



A.R.

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Arhitektūras un pilsētplānošanas fakultāte
Arhitektūras un pilsētbūvniecības katedra

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Arne Riekstiņš

Arhitektūras doktora studiju programmas doktorants

DIGITĀLĀS SISTĒMAS MŪSDIENU ARHITEKTŪRĀ

Promocijas darbs

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Zinātniskais vadītājs

Dr. arch., prof.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Jānis Brinkis

Rīga 2011

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Anotācija

Promocijas darbā ir pētīts digitālo sistēmu pienesums un to izmantošanas robežas reālā arhitektūras projektēšanā, definējot šo sistēmu galvenās priekšrocības un apskatot to inovatīvās iespējas. Pasaulē daudzu mūsdienīgo arhitektūras tendenču risinājumu realizācija ir bijusi iespējama tikai pateicoties digitālajiem arhitektūras projektēšanas instrumentiem. Šo digitālo sistēmu pētījums ir arī īpaši aktuāls Latvijā, jo pagaidām tās nav guvušas pasaules pieredzei adekvātu izmantošanu.

Darba pirmajā daļā pētītas teorētiskās nostādnes digitālajā arhitektūrā un digitālo projektēšanas instrumentu iespējas. Izpētīti gan klasiskie, gan inovatīvie un netradicionālie digitālie instrumenti. Arhitekta darba rezultātu būtiski var ietekmēt viņa darbarīki un prasme ar tiem apieties.

Otrajā daļā analizēti projekti, kuru veidošanai bijis nepieciešams izmantot digitālās arhitektūras projektēšanas instrumentus. Analizētie objekti sakārtoti divās apakšnodaļās – pasaules un Baltijas valstu kontekstā. Pētījumā veikta faktu un informācijas konstatācija, kuru analizējot tiek norādīts, cik dziļi ir izmantotas dažādas digitālo sistēmu metodes, lai tās dotu lietderību, vai arī – ar kādiem līdzekļiem būtu bijis jāstrādā, lai projektēšanas vai ražošanas procesus padarītu efektīvākus laika un izpildes kvalitātes ziņā.

Trešā daļa veltīta teorētisko un praktisko arhitektūras atziņu potenciālās izmantošanas iespējām arhitektūras projektēšanā. Šajā daļā apskatīto autora promocijas darba gaitā veikto eksperimentu kopums ir daļa no praktiskā pētījuma par digitālajām sistēmām arhitektūrā un to neierobežotām iespējām, piemērojot jaunas un nestandarta projektēšanas metodikas no mūsdienu arhitektūras inovatīvajām teorijām. Visu dažādo projektēšanas metodiku pamatā ir zinātniski balstītas idejas, kas iepriekš maz pētītas, taču to pienesums mūsdienu arhitektūras nozari bagātina, piedāvājot pilnībā citu skatījuma plašumu nestandarta projektēšanas situācijās. Eksperimentu ietvaros autors piedāvā jaunu metodiku – sistēmas kompleksu par digitālo sistēmu lietojumu arhitektūras projektēšanas kvalitātes, estētisko vērtību, tehnisko iespēju u.c. faktoru uzlabošanai.

Promocijas darbā tiek akcentēts, lai arhitekti projektētu radikāli jaunā veidā, nepieciešams lietot inovatīvas projektēšanas programmatūras, kas vienlaikus izmaina klasiskos uzskatus par arhitektūras veidošanas mākslu. Jāattīsta un jāpiemēro jauna veida stratēģijas projektēšanā. Tikai izmantojot inovatīvās un netradicionālās digitālās sistēmas ir iespējams veicināt radošuma daudzveidību arhitektūrā. Eksperimentējot un attīstot jaunas projektēšanas formas, ir iespējams iemācīties jaunas būvniecības un konstruktīvās metodes, nevis pretēji.

Annotation

This PhD thesis researches the contribution of digital systems and their usage extents in the real-life architectural design, defining main advantages of these systems and reviewing their innovative potentials. In world, the accomplishment of many contemporary architectural trends has been possible only due to digital design tools. The research of these digital systems is essentially actual in Latvia, because so far they have not reached the comprehensive usage level if being compared to the world experience.

The first part explores theoretical viewpoints in digital architecture and in the vast possibilities of digital design tools. Both classical and innovative or unconventional digital tools have been investigated. The working results of an architect can substantially be influenced by his tools and their usage skills.

The second part analyzes projects whose design has involved digital architectural design tools. Analyzed objects are organized in two subchapters – in context of the world and the Baltic states. The research comprises the findings of facts and information. Author indicates how comprehensively various methods of digital systems have been used for achieving effective results or what means should have been used to make the design or fabrication processes more effective with respect to time and quality.

The third part is devoted to theoretical and practical findings in architecture and their potential usage in architectural design. The complex of authors experiments made in connection to this PhD research complements the part of practical research about the digital systems in architecture and their unlimited possibilities, applying new and non-standard design methodologies from contemporary and innovative architectural theories. The fundamentals of all various design methodologies are scientifically grounded but relatively little researched, their contribution enriches the field of contemporary architecture by offering completely other breadth of view in non-standard design situations. Within the framework of experiments author offers new methodology complex of a system for the usage of digital systems to sophisticate the quality, esthetic merit, technical advancement and other factors in architectural design industry.

Author emphasizes – to design in utterly new ways, architects must use innovative design software and hardware that at the same time breaks the classical notions about the art of making architecture. New kind of strategies need to be developed and applied. It is possible to promote the variety of creativity in architecture by just using the innovative and unconventional digital systems. Only by experimenting and developing advanced ways of design, it is possible to learn new construction methods and not vice versa.

Saturs

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Mac

Ievads	5
1. Digitālā arhitektūra	13
1.1. Datorizētās projektēšanas priekšvēsture un lietojums mūsdienās	14
1.2. Teorētiskās atziņas digitālajā arhitektūrā	22
1.3. Klasiskie digitālās arhitektūras projektēšanas instrumenti	33
1.4. Arhitektūras projektēšanā izmantojamās inovatīvās un netradicionālās digitālās sistēmas	48
1.4.1. Programmatūra	50
1.4.2. Datorizētās ražošanas aparatūra	80
2. Digitālo sistēmu vieta arhitektu radošajā procesā	97
2.1. Nozīmīgākie arhitektūras projekti pasaulē	98
2.2. Digitālo sistēmu tendences reģionālajā kontekstā, Latvijas un Baltijas piemēri	142
3. Teorētisko un praktisko arhitektūras atziņu potenciālās izmantošanas iespējas arhitektūras projektēšanā	182
3.1. Ģenētiskās arhitektūras projektēšana	183
3.2. Parametriskās arhitektūras projektēšana	188
3.3. Evolucionārās skaitļošanas projektēšana	200
3.4. Topoloģiskā modelēšana arhitektūrā	208
3.5. Integrētā pilsētplānošana un arhitektūras animēšana	217
3.6. Algoritmiskā arhitektūra, skriptings un ģeneratīvās projektēšanas metodes	227
Secinājumi	248
Pielikumi	
1. Terminoloģija un definīcijas	250
2. Aptauja	261
3. Intervijas	269
4. Inovativitātes veiktspējas salīdzinošā analīze par 2010. gadu 27 Eiropas valstīs	271
Izmantotie informācijas avoti	272

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Ievads

Tēmas aktualitāte

Pasaulē daudzu mūsdienīgo arhitektūras tendenču risinājumu realizācija ir bijusi iespējama tikai pateicoties digitālajiem arhitektūras projektēšanas instrumentiem. Datorizēto projektēšanas sistēmu aizsākums datējams ar 20. gadsimta sešdesmitajiem gadiem un ir pazīstamas ar nosaukumu *CAD (Computer Aided Design)*. Lai ražošanu padarītu efektīgāku, ātrāku un precīzāku, tās īpaši tika attīstītas militārās industrijas vajadzībām, kurai paralēli tika attīstīta datorizētā ražošana *CAM (Computer Aided Manufacturing)*. Pasaulē šī projektēšanas un ražošanas saikne pazīstama kā *CAD/CAM* paradigma. Arhitektūras projektēšanā specializētos digitālos instrumentus sāka veidot pirms nepilniem trīsdesmit gadiem. Sākotnēji tos balstīja uz citiem inženierzinātņu datorizētās projektēšanas instrumentiem. Pēdējo divdesmit gadu laikā ir notikusi specializēšanās arhitektūras nozarē un šobrīd jau tiek izstrādāti daudzi unikāli digitālie instrumenti, kas pārņemti no industriālā dizaina, aviācijas, kuģubūves u.c. ar arhitektūru nesaistītām nozarēm. Izveidojušies arī daudzi jauni hibridas arhitektūras novirzieni – biodigitālā arhitektūra, ģenētiskā arhitektūra, parametriskā arhitektūra, evolucionārās skaitļošanas projektēšana, morfodinamika, biomimētika utt. (terminu izcelsme un skaidrojumi apkopoti promocijas darba 1. pielikumā). Šis datortehnikas izmantošanas mehānisma kopums ir plašs izpētes lauks. Regulāri notiek starptautiski simpoziji un konferences, kas katru reizi pulcē arvien pieaugošu interesentu loku. Jaunu digitālo sistēmu izstrādātāji rīko darbseminārus un lekciju kursus, kurus plaši apmeklē jauno arhitektu paaudze un saista arī arhitektu ar ievērojamu darba pieredzi, piemēram, Normana Fostera (*Norman Foster*), Frenka Gērija (*Frank Gehry*), Zahas Hadidas (*Zaha Hadid*), Toiyo Ito (*Toyo Ito*) u.c. interesi. Ar arvien lielāku vērienu šie instrumenti ieiet plašākā aprītē, tie kļūst pieejamāki, ar tiem iespējams projektēt vieglāk un izmantot datorizētajā projektēšanā iepriekš nedeterminētus intuitīvus paņēmienus. Tas nodrošina formu valodā un tehniskā ziņā sarežģītāku ēku projektēšanu, vienlaikus optimizējot būvizmaksas. Pašreizējie priekšstati par arhitektūras projektēšanu profesionālā vidē galvenokārt saistās ar vienas vai otras konkrētas datorprogrammas izmantošanu. Bet pilnvērtīga arhitektūras projektēšana prasa plašāku pieeju un sintētisku skatījumu. Viens no aktuālākajiem faktoriem, kas var nodrošināt arhitektūras kvalitatīvāku nākotnes tālāku attīstību, ir digitālo sistēmu kā radošu darba instrumentu apgūšana un izmantošana profesionālajā vidē. Latvijā tas pagaidām nav guvis pasaules pieredzei adekvātu izmantošanu, kas nosaka pētījuma aktualitātes lokālos aspektus.

Līdzšinējais tēmas izpētes līmenis

Pasaulē šobrīd ir pietiekami daudz publikāciju par pētījuma tēmu, taču Baltijas mērogā būtisku nozari ietekmējošu pētījumu nav. Migayrou Frédéric [111] un Лебедев Юрий Сергеевич [186] savās grāmatās ir apkopojuši nestandarta arhitektūras aizsākumus 20. gadsimta mākslā, kā arī bionisma agrīnās teorētiskās atziņas un eksperimentālos projektus. Datorizētās projektēšanas aizsākumu arhitektūras laukā daļēji sistematizējis Bozdoc Marian [203], Reyes Jonathan [265] u.c. autori [205]. Militāro tehnoloģiju pārnese civilajā inženierijā tiek pieminēta ASV armijas arhīvu materiālos [189]. Arhitektūras hibridizāciju pētījis Wolff-Plottegg Manfred [175], viņa pētījums ir bagātīgi ilustratīvs manifests bez izvērstas teorijas.

Digitālo tehnoloģiju un arhitektūras mijiedarbības faktori sīkāk analizēti Bermudez Julio un Klinger Kevin [201], Kozak Paul [239], Laiserin Jerry [94], Langer Fred [96], Mitchell William J. [112], Winograd Terry un Flores Fernando [172], Nesbitt Kate [116], Ouroussoff Nicolai [124], Cook Peter, Spiller Neil un Allen Laura [36], Di Cristina Giuseppa [45] publikācijās. Zellner Peter [182] ir devis interesantu apkopojumu par digitālā laikmeta hibridās arhitektūras pamatlīcieniem, bet tā nepārsniedz populāras ilustrācijas līmeni, pietrūkst detalizēts teorētisko nostādņu izvērsums. Līdzīga satura ir arī Liu Yu-Tung [103], Constantinopoulos Vivian [35], Aymonino Aldo un Mosco Valerio Paolo [10], Brayer Marie-Ange, Migayrou Frédéric un Nanjo Fumio [21], Jodidio Philip [80, 81], Wells Matthew [171], Nordenson Guy [117], Dimster Frank [46], Leach Neil, Turnbull David un Williams Chris [98] darbi.

Arhitektūras digitalizācijas aspektus no filozofiska skatupunkta vai saistībā ar skaitļošanas tehnoloģijām analizējuši Chu Karl [33, 34, 209, 210], Deleuze Gilles [43], Corcó Josep [37], Chaitin Gregory [208], De Landa Manuel [41], Chomsky Noam [32], Latour Bruno [97], Kolarevic Branko [91], Rowe Colin [140], Popper Karl [131], Penrose Roger [128], Rodych Victor [138], Zeilinger Anton [293], Lloyd Seth [104], Lorde Audre [106], Wittgenstein Ludwig [173, 174], Wolfram Stephen [176], Tschumi Bernard un Cheng Irene [163], Spiller Neil [154], Doesinger Stephan [47], Fitelson Branden [59], Flachbart Georg, Weibel Peter [60], Freiherr Von Leibniz Gottfried Wilhelm [63], Johnson Steven [82]. Akadēmiskus pētījumus un darbsemināru rezultātus analizē Estévez Alberto [53, 55, 56], Dollens Dennis [49, 50], Hensel Michael, Menges Achim un Weinstock Michael [72, 73, 74, 170], Cuff Dana [38], Van der Veen Henk [165], Yessios Chris I. [180], kā arī virkne citu autoru [57, 225]. Šajos pētījumos var atrast vispārīgākus tēmas kontekstā, kā arī tajos atrodami akadēmiska rakstura eksperimenti, kas iegūti ar digitālajiem arhitektūras projektēšanas instrumentiem.

Prakses un teorijas mijiedarbību savos zinātniskajos darbos (t.sk. maģistra darbos) apskata Keulemans Guy [86], Wolski Jan [177], Karsikas Antti [84]. Vairāku arhitektu darbu veikumu starptautiskās arhitektūras izstādēs un tematiski pēc reģiona vai stila klasificēti projekti aprakstīti Bullivant Lucy, Gadanho Pedro [25, 26], Buurman Marlies, Kloos Maarten [29] u.c. autoru darbos. Daudzi autori [211, 280, 291] aprakstījuši konkrētus inovatīvus un unikālus projektus, to būtiskākos risinājumus un idejiskās novitātes: Neergaard Claus [252], Somlyódy Nora [277], Moreno Shonquis [114], Giordano Carlos [66]. Savukārt Alonso Hernan Diaz [192], Rahim Ali [133], Pisca Nick, Mah Jayson, Knight Hunter [261], Fairs Marcus [226] un More Thomas [113] darbos izpaužas futūristiskas iezīmes. Vairāki autori aprakstījuši ģenētiskos algoritmus un programmēšanu: Poli Riccardo, Langdon William, McPhee Nicholas Freitag [95, 129], Goldberg David [67], Lev Sara [244], Хайман Эдуард [294]. Padziļināti par evolucionāro skaitļošanu pētījumus veikuši Hemberg Martin [71], Eiben Agoston [51], De Jong Kenneth [40], Rozenberg Grzegorz un Salomaa Arto [141], Kauffman Stuart [85]. Virknē publikāciju ir atspoguļota kādas konkrētas projektēšanas metodes gnozeoloģija (piemēram, ģenētiskā un algoritmiskā arhitektūra): Oosterhuis Kas [122], Del Campo Matias [42], Bueno Ernesto [23], Österlund Toni un Lundén Eero [123], Mayne Thom [249], Kolatan Sulan [236], Zaera-Polo Alejandro un Moussavi Farshid [115, 181]. Ir autori, kas šos programmatūru iekodētos algoritmus salīdzina ar dzīvās dabas izpausmēm, piemēram, apspalvojuma tonālie raksti dzīvniekiem un augu dzīslējums, vai arī pētījuši dabas formu un arhitektūras saikni: Menin Sarah un Samuel Flora [110], Bahamón Alejandro [11, 12], Pearce Peter [127], Nouvian Claire [118], Aldhous Peter [4], Benyus Janine M. [14], Botterweg Ilona [19], Gánti Tibor [64], Ingraham Catherine [76].

Konkrēti formveides paņēmieni, pieejas un metodes sīkāk analizēti Lynn Greg [107, 108], Vyzoviti Sophia [167], Reiser Jesse [135], Gruzdy Sophia [70], McCullough Malcolm [109], Waters John K. [168], Taylor Mark [160], Aranda Benjamin un Lasch Chris [7], Fear Bob [58] grāmatās, neskarot kompleksus arhitektūras telpveides paņēmienus. Digitālās arhitektūras ekonomiskos aspektus piemin Appelbaum Alec [6], jo ar mūsdienīgu programmatūru un iepriekšēju analīzi iespējams ietaupīt būvniecībai atvēlētos līdzekļus. Arhitektūras un inženierzinātņu saistību savos darbos apraksta: Sasaki Mutsuro [145], Schittich Christian [147], Addington Michelle un Schodek Daniel L. [1], Beukers Adriaan [16], Kieran Stephen un Timberlake James [89] un citi autori [215, 276]. Liela daļa ārvalstu publikāciju veltītas vienas vai otras konkrētas projektēšanas programmatūras izmantošanas iespējām [2, 69, 193, 196, 197, 206, 219, 220, 232, 248, 250, 253, 254, 264, 266, 275, 284], kā arī konkrētu mērķu sasniegšanai: Rutten David [142],

Schliep Jan Walter [148], Tedeschi Arturo [161], Payne Andrew [258], Akleman Ergun [3], Issa Rajaa [77]. Arhitektūra, kā kompleksa vides veidošanas māksla ir ievērojami sarežģītāka, nekā jebkura cita vizuālā māksla, tāpēc nepieciešams vispārināts apkopojums par dažādo programmatūru sintētiskas izmantošanas iespējām. Līdz ar to esošajā pētījumā klāstā dominē vairāk didaktiska materiāla apkopojums, taču kopsakarības un galvenās iezīmes nav pietiekami sistematizētas.

Pētījuma priekšmets ir inovatīvo un netradicionālo digitālo arhitektūras projektēšanas instrumentu izmantošana, kā arī līdzšinējo teorētisko nostādņu un projektēšanas prakses mijiedarbība. Šajā pētījumā jēdziens „digitālās sistēmas“ tiek definēts kā uz datoru resursiem balstīti digitālās arhitektūras projektēšanas un ražošanas instrumenti, kas paredzēti arhitektiem vai kurus arhitekti aizguvuši no citām inženierzinātnēm, lai atvieglotu un paātrinātu visu projektēšanas posmu gaitu no skicēm līdz tehniskajiem rasējumiem, kā arī, lai radītu visa mēroga maketus un gatavas konstruktīvās vai dekoratīvās ēku daļas, vizualizācijas un citus virtuālās realitātes atainošanas veidus. Šādu digitālo sistēmu kā arhitekta darba instrumentu lietošana padara iespējamu mūsdienu arhitektūras tendenču un ideju īstenojamību, kas nebija agrāk iespējama vai arī aizņēma nesamērojami ilgas darba stundas ar klasiskiem arhitektūras projektēšanas instrumentiem, kā arī ar tēlotājas ģeometrijas sarežģītām metodēm. Pastāvīga eksperimentēšana, apgūstot jaunu digitālo sistēmu izmantošanu, ir galvenais virzītājspēks arhitektūras tālākai evolūcijai un attīstībai, sniedzot sabiedrībai arvien labākus vai oriģinālākus risinājumus, arvien vairāk ietverot ilgtspējības faktoros un jaunus formālās izpausmes veidus.

© Ame Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

© Ame Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

© Ame Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Ame Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Pētījuma mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir izpētīt digitālās sistēmas arhitektūra, lai konstatētu to lietošanas priekšrocības salīdzinājumā ar klasiskajiem projektēšanas instrumentiem un to izmantošanas robežas reālā arhitektūras projektēšanā, definējot šo sistēmu galvenās priekšrocības un salīdzinot to inovatīvās iespējas.

Mērķa sasniegšanai izvirzīti uzdevumi:

- digitālo sistēmu mērķtiecīgas izmantojamības robežu noteikšana arhitektūras projektēšanas procesā;
- apkopot Eiropas un pasaules pieredzi arhitektūras projektu realizācijā un novērtēt digitālo sistēmu izmantošanas priekšrocības formveides radošajā procesā;
- precizēt un papildināt ar digitālo arhitektūru saistītos un starptautiskajā saziņā lietotus specifiskos terminus un definīcijas, un ieviest tos latviešu valodas apritē;
- izstrādāt sistēmas kompleksu par digitālo sistēmu lietojumu arhitektūras projektēšanas kvalitātes uzlabošanai un radošuma daudzveidības veicināšanai.

Pētījumā izmantotās metodes

- digitālās arhitektūras nozares vēsturisko, teorētisko un projektēšanas instrumentu publikāciju un starptautisko konferenču materiālu, kā arī līdzšinējo iestrādņu referatīvi salīdzinoša analīze;
- digitālo projektēšanas sistēmu parametru salīdzinoša analīze;
- ar digitālo sistēmu lietojumu saistīto realizēto un konceptuālo projektu analīze;
- eksperimentālu priekšlikumu un esošās pieredzes salīdzinošā analīze, un uz dažādu mūsdienu arhitektūras novirzienu fona un telpisko ekspresiju studijām balstīta teorētiska eksperimentāla modelēšana, radoša procesa determinēšanai un konkrētu instrumentu argumentētai izvēlei konkrētu rezultātu iegūšanai;
- ekspertu intervijas ar arhitektiem, kas savā darbā izmanto klasiskos digitālās arhitektūras projektēšanas instrumentus;
- praktizējošo arhitektu un Latvijas arhitektūras skolas studentu un docētāju aptaujas rezultātu statistiskā apstrāde.

Promocijas darba zinātniskās novitātes

- pirmo reizi veikta vispusīga uz starptautiskiem pētījumiem balstīta analīze par mūsdienu arhitektūras projektēšanā izmantojamām inovatīvajām un netradicionālajām digitālajām sistēmām, to attīstību un progresu;
- izstrādāts analītiskais materiāls par digitālo sistēmu vietu radošajā procesā, kā arī par to lietojuma principiem arhitektūras projektēšanā;
- eksperimentālās modelēšanas rezultātā radīts metodoloģisku ieteikumu kopums konkrētu programmatūru sintētiskai izmantošanai arhitektūras projektēšanā;
- prognozētas iespējas un ceļi pasaules sasniegumu lokalizācijas paņēmieni īstenošanai Latvijā.

Darba praktiskā nozīme

Pētījumā iegūtos rezultātus var izmantot praktiskajā arhitektūras projektēšanā, kā arī pilsēt būvnieciskā mērogā plānošanas institūciju darbā, realizējot pilsēt būvniecisko risinājumu grafiskā izpildījuma nodrošinājumu vai jaunu formu meklējumos. Pētījumā akcentēta digitālo arhitektūras projektēšanas instrumentu sintēze. Daļa rezultātu iestrādāti teorētiskosursos un izmantojami arhitekta studiju programmās, arhitektu diplomprojektu vadīšanā, kā arī atsevišķos specializētajos teorētiskajosursos. Ar pētījuma rezultātiem iepazīlušies zinātnieki, arhitekti un pilsētplānotāji Latvijā, Lietuvā, Somijā, Zviedrijā, Norvēģijā, Spānijā un Jaunzēlandē. Par pētījumu rezultātiem ir ziņots vairākās starptautiskās konferencēs. Promocijas darba izstrādes gaitā sastādīta 38 jaunu terminu un definīciju vārdnīca par digitālo arhitektūru, kas ieteicama ieviešanai latviešu valodas aprītē.

Darba aprobācija

Pētījumu gaita un rezultāti regulāri atspoguļoti publikācijās un zinātniskajās konferencēs. Autors ir sagatavojis 10 publikācijas par dažādām digitālām sistēmām arhitektūras projektēšanā, kā arī uzstājies 11 starptautiskās zinātniskās konferencēs Latvijā un ārvalstīs.

