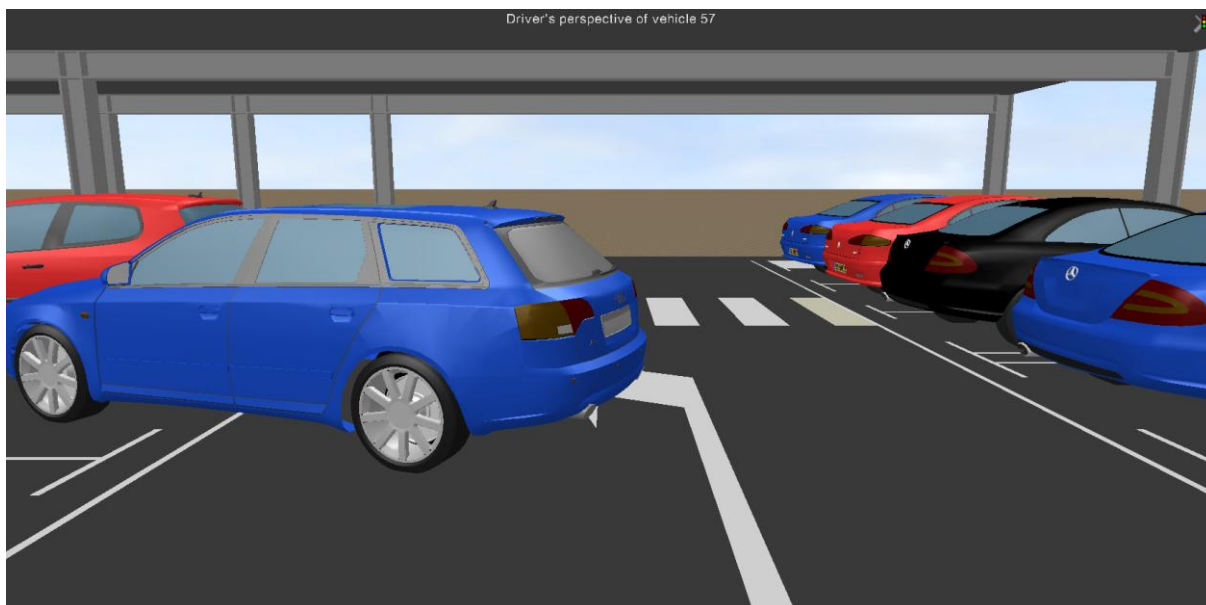
Slika 71: Izvozna rampa iz 1. nadstropja [16].



Slika 72: Simulacija vožnje po parkirni hiši, pogled od zunaj [16].



Slika 73: Simulacija vožnje po parkirni hiši, pogled iz voznikovega sedeža [16].



Slika 74: Simulacija vožnje po parkirni hiši, pogled iz voznikovega sedež; modro vozilo speljuje iz parkirišča [16].

Pri delu sem bila osredotočena na uporabo 3D modelov, ki jih ponuja program Vissim. Z izvozom modela v enega izmed grafičnih programskih orodij, bi lahko z nekaj truda umestila parkirno hišo v realni prostor. Realnejšo vožnjo, primerno za prometne študije, bi lahko ponazorila z dodatno izdelavo bližnjega prometnega omrežja, realnejšimi izbirami poti, časi parkiranja, itd. Za to pa bi bile potrebne tudi predhodne študije in priprave (podatki o namenu uporabe in predvidenih kapacitetah parkirne hiše, štetje prometa v bližnjih križiščih, itd).

Z uporabo zgolj 3D statičnih in dinamičnih modelov, ki jih ponuja program Vissim in grafičnimi ozadji ki jih se jih lahko uvozi v program Vissim, sem izdelala enostavno, vendar dovolj nazorno predstavitev vožnje vozil po parkirni hiši. Izdelava takih in podobnih vizualizacij prometnih modelov, prometnim strokovnjakom ne vzame veliko dodatnega časa. Ker pa sem mnenja, da so takšne 3D vizualizacije v večini primerov predvsem atraktivne pri predstavitvah projektov širši javnosti, je njihova smotnost izdelave odvisna od značilnosti posameznega projekta in sodelujočih v tem projektu.

10 ZAKLJUČEK

Klub temu, da se je z razvojem računalniške tehnologije uporaba 3D vizualizacije v prometnih simulacijah povečala, se v praksi še vedno ne uporablja toliko kot bi se lahko. V poslovnem svetu se vedno stremi k čim hitrejši izvedbi in čim boljši realizaciji projektov in se vse, kar ni nujno potrebno, izpušča. Izdelava 3D vizualizacije pa kljub izboljšavam in vedno bolj enostavni uporabi, vendarle vzame nekaj dodatnega časa. Prometni strokovnjaki lahko že dovolj dobro opazujejo in ocenjujejo potek prometnih tokov v 2D pogledu simulacij, zato se jim izdelava 3D vizualizacije samo za investitorje in druge udeležence, navadno ne zdi smotrna.

Kot je že omenjeno v diplomski nalogi, v nekaterih primerih ravno poraba nekaj dodatnega časa za izdelavo 3D vizualizacije prometnih modelov, pripomore k skupnemu zmanjšanju časa izvedbe projekta in tako tudi finančnemu prihranku. Z izdelavo predstavljenih 3D vizualizacij, so prometne simulacije lahko razumljive širši množici sodelujočih pri nekem projektu. Tako lahko pri procesu izbire med večimi rešitvami izboljšanja nekega prometnega omrežja, sodelujejo poleg prometnih strokovnjakov tudi druge interesne skupine, kot so okoljevarstveniki, stanovanjske skupnosti, investitorji, itd. S pomočjo 3D vizualizacije prometni strokovnjaki lahko javnosti nazorno predstavijo učinke, ki jih bodo imele novosti na prometni tok, na vizualni videz okolice in kako bodo spremembe vplivale na njihovo kakovost življenja. Tako se lahko pri navadno skeptični javnosti ob sprejemanju novosti, hitreje pridobi njihovo odobravanje.