Publikācijas:

1. **Riekstiņš, A.** Ģenētiskās arhitektūras neierobežotās iespējas. *RTU Zinātniskie raksti : 10. sērija : Arhitektūra un Pilsētplānošana*. Rīga: RTU, 2008, 2. sēj., 194.–203. lpp.
2. **Riekstiņš, A., Brinķis, J.** Parametriskā pieeja lielmēroga pilsēt būvniecisko arhitektūras objektu projektēšanā. *RTU zinātniskie raksti : 10. sērija : Arhitektūra un pilsētplānošana*. Rīga: RTU, 2009, 3. sēj., 40.–51. lpp.
3. **Riekstiņš, A.** The Aspects of Parametric Design for Urban Architecture in the Age of Multi-Disciplinarity. *The Proceedings of Architectural Research 2009 : Architectural Research and Architectural Criticism Conference 23rd–25th of April 2009*. Trondheim: NTNU, 2009, p. 19–24.
4. **Riekstiņš, A.** Parametric Approach in Designing Large-Scale Urban Architectural Objects. *Science – Future of Lithuania : K. Šešelgis' Readings 2009*. Vilnius: VGTU, Faculty of Architecture, 2009, p. 22–26.
5. **Riekstiņš, A.** The Canvas of Fluid Urbanism and Liquid Architecture. *SLSA Textures 2010 : The 6th European Meeting of the Society for Literature, Science, and the Arts*. Rīga: SLSA, 2010, p. 11.
6. **Риекстиньш, А.** Преодолевая третье измерение. *Проект Балтия = Project Baltia*, 04/09–01/10, 2010, стр. 50–52.
7. **Riekstiņš, A.** Fluid Urbanism = Integrētā pilsētplānošana. *Scientific Journal of Riga Technical University : Series 10 : Architecture and Urban Planning = RTU Zinātniskie raksti : 10. sērija : Arhitektūra un Pilsētplānošana*. Rīga: RTU, 2010., Vol. 4 = 4. sēj., p. 90–94, 150.–152. lpp.
8. **Riekstiņš, A.** Animation Methods in Urban Planning. *International Conference of Biodigital Architecture & Genetics* [ed. Alberto T. Estévez]. Barcelona: ESARQ, 2011, p. 108–111.
9. **Riekstiņš, A.** Evolutionary Computation = Evolucionārā skaitļošana. *Scientific Journal of Riga Technical University : Series 10 : Architecture and Urban Planning = RTU Zinātniskie raksti : 10. sērija : Arhitektūra un Pilsētplānošana*. Rīga: RTU, 2011., Vol. 5 = 5. sēj., 7 lpp. (pieņemts publicēšanai)
10. **Riekstiņš, A.** Steps Towards Genetic Architecture. *International Scientific Conference Ecological Architecture 2011*. Kaunas: KUT, 2011, 6 p. (pieņemts publicēšanai)

Referāti konferencēs:

1. „The Aspects of Parametric Design for Urban Architecture in the Age of Multi-Disciplinarity“. Starptautiskā konference „Architectural Research and Architectural Criticism“ Trondheimā, Norvēģijā, 24.04.2009.
2. „Parametrinis požiūris stambiu urbanistiniu architektriniu objektu projektavimo srityje“. Starptautiskā konference „The Scientific Readings of K. Šešelgis“ Viļņā, Lietuvā, 08.05.2009.
3. „Parametriskā pieeja lielmēroga pilsēt būvniecisko arhitektūras objektu projektēšanā“. RTU 50. starptautiskā zinātniskā konference „Identitāte un attīstība“ Rīgā, 13.10.2009.
4. „Digitaalinen arkkitehtuuri käytännössä“. Starptautiskā konference „Generate – Algorithmic Architecture“ Oulu, Somijā, 29.10.2009.
5. „Parametriskā pieeja pilsēt būvniecisko struktūru veidošanā“, Latvijas Universitātes 68. zinātniskā konference „Telpiskā plānošana un attīstība“ Rīgā, 05.02.2010.
6. „A Vision for Digital Media in Interdisciplinary Architectural Design Education“. Victoria University of Wellington Jaunzēlandē, 19.05.2010.
7. „The Canvas of Fluid Urbanism and Liquid Architecture“. Starptautiskā konference „SLSA Textures 2010 – The 6th European Meeting of the Society for Literature, Science, and the Arts, Architectures“ Rīgā, 16.06.2010.
8. „About Research of New Digital Systems in Contemporary Architecture and Possible Futures“. Baltijas Arhitektu savienību asociācijas (BAUA) 20. gadadienai veltītā starptautiskā zinātniskā konference Rīgā, 01.10.2010.
9. „Fluid Urbanism“. RTU 51. starptautiskā zinātniskā konference „Pilsētvides globālā un lokālā identitāte“ Rīgā, 08.10.2010.
10. „Towards which urban planning architecture should we be heading in future?“. Starptautiskā konference „Yearly seminar for the heads of Finnish urban planners of all the main Finnish cities“ Helsinkos, Somijā, 07.04.2011.
11. „Animation Methods in Urban Planning“. Starptautiskā konference „International Conference of Biodigital Architecture & Genetics“ Barselonā, Spānijā, 03.06.2011.

1. DIGITĀLĀ ARHITEKTŪRA

Arhitekta darba rezultātu būtiski var ietekmēt viņa darbarīki un prasme ar tiem apieties. Tāpat kā galdnieks, kurš tikai prot rīkoties ar kalnu un ēveli, nespēs sacensties darba produktivitātē ar tādu meistaru, kurš pārzina darorizētas ciparvadības frēzes vadību. Neskatoties uz darbarīkiem, jāpiemīt arī talantam un labai izglītībai, pieredzei vai ilgtermiņā iegūtām profesionālām un plašām zināšanām.

Digitālā arhitektūra bieži vien piedāvā jaunas vai nebijušas iespējas, kuras iespējams nodrošināt tikai pilnvērtīgi izmantojot datortehniku un datoru programmatūras kā galvenos arhitekta darba instrumentus. Viennozīmīgi paralēli jāskata arī teorētiskās nostādnes un jauno tendenču attīstība, jo dators vien bez pamatotām arhitekta zināšanām un izdomu ir tikai smalks instruments, ar kuru jāmaks strādāt. Prasmīgam un talantīgam mūsdienu arhitektam skaidri jāzina kādas iespējas sniedz inovatīvās digitālās sistēmas arhitektūrā, un tās pārvaldot ir iespējams pēc sava domu lidojuma īstenot idejas realitātē. Dators ir neatņemams instruments mūsdienu arhitektūrā. Promocijas darba pirmajā nodaļā aprakstīti visi šie jautājumi.

Datorizētās projektēšanas arhitektūras asociācija *ACADIA* (angļu val. – *the Association for Computer Aided Design in Architecture*) veidota 1981. gadā ar mērķi atvieglot komunikāciju un kritisko domāšanu par datoru lietojumu arhitektūrā, plānošanā un būvzinātnē. Tā uzskata, ka digitālo tehnoloģiju ievērtēšana arhitektūrā ir nepieciešama un neizbēgama, ņemot vērā tās neatsveramo un plašo ietekmi uz arhitektūras praksi, izglītību un pētniecību [201]. Jebkuras nozares veselīga attieksme ir saglabāt savu toleranci pret attīstību, pastāvīgi uzdodot jautājumus ietvert/izstumt, importēt/eksportēt, sadarboties/izolēties no/uz jaunām idejām, tehniku, disciplīnu, jaunām tehnoloģijām. Šo izmaiņu virpuļa ietvarā rodas jauns digitāls diskurss, kas piedāvā daudzus negaidītus procesus arhitektūras nozarei. Šī diskursa ietvaros esošie galvenie temati katrs evolucionē ar savu izteiktu un svarīgu īpašību. *ACADIA* norāda, ka digitālais diskurss ir tālāk iedalāms šādās kategorijās: digitālā pedagogija, digitālie instrumenti, digitālā ražošana/fabricēšana, digitālā vizualizācija, digitālie projekti, digitālā projektēšana, digitālā reprezentācija, digitālā domāšana un digitālā prakse [201]. *ACADIA* lūdz papildināt vispārējo diskusiju retoriku ar tūlītējiem jautājumiem par digitālo tehnoloģiju un tās ietekmi uz arhitektūru. Šī asociācija uzskata par nepieciešamu tūlītēju rīcību – nopietni un padziļināti izvērtēt šīs dažādās digitālās tehnoloģijas.

1.1. Datorizētās projektēšanas priekšvēsture un lietojums mūsdienās

Faktiski visas inovatīvās tehnoloģijas un sistēmas, kuras sabiedrība pieņem ļoti ātri un plaši izmanto patēriņa elektronikas veidā savā ikdienā, ir pārgūtas no militārajām industrijas nozarēm (dators, mobilais telefons, digitālais fotoaparāts, internets u.c.). Pat, ja šādas iekārtas koncepcija nav militārās tehnoloģijas produkts, tik un tā tās sastāvā esošās sistēmplātes tomēr tādas ir [189].

Lai izprastu datorizētās projektēšanas (angļu val. – *Computer Aided Design, CAD*) rašanos, jāapskata datorizētā ražošana (angļu val. – *Computer Aided Manufacturing, CAM*) – pirmais solis ražošanas atvieglošanai, un tās izveidošanās vēsturiskā kontekstā. ASV militāristi 20. gs. piecdesmitajos gados veicināja ciparvadības (angļu val. – *Numeric Control, NC*) ieviešanu, lai automatizētu metālapstrādes iekārtu darbu un pārsniegtu tālaika masveida ražošanas ierobežojumus. Nākamo dekāžu laikā līdz ar attīstību datoru nozarē tika ieviestas datorizētas ciparvadības sistēmas (angļu val. – *Computer Numeric Control, CNC*), kas tika izmantotas dažādu materiālu apstrādei un dažāda mēroga ražošanai. Savukārt datorizētā ražošana (*CAM*) kļuva plašāk pieejama tikai astoņdesmitajos gados, kad arī personālie datori kļuva pieejamāki un arvien plašāk jau tika izmantotas datorizētās projektēšanas (angļu val. – *Computer Aided Design, CAD*) programmatūras [72].

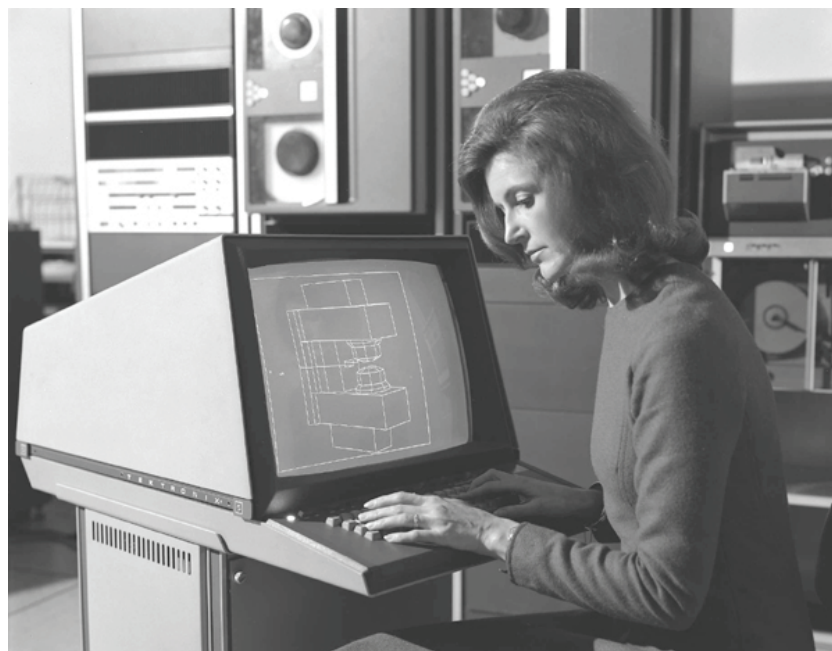
Priekšvēsture līdz 1970. gadam

Pirmā grafiskā sistēma, kas spēja uz kineskopa tipa monitoriem atainot datora apstrādātu attēlu un citu informāciju, bija radara sistēma ASV bruņotajiem gaisa spēkiem piecdesmito gadu vidū. Šo sistēmu attīstīja MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Par pirmo soli CAD industrijā uzskatāms projekts *SKETCHPAD* (latviešu val. – skiču bloks), kuru 1960. gadā MIT radīja Ivans Sūzerlands (*Ivan Sutherland*). Pirmā kursora vadības ierīce (angļu val. – *digitizer*) ar nosaukumu *Auto-trol* tika radīta 1962. gadā Denverā, ASV. Paralēli pie līdzīgām idejām strādāja kompānija *ITEK*, izveidojot elektronisku gaismas zīmuli, un *General Motors Research Laboratory*, kura kopā ar līdzautoru Dr. Hanratiju (*Hanratty*) izveidoja pirmo interaktīvo grafikas ražošanas sistēmu *DAC* (angļu val. – *Design Automated by Computer*). Paralēli vēl dažiem citiem CAD aizsācējiem sešdesmito gadu vidū šo nozari varēja raksturot ar gabarītos lieliem datoriem, vektoru ekrāna termināliem un programmatūru, kas tika radīta ar programmēšanas pamatvalodu (angļu val. – *assembly language*). 1968. gadā Donalda Velburna (*Donald Welbourn*) vadībā

Kembridžas Universitātē tika uzsākta problēmu risināšana, lai modelētu sarežģītas trīsdimensiju formas, kamēr citi tā laika pētnieki koncentrējās vienīgi uz divdimensiju rasēšanu [205]. Sākotnējos pētījumus sponsorēja *Ford*, taču pastāvīga finansējuma piesaiste visu laiku bija lielākā problēma. Tikai sešus gadus vēlāk tika iegūti divi sponsori – *Control Data* (Vācija) un *Delta Engineering Group*. *Control Data* sākotnēji piedāvāja savus pakalpojumus diviem lielākajiem klientiem – *Volkswagen* un *Daimler Benz*. Šajā laika posmā uzņēmuma *Control Data* nodaļa *Digigraphics* tā arī kļuva par vienīgo komerciālas CAD sistēmas radītāju – tās izstrādātā sistēma lietotājam izmaksāja 500 tūkstošus ASV dolāru, un to pārdeva tikai dažos eksemplāros [203].

Priekšvēsture no 1970. līdz 1980. gadam

1972. gadā Kembridžas Universitātē tika izveidota pirmā 3-asu ciparvadības NC iekārta, būtiski palīdzot frēzēšanas industrijai kopumā, un nodrošinot, ka darbs no CAD vides tiek pārņemts uz CAM. Šajā pašā gadā tika izveidots pirmais *Intergraph* rasēšanas terminālis, ar ko varēja radīt un atainot grafisku informāciju. Tas sastāvēja no *Tektronix 4014* monitora, klaviatūras un 11x11 collu izvēlnes grafiskās planšetes (angļu val. – *graphic tablet*), ar kuras palīdzību varēja izvēlēties rasēšanas komandas. Ap 1974. gadu Kembridžas Universitātei bija pasūtītas pirmās industriālās CAD/CAM iekārtas, kas nebija saistītas ar autobūves nozari. 1974. gadā tiek pārdota pirmā *Tektronix 4014* komerciālā versija, gadu vēlāk tās monitors tiek palielināts uz 19 collām, iepriekšējā 11 collu monitora vietā.



1.1. att. Projektētāja strādā pie *Tektronix 4014* rasēšanas termināļa.

1975. gadā franču aviobūves uzņēmums *Avions Marcel Dassault* iegādājās *CADAM* programmatūras un iekārtu licenci no uzņēmuma *Lockheed*, un 1977. gadā savai inženieru komandai lika uzsākt interaktīvas trīsdimensiju programmas veidošanu, kas kļuva par datorprogrammas *CATIA* pamatlicēju. Pa to laiku, kamēr *CADAM* programmas izstrādātāji automatizēja esošo divdimensiju rasēšanas platformu, veicot aprēķinus ar tēlotājas ģeometrijas plaknēm, *CATIA* pacēla *Dassault* inženierus citā – trešajā dimensijā, gūstot virkni tūlītēju priekšrocību, likvidējot kļūdu ielaišanas iespēju, kas bija tipiska divdimensiju rasēšanā. 1979. gadā trīs lielākie industriālā dizaina magnāti *Boeing*, *General Electric* un *NIST* izveidoja neatkarīgu faila formātu *IGES* (angļu val. – *Initial Graphic Exchange Standard*). Šis faila formāts ir saglabājies līdz pat mūsdienām kā industrijas standarts un to pārsvarā izmanto sarežģītu virsmu informācijas pārvešanai, piemēram, *NURBS* (angļu val. – *Non-Uniform Rational B-Splines*) līknēm. Septiņdesmito gadu beigās tipiska *CAD* sistēma tika darbināta uz 16-bitu personālā datora ar maksimālo atmiņas apjomu 512 Kb un 20-300 Mb diska ietilpību, tā cena bija 125000 USD.

Priekšvēsture no 1980. līdz 1989. gadam

1981. gadā tiek nodibināts uzņēmums *Dassault Systèmes* un 1982. gadā tiek izlaista *CATIA Version 1* – produkts trīsdimensiju projektēšanai, virsmu modelēšanai un ciparvadības *NC* iekārtu programmēšanai. 1982. gadā Kalifornijā tiek nodibināts uzņēmums *Autodesk* un tās mērķis ir izveidot *CAD* programmu, kuras cena būtu 1000 USD un kuru varētu izmantot uz personālā datora. *Autodesk* izlaiž pirmo *AutoCAD* versiju tā paša gada beigās.



1.2. att. Pirmā *AutoCAD* versija uz viena no pirmajiem personālajiem datoriem *IBM* ar krāsaino ekrānu.

1982. gads iezīmējas arī ar to, ka šajā laika posmā līdz 1984. gadam sāka parādīties neliela izmēra personālie datori ar lielāku jaudu un mazāku cenu. Tas bija būtisks pavērsiena solis, kad tehnoloģija sāka konkurēt ar tradicionālām metodēm. 1984. gadā CATIA tiek papildināta ar tradicionālas rasēšanas instrumentiem, ļaujot to izmantot neatkarīgi no CADAM. Unikāls notikums datorizētās projektēšanas vēsturē ir 1984. gadā ungāru fiziķa Gabora Bajora (*Gabor Bajor*) kontrabandas ceļā valstī ievesti divi *Macintosh* datori. Toreiz personālais dators nedrīkstēja piederēt nevienam civilajam iedzīvotājam, jo valstī pastāvēja komunistiskais režīms. Izmantojot *Pascal* programmēšanas valodu, Gabor Bajors kopā ar savu kolēģi strādāja pie trīsdimensiju CAD programmas izstrādes *Macintosh* sistēmā, ar ko aizsākās *Graphsoft* uzņēmuma veidošanās. 1984. gadā arī tika izlaista pirmā *ArchiCAD* versija – *Radar CH*. Tā kā *Radar CH* bija arhitektūras projektēšanai specializēta programmatūra, sākot ar tās versiju 2.0 (1986. g.) un turpmāk šī programmatūra saucās *ArchiCAD*, un tajā tika integrēts divdimensiju rasēšanas modulis ar trīsdimensiju moduli.



1.3. att. *ArchiCAD* 2.0 (1986. gada versija) uz *Macintosh SE/30* datora.

1984. gadā tika izlaista *AutoCAD* 2.0 versija ar uzlabotu teksta funkciju, *DXFIN* un *DXFOUT* komandām (*AutoCAD* datu importa un eksporta standarts, mūsdienās saglabājies kā *DXF* faila paplašinājums), objektu pielipināšanas funkciju (angļu val. – *snap*) pie citiem objektiem, nosaukumu piešķiršanu dažādiem skatiem, izometriskām u.c. jaunām īpašībām. 1985. gadā Keits Bentlijs (*Keith Bentley*) nodibina *Bentley Systems Inc.*, tās programmatūra *MicroStation* spēj nodrošināt avancētu CAD projektēšanu uz personālajiem datoriem. Sākotnēji *MicroStation* bija nokopējis

Intergraph rasēšanas programmas failu formātu *IGDS*, kuru tā spēja atvērt, bet vēlāk arī tajā saglabāt izmaiņas. Vēlāk *IGDS* faila formāts tika pārsaukts par *DNG*. 1985. gadā iznāk *CATIA* 2. versija ar pilnībā integrētu rasēšanu, trīsdimensiju objektu un robotikas funkcijām. No šī brīža *CATIA* kļūst par vadošo aeronautikas izstrādes programmatūru. 1985. gadā nodibina *Diehl Graphsoft Inc.* (šobrīd tās nosaukums ir *Nemetschek*) un tajā pašā gadā tiek izlaista pirmā *MiniCAD* versija, kas vēlāk kļuvusi par vislabāk pārdoto *CAD* programmatūru *Macintosh* datoriem, mūsdienās nosaukums mainīts uz *VectorWorks*. 1986. gadā pasaulē pārdoti jau 50000 *AutoCAD* eksemplāru. 1987. gadā tiek izlaista *AutoCAD* 9. versija, tai nepieciešams 80x87 matemātiskais procesors datorā, kas balstīts uz *Intel 8086* procesoru. Visi faili, kuri izveidoti uz šīs versijas ir pilnībā savietojami uz visiem savstarpēji atbalstītiem datoriem. Šī versija ietvēra advancētu lietotāja interfeisu ar izvēlni, ikonām un dialoga logiem. 1988. gadā tiek izlaista *CATIA* 3. versija ar *AEC* (angļu val. – *architecture, engineering and construction*) funkcionalitāti. *CATIA* kļūst par vadošo autobūves programmatūru. 1988. gadā *Surfware Inc.* izlaiž pirmo *SurfCAM* versiju *CAD/CAM* darbībā. 1989. gadā tiek nodibināta *Graphisoft US*, lai pārdotu un sniegtu tehnisku atbalstu *ArchiCAD* produktiem ASV un Kanādā. 1989. gadā *Parametric Pro* izlaiž *T-FLEX*, pirmo parametriski mehānisko *CAD* programmu personālajiem datoriem ar savu trīsdimensiju kodolu *Baranov kernel*.

Tas viss liek saprast, ka industriālais dizains vienmēr ir bijis vadošais *CAD* virzītājspēks, pastāvīgi meklējot jaunus algoritmus un principus, kā padarīt datorizēto projektēšanu vēl mūsdienīgāku.

Datorizētās projektēšanas priekšrocības

Pirms 35 gadiem gandrīz katrs pasaules rasējums tika veikts uz papīra tušā vai zīmuli. Nelielas izmaiņas nozīmēja pārzīmēšanu, lielas izmaiņas bieži vien nozīmēja to, ka būs jāpārtaisa viss rasējums pilnīgi no jauna. Ja izmaiņas vienā rasējumā ietekmēja citus dokumentus, kļūdu novēršana bija vienīgi atkarīga no kādas konkrētas personas, kas manuālā veidā atrastu veicamās izmaiņas un to arī fiziski izdarītu.

Arhitekti ir vienmēr bijuši atkarīgi no saviem instrumentiem – rasējamiem dēļiem, lineāliem, cirkuļiem utt. *Datorizētā projektēšana (CAD)* ir fundamentāli izmainījusi darbu projektēšanas un rasēšanas nozarē [203]. Kopš digitalizācijas laikiem ne tikai arhitektu darbs ir palicis ātrāks, bet arī rezultāti ir stipri mainījušies. *CAD* ir daudz vairāk nekā tikai līniju rasēšana elektroniskā veidā. Ir daudzi iemesli, lai izmantotu *CAD*:

- Galvenais virzītājspēks ir konkurence. Lai iegūtu labākus darījumus, projektēšanas kompānijas izmanto CAD un veido labākus projektus ātrāk un lētāk nekā to konkurenti.
- Produktivitāte tiek stipri uzlabota, jo CAD programma ļauj viegli zīmēt līnijas, elipses, vairākas paralēlas taisnas vai izliektas līnijas.
- Izmantojot automātisko stūru noapaļošanu, palielinās darba ātrums.
- Rasētās līnijas ir absolūti precīzas, jo dators spēj tās automātiski piesaistīt konkrētiem ģeometrijas punktiem vai stāvokļiem.
- Kopēšana, rotēšana un spoguļa attēla funkcijas ir ļoti praktiskas, kad tiek rasētas simetriskas daļas.
- CAD programmas ietver dažādus līniju rakstus. Laukumu vai zonu aizpildīšana ar dažādām krāsām uzlabo grafisko kvalitāti un projektu prezentējamību.
- Ar jebkuru CAD programmu komplektā tiek ietverti dažādu stilu fonti uzrakstiem un tekstiem.
- Iespēja importēt CAD programmā dažādu grafiskā faila formātus un skenētus materiālus (fotogrāfijas) ir ļoti praktiski, jo tos var apstrādāt, retušēt un animēt.
- Rasējot dažādos mērogos var izmantot pietuvināšanu (angļu val. – *zoom in*) vai attālināšanu (angļu val. – *zoom out*). CAD informācija tiek saglabāta digitālā formā, un, neatkarīgi no izdrukātā gala rasējuma izmēra, detaļu dimensijas var izmērīt automātiski.
- Būtiska priekšrocība CAD sistēmām ir spēja saglabāt bieži izmantojamās detaļas. Bibliotēkas ar regulāri izmantojamām detaļām var tikt iegādātas atsevišķi, vai arī tās var izveidot pats projektētājs. Atkārtoti izmantojamās raksturīgās detaļas var tikt sameklētas un ievietotas rasējumā dažu sekunžu laikā, precīzā vietā, pareizā leņķī un izmēros.
- Veidojot montāžas rasējumus ar CAD programmām, esošos elementu rasējumus var izvietot montāžas shēmās tā, kā tas ir nepieciešams.
- Attālumi starp dažādiem elementiem var tikt izmērīti tieši no rasējuma un, ja nepieciešams, var tikt projektēti papildus nepieciešamie mezgli.
- CAD ir ļoti piemērots projektu dokumentācijai, kas bieži atkārtojas un kurā viens izstrādājums var būt dažādos lielumos. Daudzas detaļas var tikt

izmantotas no jauna dažādās atšķirīgās kombinācijās, vienlaikus attiecīgi programmējot datorizētu dokumentācijas datubāzi.

- Piedāvājumus var sagatavot datorizēti ar visu nepieciešamo specifikāciju un tehniskajām niansēm. Saņemot pasūtījumu, visi dokumenti, kas saistīti ar ražošanu, testēšanu, nosūtīšanu un aprēķiniem būs pieejami vienkopus.
- Agrāk inženieri un arhitekti zaudēja apmēram 30% no sava darba laika, meklējot un skatoties citos rasējumos un dokumentos. Izmantojot CAD programmas, rasējumu labošana izmaiņu ieviešanai un atjaunotu detaļu rasējumi ir ātri un viegli iegūstami.
- Ja tiek rasēts uz papīra un klients vēlas kaut ko izmainīt, viss ir jāpārzīmē no jauna. CAD programmā izmaiņas var ieviest momentāni un jaunu rasējumu var izdrukāt dažās minūtēs, kā arī tos var pārsūtīt pa e-pastu vai internetu uz jebkuru vietu pasaulē.
- Rasējot uz papīra kompleksas ģeometriskas formas, daudz laika aiziet mērot un meklējot references punktus, savukārt ar CAD tas ir ļoti vienkārši izdarāms.
- Daudzas CAD programmas ietver „makro” funkciju vai savu programmēšanas valodu, kas ļauj tās individualizēt pēc projektētāja specifiskām vajadzībām, integrējot savas idejas un padarot savu CAD sistēmu atšķirīgu nekā konkurentiem.
- CAD ļauj uzņēmumiem veidot labākus dizainus, kurus nav iespējams veidot manuāli, kā arī izvairīties no apšaubāmiem variantiem jau konceptuālā dizaina stadijā. Tas ir izteikti ar kompleksām virsmām un ar galējiem elementu aprēķiniem.
- Daudzas CAD sistēmas atļauj ātri izveidot trīsdimensiju modeļus. Datora atmiņā tiek saglabāta ģeometriskā datu informācija, kas definē katru detaļu. No komponentu dimensijām dators var aprēķināt virsmas laukumu, tilpumus un svaru dažādos materiālos, gravitātes centru, inerces momentu un griezes lenķi. Tāpat ir arī izrēķināmas slodzes un citas projektēšanā nepieciešamās nianses.
- Ar CAD modelētus objektus var pārnest uz galējo elementu analīzes (angļu val. – *Finite Element Analysis, FEA*) programmu, lai noteiktu, vai piedāvātais projekts spēj izturēt paredzētās slodzes.
- Vērtīgākais datoru ieguldījums projektēšanas procesā ir vizualizēšana – process, kurā tiek veidots projekta trīsdimensiju modelis, kuru var dažādi pārbaudīt ar datora palīdzību. Vizualizācijas gandrīz vienmēr ir iespējams

izveidot ātrāk un lētāk nekā reālus prototipus, kā arī tās bieži vien ir arī labākas pēc sniegtajām iespējām, nekā reāli maketi. Tas ir arī tāpēc, ka prototipu modelēšanas darbnīcas pārsvarā izmanto citus materiālus un procesus, nekā īsta produkta veidošanā.

- Vizualizācijas var attēlot gala produktu daudz tuvāk realitātei, nekā jebkurš reāls makets. Reālistiskas vizualizācijas var izmantot mārketinga speciālisti, lai izveidotu pārdošanas vai citus ar mārketingu saistītus materiālus. Trīsdimensiju vizualizācijas un animācijas veido lielu daļu no pārdošanas un reklamēšanas procesiem mūsdienu konkurences apstākļos.
- Ar *CAD* programmatūru iespējams sagatavot datorizētas instrukcijas ciparvadības iekārtām: virpām, frēzēm, apstrādes mašīnām, perforatoriem, metināšanas sistēmām, automātiskajām montāžas iekārtām utt.
- Uz *CAD* izveidotas detaļas tiek konvertētas attiecīgajā faila formātā, piemēram, *DXF* vai *IGES* un tad tās tiek ielādētas *CAM* programmā, kas sagatavo instrumentu maršrutu (angļu val. – *toolpath*), ar kuru trīsdimensiju forma no sākotnējā izejmateriāla ir jāizgatavo. Šis instrumentu maršruts var tikt papildināts vai savietots kopā ar citu maršrutu, lai izveidotu pilnīgu programmu un iekārtas instrumenti šo detaļu varētu pilnvērtīgi izgatavot.
- Iegūto ciparvadības programmu var eksportēt atpakaļ *CAD* sistēmā, lai veidotu ražošanas simulāciju instrumentu maršrutam, vai arī to importēt trīsdimensiju telpiskās modelēšanas ciparvadības programmā, lai izveidotu datorizētu modeli, un to būtu iespējams pirms ražošanas pārbaudīt.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

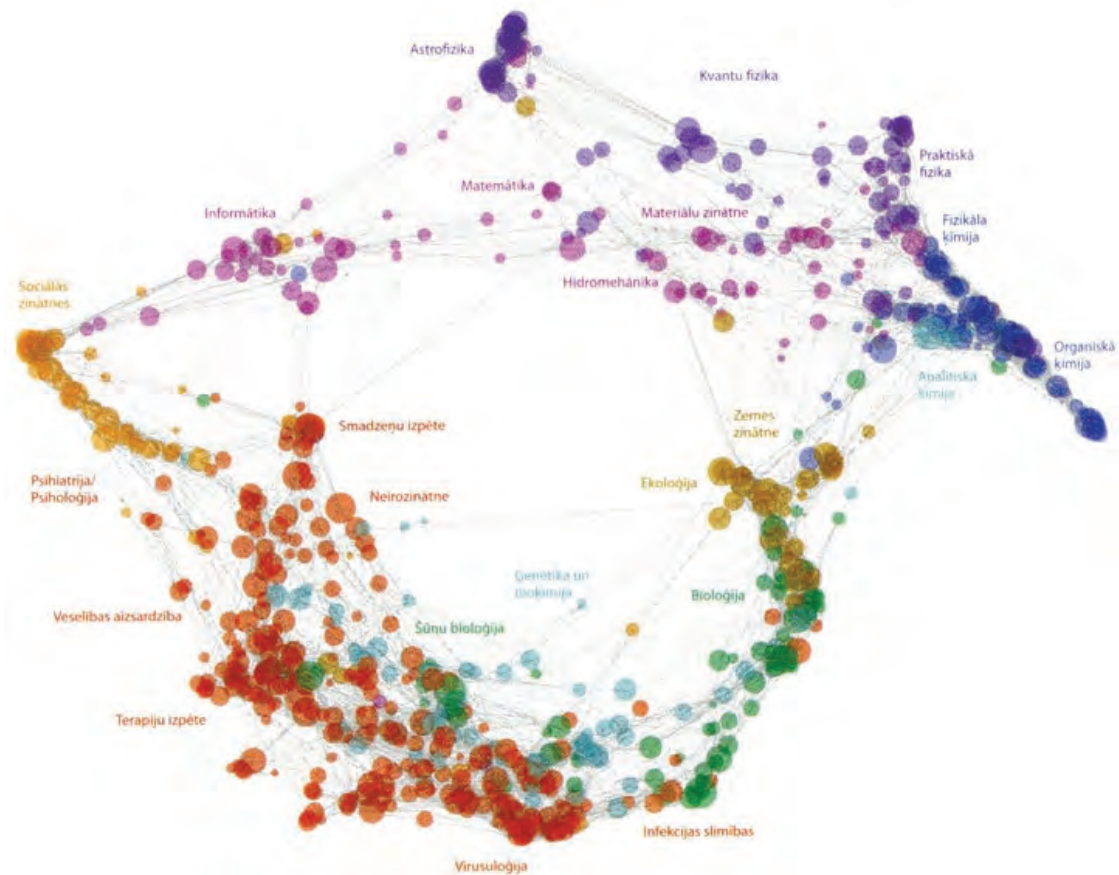
© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

1.2. Teorētiskās atziņas digitālajā arhitektūrā

Saistība starp dažādām zinātnes nozarēm un to savstarpējo mijiedarbību mūsdienu informācijas laikmetā būtiski ietekmē arī arhitektūras teorētiskās atziņas. Datorzinātnieks Bredfords Peilijs (*Bradford Paley*) no Kolumbijas Universitātes Ņujorkā uzskata, ka datu vizualizācija ir instruments, lai informāciju padarītu uzskatāmu. Šādā veidā viņš kopā ar saviem līdzstrādniekiem ir izveidojis zinātnes nozaru karti, kurā korelatīvie citāti tika meklēti 800 tūkstošos zinātnisko darbu 776 nozarēs. Tā atklājās zinātnes epicentri un interdisciplināras sakarības, bet, salīdzinot dažādās valstis, – nozīmīgākās pētniecības prioritātes dažādām nācijām [96, 106].



1.4. att. Zinātņu interdisciplinārās sakarības, izvērtējot 800 tūkstošus publikāciju.

Šī shēma uzskatāmi parāda, ka atsevišķās zinātnes nozares ir savstarpēji saistītas – no sociālās zinātnes (kreisajā pusē) līdz organiskajai ķīmiķijai (labajā pusē), no terapiju izpētes (apakšā) līdz pat kvantu fizikai (augšā).

Mēs dzīvojam visiespaidīgāko sasniegumu laikmetā. Pēdējo gadu laikā zinātnes progress, it sevišķi medicīnā, ķīmijā un digitālajās tehnoloģijās, ir būtiski izmainījis cilvēces uztveri par organizācijas loģiku, kas ir pamats matērijas uzvedībai. Antīkās pasaules drakoni un hibrīdās radības turpmāk vairs nepaliks kā fikcionizēta (latīņu val. *fictio* – izdomājums, ko uzdod par faktu) mitoloģija [34]. Skaitļošanas un

ģenētiskās inženierijas progress ir atvēris vārtus jaunām arhitektūras izpausmes formām. Vēsturiski izveidojusies izpratne par dzīvās un nedzīvās matērijas kopsakarībām mainīsies, līdzko tiks apmierināta cilvēces ziņkāre replicēt dzīvību.

Trešā stadija arhitektūras evolūcijā – ģenētikas stadija – sāksies, tiklīdz tiks izvērtēti jau pieejamie zinātniskie un tehniskie sasniegumi, un ģenētikas pārnestsais un tiešais lietojums arhitektūrā radīs izmaiņas dizaina iespējās, ražošanas procesos, struktūrās un formās, ko tās ataino. Ar 21. gs. sākumu ir aizsākusies nākotnes organiska veidošana, dzīvo struktūru (augu vai miesas un kaulu), dažādu „detalju“ dabiska audzēšana vai kibernetiski-digitāla ražošana (skat. 1.1. tabulu).

1.1. tabula

Arhitektūras stadijas [53]

	Klasiskā pagātne	Modernā tagadne	Ģenētiskā nākotne
Hronoloģija	Līdz 19. gs.	20. gs.	Sākot ar 21. gs. un turpmāk
Formālā sistēma	Vertikalizēšana	Horizontalizēšana	Organiska veidošana
Strukturālā sistēma	Spiedes konstrukcijas	Stiepes konstrukcijas	Dzīvas konstrukcijas
Materiālu sistēma	Akmens, ķieģelis, koks	Betons, metāls, plastmasa	Programmatūras vadīta DNS: augi, miesa un kauli
Process un būvniecības sistēma	Manuāls būvniecības process katrai atšķirīgai un vienāgai detaļai	Masu unificēta ražošana ar iekārtām visām vienādajām detaļām	Automatizēta atšķirīgu detaļu ražošana ar iekārtām un dabiska audzēšana

Arhitektūra uz lielo pārmaiņu sliekšņa

Arhitektūras jēdziens pašlaik iegūst jaunas definīcijas, jo ir izmainījusies tās būtība un koncepcija. Arhitektūra pārveidojas līdz ar izmaiņām sabiedrībā, zinātnē, politikā. Šobrīd pasaulē valda daudz dažādu viedokļu un priekšstatu, kuros neiedziļinoties ir grūti saprast, kas ir pamatā t.s. jaunajām izpausmēm. Jaunā digitālā arhitektūra, kas tiek veidota ar datorizētiem grafiskiem līdzekļiem, ir attīstījusies līdz tādām mērogam, ka var droši apgalvot – *digitālais organicisms* ir agrīnā 21. gs. arhitektūras avangards. Šajā laukā tiek veikti nopietni inovatīvi pētījumi, piemēram, Kolumbijas Universitātē ASV, kas ir gan telpiski, gan formāli. Vēl arvien medijos un sabiedrībā tiek dzirdēti nicinoši un skeptiski apzīmējumi: „Burbuļu, olu vai gurķu arhitektūra [53, 55]“, tādā veidā netieši norādot uz ar datoru veidotajām izvalbitajām

formām. Šie nicinājumi tiek izteikti realitātes izpratnes trūkuma dēļ, jo agrāk nebija reālu īstenotu objektu. Situācija kopš deviņdesmito gadu beigām ir mainījusies, jo šādas arhitektūras materializētie piemēri katru gadu skaitliski pieaug, piemēram, Jokohamas ostas termināla ēka (2002. gads, *Foreign Office Architects*), Kitagatas kopienas centra ēka (2005. gads, Mutsuro Sasaki (*Mutsuro Sasaki*)) un Pasaules izstādes tilts Saragosā (2008. gads, Zaha Hadida (*Zaha Hadid*)).

Pirmo reizi arhitektūras vēsturē *ģenētisko arhitektūru* 1992. gadā piemin arhitekts Karls Čū (*Karl Chu*). Viņa arhitektūras teorijas veidošanos ietekmējusi dziļa interese par matemātiku, fiziku, filozofiju un metafiziku vienkopus. Karls Čū ir pētījis evolucionārās kosmoloģijas (astronomijas nozare, kas pēti Visumu kā vienotu veselum, tā īpašības un attīstību) konceptuālo telpu, balstoties uz metafiziku un skaitļošanu.

Karls Čū skaitļošanu uzskata par fiziskā visuma būtisku īpašību un ir iesaistīts arhitektūras jaunā konceptualizācijā ar skaitļošanas monādoloģijas (monāde – *filoz.* esamības, substances vissīkākā, tālāk nedalāmā daļa) palīdzību. Viņš uzskata, ka, saplūstot skaitļošanai un ģenētikai, pašreiz mēs esam uz jaunas, drosmīgas pasaules sliekšņa, kas atvērsies mūsu priekšā, un mums tikai atliek attīstīt adekvātu arhitektūras teoriju, kas dziļi balstīta uz šīm idejām, kurām nolemts pārveidot pasauli tā, kā neviens to līdz šim cilvēces civilizācijas vēsturē vēl nav redzējis. Jaunākie Karla Čū pētījumi pašlaik ir saistīti ar arhitektūras monādoloģiju kā modālu (tāds, kas pauž runātāja attieksmi pret izteikto saturu) iespējamo pasaulu arhitektūras koncepciju.

Starptautiskajā arēnā termins „ģenētika“ plašākā mērogā ar arhitektūru ir bijis saistīts kopš 2000. gada. Gan jauni, gan pieredzējuši arhitekti lieto šo apzīmējumu arvien biežāk, viņi to ir noveduši līdz „kulminācijai“, ir atzīts tā atributīvais lietojums, jo ir viegli paredzēt ģenētisku nākotni, un šobrīd pastāv apgalvojums, ka trešā gadu tūkstoša sākumā jaunā arhitektūra ir – viss par ģenētiku [55]. Vienlaicīgi digitālais organicisms kļūst par arvien lielāku „hītu“. Pasaulē ir vairākas arhitektūras skolas, kas šo virzienu jau iekļāvušas savās mācību programmās. Līdzīga situācija bija novērojama dekonstruktīvisma parādīšanās laikā, tikai šoreiz ģenētiskā arhitektūra ir stipri atkarīga no datoru programmatūras pieejamības, kas to var padarīt dzīvotspējīgu. Tāpēc daudzās pasaules arhitektūras skolās šī virziena apmācības uzsākšanas aizkavēšanās varētu ilgt līdz pat paaudžu maiņai vadībā, kas ļaus vadībai redzēt lietas atšķirīgi. Šis *jaunais kibernetiski digitālais dizains*, kas nesenā pagātnē tik ļoti izplatījies, izskauž rasēšanu ar roku, aizvietojo to ar datorgrafikas paņēmieniem. Jāievēro, ka datoru lietošana ir attīstījusies no datorresursu dziļas būtības, ka dators ir ne tikai grafisks, bet arī radošs, projektēšanas un ražošanas instruments.

Vai ģenētiskā arhitektūra ir *biomorfiskā arhitektūra*? Sākotnēji šis jautājums ir palicis neatbildēts, kas pēc savas būtības ir saprotams tāpēc, ka pēdējo gadu digitālā organicisma panākumi to stipri atbalsta. Un, lai arī ģenētiskā arhitektūra ir radusies kā kustība un līdz šim ir bijusi spontāna, vēl neorganizēta, kamēr kāda lielāka starptautiska organizācija to sistematizēs, kā tas ir izdarīts ar 20. gs. arhitektūras vēsturi dažādās starptautiskās izstādēs un izdevumos, tā veiksmīgi nobruģēs ceļu galīgai ģenētiskās arhitektūras atnākšanai [53].

Digitālā arhitektūra iedalāma četros galvenajos virzienos:

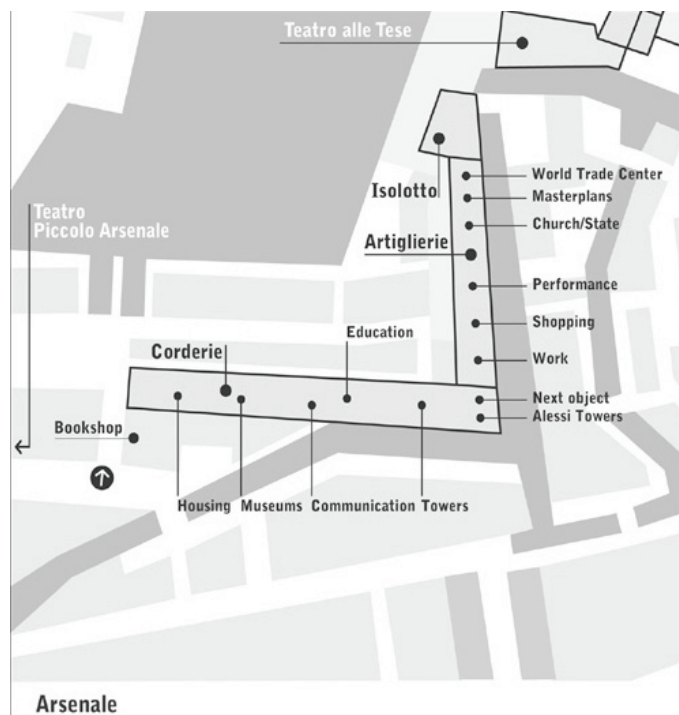
1. Morfoģenētika. Šajā pieejā ir trīs apakšvirzieni:
 - 1.1. Ģenētiskā arhitektūras hermeneitika (iztulkošanas, izskaidrošanas prasme), kā to pasniedz Peters Eizenmans (*Peter Eisenmann*).
 - 1.2. Algoritmiskā arhitektūra, kuru pēta Sesila Belmonda (*Cecil Belmond*), Džons Freizers (*John Frazer*) un citi, kas balstās uz fraktāļu sistēmām, Lindenmajera (*Lindenmayer*) sistēmām un ģenētiskajiem algoritmiem, lai ģenerētu rekursīvi (tāds, kas atkārtojas, atgriežas pie iepriekšējā) definētus ģeometriskus objektus.
 - 1.3. Ģenētiskā arhitektūras monādoloģija, kas pieņem simbioģenēzi kā darbības plānu, lai konstruētu „iespējamās“ pasaules.
2. Morfodinamika. Šajā pieejā nav ģenētiska koda, tā kādu noteiktu formu sapludina „burbuli“, daļiņās, šķidrumā vai tamlīdzīgi.
3. Biomorfisms. Imitē formas, nav iekšējas izpratnes par bioloģiju.
4. Biomimētika. Šī pieeja ir ļoti populāra, tiek imitētas bioloģiskas sistēmas, plaši izmanto skaitļošanas procesu priekšrocības [53].

Hibrīdā arhitektūra un hiperfunkcijas

Vīnes Tehniskajā Universitātē, Būvniecības teorijas un projektēšanas institūta vadītājs, arhitekts Manfrēds Volfs-Ploteks (*Manfred Wolff-Plotegg*) pēta jaunu virzienu – hibrīdo arhitektūru, kas apskata funkcionālisma pārdefinēšanas iespējas. Viņa pētījumi liecina [175]: “Postmodernisms ir pierādījis, ka visas formas ir iespējams uzbūvēt, jo ar datora palīdzību var tikt ģenerētas visāda veida formas jebkuros veidos, pat tādas formas, kas ir nepastāvīgas. Tā rezultātā tādi mērķi, kā formas-funkcijas-konstrukcijas vienotība vai tās tālāka definīcija forma-seko-funkcijai ir kļuvusi lieka, kā tipoloģisks pamatojums vietā un vēsturē. Arhitektūra un arīdzan

arhitektūras teorija ir nonākusi strupceļā ar visiem saviem “-ismiem” (dažādiem definētiem arhitektūras stiliem), vairs nezinot kā virzīties tālāk.”

Kā viena no izejām šādai nolemtībai ir radusies līdz ar hibrīdo arhitektūru – tagad savienošanas, sapludināšanas un mēroga izmaiņš darbības tiek attiecinātas uz funkcijām. Tas nav tikai kā loģisks iznākums lietojot šādus instrumentus, bet ar terminu “hibrīda ēka” tas kļūst arī par pragmatisku perspektīvi nekustamā īpašuma ekonomikā. Hibrīdā arhitektūra ir pilnīga virzīšanās prom no funkcionālas diferenciacijas un projektēšanas determinisma (noteiktības), no tradicionālas objektu arhitektūras pretim procesa orientētai arhitektūras kontrolei [175]. Šādu procesu rezultātā ēkas iegūst jaukta tipa funkcijas – hiperfunkcijas.



1.5. att. Funkciju nošķirtība vai apvienošana?

Dažādu ēku tipoloģiju un funkciju izvietojums vienkopos. Plāns biennāles izstādei.

Izmaiņas projektēšanas procesā un metodikā

2000. gadā Džerijs Laiserins (*Jerry Laiserin*), datoru eksperts žurnālā *Architectural Record*, prognozēja, ka arhitektūras nozarei ir palikuši tikai 10 gadi līdz tā kļūs par pilnībā digitālu. Viņš raksta: “Tādu arhitektu skaits samazinās, kas pārzina ēkas, bet nepārvalda datoru. Tajā pašā laikā arhitekti, kas pārvalda datorus, bet nepārzina ēkas, turpina paaugstināt savas iemaņas zināšanās, kas nepieciešamas, lai kļūtu par profesionālu arhitektu. Demogrāfiskā griezumā šo tendenču liknes krustosies nākamo 10 gadu laikā. Šis stūrakmens iezīmēs to brīdi, kad visa prakse kļūs digitāla [94].”

Saskaņā ar Amerikāņu lingvistu Bendžaminu Lī Vorfu (*Benjamin Lee Whorf*), valoda, kurā mēs runājam, informē un padara iespējamās domu formas, kas mums ienāk prātā [200]. Tas ir loģisks pamatojums, un tādā gadījumā tas pats būtu attiecināms arī uz datorizētās projektēšanas programmatūru – tā informē un padara iespējamās arhitekturālas būves un formas, kuras mēs varam izveidot. Pagājušā gadsimta sākumā arhitekta Antonio Gaudi (*Antoni Gaudí*) projektēšanas procesa panākumus veicināja viņa inženierijas eksperimentu panākumi, kurus viņš spēja sasniegt un realizēt. Savukārt arhitekts Frenks Gerijs apgalvo, ka datoram nav nekāda loma projektēšanas dizaina procesā, kamēr galīgā ideja nav izlemta, un viņš nekad neiedomātos par turbulentajām, līklīniju formām, kas viņam ir tik raksturīgas, ja vien nezinātu, ka to visu iespējams realizēt ar avancētajām programmatūrām ar kurām strādā viņa inženieru komanda.



1.6. att. Antonio Gaudi projektētā dzīvojamā ēka *La Pedrera* Barselonā, maketa fotogrāfija. [A.R.]



1.7. att. Frenka Gerija projektētais Gugenheima muzejs Bilbao. [A.R.]

Austrāļu arhitekts Pīters Zelners (*Peter Zellner*) raksta, ka dēļ datorizētajiem instrumentiem “arhitektūru vairs nav nepieciešams radīt ar statiskajām plānu, griezumam un fasāžu konvencijām. Tā vietā ēkas tagad var tikt pilnībā veidotas ar trīsdimensiju modelēšanas, profilēšanas, prototipēšanas un ražošanas programmatūru palīdzību, tādā veidā nojaucot posmus starp konceptualizāciju un ražošanu, veidošanu un būvēšanu, digitālo datu veidojumiem un telpisko pieredzi [182].” Lai gan Zelners pats arī ir digitālās projektēšanas meistars, izmantojot avancētas programmatūras visu savu ēku projektēšanā, viņš savam komentāram piemetina: “Tehnoloģiju pētīšanā un piemērošanā, ko pašlaik veic arhitekti, ir jāizvērtē ierobežojumi par potenciālajiem neatgriezeniskajiem draudiem un nekritizēto tehnoloģiju spēka ietekmi uz arhitektūru kopumā [182].”

Pašlaik izskatās, ka vairums arhitektu, izņemot tos, kuriem ir visradikālākā pieeja, skatās ar zināmu skepsi pret digitālās projektēšanas iespējām. Daudzi no viņiem ātri apgalvo, ka rokas, acis un smadzeņu sintēze ir būtiski elementi arhitektūras projektēšanas kvalitātei, it īpaši radot patīkamus rasējumus un telpiskās skices. Ņujorkā praktizējoša arhitekta Sofija Gruzdisa (*Sophia Gruzdis*) tic, ka saikne starp arhitekta roku, acīm un smadzenēm: “veicina vismaz gudrāku proporciju un mēroga izjūtu [70].” Taču, vecākā projektētāja no Filadelfijas arhitektu biroja *Ballinger Architecture* skaidro – “domu process pieliekot pildspalvu vai zīmuli pie papīra ir ļoti atšķirīgs no tā, kāds tas ir rasējot uz datora, kā arī spēja vizualizēt un prezentēt trīsdimensionālu projektu ar roku ir fundamentāla projektētāja prasme.” Bet Hārvarda Universitātes arhitektūras profesors Malkolms Mak-Kulohs (*Malcolm McCullough*) nepiekrīt tam, ka projektēšana ar datora palīdzību ir būtiski atšķirīgāka nekā ar klasiskajām projektēšanas metodēm. Savā grāmatā “Prasmes abstrahēšana” (angļu val. – *Abstracting Craft*) viņš apgalvo, ka ar digitālās modelēšanas instrumentiem tiek veikts: “pēc būtības tas pats process, ko meistars ilgtermiņā un pakāpeniski veido no fiziska materiāla par vizuālu un strukturālu priekšmetu ar artikulējamu vīziju [109, 172].” Mak-Kulohs tic, ka projektējot digitālā veidā netiek samazināta saikne starp acīm, roku un smadzenēm, par ko daudzi arhitekti satraucās, ka tā pazudīs līdz ar digitālās projektēšanas ieviešanu. Viņš arī aizstāv viedokli, ka sākotnējās digitālās projektēšanas tehnoloģiju formas: “bija tik apgrūtinošas, ka varēja tikt izpētītas tikai dažas iespējas un tā rezultātā cilvēki pievērsās iepriekšējai veiksmīgajai kārtībai – tradīcijai [109, 177].” Tas ir nopietns apgalvojums – Mak-Kulohs vairo tradīciju grūtībās radīt kaut ko jaunu un pārstāv viedokli, ka digitālā projektēšana ir mazāk sarežģīta, pieejamāka un demokrātiskāka (t.i., tiem, kuriem ir mazāks vai nekāds mākslinieciskais talants un/vai inženierijas prasmes, tiek dota iespēja projektēt), tātad arī pēc savas būtības tā ir arī radošāka.