3D vizualizacije so po mojem mnenju zelo uporabne tudi v prometnih omrežjih in objektih, ki potekajo v različnih nivojih, ki se jih ne da prikazati v 2D pogledu. Tako si lahko z izdelavo enostavnega 3D modela in njegove vizualizacije prihranimo čas pri razumevanju in ocenjevanju poteka prometnih tokov.

Veliko uporabnost 3D vizualizacije prometnih simulacij vidim tudi v primerih raziskovanja evakuacijskih možnosti iz objektov kot so parkirne hiše, stadioni, dvorane, itd. Na podlagi strokovno razvitih in preizkušenih modelih vožnje vozil in gibanja pešcev, na katerih temeljijo simulacije izdelane s programom Vissim, lahko strokovnjaki izdelajo zelo realne modele zapuščanja objektov. Tako za primerjanje in ocenjevanje različnih rešitev nimajo na voljo le tabelarnih podatkov.

VIRI

- [1] Adams Boxill, S. 2007. An Evaluation of 3-D Traffic Simulation Modeling Capabilities. Houston, Texas Southern University: str. 1-4, 7-8, 19-23, 30
<http://trid.trb.org/view.aspx?id=839686> (Pridobljeno 27.10.2014.)
- [2] Omega consult. Prometno planiranje.
<http://www.omegaconsult.si/index.php?id=static&nav1=2&nav2=33> (Pridobljeno 24.5.2015.)
- [3] Auser, J. 2010. Analiza programskega vmesnika za izmenjavo podatkov pod mikroskopskim in makroskopskim prometnim modelom. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Auser): 44 str.
- [4] Alexiadis, V., Colyar, J., Halkias, J. 2007. A model endeavor. Public Roads.
<http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/07jan/01.cfm> (Pridobljeno 24.5.2015.)
- [5] Eagereyes, Visualization and Visual Communication. What is Visualization? A Definition.
<https://eagereyes.org/criticism/definition-of-visualization> (Pridobljeno 4.4.2015.)
- [6] Hixon, C., L. 2006. Visualizaton for Project Development. A Synthesis of Highway Practice. Rochester, New York: str. 3, 5, 7-9, 11-12.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_syn_361.pdf (Pridobljeno 9.4.2015.)
- [7] Fat Pencil Studio. Pedestrian Simulation.
<http://fatpencilstudio.com/pedestrian-simulation/> (Pridobljeno: 8.4.2015.)
- [8] Šraml, M., Jovanović, G. 2014. Praktikum iz mikrosimulacij v prometu (z uporabo VISSIMA). Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 11 str.
<https://dk.um.si/Dokument.php?id=61651> (Pridobljeno 13.5.2015.)
- [9] PTV Group. What keeps traffic flowing?. Karlsruhe.
<http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/products/ptv-vissim/> (Pridobljeno 8.4.2015.)
- [10] PTV Group. PTV Vissim - modules.
<http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/products/ptv-vissim/> (Pridobljeno 15.4.2015.)
- [11] Pretnar, G. 2011. Modeliranje ukrepov ITS v mikroskopskisimulaciji. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Pretnar): str. 7, 10.
- [12] Wei, T., Jarboe, P. 2009. Integrating traffic simulation into design visualization: A case study. 2010TRB Annual meeting on November 15: str. 2-4, 6-13
<http://www.ite.org/Membersonly/annualmeeting/2010/AB10H0901.pdf>
(Pridobljeno 5.11.2014.)
- [13] Yatskiv, I., Savrasovs, M. 2012. Microscopic transport model animation visuaisation on KML base. Riga, Transport and telecommunication institute: str.3-8
http://3u3d.edpsciences.org/articles/3u3d/pdf/2012/01/3u3d_03003.pdf
(Pridobljeno 6.1.2015.)

- [14] Fellendorf, M., Vortisch, P., 2010. Microscopic traffic flow simulator Vissim. V: Baccello, J. (ur.). Fundamentals of Traffic Simulation. str. 63-93.
http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9781441961419-c1.pdf?SGWID=0-0-45-986844-p173960936 (Pridobljeno 15.4.2015.)
- [15] PTV Group. PTV Vissim FAQs.
<http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/training-support/support/ptv-vissim/faqs/> (Pridobljeno 19.5.2015.)
- [16] PTV Group. 2014. PTV Vissim 7 user manual. str. 21, 23, 114, 116-117, 130-138, 142-150, 155, 163-164, 166, 171-172, 174, 208, 210, 260-267, 275, 296-298, 307-308, 311, 324-331, 353-357, 383-384, 387-397, 463, 468-469, 534, 552-555, 560, 566, 568-569, 572-573, 617-618.
- [17] PTV Group. Multimodal Systems.
<http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-vissim/use-cases/multimodal-systems/> (Pridobljeno 21.5.2014.)
- [18] PTV Group. Traffic-Inside.
<http://www.traffic-inside.com/tag/3d/> (Pridobljeno 21.5.2014.)

»Ta stran je namenoma prazna«

PRILOGE

SEZNAM PRILOG

Priloga A: Video posnetek 3D vizualizacije vožnje vozil v parkirni hiši, narejene s programom PTV Vissim 7.