Vienkāršība projektēšanas procesā ar datoru programmatūru palīdzību, kuru Mak-Kulohs apskata kā pozitīvu īpašību, daudzi arhitekti uzskata par negatīvu un dažkārt arī par kaitīgu projektētās arhitektūras kvalitātei. Piemēram, ar digitālo instrumentu palīdzību projektētājs spēj ātri izveidot secīgu progresiju divu vai trīsdimensiju formu meklējumu studijās daudzās dažādās darba tehnikās: kā trīsdimensiju ķermeņus vai planārus objektus, telpiskās aprises kontūras vai līniju rasījumus, ortogrāfiskos vai projicētos skatos. Pirms datorizētās projektēšanas eksperimentēšana ar tik daudzām formu vai telpiskām alternatīvām bija pārāk sarežģīta vai pārāk laikietilpīga. Arhitektūras pasniedzēji vadošajās universitātēs aizstāv viedokli, ka šis eksperimentēšanas vieglums dažkārt noved pie mazākas sagatavošanās vai iepriekšējas plānošanas pie studentu oriģinālajiem projektiem, jo studenti zina, ka ar nelielām izmaiņām dažādos virzienos viņi var nejauši nonākt pie perfekta projekta. Hārvarda Universitātes profesors Viljams Mičels (*William Mitchell*) šo fenomenu apzīmē kā “skatlogu iepirkšanās” (angļu val. – *window-shopping*) režīmu, paskaidrojot, ka uz datora “pēkšņi parādījušās formas vai apstākļi var sastrukturizēt negaidītas alternatīvas, kuras jāizvērtē, projektam attīstoties [112].” Papildus tam, profesori apgalvo, ka projekti, kas veidoti ar datora palīdzību, nereti var izskatīties labi, ja tajos ieguldīts mazāks darba laiks. Kufs (*Cuff*) sūdzas: “Trūkums – apstākļi, ko Džons Loke (*John Locke*) uzskata par vadošo principu sabiedrībā – tiek aizvietots ar pārpilnību. Datori ļauj studentiem veidot nelielas projekta variācijas ar minimālu laika ieguldījumu tā, ka nopietnas izmaiņas var tikt pastāvīgi pētītas, kamēr kvantitatīvi izteiktām alternatīvām nepieciešams vienādi liels pirms-digitālais ieguldījuma līmenis... Kamēr daļu darbus var tiešām veikt ātrāk, studentiem tikpat iespējams izdarīt arī tā, lai viņu projekti izskatītos pabeigti īsākā laikā nekā jebkad agrāk [38].”

Digitālie projektēšanas instrumenti pareizajās rokās var būt ārkārtīgi efektīvi. Piemēram, parametriskās modelēšanas programmatūra ir nepieciešama, jo tā nelielā zonā uztver projektēšanas ievades datus un tad secīgi spēj izmainīt visas ēkas projekta struktūru, lai šīs izmaiņas uzņemtu. Parametriskā programmatūra *CATIA*, kuru plaši savos projektos piemēro arhitekts Frenks Gerijs, sākotnēji tika attīstīta aviācijas industrijai, lai projektētu liektas formas, bet pašlaik šāda tipa programmatūras daudz izmanto mūsdienu arhitektu, lai projektētu lielas ēkas. Viens no šiem arhitektiem ir Normans Fosters (*Norman Foster*). Parametriskā modelēšana darbojas, saglabājot attiecības digitālā veidā starp dažādām projekta īpašībām, apejoties ar tām līdzīgi kā ar matemātiskām izteiksmēm. Tamdēļ, kad kāds no modeļa elementiem tiek izmainīts, neatkarīgi no to lieluma, programmatūra automātiski atjauno datus un pārģenerē atlikušo formu, lai atainotu izmaiņas. Darbībā tas izpaužas līdzīgi kā ar

elektroniskajām *Excel* tabulām, kas automātiski pārrēķina jebkuru no jauna ievadīto vai iegūto ciparu. Normana Fostera arhitektu birojs *Foster and Partners* ir izmantojis parametriskās projektēšanas programmatūru teju visiem saviem pēdējās desmitgades projektiem, piemēram, Londonas *Millenium Tower* un biroju ēkai *Greater London Authority Headquarters*, kuras forma ir vienkārša, ar parametrisku modelēšanas programmatūru ģeometriski deformēta sfēra. Normans Fosters šos parametriskos modeļus sauc par “dzīvajiem maketiem”, jo tie konstanti reaģē uz izmaiņām, līdzīgi kā dzīvie organismi reaģē un pielāgojas stimulācijai [280]. Parametrisko modelēšanas programmatūru izmanto arī, lai rekonstruētu pazudušos Antonio Gaudi inženierijas un projektēšanas noslēpumus viņa nepabeigtajā projektā *Sagrada Familia baznīcā Barselonā*. Ar ierobežoti pieejamu informāciju par nepabeigto projektu, parametriskie modelēšanas instrumenti var palīdzēt saprast, ko Antonio Gaudi bijis iecerējis un kā varētu izskatīties pabeigta ēka. Debates par to, vai digitālie instrumenti noved mūs pie norieta digitālajā projektēšanā, atgādina iepriekšējas debates par līdzīgu tēmu – datora teksta redaktoru izgudrošana. Pirmais teksta redaktors *Wordstar* tika izlaists 1979. gadā, kam sekoja daudzu citu ražotāju līdzīgas programmatūras [289]. Tolaik akadēmiķu starpā pastāvēja bažas, ka rakstniecība vairs nebūs tik labi izplānojama, organizēta vai noslīpēta kā agrāk, dēļ fakta, ka teksta redaktorā kļūdas var tikt viegli izlabotas, veseli teikumi vai paragrāfi izgriezti un ielīmēti citās vietās. Tajā pašā laikā daudzi bija pārliecināti, ka ar teksta redaktora palīdzību rakstīšana kļūs demokrātiskāka un visas pasaules mērogā pieejamāka, līdzīgi kā Mak-Kulohs apgalvo par digitālās projektēšanas instrumentiem. Visdrīzāk bažas par šiem projektēšanas instrumentiem pazudīs dažu gadu laikā. Domu gājieni un metodika digitālajā projektēšanā ir atšķirīga, nekā tā ir darbā ar klasiskajiem projektēšanas instrumentiem.

Programmatūra – jaunas iespējas un ierobežojumi

Jaunas projektēšanas programmatūras daudz ātrāk sniedz arhitektiem ievērojami labāku priekšstatu par to, kā viņu projekti tiešām varētu izskatīties, kad tie tiks uzbūvēti. Piemēram, arhitekts var pievienot izgaismojuma koncepciju plāna vai griezumam, un dators šo informāciju spēj nekavējoties pārnest trīsdimensiju modeli vai pat animētā pastaigā pa vizualizēto projektu, padarot vizualizēšanu ļoti vienkāršu. Šāda veida modelēšanu var izmantot, lai radītu reālistiskus projekta attēlus agrīnās konceptuālās stadijās, līdz pat finālam, kur var tikt realizētas pat pašas mazākās detaļas, tādas kā kolonnas pamatnes vai pārejas no vienas telpas otrā. Sanfrancisko arhitekts Maikls Zareckis (*Michael Zaretsky*) uzskaita šādus piemērus, kurus viņaprāt ir kļuvis vienkāršāk vizualizēt izmantojot jaunas programmatūras:

“Stikloto elementu proporcijas pret monolītajiem elementiem, kolonnu formas un griezumumi, cik daudz un kādus elementus projektēt ar pārkari, dažādu variantu izvērtēšana, kā savienot sienu plaknes ar jumtu, gaismas kvalitātes arkādē caur žālūzijām novērtējums, un par to liecina arī citi līdzīgi piemēri [244].” Teorētiski šādas vizualizēšanas tehnikas ne tikai palīdz arhitekta projektēšanas procesā, bet arī nodrošina, ka klients ir apmierināts ar lēmumiem, kas tiek veikti katrā projekta stadijā.

Dažkārt ar datoru veidoti attēli nav pietiekami, lai sniegtu pilnīgu pārskatu par projektu, vai arī tie ir maldinoši. Toms Meins (*Thom Mayne*), atzīts digitālais arhitekts, no arhitektu biroja *Morphosis* paskaidro: “Mūsaprāt mums vēl ir jāveido īsti maketi, jo tie pasaka atšķirīgas lietas nekā virtuālie modeļi.” Tādi arhitekti kā Toms Meins, kurš sāka savu arhitekta karjeru pirms datorizētās projektēšanas laikmeta, apzinās fizisko maketu priekšrocības, salīdzinot tos ar mūsdienu virtuālajiem līdziniekiem/analogiem. Viņi saprot, ka datora medijs nespēj ģenerēt tādu efektu vai skatu, kāds viņiem nepieciešams, ka ir arī citi veidi kā reprezentēt savu darbu. Džerijs Laiserins brīdināja, ka pilnībā digitāli veidoti arhitektūras projekti ir tikai dažu gadu jautājums – vai šai jaunajai arhitektu paaudzei būs pietiekami līdzekļi adekvāti izteikt savas ekspresijas?

Te ir apskatāmas trīs iespējas:

1. Datora vizualizācijas tehnikas uzlabosies līdz tādām līmenim, ka atšķirība starp uz datora veidota attēla un maketa būs nenozīmīga.
2. Neapšaubāmi būs arī tādi arhitekti, kas turpinās veidot fiziskos maketus, iespējams, izmantojot digitālos instrumentus, piemēram, ātro prototipēšanu.
3. Fiziskos maketus vairs neveidos, jo nākamā klientu paaudze būs tik prasmīga lietot datorus, ka ar digitālajiem modeļiem būs pilnībā pietiekami, vai arī – šādi klienti un arhitekti nekad neuzzinātu vai fiziskais makets būtu bijis labāks koncepcijas atainošanas variants.

Par programmatūras argumentu negatīvo pusi Markos Gonsales (*Marcos Gonzalez*), Jēlas Universitātes (*Yale University*) arhitektūras fakultātes asistents-pasniedzējs, apgalvo, ka studenti, kas projektē pa tiešo ar datorizētās projektēšanas līdzekļiem (*CAD*), nemaz neskicējot ar zīmuli uz papīra, pārlietu izmanto modularitātes principus, simetriju un standartā pieejamos leņķus. Šādus apstākļus tiešā veidā rada paši digitālie instrumenti. Tāpēc, ka *CAD* ir veidots, lai radītu moduļus, tos kopētu dažādos veidos un strādātu regulāra tīkla ietvaros, ir viegli iekrist atkārtotu ģeometrisku rakstu lamatās. Markos Gonsales arī apgalvo, ka daudzi

studenti, kas projektē trīsdimensiju programmatūrā *Maya*, izmanto tikai liektas līnijas un burbuļus – un atkal viņus kontrolē programmatūras formu valoda. Viņš saka: “Tikai daži studenti spēj apieties ar programmatūru un radīt to, ko viņi patiešām vēlas, nevis pretēji.” *The New Yorker* arhitektūras kritiķis Pauls Goldbergs (*Paul Goldberger*) saka, ka datori kontrolē ne tikai studentus: “Pusgadsimtu atpakaļ arhitekti spēja iztēloties lietas, kas bija tālāk par tālaika tehnoloģiskajām iespējām. Mūsdienās, tehnoloģija ir pārņēmusi vadību. Digitālie arhitekti – no vismaz post-Gerija laika – neizdomā neordināras formas un tad izdomā, kā tās uzbūvēt. Viņu izdoma nepārkāpj sliedzi, kur tehnoloģija to nespēj aizsniegt. Viņi sāk savu darbu ar datoru un tad skatās līdz kam tas viņus novedīs [68].” Tomēr jābūt uzmanīgiem, kad mēs apskatām programmatūras ierobežojumus un to ietekmi uz arhitektūru, jo iespējams arī diskutēt par to, ka arhitektūra vienmēr ir bijusi sava laika vizualizācijas un projektu attēlošanas tehnisko ierobežojumu gūstekne. Mūsdienās dators visdrīzāk sniedz vairāk iespēju arhitektūrā nekā tas no tās atņem. Nākamajā nodaļā analizēti klasiskie digitālās arhitektūras projektēšanas instrumenti, lai izceltu to iespējas, priekšrocības un trūkumus.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

1.3. Klasiskie digitālās arhitektūras projektēšanas instrumenti

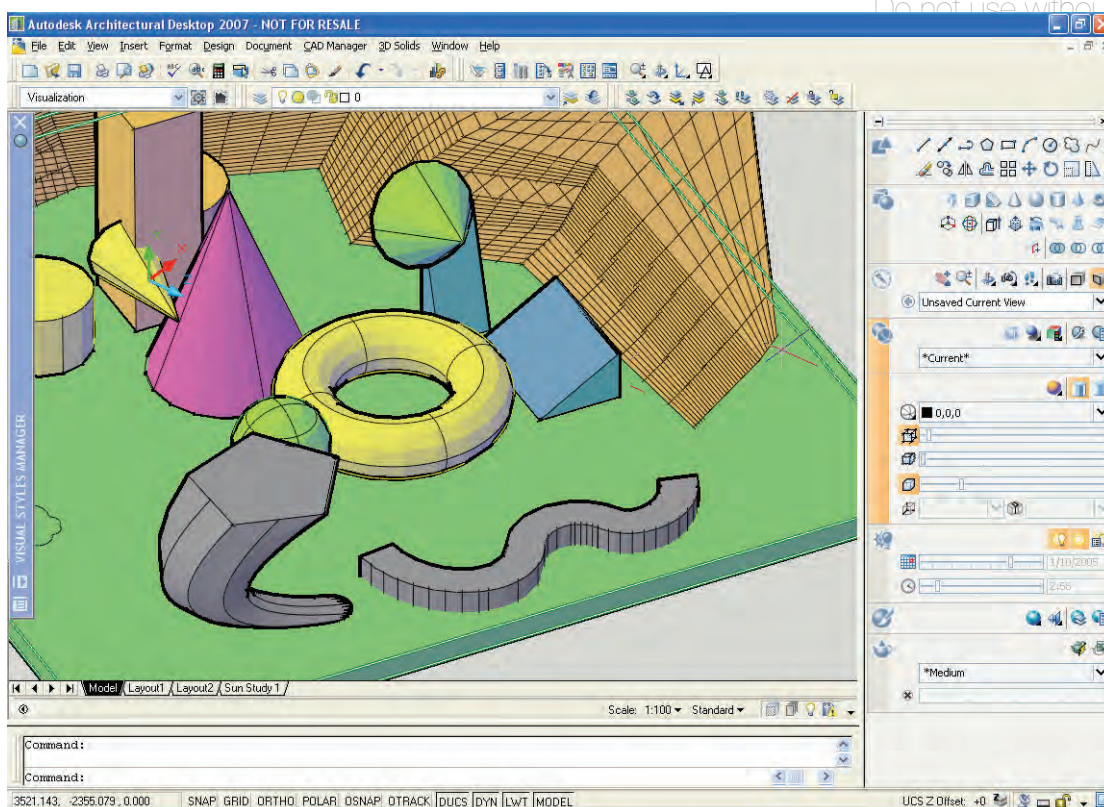
Par klasiskajiem digitālās arhitektūras instrumentiem uzskatāmas programmatūras, kuras vēsturiski veidotas un attīstītas, lai atvieglotu rasēšanu pārejas procesā no rokas zīmētiem uz digitāliem rasējumiem. Sākotnēji šīs programmatūras bija universālas un aprīkotas ar galvenajiem tēlotājas ģeometrijas rasēšanas elementiem, tādējādi noderot visām inženierzinātnēm, kurām nepieciešama rasēšana. Speciāli arhitektūras nozarei šādas programmatūras uz jau esošas programmatūru platformas bāzes sāka veidoties līdz ar agrīno *ArchiCAD* rašanās laiku 1982.–1985. gadā. Tās galvenās atšķirības ietvēra specializētu, arhitektūrai vairāk pielāgotu darbarīku klāstu, dažādas apzīmējumu, simbolu un gatavo vai tipveida būvelementu bibliotēkas. Visbūtiskākais elements, kas nepieciešams klasiskai arhitektūras projektēšanas programmatūrai – trīsdimensiju attēlojums. Mūsdienās visas programmatūras ir ar to aprīkotas, taču savā starpā sacensība notiek starp modelēšanas brīvību un realitātes atainošanas iespējām vizualizācijās, kā arī ar avancētas funkcionalitātes nodrošināšanu sarežģītu projektu realizēšanai.

Pasaulē vispopulārākās programmatūras, kuras lieto arhitekti ir *AutoCAD*, *ArchiCAD*, *Revit*, *SketchUp*, *3Dmax* u.c. mazāk populāras programmatūras. Ļoti līdzīga situācija ir arī Latvijā, ko apliecina promocijas darba ietvaros veiktās aptaujas rezultāti (skat. 2.2. nodaļā). Latvijas arhitektūras ikdienā pārsvarā tiek praktizēts tikai datorizētās projektēšanas un rasējumu sagatavošanas posms, kā arī vizualizāciju veidošana. Datorizētā ražošana faktiski ir neapgūts lauks, jo arhitekti ar ciparvadības iekārtām tikai ļoti retos gadījumos veic dažādus frēzēšanas, lāzergriešanas u.tml. darbus. Parasti šīm darbībām tiek algoti apakšuzņēmēji, kas ir nozares speciālisti datorizētu ciparvadības iekārtu lietošanā. Latvijā būtu nepieciešams apgūt un ieviest praktiskajā darbā arī inovatīvās un netradicionālās digitālās sistēmas (skat. 1.4. nodaļā), nodrošinot jaunu iespēju piedāvāšanu arhitektūras projektēšanā vietējā mērogā un piesaistot jaunus klientus ārvalstīs.

Arhitekti sava darba rezultātu prezentēšanai bieži izmanto arī dažādas grafiskās apstrādes paketes, visbiežāk *Adobe (Illustrator, Photoshop, InDesign)* vai *Corel (Draw, Photo-Paint)*, un arī *Microsoft Office* produkciju. Tā kā šie instrumenti ir palīglīdzekļi, ar kuru palīdzību tiešā veidā projektēšana netiek veikta, sīkāk šī pētījuma ietvaros tie netiks apskatīti.

AutoCAD

AutoCAD ir *CAD* programmatūra divdimensiju un trīsdimensiju projektēšanai un rasēšanai. To izstrādājusi kompānija *Autodesk Inc.* un pirmo reizi tā tika prezentēta Lasvegasā tehnoloģiju izstādē *COMDEX* 1982. gada novembrī. Tā bija viena no pirmajām *CAD* programmatūrām, kuru varēja darbināt uz personālā datora [196]. Pirmā versija pazīstama kā *AutoCAD* 1.0 vai *AutoCAD* 86. Tā ietvēra pamata rasēšanas funkcijas, kas līdzinājās rasēšanai ar roku, un šī iemesla pēc *AutoCAD* kļuva par vispopulārāko profesionālo tehniskās rasēšanas programmatūru. *AutoCAD* ir daudzu citu rasēšanas un modelēšanas programmatūru aizsācēja, kuras īpašības kopējušas tādas programmatūras kā, piemēram, *Revit* un *SketchUp* [265]. Līdz 2011. gadam izlaistas 25 *AutoCAD* versijas un ar katru no tām papildināts instrumentu klāsts, kas atvieglo projektēšanu. Jo īpaši pēdējās desmitgades laikā uzlabojumi veidoti balstoties uz klientu atsauksmēm un vēlmēm, kā arī uz pētījumiem, kuros *Autodesk* investējusi vairākus miljonus.



1.8. att. *AutoCAD Architecture* lietotāja interfeiss. Kopš 2007. gada versijas ir nedaudz uzlabota trīsdimensiju modelēšana, vēl arvien ar tās galvenajiem instrumentiem ir diezgan ierobežotas formveides iespējas.

AutoCAD instrumentu klāstā pieejamas visas ar tradicionālo rasēšanu saistītās darbības, sākot no vienkāršiem ģeometriskiem pamatelementiem – punkts, līnija, elipses, liklīnijas, teksti – līdz daudz sarežģītākām darbībām – noapaļošana, atskaites punkti utt. Kopš deviņdesmito gadu vidus *AutoCAD* atbalsta individuāli veidotu objektu lietošanu ar uz C++ programmēšanas valodu balstītu aplikāciju programmēšanas interfeisu (angļu val. – *Application Programming Interface, API*). *AutoCAD* atbalsta dažādus papildinājumus dažādu darbību individualizēšanai un automatizēšanai, piemēram, *AutoLISP, Visual LISP, VBA, .NET* un *ObjectARX*. *ObjectARX* ir objektu bibliotēkas paplašinājums, kas bija priekšnosacījums *AutoCAD Architecture, AutoCAD Electrical, AutoCAD Civil 3D* un citu *AutoCAD* versiju izveidei. Katra no šīm *AutoCAD* versijām ir orientēta uz specifisku nozari un tai nepieciešamajiem rasēšanas instrumentiem, kā arī katrā no šīm versijām ir papildināta ar tai unikālu gatavo objektu bibliotēku. Jaunākajās *AutoCAD* versijās pieejami arī trīsdimensiju modelēšanas instrumenti, kas tomēr ir relatīvi vāji un nespēj konkurēt ar īpašām trīsdimensiju modelēšanas programmatūrām.

Rasēšanu atvieglo vairāku darba slāņu (angļu val. – *layers*) izmantošana, izvietojot dažādas rasējuma daļas atšķirīgos slāņos, tos atslēdzot vai arī kopējot un tādējādi veidojot vairākus rasējuma variantus. Tādā veidā nododot ēkas plāna rasējumu inženierkomunikāciju speciālistam, apkures, ūdens, ventilācijas vai citi specifiski risinājumi būs atšķirīgos rasējuma slāņos, būtiski atvieglojot sadarbību starp nozares speciālistiem.

AutoCAD faila paplašinājums ir *DWG*. Tas ir viens no populārākajiem rasējumu faila formātiem, kurš nodrošina vecāku rasējumu atpazīšanu jaunākās programmatūras versijās. Vispopulārākās versijas *DWG* faili, kuri ir visplašāk izmantoti un tamdēļ arī savietojami ar citām sistēmām ir *Acad R14* (*AutoCAD* versijas līdz 1997. gadam), *Acad 2000* vai *Acad 2004* versijas. Šobrīd jaunākās *AutoCAD* versijas jau izmanto vēl jaunākas *DWG* faila versijas formātus, taču tiklīdz jāsadarbojas ar kādu inženieri vai citu speciālistu, bieži vien tehnisko dokumentu izstrādātāji lieto vēl arvien vecākas versijas, lūdzot pirms rasējumu nodošanas tālāk tos saglabāt vecākās *DWG* faila versijās.

Lai arī daudzas citas programmatūras tiek uzskatītas par ar *DWG* failu formātu savietojamas, t.i., tās spēj konvertēt rasējuma datus no un uz *AutoCAD DWG* failiem. Taču nereti šī savietojamība ir nepilnīga un ja tā dara, tad pat nelielas kļūdas konvertēšanas procesā rada neprofesionālu un nesakārtotu iespaidu. Ja jāsadarbojas ar speciālistiem, kas izmanto citas *CAD* sistēmas, jābūt gatavam pavadīt kādu laiku apzinot un labojot konvertēšanas problēmas [232, 12].

AutoCAD LT

Konkurences apstākļos, kad daudzas rasēšanas programmatūras samazina savu izstrādājumu cenas un pieejami arvien vairāki bezmaksas rasēšanas instrumenti, arī *Autodesk* izveidoja lētāku versiju *AutoCAD LT* (orientējoši 2011. gada *LT* versijas cena ir trīs reizes lētāka par standarta versiju). Pēc darba interfeisa *LT* versija ir gandrīz identiska oriģinālajai versijai, un tās iespējas pēc paša izstrādātāja veiktiem pētījumiem vajadzētu būt pietiekošas gandrīz 80% *AutoCAD* lietotājiem un to rasēšanas vajadzībām. *AutoCAD LT* versijā salīdzinot ar oriģinālo „pilno“ versiju nav šādu iespēju:

- trīsdimensiju modelēšana un trīsdimensiju printēšana;
- licences izmantošana datortīklā uz vairākiem datoriem vienlaikus;
- individualizēšana ar *LISP*, *ARX* un *VBA*;
- automatizēšanas iespējas ar rasējumu izkārtojumu menedžeri (*Sheet Set Manager*) un darbību ieraksts (*Action Recorder*);
- *CAD* standartu menedžmenta instrumenti.

AutoCAD Architecture

Speciāli arhitektūras datorizētās projektēšanas videi veidotā *AutoCAD Architecture* versija ietver parametrisku arhitektūras objektu bibliotēkas (pamati, sienas, pārsegumi, logi, durvis u.c. elementi). Šie objekti tiek ievietoti rasējumā trīsdimensionāli un tas būtiski atvieglo dažādu rasējumu un griezumu izveidošanu, jo izmainot kādu no elementiem vienuviet tie izmainās visos skatos – t.s. “inteliģentie” arhitektūras objekti saglabā dinamisko saikni ar rasējumu dokumentāciju un specifikācijām, nodrošinot precīzu darba rasējumu izveidošanu. Izmainot telpu izmērus, arī telpu eksplikācijās aprēķinātās platības tiek automātiski atjaunotas. Tās ir priekšrocības, kas vajadzīgas arhitekta darba veikšanai, samazinot iespējas kļūdīties un paātrinot projektēšanas gaitu.

ArchiCAD

ArchiCAD ir Ungāru kompānijas *Graphisoft* arhitektūras datorizētās projektēšanas vides programmatūra, kas izstrādāta tieši arhitektu vajadzībām. Tā ir balstīta uz ēku informācijas modelēšanas principu (angļu val. – *Building Information Modeling, BIM*). *ArchiCAD* darba princips, kā definē izstrādātāji ir – simulēt ēku, nevis rasējamo dēli [69]. Ar *ArchiCAD* var radīt specializētus risinājumus visa veida iespējamajām estētiskajām un inženiertehniskajām vajadzībām visos projektēšanas procesos, kas saistīti ar ēkām, interjeriem, pilsētplānošanu utt.

ArchiCAD sāka izstrādāt 1982. gadā uz *Apple Macintosh* bāzes. 1987. gadā *Graphisoft* kompānija izstrādāja *BIM* stūrakmeni – pirmo virtuālās ēkas (angļu val. – *Virtual Building*) koncepciju. Šobrīd šo koncepciju izmanto vairāk nekā 150000 arhitektu visā pasaulē [193]. *ArchiCAD* programmatūras pakete ietver visus instrumentus 2D (divdimensiju) un 3D (trīsdimensiju) rasēšanai, vizualizācijām u.c. funkcijām, kas nepieciešamas arhitektiem, dizaineriem un plānotājiem. Tajā ietverta arī datorsalikuma programmatūra ar ļoti līdzīgām funkcijām kā citās plaši pazīstamās izdevniecību programmatūrās, lai izveidotu tehnisko rasējumu, attēlu un tekstu salikumus, kas ir gatavi drukai. Vienlaikus *ArchiCAD* ietver arī dokumentu menedžmenta programmatūru, kuru var darbināt datortīklā attālinātā režīmā, saglabājot dažādas dokumentu versijas un rezerves kopijas ar atjaunošanas funkciju. Galvenā priekšrocība sagatavojot rasējumus ir tas, ka nenotiek iejaukšanās pašā projekta darba modelī. Iespējams sagatavot arī vairākus gatavus salikumu šablonus, piemēram, kas atbilst vienotam kompānijas stilam.

ArchiCAD elastīgums un spēks ir tajā, ka tiek radīts reālas ēkas digitāls modelis, saglabājot visu informāciju vienā centrālajā projekta failā. No šī integrētā trīsdimensiju virtuālās ēkas modeļa var iegūt:

- pilnvērtīgus plānus, griezumus un fasādes;
- arhitektūras daļu un konstrukciju detaļas;
- kvantitatīvus datus par materiālu daudzumiem, logiem, durvīm un apdares veidiem, kā arī par ēkas citiem rādītājiem;
- vizualizācijas, animācijas un virtuālās realitātes (angļu val. – *Virtual Reality, VR*) ainas.

Tā kā visa informācija par projekta modeli ir vienotā projekta failā, ēkas modelis visu laiku tiek integrēts un atjaunināts visa projektēšanas darba laikā. Izmaiņas, kas veiktas vienā skatā, tiek automātiski atjaunotas visos citos skatos, t.sk. stāvu plānos, griezumos, fasādēs, trīsdimensiju modeļos un materiālu specifikācijās.

ArchiCAD instrumentu palete ir veidota pēc ēku būvēšanas principa. Specializēti instrumenti sienām, pamatiem, kolonnām, pārsegumiem, jumtiem u.c. objektiem un labiekārtojuma elementiem veido ēkas modeli, tos ievietojot stāvu plānos vai pa tiešo trīsdimensiju darba logā, saturot informāciju par to augstumu, biezumu, materiālu un citām īpašībām. Visi šie elementi – inteligētie arhitektūras komponenti – reaģē uz apkārt esošajiem elementiem, piemēram, sienu krustošanās gadījumā griezuma vietas tiek likvidētas automātiski, pārsegumiem var uzstādīt šķelšanās prioritātes, un jumti var apgriezt ēku elementus utt. Tāpēc, ka visi *ArchiCAD* elementi ir ļoti parametriski, to īpašības var izmainīt darba gaitā, nodrošinot maksimālu projektēšanas elastīgumu un ātrumu.

Tā kā *ArchiCAD* virtuālais ēkas modelis ir pilnībā integrēts, būvniecībai nepieciešamie dokumenti un faili iegūstami bez papildus programmatūras un praktiski bez papildus darba. Tas nodrošina precizitāti un var ietaupīt simtiem rasēšanas darba stundu. Darba modelī ir iespējams izveidot bezgalīgu skaitu fasāžu un griezumu, kas pastāvīgi tiek atjaunināti. Elementus var pārvietot vai izmainīt to izmērus pa tiešo jebkurā griezumā vai fasādē. Ar vizualizēšanas instrumentiem var izcelt projekta īpašības, vienmēr sniedzot pievilcīgus rezultātus. Ar *ArchiCAD* var veidot arī fotoreālistiskus trīsdimensionālus griezumus.

ArchiCAD komandas darba (angļu val. – *Team Work*) koncepcija ļauj veselai arhitektu komandai strādāt pie projekta vienlaicīgi lokālā tīklā vai internetā. Komandas darbs notiek kompaktajā virtuālās ēkas failā tā, ka komanda var sadalīt ēkas daļas, pie kurām katrs strādā, koplietot veiktās izmaiņas vai vienkārši sekot līdzi pie kā citi kolēģi šobrīd strādā. Daļa no projekta faila var tikt saglabāta kā modulis, lai pie tā strādātu atsevišķi, un tas var tikt savienots ar oriģinālo projekta failu jebkurā brīdī. Šādi var savienot vairākus komandas darba projektus vienkopus.

Graphisoft ir daudz strādājuši pie savietojamības. Produktivitātes pēc ir ļoti būtiski, lai faila formāti būtu savietojami sadarbojoties ar citu nozaru speciālistiem vai arī pārņemot darbu no vecākas *CAD* sistēmas. *ArchiCAD* var importēt digitālās topogrāfijas un trīsdimensionālus novietnes modeļus, inženieru rasējumu failus, simbolu un modeļu bibliotēkas, skenētus un vektorizētus attēlus vairumā plaši lietotajos *CAD* formātos, t.sk. *DXF*, *DWG* (*AutoCAD*) un *DGN* (*MicroStation*). Konvertēšanas procesā inteligentā veidā tiek ņemti vērā dažādu slāņu lietojumi un savstarpējie savienojumi (angļu val. – *cross references*, *Xrefs*).

Visi *ArchiCAD* bibliotēkas objekti tiek veidoti ar ģeometrisko aprakstīšanas valodu (angļu val. – *Geometric Description Language*, *GDL*). Tās pamatā ir vienkārši apgūstama programmēšanas valoda, kas balstīta uz objektiem un kurā var izmantot

parametriskus uzstādījumus. *GDL* objektus var veidot arī no gataviem trīsdimensiju modeļiem, tiem piešķirot dažādus dimensiju un citu īpašību uzstādījumus. Daudzi interjera elementu ražotāji un dizaineri veido savu mēbeļu, santehnikas un sadzīves tehnikas kolekciju datorizētās *GDL* bibliotēkas. Tas atvieglo sadarbību ar šo izstrādājumu ražotājiem un veicina viņu preču piedāvāšanu klientiem, jo gatavus objektus vairumā gadījumu ir daudz vieglāk izmantot arhitektūras projektos, nekā mēģināt radīt savus dizaina priekšmetus. Pasaulē ir uzņēmumi, kas specializējušies tikai no preču produktu katalogiem izveidot *GDL* objektus, lai tie būtu projektētājiem pieejami un ērti lietojami. Šādu *GDL* objektu lietošana būtiski atvieglo būvniecības elementu pasūtīšanu un tāmēšanas procesu. Aprēķinos nepieciešamā informācija tiek iegūta pa tiešo no ēkas modeļa. Vislabāk *GDL* priekšrocības jūtas lielos būvprojektos, kuros automātiski aprēķini būtiski samazina darba laiku un samazina kļūdu iespējamību. Individualizētu elementu pasūtīšanā pa tiešo no arhitekta ēkas modeļa tiek veikts pasūtījums ražotājiem un tādējādi nodrošināta visaugstākā precizitāte, un nekļūdīga nepieciešamo elementu izmēru ievērošana. *GDL* bibliotēku izveide ir efektīgs mārketinga kanāls mēbeļu un konstrukciju elementu ražotājiem, kur klients iegūst reālistisku attēlu par savu projektu.

Revit Architecture

Revit ir *Autodesk Inc.* arhitektiem paredzētā projektēšanas programmatūra, kas balstīta uz ēku informācijas modelēšanas principu. *Revit* galvenās iespējas ir parametriska trīsdimensiju modelēšana, saglabājot arī standarta divdimensiju rasēšanas funkcijas. Datorizētajā projektēšanas vidē tiek izveidots pilnvērtīgs ēkas trīsdimensiju modelis no intelligentiem, parametriski maināmiem objektiem. *Revit* projekta faila paplašinājums ir *RVT* un tā datubāzē papildus iespējams ievietot informāciju par projekta dažādajām stadijām vai cikliem, no koncepcijas līdz būvniecībai un tāmēšanai – nereti tas tiek saukts par *4D CAD*, kur laiks ir definēts ar ceturto dimensiju [264].

Revit saglabā visu informāciju par ēkas informācijas modeli vienā *RVT* failā. Parasti šāda virtuāla ēka izveidota no trīsdimensiju objektiem – sienām, pārsegumiem, struktūras elementiem, logiem, durvīm u.c. objektiem. Šie ēkas trīsdimensiju objekti tiek apzīmēti kā „ģimenes“ (angļu val. – *families*) un tie glabājas *RFA* failos, kas nepieciešamības gadījumā tiek importēti *Revit RVT* datubāzē. *Revit* virtuālo modeli iespējams atainot dažādos veidos, kas nepieciešams projektēšanas darbam. Atainošanas veidi var būt plāni, griezumi, fasādes, eksplikācijas vai laika grafiki. Tā kā izmaiņas jebkurā no atainošanas veidiem tiek ieviestas centrālajā trīsdimensiju

modelī, tās vienlaikus arī atjaunojas visos citos skatos un eksplikācijās. Eksplikācijas un rasējumi ir vienmēr savstarpēji sinhroni koordinēti.

Revit nodrošina darbu komandā, jo projekta datubāze var tikt koplietota starp vairākiem lietotājiem vienlaikus. Galvenais darba *RVT* fails tiek ievietots projektēšanas biroja datortīkla serverī. Katrs lietotājs strādā uz centrālā faila kopijas (vietējais fails), kas saglabāts lietotāja datorā. Darba gaitā lietotāji saglabā izmaiņas centrālajā failā, to papildinot un saņemot izmaiņas no citiem lietotājiem. *Revit* visu laiku pārbauda, līdzko lietotājs sāk darbu ar kādu no datubāzes objektiem un seko līdzi, ja cits lietotājs jau labo vai papildina šo objektu. Šī procedūra nepieļauj diviem lietotājiem vienlaicīgi labot vienu un to pašu detaļu, kā arī novērš konfliktus. *Revit* komandas darbs visefektīvāk lietojams, ja pie viena projekta strādā dažādu nozaru speciālisti, kad iespējams savienot projekta faila datubāzes ar citu projekta konsultantu datubāzēm, lai veiktu dažādas pārbaudes. Komanda *Revision* arī veic pārbaudi pret kolizijām (angļu val. – *collision checking*), kas atpazīst to, ja atšķirīgi ēkas komponenti aizņem vienu un to pašu fizisko telpu.

Revit trīsdimensiju modeļu izveidošanai izmanto līdzīgu darba vidi, kā programmatūrā *Autodesk Inventor*, ļaujot veikt virkni dažādu operāciju, lai izveidotu trīsdimensiju objektus (ekstrudēšana, šķērsriezuma rotēšana vai izveidošana pa precīzu perimetru, formu sapludināšana, griešana utt.). Ir arī daži modelēšanas ierobežojumi – *Revit* neļauj lietotājam izmainīt kāda objekta individuālos poligonus.

Pieredzējis lietotājs spēj izveidot objektus reālistiski un precīzi, kā arī importēt modeļus no citām modelēšanas programmatūrām. Tādējādi tiek nodrošināts, ka objektu ģeneratīvās komponentes var tikt kontrolētas parametriski. *Revit* jaunie trīsdimensiju objekti var tikt veidoti parametriski – ar maināmiem izmēriem, piemēram, augstumu un platumu.

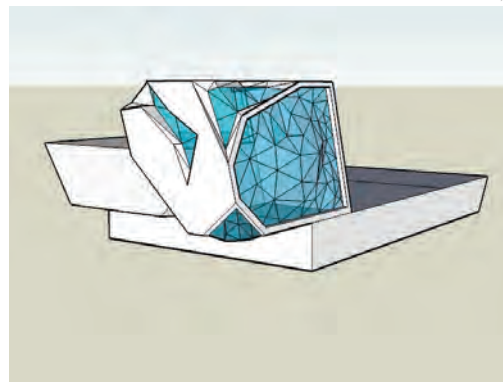
SketchUp

SketchUp sāka izstrādāt 2000. gadā kompānija *@Last Software*. Tās sākotnējā ideja bija radīt visiem pieejamu trīsdimensiju modelēšanas programmatūru, kurā iespējams zīmēt ar līdzīgu sajūtu un brīvību kā ar zīmuli uz papīra, vienkāršotā un elegantā lietotāja interfeisā, ko būtu viegli iemācīties un lietot [275]. *SketchUp* izstrādātāji izveidoja programmatūras papildinājumu, lai savietotu savus failus ar *Google Earth* digitālajām kartēm, kas radīja kompānijas *Google* milzu interesi par šo produktu, līdz *Google* pārpirka visu kompāniju savā īpašumā 2006. gadā. Programmatūrai ir divas versijas, bezmaksas versija mājas un privātai lietošanai, kā arī *SketchUp Pro* maksas versija profesionālai lietošanai. No 2007. gada *SketchUp* tika pārstrādāts un rūpīgi pilnveidots, piemēram, ar programmatūras papildinājumu *Google SketchUp LayOut*, kas pieejama tikai profesionālajā versijā. Ar šo papildinājumu, kas aprīkots ar daudzveidīgiem divdimensiju vektoru un rasēšanas instrumentiem, iespējams ātri un profesionāli izveidot *SketchUp* projektu prezentācijas, rasējumus un citas datorsalikumam nepieciešamās darbības. Profesionālā versija spēj arī eksportēt un importēt trīsdimensiju modeļus starp gandrīz visiem populārākajiem failu formātiem, nodrošinot veiksmīgu darba plūsmas organizēšanu, piemēram, izveidojot projekta trīsdimensiju modeļa uzmetumu *SketchUp*, un tad to izstrādājot par gatavu būvprojektu *ArchiCAD* vai *AutoCAD* programmatūrās.



1.9. att. Interjera vizualizācija, kas modelēta tikai *SketchUp* vidē. Konceptuāls projekts vestibila interjeram, Džuljeta Loida (*Juliet Lloyd*), Viktorijas Universitāte Velingtonā, Jaunzēlande.

SketchUp galvenā modelēšanas sistēma un metode, kas patentēta ASV – funkcija „vilkt-izstiept“ (angļu val. – *Push/Pull technology*). Trīsdimensiju projektēšanas un modelēšanas vide ļauj lietotājiem uzzīmēt kontūras vai objektu perimetrus divdimensiju veidā, līdzīgi kā to dara zīmējot ar zīmuli uz papīra. Šīs divdimensiju virsmas iespējams vilkt vai izstiept telpiskā dimensijā ar modelēšanas vidē pieejamiem darbarīkiem, lai viegli un intuitīvi modelētu trīsdimensionālus apjomus un ģeometriskas formas [275]. Ar šādu koncepciju, papildinājumā ar pārējiem *SketchUp* standarta trīsdimensiju modelēšanas rīkiem, tas ir ļoti spēcīgs instruments dizaineru un arhitektu rokās. Taču potenciāls nerobežojas tikai ar projekta izstrādi vien – *SketchUp* savienojums ar *Google Earth* nodrošina modeļa ievietošanu reālā vidē digitālajās kartēs, un pats galvenais, modeļi var pārsūtīt apskatīšanai vai izvērtēšanai, kā vienkāršu e-pasta faila pielikumu. Šādu pielikumu var atvērt praktiski jebkurš lietotājs ar pamata prasmēm datora lietošanā un *Google Earth* digitālajām kartēm.



1.10. un 1.11. att. Ledāja fragments; Ar *SketchUp* veidots studiju projekta – paviljona Talsos vizualizācija, iedvesmojoties no ledāja kristāliskās struktūras. RTU APF students Oskars Vāvere, 2009. gada pavasara semestris.

Balstoties uz šīs platformas, ir realizēts arī darba uzdevums RTU arhitektūras profesionālās programmas studentiem teritoriju plānošanas specializācijā, strādājot pie projekta „Latvijas piekrastes telpiskā attīstība“. Šāda pieeja paver jaunu iespēju plānošanai iznākt no verbālā, plakanā formāta un atvērties ar konkrētu vietu saistītā vīzijā, kļūst saprotamai. Atsevišķos modeļus apvienojot *Google Earth* vidē, tiek nodrošināta ērta datu apmaiņa ar sabiedrību un demonstrēta arhitekta kā “publiskās telpas advokāta” loma piekrastes attīstībā un identitātes saglabāšanā. Piedāvātais vizuālās modelēšanas veids balstīts uz jauna un visiem pieejama *Google Earth* modeļa lietojuma, kas piekrastes plānojumus ar to pastāvīgi mainīgo situāciju varētu būt visilgtspējīgākais, ērtākais un pieejamākais visur un visu līmeņu dalībniekiem vienlaicīgi gan plānošanas procesā, gan monitoringam lielos un lokālos modeļos neatkarīgi no to mērogiem. Plānošana kļūst atvērta un tās rezultāti

vizuāli prognozējami. Precīzu datu kopuma izveidei un apmaiņai ar pašvaldībām un attīstītājiem tiek izmantots *ArcReader Esri*, profesionālas GIS sistēmas formāts. [22]. Rezultātā viens no pētījumam izvirzītajiem galvenajiem uzdevumiem – plānot un pārvaldīt apdzīvojuma struktūru un antropogēno slodžu telpiskās ietekmes un prognozēt izmaiņas aktuālās tirgus ekonomikas apstākļos, tiek izpildīts ar integrētu pieeju attīstības plānošanai jūras piekrastē. Baltijas jūras krasta pagastu teritoriju plānojumi ir ietverti vienotā modelī. Ir sagatavotas iestrādes padadziņinātai tēmas izpētei un modeļa aprobācijai lokālā līmenī, kā arī vietu konkurētspējas palielināšanai reģionālā un starptautiskā kontekstā. Tālākā piekrastes zonas izpētē aktīvi jāizmanto telpiskās modelēšanas metodes nacionālajā reģionālās plānošanas līmenī, administratīvi teritoriālās reformas ietvaros un novadu mērogā [190]. *Google Earth* ir ļoti pieejams un saprotams ikvienam – tā izmantošana ir šī projekta panākumu atslēga. Gatavus priekšlikumus var nosūtīt sabiedrībai ar e-pasta pielikumiem kā *KMZ* failus (*Google Earth* formāts), kurus viegli atvērt un apskatīties. Arī *Google Earth* regulāri tiek papildināts ar lietotāju trīsdimensionāli modelētiem objektiem, t.sk. arī ar ēkām, kas uzskatāmas par arhitektūras ikonām (skat. piemēru 1.12. un 1.13. attēlā).



1.12. un 1.13. att. *Mikimoto* veikala ēka Tokijā, Japānā. Arhitekts Toiyo Ito (*Toyo Ito*);
Tā pati ēka *Google Earth* vidē, trīsdimensionāli atveidota ar *SketchUp*.

SketchUp ir ātrs un ērts trīsdimensiju modelēšanas instruments ēku apjoma skicēm, pilsētplānošanas uzdevumiem, kā arī detalizētākiem un vienkāršotiem interjera noformējumiem. Galvenā *SketchUp* priekšrocība – tās apgūšanai nepieciešams mazāk laika nekā citiem trīsdimensiju modelēšanas instrumentiem.

3ds Max

Pirms divdesmit gadiem izveidotā trīsdimensiju modelēšanas programmatūra, kuras sākotnējais nosaukums bija *3D Studio MAX*, šobrīd ir izveidojusies par nopietnu modelēšanas, animācijas un vizualizēšanas instrumentu. Jaunākā programmatūras versija *3ds Max 2012* norāda uz jaunas ēras sākumu produktivitātē un darba kvalitātē. Tā nodrošina izmantot jaunākās tehnoloģijas datorgrafikā, lai veicinātu patiesu radošumu un lai pārkāptu robežas tam, kas ir iespējams – tieši tā, kā tas bija pirms divdesmit gadiem [197]. Šobrīd *3ds Max* ir kompānijas *Autodesk* īpašumā.

3ds Max instrumentu klāsts ietver visu, kas nepieciešams poligonālu, *NURBS* un virsmu objektu modelēšanai. Pamata darbarīki ir kubs, cilindrs, tors, konuss, sfēra, caurule, piramīda, plakne u.c. ģeometriskas formas. Modelēšanas rīki ļauj veidot praktiski neierobežotu formu objektus, līdz ar to *3ds Max* var uzskatīt par vienu no visspēcīgākajiem trīsdimensiju modelēšanas instrumentiem. Programmatūru iespējams paplašināt ar virkni dažādiem papildinājumiem, kurus profesionāli, kas labi pārzina *3ds Max* programmēšanas valodu, var izveidot paši. Programmēšana iespējama arī tikai izmantojot iebūvēto skriptinga valodu *MAXScript*, kuru var izmantot, lai automatizētu vairākkārt atkārtojamas darbības, kombinētu pieejamo funkcionalitāti jaunos veidos, vai arī, lai radītu jaunus instrumentus, lietotāja interfeisus utt.

3ds Max modeļa faila formāts ir ar paplašinājumu *3DS*. Šis failu formāts ir kļuvis par universālu industrijas standartu, lai pārnestu modeļus no vienas trīsdimensiju programmatūras citā. To arī izmanto, arhivējot trīsdimensiju modeļus dažādās modeļu katalogu bibliotēkās [253]. Ir svarīgi atzīmēt, ka kopš 1990. gada, kad tas tika izstrādāts, *3DS* fails vienmēr ir bijis veidots binārā formātā, nodrošinot ātrākus datu ielādes laikus un mazākus izmērus, nekā to spēj uz tekstu balstītie failu formāti. *3DS* failus atpazīst vairums citas programmatūras, padarot *3ds Max* par ļoti pievilcīgu instrumentu, kurā veikt modelēšanas un vizualizēšanas uzdevumus. Pats *3ds Max* spēj importēt arī *Autocad DWG* failus, nodrošinot arī arhitektūras rasējumu pārvešanu īstā trīsdimensiju vidē. Kopumā *3ds Max* ir ļoti labi savietojams ar arhitektūras darba plūsmu starp dažādām programmatūrām.

3ds Max ir aprīkots ar iespēju veidot fotoreālistiskas vizualizācijas ar tai komplektā esošo standarta *Scanline rendering*, kā arī ar profesionālo *Mental Ray Renderer* un *iray Renderer* vizualizēšanas sistēmu. *Mental Ray* ir spēcīga gaismas staru vizualizēšanas sistēma, kas imitē izgaismojumu ar visām tā fiziskajām īpašībām, līdzīgi kā dabā. *Mental Ray* pieejams arī kā neatkarīgs produkts, kas darbināms pilnīgi

neatkarīgi no trīsdimensiju modelēšanas programmatūras, tādā veidā iespējama lielāku vizualizāciju veidošana datortīklā, uz vairākiem datoriem vienlaikus sadalot animācijas pa kadriem, un vēlāk jau gatavas vizualizācijas atkal apvienojot vienotā failā. *3ds Max* un *Mental Ray* vizualizēšanas iespējas ļoti plaši izmanto kino industrija, datorspēļu ražotāji un arīdzan arhitekti, lai radītu efektīgas interjeru, eksterjeru vai jebkuras citas arhitektūras vizualizācijas. Savukārt *iray Renderer* ir pavisam jauna vizualizēšanas sistēma, kas pieejama *3ds Max* tikai sākot ar versiju 2012. Šī sistēma spēj veidot vizualizācijas, kas ļoti līdzinās dabiskiem fotouzņēmumiem, ar daudz vienkāršākiem lietotāja uzstādījumiem, nekā *Mental Ray*. Vizualizēšanas sistēma *iray* veido labāk paredzamas, precīzākas un tuvāk reālai dabai līdzīgas vizualizācijas, intuitīvi un ar īstām materiālu tekstūrām, gaismas efektiem utt. Sistēma *iray* atšķiras arī ar to, ka uzstādījumos var norādīt precīzu laiku, cik ilgi katrs attēls jāveido, tādējādi automātiski regulējot arī kvalitātes un citas ar detalizācijas pakāpi saistītas uzstādījumu nianšes.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Analizējot izplatītākos klasiskos digitālos arhitektūras projektēšanas instrumentus, redzams, ka vairums no tiem ir labi un pārdomāti izstrādājumi, lai radītu darba rasējumus. Visas galvenās priekšrocības un būtiskākie trūkumi apskatīti 1.2. tabulā. Tajā redzams, ka *AutoCAD* ir visplašāk izmantotā datorizētās projektēšanas programmatūra un vienlaikus arī tirgus līderis šajā segmentā. *AutoCAD* ir ļoti labi savietojams arī ar *Revit* un *3ds Max*, ko izskaidro fakts, ka visu šo programmatūru īpašnieks un izstrādātājs ir kompānija *Autodesk*. Paraleli tam, tomēr specializējoties uz arhitekta ikdienas darbu ar projektiem un rasējumiem, *ArchiCAD* ir izstrādāts un pieslīpēts tieši arhitektiem kopš tās pirmās versijas. Tās izstrādātājs *Graphisoft* katrā jaunākajā versijā vienmēr iestrādā arvien jaunas iespējas, kuras radītas, ņemot vērā lietotāju vēlmes. Jaunākajās versijās ir iespējas arī realizēt augstas sarežģītības formveides objektus, kas, ievērojot mūsdienu arhitektūras tendences, ir ļoti pieprasīta programmatūras īpašība. Arhitektu darba plūsmā iederas arī ļoti augsta līmeņa trīsdimensiju modelēšanas programmatūra – *3ds Max*. Tā ir izcila programmatūra, ar kuras palīdzību iespējams modelēt nopietnus jebkuras sarežģītības pakāpes objektus – unikālus interjeru vai ēku projektus, kā arī veikt to fotorealistiskas vizualizācijas. Visvairāk arhitektu *3ds Max* izmanto citās arhitektūras projektēšanas programmatūrās radītu trīsdimensiju modeļu vizualizēšanai. Ātrām trīsdimensiju skicēm un ideju ģenerēšanai izmantojama programmatūra *SketchUp*. Tā ir viegli apgūstama (pamata versija ir bezmaksas), kā arī to ļoti plaši izmanto universitātēs arhitektūras studiju projektiem visā pasaulē. Visu šo programmatūru sarežģītība un lietojamība ir atkarīga no iemaņām. Ja ir pierasts pie vienas platformas, uz otru pārslēgties ir samērā grūti. Lai maksimāli izmantotu šo instrumentu potenciālu, padziļināti jāapgūst to iespējas un jāizprot veidi, kā savas arhitektūras idejas var modelēt digitālā veidā. Klasiskie digitālās arhitektūras projektēšanas instrumenti būtiski var atvieglot darba procesu un veicināt jaunu mūsdienīgas arhitektūras ideju radīšanu, vizualizēšanu un to darba rasējumu veidošanu. Vadošajos arhitektūras projektēšanas instrumentos pietrūkst *CAD/CAM* saiknes trīsdimensiju datorizētās ražošanas izmantošanai arhitektūrā. Tāpēc nākamajā nodaļā apskatītas arhitektūras projektēšanā izmantojamās inovatīvās un netradicionālās digitālās sistēmas, ar kurām iespējams izdarīt to, ko nevar ar klasiskajiem projektēšanas instrumentiem.

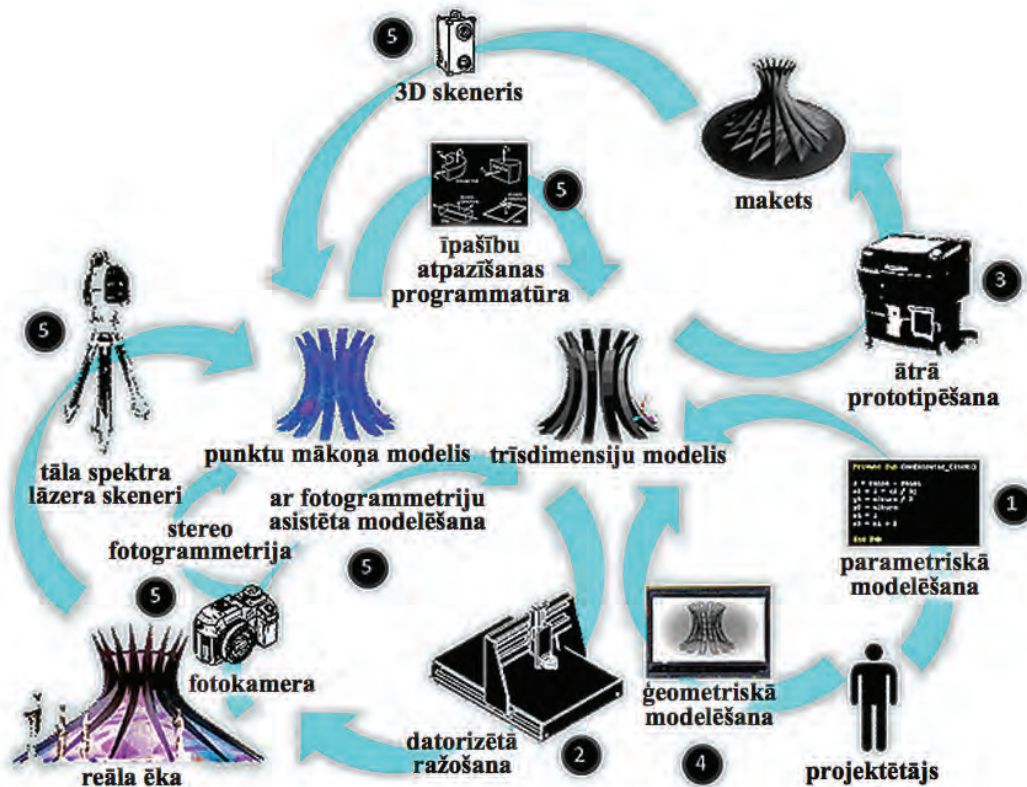
Klasisko digitālo arhitektūras projektēšanas instrumentu salīdzinošā tabula

Programmatūra	Faila formāti	Izmantošanas lauks	Galvenās priekšrocības	Būtiskākie trūkumi
<p>AutoCAD 3995 USD</p> <p>AutoCAD LT 1200 USD</p> <p>AutoCAD Architect. 4995 USD (Autodesk)</p>	DWG, DXF	<ul style="list-style-type: none"> • CAD • Rasēšana 	<ul style="list-style-type: none"> • Visplašāk izmantotā CAD platforma pasaulē • Augsta savietojamība • Mazi failu izmēri • Izmantojams 2D CAM – ciparvadības datorizētajai ražošanai 	<ul style="list-style-type: none"> • Pietrūkst instrumentu sarežģītu formu objektu radīšanai • Neparocīga objektu orientēta projektēšana
<p>ArchiCAD 4250 USD (Graphisoft)</p>	PLN	<ul style="list-style-type: none"> • BIM - ēku informācijas modelēšana arhitektūras projektēšanai • Objektu orientēts CAD • Rasēšana 	<ul style="list-style-type: none"> • Arhitekta darba plūsmai pielāgots lietotāja interfeiss un projektēšanas loģika • Automātiska projektu dokumentācijas sagatavošana 	<ul style="list-style-type: none"> • Daļēji ierobežotas iespējas modelēt sarežģītu formu objektus
<p>Revit Architecture 5495 USD (Autodesk)</p>	RVT	<ul style="list-style-type: none"> • BIM - ēku informācijas modelēšana • Objektu orientēts CAD • Rasēšana 	<ul style="list-style-type: none"> • Parametriskā un asociatīvā projektēšana • Automātiska projektu dokumentācijas sagatavošana • Automātiska specifikāciju veidošana 	<ul style="list-style-type: none"> • Lielu failu izmēri
<p>SketchUp Pro 495 USD</p> <p>SketchUp Bezmaksas (Google)</p>	SKP	<ul style="list-style-type: none"> • CAD • 3D modelēšana 	<ul style="list-style-type: none"> • Viegli apgūt • Saprotams interfeiss • Pieejama bezmaksas versija 	<ul style="list-style-type: none"> • Ierobežotas 3D modelēšanas un vizualizēšanas iespējas
<p>3ds Max 3495 USD (Autodesk)</p>	3DS	<ul style="list-style-type: none"> • Animācija • 3D modelēšana • Vizualizēšana 	<ul style="list-style-type: none"> • Spēcīgs vizualizācijas un 3D modelēšanas instruments • 3D CAM iespējas • Individuālu darbību veikšanai pieejams skriptings (<i>MAXScript</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Rasējumu iegūšanai nepieciešama modeļa apstrāde citā rasēšanas programmatūrā

1.4. Arhitektūras projektēšanā izmantojamās inovatīvās un netradicionālās digitālās sistēmas

Modernie un netradicionālie instrumenti ir tie, ar kuru palīdzību iespējams iegūt nestandarta formālus, tehniskus, vizuālus un visa cita veida inovatīvus risinājumus arhitektūras projektēšanā. Vairums no šiem instrumentiem aizgūti no citām inženiertehniskajām nozarēm, tos pielāgojot vai tiešā veidā piemērojot arhitektu darba plūsmā. Modernie instrumenti ir arī tie, kas aizvieto klasiskas darbības un tās izpilda digitālā veidā, būtiski atvieglojot darbu un saīsinot sasniedzamā rezultāta iegūšanai nepieciešamo laiku. Instrumenti sadalāmi divās kategorijās – programmatūrā un aparatūrā. Modernā un netradicionālā programmatūra ir dažādas animācijas, modelēšanas un tehnisko konstrukciju projektēšanas sistēmas un citi palīg līdzekļi, kurus arhitekti savā darbā sākuši izmantot nesen, jo ar to palīdzību iegūstami eksperimentāla rakstura rezultāti, kurus savukārt, pārnesot uz specializēto aparatūru, kas pārsvarā aizgūta no industriālā dizaina nozares, var realizēt dažādos mērogos un materiālos.

Kombinējot šo instrumentu iespējas ar radošo izdomu, daudzi progresīvu arhitektūru praktizējoši arhitekti pasaulē spējuši radīt neaptveramas sarežģītības ēkas un citus objektus, kas nereti savā vienkāršumā un oriģinalitātē spēj ne tikai pārsteigt, bet arī norāda uz arhitektūras kā zinātnes pastāvīgu evolucionēšanu. Daudzi no šeit aprakstītajiem projektēšanas procesiem, kas realizējami ar programmatūras un datorizētās ražošanas aparatūras palīdzību, ir vēl ļoti agrīnā attīstības stadijā, taču to iespējamā izmantojuma mērogs vēl nav apzināts vai novērtēts un pietiekami daudz izpētīts. Tā kā visa virzītājspēks šiem instrumentiem ir balstīts uz digitāliem procesiem un to attīstību, šos instrumentus vienkopus var nosaukt par inovatīvajām digitālajām sistēmām. Daudzus no šiem programmatūras un aparatūras instrumentiem iespējams pilnvērtīgi izmantot tikai lietojot tos secīgi, sadalot dažādus projektēšanas uzdevumus dažādos darba posmos (skat. 1.14. attēlu).



1.14. att. Moderno un netradicionālo arhitektūras projektēšanas instrumentu savstarpēja izmantojamības shēma. Vairākas konceptuāli atšķirīgas darbības savienotas vienotā un nesadalāmā mūsdienu arhitekta darba plūsmā.

Pirmkārt, projektētājs ar parametrisku vai ģeometrisku modelēšanu var izveidot projekta ideju kā trīsdimensiju modeli, kuru ar ātrās prototipēšanas iekārtu (angļu val. – *rapid prototyping*) var izgatavot kā maketu, vai ar digitālu ciparvadības ražošanas iekārtu (frēzi), pirms tam optimizējot pašus ražošanas procesus, var izgatavot gatavas būvkonstrukcijas vai to veidņu atlējumus utt. Otrkārt, dabā esošu ēku var nofotografēt un ar stereo-fotogrametriju pārnest datorā, kā arī to pašu, bet vēl precīzāk var izdarīt ar trīsdimensiju lāzera skeneri. Rezultātā tiek iegūts mērījumu punktu mākonis, ko ar ģeometrisku īpašību atpazīšanas programmatūru var iegūt kā precīzu dabiska objekta atveidojumu datorizētā trīsdimensiju vidē. Tā ir ļoti nozīmīga iespēja, piemēram, projektējot piebūvi dabā esošai ēkai, lai jaunā daļa ideāli savienotos ar veco daļu. Šādā nesadalāmā darbību ciklā ir jāpārzina vairākas sistēmas vienlaikus, kā arī jāsaprot kā vienā posmā iegūto darba rezultātu pārnest tālāk uz nākamo posmu. Modernie un netradicionālie instrumenti atšķiras arī ar to, ka bez tiem var iztikt, ja projektē klasiskā veidā un ar pavisam klasiskiem projektēšanas instrumentiem. Jāatzīmē arī, ka prognozējamais darba rezultāts ir atkarīgs no darbā izmantotajiem instrumentiem un spēju tos savienot pēc iecerētā scenārija.

1.4.1. Programmatūra

Modernie un netradicionālie programmatūras instrumenti ir tādi, kurus izmanto reti vai vispār neizmanto klasiskajā digitālajā arhitektūras projektēšanas procesā. Ar šādiem instrumentiem iespējams iegūt ļoti neordināras vai tehniski sarežģītas formas, kā arī tās var būt plaši kontrolējamas ar dažādiem programmatūras papildinājumiem vai ar speciāli šīm programmatūrām veidotām programmēšanas valodām – skriptingu. Gandrīz visas modernās un netradicionālās arhitektūras nozares programmatūras ir aizgūtas no nozarēm ārpus arhitektūras, visbiežāk no inženierbūves, datormodelēšanas vai filmu industrijas (piemēram, animācija un speciālie efekti). Šādu instrumentu efektīvai izmantošanai ir nepieciešamas padziļinātas papildus zināšanas, taču tos pamazām apgūstot, iespējams radīt ļoti neordinārus un oriģinālus arhitektūras projektus, kas balansē uz arhitektūras un mākslas vai arhitektūras un augsto tehnoloģiju sasniegumu robežas. Ļoti svarīgi pievērst uzmanību šo programmatūru savietojamībai ar klasiskajiem digitālās projektēšanas instrumentiem. Šim nolūkam izmantojami speciāli projektu failu konvertēšanas instrumenti, piemēram, *Okino PolyTrans|CAD* [234], ar kura palīdzību var konvertēt dažādu formātu trīsdimensiju failus starp visām vadošajām modelēšanas programmatūrām.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

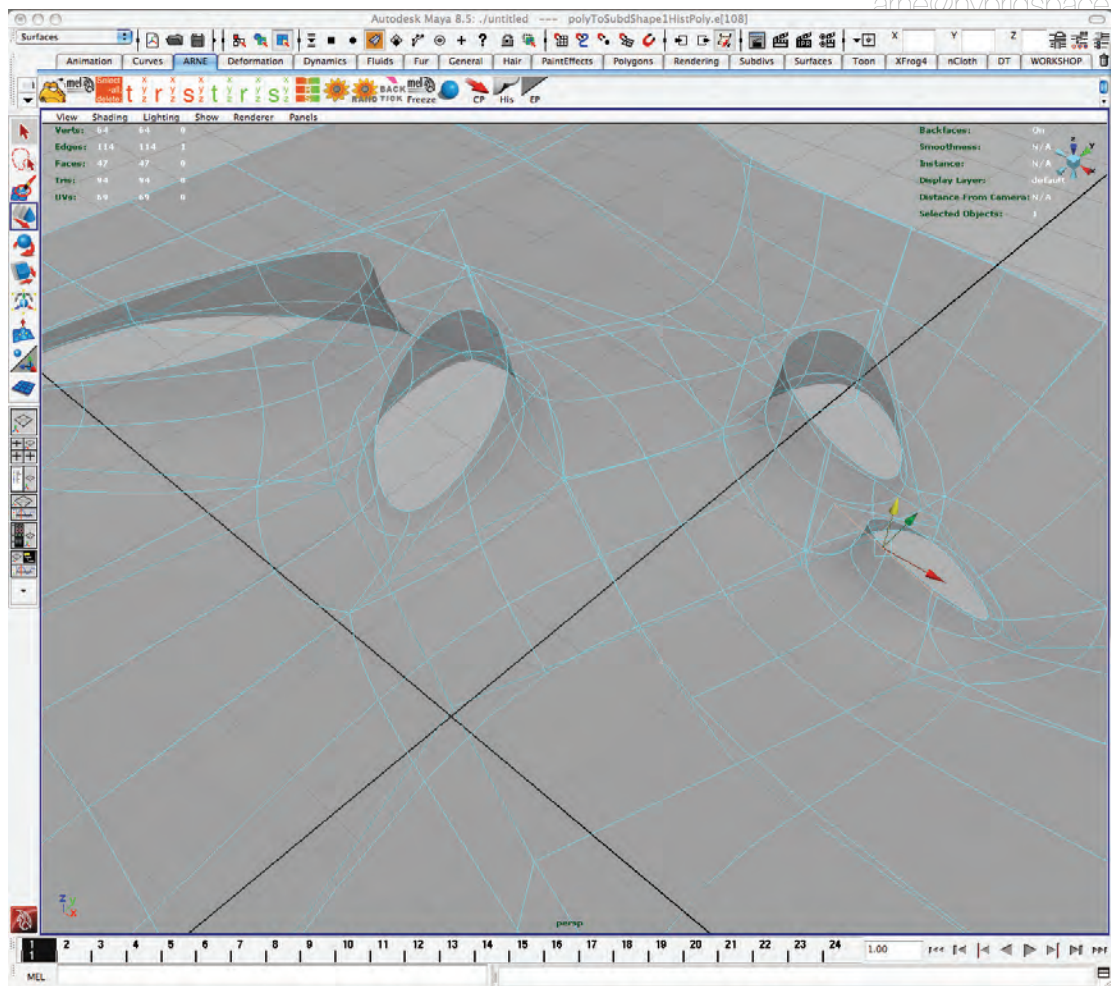
© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Maya

Maya ir kompānijas *Autodesk* trīsdimensiju grafikas programmatūra, kas darbojas uz lielākajām operētājsistēmu platformām *Windows*, *Macintosh OS X* un *Linux*. Programmatūra *Maya* tiek izmantota, lai radītu trīsdimensiju objektus un animācijas kino, televīzijai, datorspēlēm un arhitektūrai. Arhitekts *Matias del Campo* (*Matias del Campo*) ir teicis, ka *Maya* ir avancētās arhitektūras standarta instruments [137, 65].

Darbs programmatūrā *Maya* notiek virtuālajās darba vidēs – scēnās, kas var tikt saglabātas daudzos dažādos failu formātos, standarta gadījumā kā *Maya Binary*, *MB* faili. Visi objekta elementi ir balstīti uz savstarpējiem uzstādījumiem – mezgliem (angļu val. – *node*) [248]. Katrs uzstādījums var tikt mainīts vai individualizēts, tos savienojot ar citiem uzstādījumiem, piemēram, ar tekstūrām, apgaismojumu, izmēriem un citiem savstarpējiem parametriskiem uzstādījumiem.



1.15. att. Sarežģītas virsmas ģeometrijas modelēšana programmatūras *Maya* trīsdimensiju vidē. [A.R.]

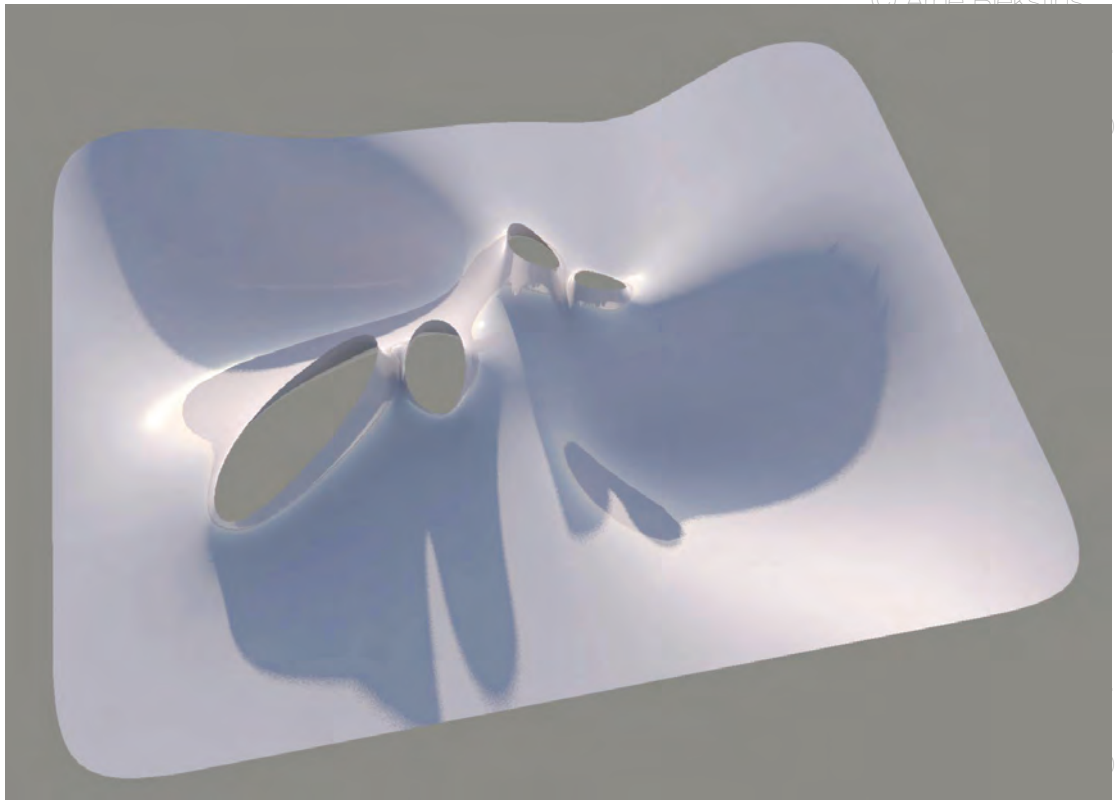
Nestandarta ģeometrisku formu radīšanai *Maya* ir vispiemērotākais instruments, jo šīs programmatūras modelēšanas iespējas ir ļoti progresīvas, un ar tajā pieejamo profesionālo instrumentu klāstu iespējams modelēt jebkuras sarežģītības formas. Ar modelēšanas instrumentiem iespējams veikt visa veida deformācijas un transformācijas, jebkurā objekta daļā vai visā tā kopumā. Tā kā *Maya* ir pilnībā parametriska programmatūra, pārveidojumus iespējams animēt. Kopā ar ļoti detalizētu uzstādījumu rediģēšanas kopumu *Maya* ir ļoti intuitīvi lietojama modelēšanas programmatūra, kas turklāt ir ļoti augstā līmenī pielāgojama katra lietotāja individuālajiem uzstādījumiem – visi darbarīki izvietojami pilnībā pēc lietotāja ērtības. Pieredzējuši lietotāji ar *Maya* spēj radīt arī savus instrumentus, jo paralēli *Maya* programmatūras vizuālajai darba plūsmai, tā ir aprīkota ar savu skriptinga valodu – *Maya Embedded Language, MEL* (latviešu val. – *Maya integrēta valoda*). Ar šo skriptinga programmēšanas valodu var ne tikai veidot savus skriptus – īsas atkārtotu darbību aprakstošas komandas, bet arī pilnībā kontrolēt pašas *Maya* programmatūras funkcionalitāti, jo teju visi *Maya* instrumenti un komandas sākotnēji ir uzrakstītas šajā valodā. Ar šīs valodas palīdzību var veidot arī savus programmatūras papildinājumus. Par *MEL* un skriptingu kopumā skat. šīs nodaļas beigās sadaļu “Programmēšanas valodas un skriptings”.

Papildus *Maya* ir aprīkota ar dažādu fluīdu efektiem (dūmi, uguns, mākoņi, eksplozijas utt.), auduma animēšanas efektiem, matu un spalvu veidošanu, dažādu daļiņu izplatīšanu telpā (sarežģītāka rakstura šķidrums, vielu izsmidzināšana un putekļi), filmēta materiāla sinhronizēšanu ar animāciju un citiem īpašiem kameru un gaismu uzstādījumiem, kas vairāk nepieciešami reālu fizikālu īpašību atveidošanai virtuālajā vidē fotoreālistiskā kvalitātē.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac



1.16. att. Trīsdimensiju *Maya* modelis, kas vizualizēts ar *Mental Ray Renderer*. [A.R.]

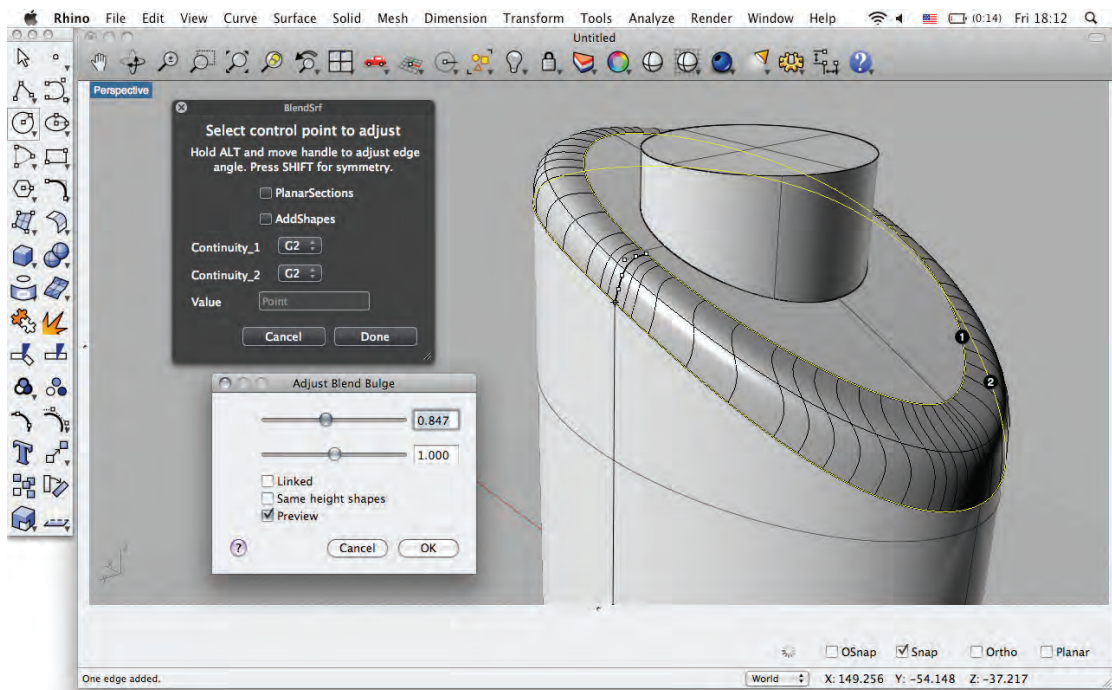
Tā kā *Maya* ir firmas *Autodesk* produkts, tajā pieejams tas pats profesionālais *Mental Ray Renderer* vizualizēšanas instruments, kas programmatūrā *3ds Max* (skat. 1.3. nodaļas sadaļu “3ds Max”). Ar *Mental Ray Renderer* iegūstamas visreālistiskākās vizualizācijas.

Maya ir savietojama ar vairākiem universāliem datu failu formātiem, bet pilnīgai savietojamībai un modelēto objektu vai failu konvertēšanai nepieciešams iegādāties un uzstādīt papildinājumu *Bonus Tools* vai kāda cita ražotāja konvertēšanas utilitprogrammu.

Rhinoceros

Rhinoceros ir ļoti populāra, neatkarīga, komerciāla uz *NURBS* balstīta trīsdimensiju modelēšanas programmatūra, kuru veidojusi kompānija *Robert McNeel & Associates*. Šo programmatūru plaši izmanto industriālajā dizainā, arhitektūrā, kuģubūvē, juvelierizstrādājumu un automobiļu dizainā, *CAD/CAM* darbībām, ātrajai prototipēšanai, inženiertehniskajās analīzēs, multimediju un grafiskajā dizainā. *Rhinoceros* programmatūrai pieejami daudzi programmatūras papildinājumi – vizualizācijām, datorizētās ražošanas un ciparvadības darbībām, kā arī ģeneratīvā dizaina veidošanai vai specifiskām objektu konvertēšanas / apstrādes darbībām.

Rhinoceros ar tās lietotājiem ļoti aktīvi līdzdarbojas programmatūras pilnveidošanā, stabila darba versija pieejama *Windows* operētājsistēmai, bet uz *Macintosh OS X* pieejama *Beta* – izmēģinājuma versija ar ierobežotu instrumentu klāstu. *Rhinoceros* ir iecienīts tā iemesla pēc, ka šai programmatūrai ir ļoti daudzveidīgas lietojuma iespējas, starpdisciplināra funkcionalitāte, ātras apgūšanas iespējas, relatīvi zema cena, kā arī dēļ spējas konvertēt (importēt un eksportēt) vairāk nekā 30 dažādus failu formātus, veiksmīgi iekļaujoties sarežģītu projektu darba plūsmās no un uz citām programmatūras platformām [266]. *Rhinoceros* izstrādātājs *Robert McNeel & Associates* no visiem trīsdimensiju programmatūru ražotājiem visaktīvāk iesaistās dažādās izglītības atbalsta programmās, piedāvājot darba staciju licences veselām datorklasēm par ļoti izdevīgām cenām. Visā pasaulē tiek regulāri rīkoti dažādu līmeņu apmācību kursi, savukārt paši *Rhinoceros* veidotāji arī aktīvi piedalās interneta forumos, blogos un vairāku metodisku mācību līdzekļu veidošanā, piesaistot arvien vairāk jaunu lietotāju pasaulē.



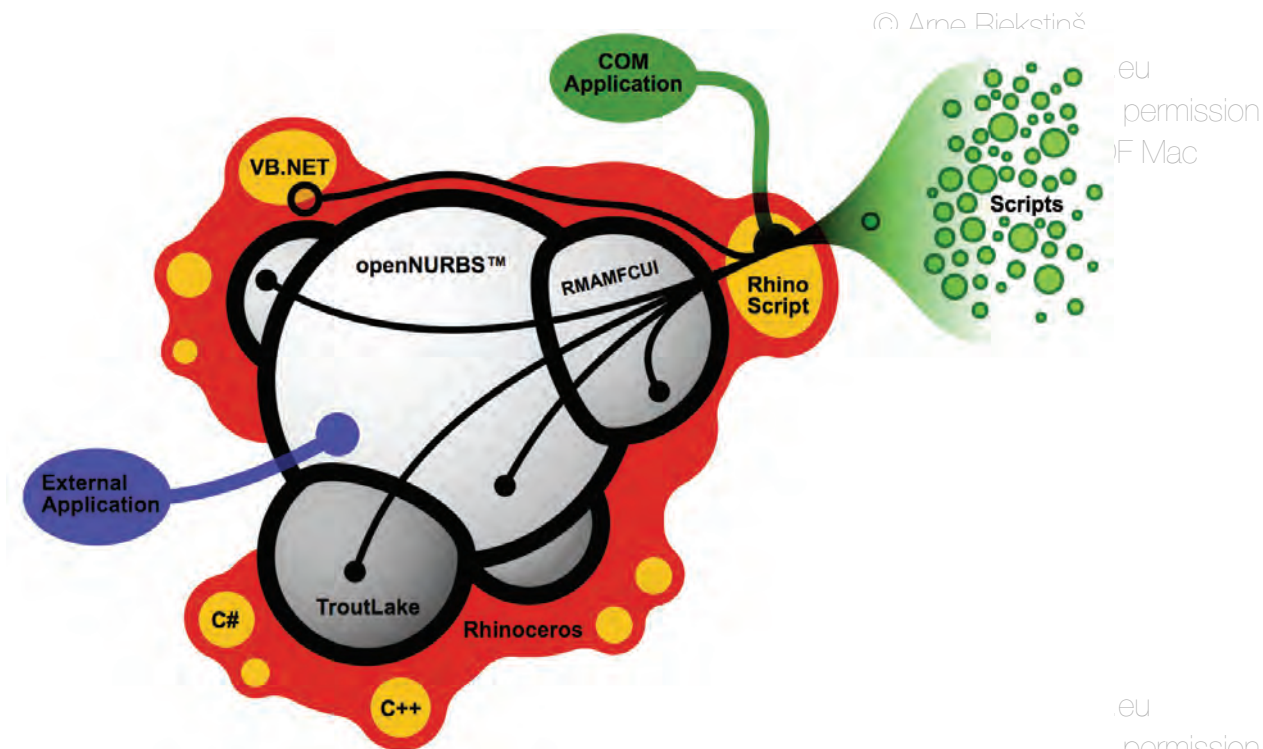
1.17. att. Trīsdimensiju modelēšana programmatūrā *Rhinoceros*.

Rhinoceros ir aprīkots ar modelēšanas funkcijām, lai radītu, labotu, analizētu, dokumentētu, vizualizētu, animētu un arī konvertētu *NURBS* līknes, virsmas un ģeometriskus objektus, bez formas sarežģītības ierobežojumiem to detalizācijā vai mērogā [250]. *Rhinoceros* atbalsta arī darbu ar poligonālajiem tīkliem un punktu mākoņiem. Tas viss nodrošina neierobežotu brīvu formu trīsdimensiju modelēšanu. *Rhinoceros* izmantojams pavisam mazu (piem., juvelierizstrādājumu) un pavisam lielu (piem., jahtu) objektu projektēšanā ar visaugstāko precizitāti. Papildus, ar *Rhinoceros*

iespējams sagatavot divdimensiju rasējumus, kā arī saplacināt vai iegūt izklājumus trīsdimensionālām formām, lai tās izgrieztu ar datorizētās ražošanas lāzera, frēzēšanas, plazmas vai ūdens strūkļas iekārtām.

Rhinoceros failu paplašinājums ir *3DM* un tas ir ļoti noderīgs *NURBS* ģeometrisku objektu konvertēšanā. *Rhinoceros* veidotāji, būdami ļoti aktīvi trīsdimensiju modelēšanas programmatūras izstrādātāji, bija pirmie, kas uzsāka *openNURBS* iniciatīvas programmu, lai sniegtu visiem citiem datorgrafikas programmatūru izstrādātājiem nepieciešamos instrumentus precīzai trīsdimensiju objektu pārnei starp programmatūras platformām [254]. Tā kā šī iniciatīva bija atvērta koda instruments, visas *NURBS* ģeometrisko formu dokumentācijas, pirmkoda datu bibliotēkas un citi pirmavoti bija pieejami, lai *3DM* failu varētu nolasīt un ierakstīt uz visām atbalstītajām operētājsistēmām.

Rhinoceros ir ļoti pielāgota programmatūra, lai to papildinātu ar dažādiem jauniem instrumentiem. Pašā programmatūras kodolā ir komandu bibliotēkas – veselas kolekcijas ar darbībām un objektiem, kas padara savietojamību ar citām programmatūrām vienkāršāku. Vislielākais elements ir atvērta koda *openNURBS* bibliotēka, kura jau ir pārnesta uz visām izplatītākajām operētājsistēmām. Praktiski visas programmatūras, kas atbalsta *3DM* faila formātu, izmanto tieši *openNURBS* bibliotēkas. *Rhinoceros* ietver arī virkni citas komandu bibliotēkas [142, 12]: *Visual Basic.NET*, *C#*, *C++*, *Csharp*, *Delphi*, *J#*, *IronPython*, *Rhinoscript* utt. Ja citi programmatūru ražotāji ļauj veidot programmatūras paplašinājumus tikai trešajām kompānijām, *Rhinoceros* gadījumā papildinājumus var veidot jebkurš pieredzējis lietotājs. Programmatūras *Rhinoceros* izstrādātāji strādā ar tādiem pašiem pieejamajiem līdzekļiem, kā jebkurš cits lietotājs. Rezultātā daudzi programmatūras papildinājumi ir kļuvuši tik spēcīgi, ka dažiem lietotājiem dažkārt izdodas “uzkārt” *Rhinoceros* programmatūru. Par laimi šādas problēmas nesabojā pašu programmatūru un ir atrisināmas vienkārši pārstartējot pašu sistēmu. Savietojamība papildinājumu līmenī ir tik universāla, ka, piemēram, ar *Rhinoscript* papildinājuma skriptingu var izsaukt komandas vai darbības no cita programmatūras papildinājuma. Arī populārais programmatūras papildinājums *Grasshopper* funkcionē līdzīgi.

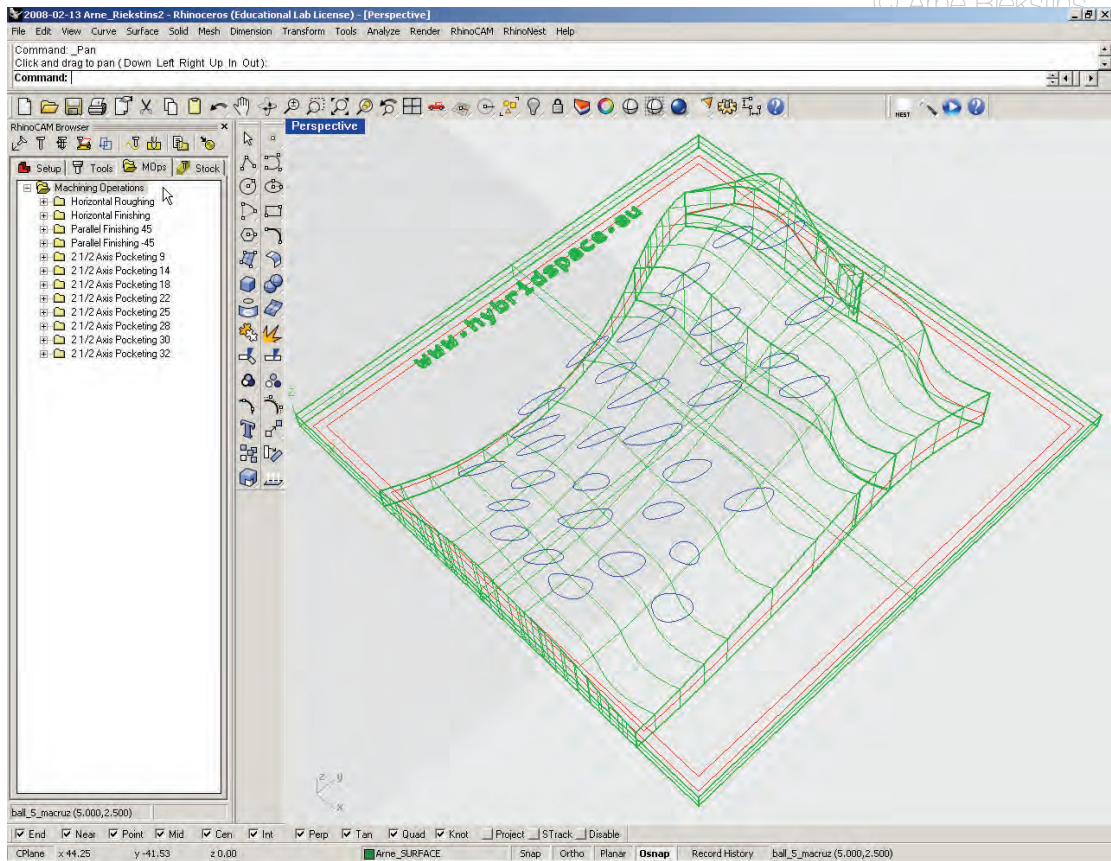


1.18. att. *Rhinoceros* uzbūve ar tās komandu kodoliem un daudzveidīgām iespējām paplašināt programmatūras funkcionalitāti.

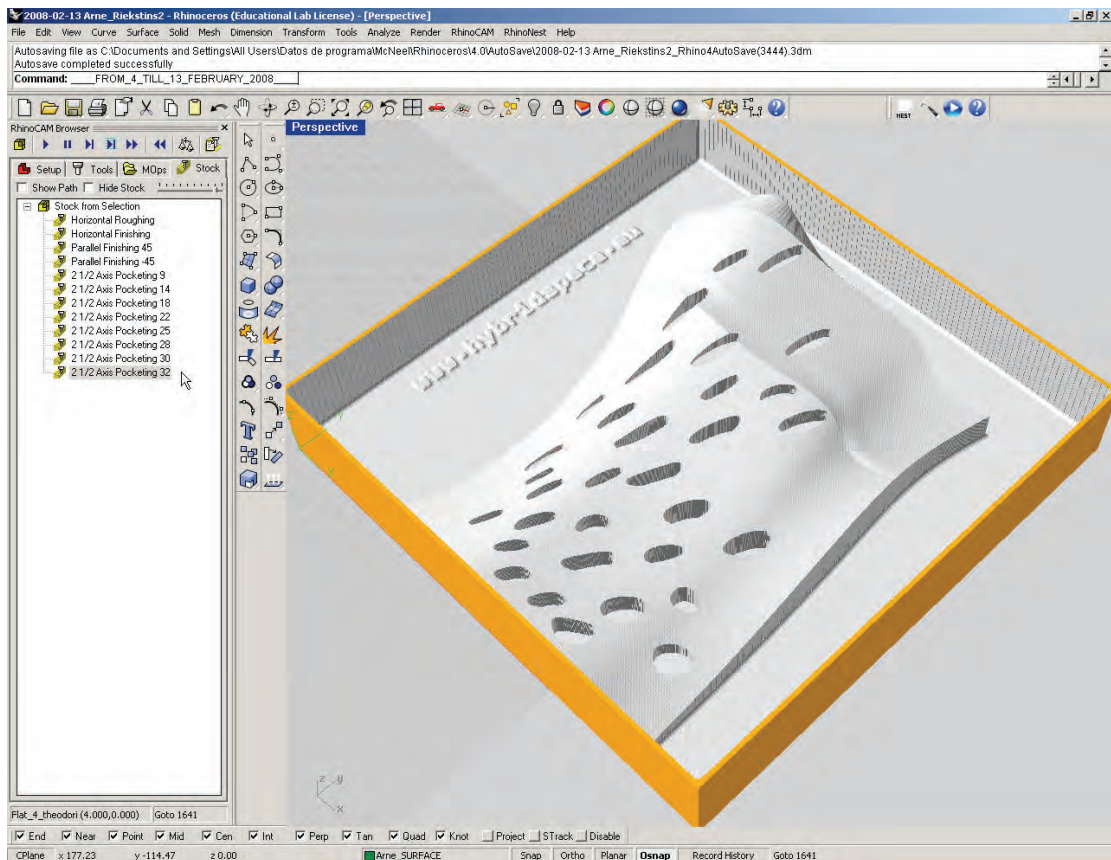
Līdzīgi kā daudzām citām trīsdimensiju modelēšanas programmatūrām, *Rhinoceros* arī ir aprīkota ar savu skriptingu valodu, kas balstīta uz *Visual Basic*. *Rhinoceros* kļuvis ļoti populārs arhitektūras projektēšanā programmatūras papildinājuma *Grasshopper* dēļ. Tā kā tas ir parametrisks modelēšanas instruments, to izmanto daudzi “avangarda” arhitekti [266]. Par *Rhinoscript* skriptingu un *Grasshopper* lasīt šīs nodaļas beigās sadaļu “Programmēšanas valodas un skriptings” un “Grasshopper”.

RhinoCAM

Ar *Rhinoceros* veidotus objektus var turpat ar programmatūras papildinājumu *RhinoCAM* sagatavot datorizētai ražošanai saprotamā ciparvadības iekārtu failā. Programmas princips ir secīga reālas dzīves ražošanas simulācija datorvidē. No sākuma tiek izvēlēta objekta vajadzīgā detaļa, kuru plānots datorizēti izgatavot, piemēram, ar digitālo frēzi. Tā kā darbs šajā *Rhinoceros* programmatūras papildinājumā vienmēr notiek mērogā 1:1, ja detaļu paredzēts izgatavot kā samazinātu maketu, tad vispirms izgatavojamais objekts jāsamazina attiecīgā mērogā.



1.19. att. Izvēlēta objekta vajadzīgā detaļa, kas novietota uz paliktņa 300x300 mm. [A.R.]



1.20. att. *RhinoCAM* simulācija, kā objekts izskatīsies pēc visām frēzēšanas darbībām. [A.R.]

Tad tiek izvēlēts frēzes darbagaldam atbilstošs izejmateriāls, šajā gadījumā – putupolistirols. Datorā tiek ievadīti šī materiāla blīvums un dimensijas, definējot un kalibrējot frēzēšanas robežas, lai optimizētu datorizētās ražošanas instrumentu maršrutu un izgatavošanai nepieciešamo laiku. Tad secīgi, soli pa solim tiek programmēta frēzēšana ar dažādiem instrumentiem. Sākumā tiek veiktas rupjākas darbības ar lielāku urbšanas galvu, noņemot pirmos slāņus no izejmateriāla. Tam seko smalkāku instrumentu apstrāde ar attiecīgi mazāku galvu. Ideālai virsmai nepieciešams veikt divas secīgas gala frēzēšanas kārtas, attiecīgi -45° un $+45^\circ$ grādu leņķī, kā arī pietiekami cieši virzot frēzēšanas galvu pietiekami blīvās kārtās. Tā kā *RhinoCAM* iespējams iepriekš ievadīt attiecīgās digitālās frēzes instrumentu galvu uzstādījumus, programmatūra pati brīdina, ja attiecīgais urbis ir pārāk īss, lai aizsniegtu kādu dziļāku frēzējamo vietu, piemēram, augstu frēzēšanas materiāla ārmalu. Programmatūra, paredzot attiecīgās iekārtas apgriezību un frēzēšanas ātrumu uzstādījumus, kas katram materiālam atkarībā no tā stiprības ir atšķirīgi, spēj paredzēt precīzu frēzēšanas mašīnlaiku, cik nepieciešams katrai darbībai. Ja virtuāli izmodelētā darbība ir pārbaudīta, ka darbs tiks izdarīts bez kļūdām, instrumenta maršrutus nosūta uz datorizētās ražošanas darbagaldu kā ciparvadības (*Numeric Control, NC*) failus.

Name	Status	Tool	Cut Feed	# of GOTOs	Machine Tin ▲
Horizontal Roughing	Clean	flat_10_erioli	6000.00 mm/...	7420	13.71 min
Horizontal Finishing	Clean	flat_10_erioli	6000.00 mm/...	808	0.27 min
Parallel Finishing 45	Clean	ball_5_macruz	6000.00 mm/...	22798	12.67 min
Parallel Finishing -45	Clean	ball_5_macruz	6000.00 mm/...	21326	12.43 min
2 1/2 Axis Pocketing 9	Clean	Flat_4_theodoridis	6000.00 mm/...	246	0.14 min
2 1/2 Axis Pocketing 14	Clean	Flat_4_theodoridis	6000.00 mm/...	272	0.16 min
2 1/2 Axis Pocketing 18	Clean	Flat_4_theodoridis	6000.00 mm/...	228	0.10 min
2 1/2 Axis Pocketing 22	Clean	Flat_4_theodoridis	6000.00 mm/...	236	0.16 min
2 1/2 Axis Pocketing 25	Clean	Flat_4_theodoridis	6000.00 mm/...	950	0.54 min
2 1/2 Axis Pocketing 28	Clean	Flat_4_theodoridis	6000.00 mm/...	355	0.24 min
2 1/2 Axis Pocketing 30	Clean	Flat_4_theodoridis	6000.00 mm/...	1213	0.35 min
2 1/2 Axis Pocketing 32	Clean	Flat_4_theodoridis	6000.00 mm/...	1641	0.58 min
				Total	41.34 min

1.21. att. *RhinoCAM* prognozētais frēzēšanas mašīnlaiks maketa izgatavošanai – 41 minūte, 34 sekundes. [A.R.]

CATIA un Gehry Technologies Digital Project

Programmatūru *CATIA* izstrādājusi franču kompānija *Dassault Systèmes*. Izstrāde tika uzsākta 1977. gadā franču militārās aviobūves uzņēmumā *Avions Marcel Dassault*. Īsā laikā tā kļuva ļoti populāra un jau 1984. gadā kompānija *Boeing* kļuva par tās galveno klientu, vēlāk pievienojās *Bombardier* u.c. aviācijas uzņēmumi. 1990. gadā *CATIA* sāka lietot ASV jūras spēku zemūdeņu projektēšanai, vēlāk arī lielo karakuģu projektēšanai. Šobrīd to plaši lieto arī autobūves industrija [206]: *Audi, Bentley Motors, BMW, Chrysler, Citroën, Daimler AG, Fiat, Ford, Honda, Hyundai, Peugeot, Porsche, Renault, Scania, Škoda, Toyota, Volvo* u.c. kompānijas.

Arhitekta Frenka Gerija 2002. gadā nodibinātā kompānija *Gehry Technologies* iegādājās programmatūras *CATIA* izstrādes licenci un uz *CATIA* bāzes savā kompānijā pārveidoja tās lietotāja interfeisu par arhitektūrai piemērotu produktu, to papildinot ar arhitektūrā biežāk izmantojamajām materiālu bibliotēkām [219]. Šī jaunā – pārveidotā programmatūra saucās *Gehry Technologies Digital Project*. Visā neilgajā digitālās arhitektūras vēsturē tas ir bijis pirmais gadījums, kad zināms arhitekts ar savu iniciatīvu ir izveidojis veselu sev un citiem piemērotu jaunu instrumentu digitālās arhitektūras projektēšanai. Ar šīs programmatūras palīdzību individualizētu būvelementu detaļu datorizētajai ražošanai tās ir iespējams nosūtīt pa tiešo no projekta faila. *Digital Project* faili ir arī savietojami ar *CATIA*.

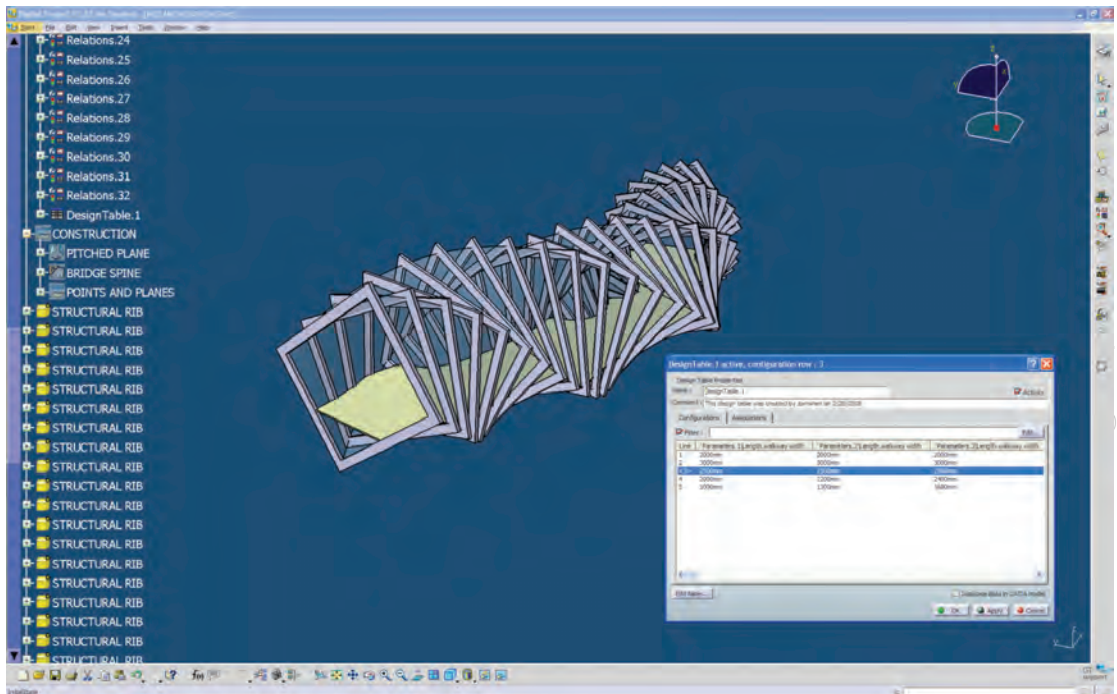
Gehry Technologies Digital Project ir pilnvērtīga trīsdimensiju modelēšanas sistēma, kurā ir plašs instrumentu klāsts, kas balstīts uz ēku informācijas modelēšanas principu. Vienlaikus arhitektūras aprisēm tiek projektētas konstrukcijas un inženierkomunikācijas. Programmatūrā ir modelējamas trīsdimensiju virsmas un objekti, *NURBS* brīvu formu virsmas, ģeometriskas u.c. formas. Projektētājs veido atributīvu ģeometrisku modeli, kas ir papildināts ar bagātīgu konstruktīvo informāciju. Ir pieejami arī automatizēti instrumenti tāmēšanai un detaļu specifikācijai, vienlaikus nodrošinot arī nepieciešamos atribūtus kvalitātes kontrolei.



eu
permission
F Mac

eu
permission
F Mac

1.22. att. Arhitekta Vilkinsona Eires (*Wilkinson Eire*) projektētais savienojums – „tiekšanās tiltiņš“ starp Karalisko baleta skolu un Karalisko operas namu Londonā. Projekts īstenots ar *Gehry Technologies Digital Project* programmatūru.



eu
permission
F Mac

1.23. att. „Tiekšanās tiltiņa“ trīsdimensionālais parametrisks modelis, izvērsta konfigurācijā.

Pārliecināt projektētājus pievērsties trīsdimensiju tehnoloģijām kompānijai *Gehry Technologies* nav nācies viegli, jo ir bijis jāpārvar virkne kultūras šķēršļu. Kompānijas Eiropas nodaļas direktors Edoardo Luzato-Džuliāni (*Edoardo Luzzatto-Giuliani*) paskaidro [2, 10]: „Mēs esam sastapušies ar daudziem izaicinājumiem vēl nesenā pagātnē, mēģinot piemērot tehnoloģiju arhitektūras un būvniecības nozarei, kas sākotnēji bijusi attīstīta un rezervēta autobūves, aviācijas un industriālā dizaina nozarēm. Šo darbību uzsākot uz mums skatījās kā uz „jauniņajiem“ ar ļoti spēcīgu tehnoloģiju, kas toreiz un vēl arī mūsdienā kultūras industrijā nav pilnībā pieņemta un līdz galam saprasta.“ Galvenā problēma bija tajā aspektā, ka datorizētās projektēšanas industrija nesaskatīja nekādas paralēles starp arhitektūras nozares projektēšanu un būvniecību, un veidu, kā notiek projektēšana un ražošanas procesi citās nozarēs. Piemēram, autobūves industrijā tiek izstrādātas detaļas līdz pēdējai skrūvei vai metinājuma šuvei. Datorizētajā projektēšanas industrijā savukārt objekti tiek projektēti makroskopiskā un funkcionālā perspektīvā, strādājot augstāka līmeņa detaļu sadrumstalotībā. Iemesli, kāpēc projektētāji pievērsas *Gehry Technologies Digital Project* programmatūras izmantošanai, ir iespēja izveidot vai atrisināt kompleksus projektus ar sarežģītu formu vai funkciju (piemēram, liels dažādu integrētu tehnoloģisku sistēmu daudzums), kā arī, lai paredzētu vai integrētu objekta realizēšanu un būvelementu datorizēto ražošanu agrīnā projektēšanas stadijā.

Būvniecības nozares profesionāļiem ir labāka kontrole pār projekta vadību, jo tie var integrēt, atkārtot, optimizēt un koordinēt nepieciešamo informāciju ar daudz lielāku darba efektivitāti. Tas nodrošina projekta loģisku sakarību, kā arī to, ka projekts var tikt uzbūvēts saskaņā ar finansiāliem un plānošanas uzstādījumiem, kā arī pēc projektētāja ieceres. Visbeidzot, arhitektu darbā tiek samazināta iespēja kļūdīties, izgatavojot precīzus nepieciešamos divdimensiju rasējumus pa tiešo no viena vienota trīsdimensiju modeļa.

Ekonomiskie faktori vada daudzus lēmumus būvniecības projekta laikā. Grūtības ar pašreizējo divdimensiju procesu, kuru piemēro vairums arhitektu un inženieru, ir tādas, ka lejupvērstā informācijas integrēšana nav viegli realizējama. Pārvaldot būvniecības informāciju, tiek samazināti atkritumu daudzumi un būvniecības laiks, jo potenciālās problēmas var tikt darba plūsmā identificētas un agrīnā stadijā novērstas, kā arī šīs problēmas neparādās vēlāk jau būvniecības gaitā, kurā šādu kļūdu novēršana būtu daudz dārgāka. Pateicoties šādai funkcionalitātei ir iespējams būtiski ietaupīt līdzekļus.

Telpu platības ir dārgas, tamdēļ arhitektiem ir jāspēj samazināt platības zudumus, optimizējot telpas izmantošanu dažādām inženiertehniskajām sistēmām. Šādas informācijas menedžmentam nepieciešama sistēma, kas sniedz caurspīdību un

koordināciju dažādo profesiju starpā. Jo vairāk informācijas ir pieejams pirms projekta realizācijas, jo tā rezultātā būs augstākas kvalitātes projekts. Parasti projektēšanas izmaksas sastāda 5% no būvniecības izmaksām, un apmēram 5-20% ir nepieciešams, lai ēka funkcionētu un tiktu uzturēta [2, 11]. Tamdēļ lēmumi, kas pieņemti projektēšanas procesā, tieši ietekmē ekspluatācijas izdevumus. Simulējot ekspluatāciju digitālā vidē ir iespējams arī noteikt, vai paredzētā platība uzturēšanas funkcijas īstenošanai ir pietiekoša.

Tā kā ēku un to tehnoloģiskās vai vides specifiskācijas kļūst arvien sarežģītākas, arhitekti un inženieri saskata priekšrocības, kuras sniedz *Digital Project* projektēšanas sistēmas izmantošana. Šajā programmatūrā iespējams veikt augsta līmeņa analīzes un tādējādi integrēt dažādas avancētas būvniecības prasības, piemēram, nepieciešamību pēc zema enerģijas patēriņa vai lietusūdens pārstrādi utt. *Digital Project* sniedz arhitektiem un inženieriem agrīnu pārskatu par pabeigtu projektu, līdz ar to gan īpašniekiem, gan projekta attīstītājiem ir uzreiz redzams, kādu ietekmi un ekonomiju var iegūt saistībā ar zaļās būvniecības pareizi izdarītām izvēlēm.

Strādājot pie viena vienīga modeļa, strukturālas un komunikāciju klirensa problēmas var atrisināt pirms būvniecības konkursa izsludināšanas, bet materiālu un būvniecības izmaksas ir vēl precīzāk analizējamas un tāmējamas. Vienots trīsdimensiju modelis nodrošina arī to, ka nepieciešamais materiālu daudzums ir nemainīgs visā tāmēšanas procesā. Visi materiāli tiek izskaitļoti no trīsdimensionālā modeļa, praktiski likvidējot iespēju pasūtīt kaut ko lieku vai arī pārmaksāt par kādu no būvizmaksu pozīcijām.

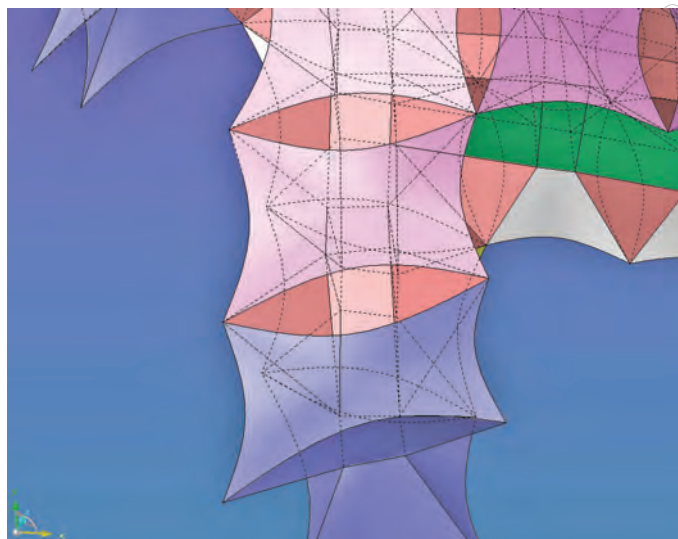
TopSolid

TopSolid ir pilnībā integrēta datorizētās projektēšanas un datorizētās ražošanas programmatūra, to izstrādājusi kompānija *Missler Software*. Tā ir otrā izplatītākā programmatūra Francijā pēc *CATIA*. *TopSolid* ir paredzēta parametriskai tehniskajai projektēšanai, kā arī metāla izstrādājumu, koka konstrukciju, formu veidņu projektēšanai un specializētai tipogrāfisku preses iekārtu projektēšanai. Trīsdimensiju modelēšana ir balstīta uz ģeometriskās modelēšanas platformas *ParaSolid* [284]. Pateicoties šai platformai, *TopSolid* programmatūrā var radīt modeļu failus gandrīz visos pieejamajos formātos, kā arī formātā *CATIA* un *ParaSolid*, nodrošinot datu savietojamību industriālā dizaina nozares standarta ietvaros. *TopSolid* programmatūra ietver integrētu datorizētās ražošanas vadību *TopSolidCam*, nodrošinot tiešu detaļu izgatavošanu ar dažādām ciparvadības iekārtām. Ar tās palīdzību var pa tiešo vadīt

daudzasu frēzēšanas iekārtas, piemēram, 5-asu ciparvadības iekārtas, kā arī vadīt secīgas darbības ar instrumentu maiņu un pat ar divām frēzēšanas galvām vienlaikus.



1.24. att. Parametrisku dimensiju piešķiršana neregulāras formas ģeometrijai eksperimentālā lielmēroga objekta projektā (skat. autora projektu nodaļā 3.2.). [A.R.]



1.25. att. Virsmu piešķiršana parametriskam objekta karkasam, nodrošinot strukturālo stiprību un nestspēju. (skat. autora projektu nodaļā 3.2.). [A.R.]

TopSolid ir ļoti spēcīgs instruments nestandarta arhitektūras projektēšanā, jo tajā iespējams izveidot daudzu līmeņu parametriski asociatīvus modeļus, ar kuru palīdzību var veikt formu meklējumus sarežģītas konfigurācijas objektiem. *TopSolid* ir ļoti labi savienojams ar *Microsoft Excel* elektroniskajām tabulām, kas ļauj objekta parametrus vadīt reālā laikā, līdzīgi kā kustīgu mehānismu. Ar šādām iespējām var projektēt ēkas, kuras ir pilnībā kinētiska rakstura – tās mainās diennakts laikā atkarībā no ārējiem impulsiem, piemēram, laika apstākļiem, relatīvo mitrumu, temperatūru, izsauļojuma utt. *TopSolid* galvenā priekšrocība pret vienkāršu trīsdimensiju

modelēšanas programmatūru ir reāla konstruktīva modeļa izveidošanas iespēja, kuru var realizēt dzīvē ar datorizētās ražošanas instrumentu palīdzību, vienlaikus atrisinot arī nesošās konstrukcijas un strukturālo nestspēju.

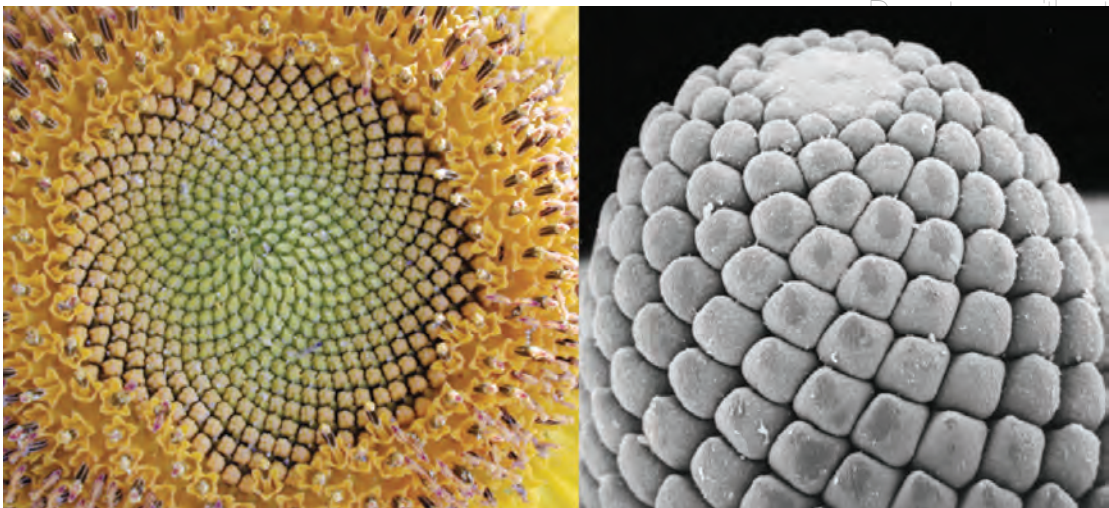
© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Xfrog

Xfrog izstrādājusi kompānija *greenworks organic-software*. Ar šīs programmatūras palīdzību iespējams modelēt un animēt organiskas struktūras un procesus, piemēram:

- sazarošanos, pēc analoga principa kā tas notiek ar augiem dabā;
- filotaksiju, atdarinot ziedlapu izkārtojumu, kas ir izplatīta puķēm un to ziediem (termins radies no latīņu vārda *phyllotaxis* – augu orgānu izkārtojums, piemēram, sēklu izkārtojums ziedos);
- tropismu, tendenci liekties pret zemi vai pret saules gaismu.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16



1.26. att. Filotaksijas piemēri no dabas. Tā izkārto objektus uz virsmas ar rotācijas principu.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

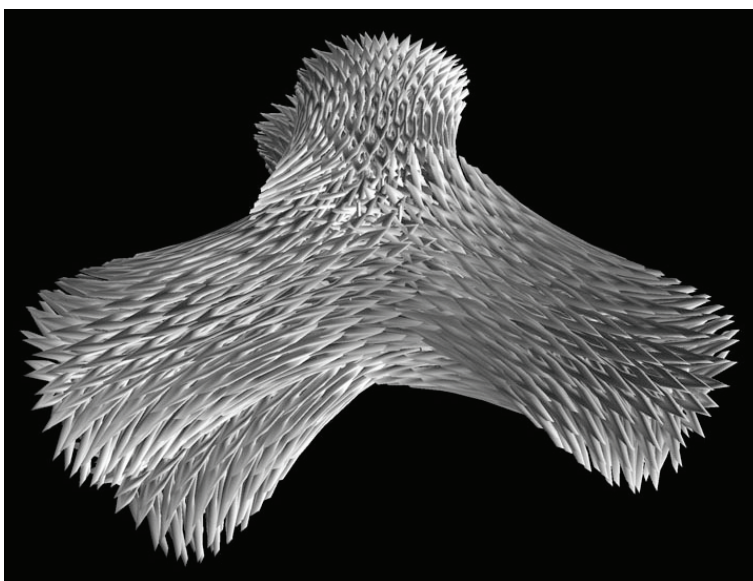
Xfrog programmatūrā integrēti vairāku gadu pētījumi par dabas procesiem. Visi parametri var tikt animēti un, pārnesot uz citu trīsdimensiju modelēšanas programmatūru, piemēram – *Maya*, ar *Xfrog* radītie objekti var tikt kombinēti ar *Maya* objektiem. Ar *Xfrog* var veidot kokus un citus augošus augus, ievērojot saules un gravitātes ietekmi. Iespējams veidot zarus un lapas, kas kustās vēja ietekmē; bioloģiskas reakcijas laikā un telpā; virkni dažādu speciālo efektu iespēju, kā arī arhitektūrālus objektus, kas mainās laika gaitā utt. [148, 5]. Ar *Xfrog* tiek konstruēti eksperimentāli arhitektūras objekti: ar iterācijas progresu (evolucionārā skaitļošanas metode), organiskas formas, kā arī tādi, kas evolucionē un attīstās laikā un telpā.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16



1.27. att. Arhitekta Denisa Dolensa digitāli izaudzētā kolonna programmatūrā *Xfrog*.
Stereolitogrāfijas maketa foto. [A.R.]

Xfrog ir ļoti spēcīgs instruments, jo to var vadīt un programmēt arī ar *Maya* programmēšanas valodu – *MEL* skriptingu. Šī funkcija ir savietojama arī ar citām *Maya MEL* skriptinga komandām, taču tā rezultātā var rasties arī negaidīti rezultāti [137, 41]. Biomimētikas entuziasts, arhitekts Denis Dolens (*Dennis Dollens*) no Losandželosas ar *Xfrog* programmatūru ir izveidojis algoritmiski ģenerētas, datorā „izaudzētas“ kolonnas, kuru pamatā ir koka augšanas procesi, radot īpašu savērpšanas sistēmu un, tādējādi, zariem saaugot kopā ar stumbru, tas sāk nostiprināties. Pēdējā evolūcijas stadijā šai kolonnai tika pilnībā likvidēts stumbrs. Šī kolonna sastāv no sapītiem elementiem, kas var elastīgi uzņemt jebkura veida spēkus. Šādas konstruktīvās idejas tiek radītas, iedvesmojoties no vienkāršām sistēmām dabā.



1.28. att. Arhitekta Denisa Dolensa sapītās ēkas projekts.

Ar *Xfrog* arhitekts Denis Dolens ir izveidojis arī sapītu ēkas konceptuālu projektu, kura iedvesmas avots ir augs *Opuntia Imbricata* skeleta struktūra. Lai gan šis ēkas koncepts nav burtiskā nozīmē sapīts, šāda tehnika ir aizgūta no biomimētikas. Eksperimentā tika pārbaudīts, vai ar *Xfrog* var veidot sapītas sistēmas karkasa struktūras.

Denis Dolens ir izpētījis teju visas *Xfrog* iespējas, kā tajā var radīt arhitektūras struktūras, morfoloģiski pārveidojot lapas, ziedus un zarus par vienkāršām ģeometriskām formām, veidojot klāsterus, masas, karkasus un attiecīgu objektu orientāciju vidē. Vienlaikus viņš ir veicis plašus pētījumus, kā no augu simulācijām digitāli ģenerētas telpas var videi draudzīgā veidā uzlabot kompleksas estētikas radīšanu un veidot tādas rakstus, kas izplatīti dabā.

Ar *Xfrog* var veikt plaša mēroga eksperimentēšanu ar biomimētiskiem principiem, kā arī rast jaunus formu risinājumus, izmantojot to veidošanai augšanas principus no dabas. Tas ir vienīgais digitālais instruments ar neizmējamu kapacitāti radīt jaunas idejas pēc dabas procesu likumsakarībām.

genr(8)

Genr(8) ir uz evolucionāriem algoritmiem (EA) balstīts programmatūras papildinājums, kuru ir attīstījuši Martins Hembergs (*Martin Hemberg*), Pīters Testa (*Peter Testa*) un Una-Meja Oreilija (*Una-May O'Reilly*) Masačūsetsas tehnoloģijas institūtā (angļu val. – *Massachusetts Institute of Technology, MIT*). Konkrēti *Genr(8)* programmatūras papildinājumā izmantotais EA ir gramatiskās evolūcijas (angļu val. – *Grammatical Evolution, GE*) algoritms, kas ir veidots, lai audzētu kompleksas morfoloģijas simulētā fiziskā vidē [137, 109].

Genr(8) ir vizuālās modelēšanas un animācijas programmatūras *Autodesk Maya* programmatūras papildinājums, kas ir izveidots balstoties uz ģenētiskas koncepciju, kas piemērota programmatūrai vai skaitļošanas sistēmām. MIT to izveidoja „Ģenētiskās evolūcijas vienības“ (angļu val. – *Genetic Evolutionary Unit*) apakšsekcija „Radošās projektēšanas grupa“ (angļu val. – *Emergent Design Group*). Tajā tika apvienota matemātiskie augšanas principi ar skaitļošanu. Programmas struktūra savā darbībā kombinē trīsdimensiju kartēšanas Lindenmajera sistēmām (*L-systems*) ar abstraktu fizisko vidi. Izmantojot *L-systems* kodolu vai procesus un to apvienojot ar ģenētisko kodolu nozīmē, ka *L-systems* varēs sniegt lietotājam zināma veida formālu ģeometrijas konfigurāciju. Ja ar tradicionālu projektēšanas metodi kaut kas tiek veikts 100 reizes pēc kārtas, rezultāts vienmēr būs tāds pats, bet evolucionārajā procesā tiks iegūti 100 dažādi rezultāti. *Genr(8)* papildus zināmām evolucionārām

īpašībām ietver krustošanos, mutāciju, pārmantojamību utt. Šajā programmatūras papildinājumā *L-systems* darbojas tikai pēc tiem noteikumiem, kas uzstādīti sākumā, taču abstraktā vide daudzveido evolūciju. Atkarībā no vides un uzstādītajiem parametriem, katru reizi rezultāts būs atšķirīgs. Iespējamās abstraktās vides virtuālai audzēšanai ir: slēgta vide (virsmas aug slēgtu poligonālu ķermeņu iekšienē, ņemot vērā vides ietekmes spēku laukus), kombinēta vide (virsmas aug cauri poligonālai videi, augot arī tai pāri, ņemot vērā vides ietekmes spēku laukus) un atvērta vide (tikai uzstādītās gramatikas un vides ietekmes spēku lauki nosaka evolūciju). Papildus tam iespējams kontrolēt arī citus parametrus, ieskaitot gravitācijas mērogu un virzienu, sienu izturēšanos, „trokšņus“ virsmās (angļu val. – *random noise*), pārklājumu (angļu val. – *tiling*), populācijas lielumu, paaudžu skaitu, veselību plūdenuma izpratnē, svaru un viļņojumu.

Programmēšanas valodas un skriptings

Zinātnisko tehnoloģiju attīstība veicina arhitektu vēlmi pārvaldīt daudzas iespējas, apgūt jaunas teorijas un darba metodes. Programmēšanas attīstība ir novedusi līdz jauna arhitekta tipa rašanos – tas ir „arhitekts-programmētājs“ vai „arhitekts-režisors“ [294]. Galvenais elements šāda arhitekta rašanās iemeslam ir skripts.

Skripts vai scenārijs – programma, kas satur instrukciju kopumu programmatūras papildinājumiem (angļu val. – *plug-in*) vai citiem utilītiem. Instrukciju semantika un sintakse skriptos tiek noteikta ar atbilstošiem parametriem. Skriptus var sastādīt kādā no konkrētā scenārija programmēšanas valodām, vai arī tie var pastāvēt kā instrukciju kopums, kas interpretē vai izpilda citas programmatūras. Parasti skriptinga valoda sastāv no vienkāršas vadības struktūras – lineārām izteiksmēm, cikliem vai nosacījuma izteiksmēm. Šāda veida valoda dod iespēju ne tikai programmētājiem, bet arī pieredzējušiem lietotājiem izveidot savus personīgos algoritmus vai procesus kādas programmatūras ietvaros.

Pēdējo gadu laikā skripti arhitektūrā ir ieguvuši iespēju iegūt lielāku lomu, nekā tikai būt formālu meklējumu vai abstrakciju lomā. Tas kļuva iespējams lielā mērā no scenārija valodu integrācijas *CAD* programmatūrās. Algoritmu informācijas rezultātus šobrīd iespējams netiešā veidā vizualizēt, izmantojot tos kā generatīvus projektēšanas līdzekļus. Tā kā ar skriptingu iespējams kontrolēt mēroga un transformāciju darbības, vairākkārtējas shēmas izmaiņas ir viegli īstenojamas. Ar nelielām izmaiņām datu vai procesu ievadē tiek radītas tūlītējas izmaiņas izvadāmo datu adaptācijā.

Ar skriptu iegūtie ģeneratīvie procesi var tikt tālāk izmainīti atbilstoši pēc novērtēšanas procedūras, kas atļauj automatizēt optimizācijas procesu.

Arhitektam iegūstot šādus instrumentus viņš kļūst no meistara par “režisoru-programmētāju”. Arhitekts vairs nerada savu darbu kā meistars, izstrādājot katru detaļu, vadoties pēc savām zināšanām un prasmes. Kļūstot par “režisoru-programmētāju”, arhitekts sāk strādāt ar lielu datu daudzumu, līdzīgi kā organizējot darbu ar aktieriem, montāžistiem un operatoriem, kur katram no tiem ir sava specifika, iespējas un ierobežojumi. Tā rezultātā tiek iegūts, nevis izveidots darbs, bet izaudzēts un audzināts darbs. Arhitekts vairs neprojektē gala produktu atbildot par katru detaļu, bet par tā procesa izveidi, atdzīvināšanu. Programmatūras nodrošinājums kļūst par „filmas uzņemšanas laukumu”, ar visiem šauri kvalificētajiem darbiniekiem, taču programmētājs kļūst par scenāristu, iztulkojot autora izdomu programmatūrām saprotamā valodā.

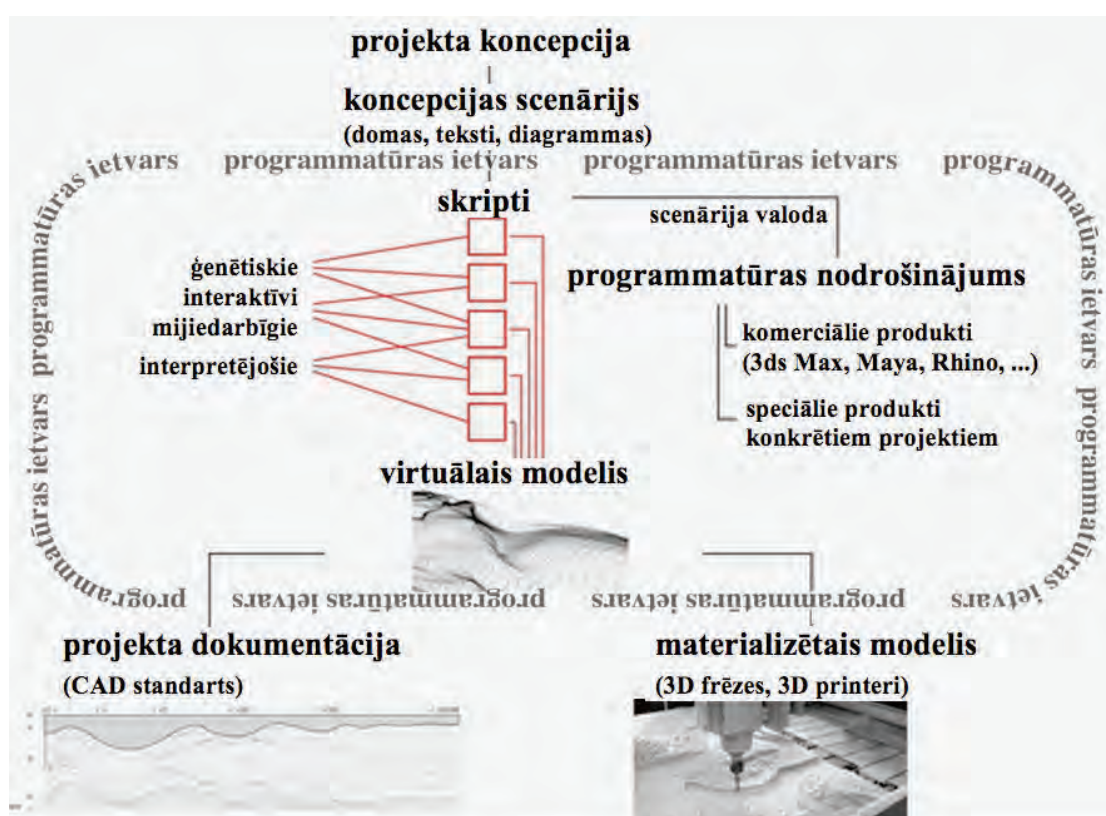
Kādas iespējas skriptings sniedz projektēšanai? Pirmkārt, projektēšanas procesā iespējams ienest lielāku daudzumu informācijas, var iegūt projektu, kas maksimāli ievērtē vairākus faktorus, kurus ar klasiskajām projektēšanas metodēm vienlaicīgi ir grūti vai neiespējami ņemt vērā. Otrkārt, tiek paaugstināta darba efektivitāte, samazinot izdevumus projektēšanā un ražošanā. Tāpat arī tiek saīsināti darba izpildes termiņi. Tādu darbinieku funkcija, kas izpilda ar cilvēcisku ātrumu rutīnas veida darbības, tiek nodota tālāk programmatūrām, kurām iespējams operēt ar milzu daudzumu informācijas minimālos laika termiņos, izslēdzot cilvēcisko darbības faktoru kļūdīties pie precīzu algoritmu izpildes vai datu rūpīgas pārbaudes. Treškārt, skriptings ir veicinājis absolūti jaunu arhitektūras virzienu rašanos. Ir radusies interaktīvā un ģenētiskā arhitektūra, kas balstīta uz sarežģītu procesu mijiedarbību. Šajā gadījumā pats skripts ir kā instruments, kas izpilda šādas mijiedarbības. Savukārt aizraušanās ar ģenētiskām zināšanām un interaktivitāti ir vispārīga kultūras tendence, arī mākslā un zinātnē. Tā ir vēlēšanās operēt nevis ar sekām, bet ar rašanās iemesliem. Tas ir nākamais posms dabas izpratnē un imitēšanā, kā arī nākamais etaps cilvēka kā radītāja attīstībā. Arhitekts vairs nedara savu darbu, bet to rada.

Šobrīd ģenētisko un interaktīvo procesu izpēte ir centrālā paradigma lielākajos zinātniskajos centros pasaulē, piemēram, Masačūsetsas tehnoloģijas institūtā (*Massachusetts Institute of Technology, MIT*), Kalifornijas Universitātē Losandželosā (*University of California, Los Angeles, UCLA*), Dienvidkalifornijas arhitektūras institūtā (*Southern California Institute of Architecture, SCI-Arc*), Karaliskajā Melburnas tehnoloģijas institūtā (*The Royal Melbourne Institute of Technology, RMIT University*), Barselonas Starptautiskajā Katalonijas Universitātē (*Barcelona Universitat Internacional de Catalunya, UIC*), Delftas tehnoloģijas Universitātē (*Delft University*

of Technology, TU Delft), Londonas Universitātes koledžā (*University College London, UCL*), Londonas Arhitektūras asociācijas arhitektūras fakultātē (*London Architectural Association School of Architecture, AA*) u.c.

Skriptings, kā tehnisks instruments sarežģītu procesu radīšanā, skāris vairākas projektēšanas nozares: grafisko dizainu, dizaina priekšmetus, apģērbus, aksesuārus, jaunus materiālus, virsmas, membrānas, čaulas, struktūras, ainavas, augstceltnes un pilsētplānošanu. Skriptingam ir unikāla iespēja mainīt mērogu un ņemt vērā pilnīgi dažāda rakstura izejas datus – viens un tas pats skripts var tikt piemērots dažādu lietu radīšanai dažādās projektēšanas nozarēs.

Skriptings projektēšanas procesā



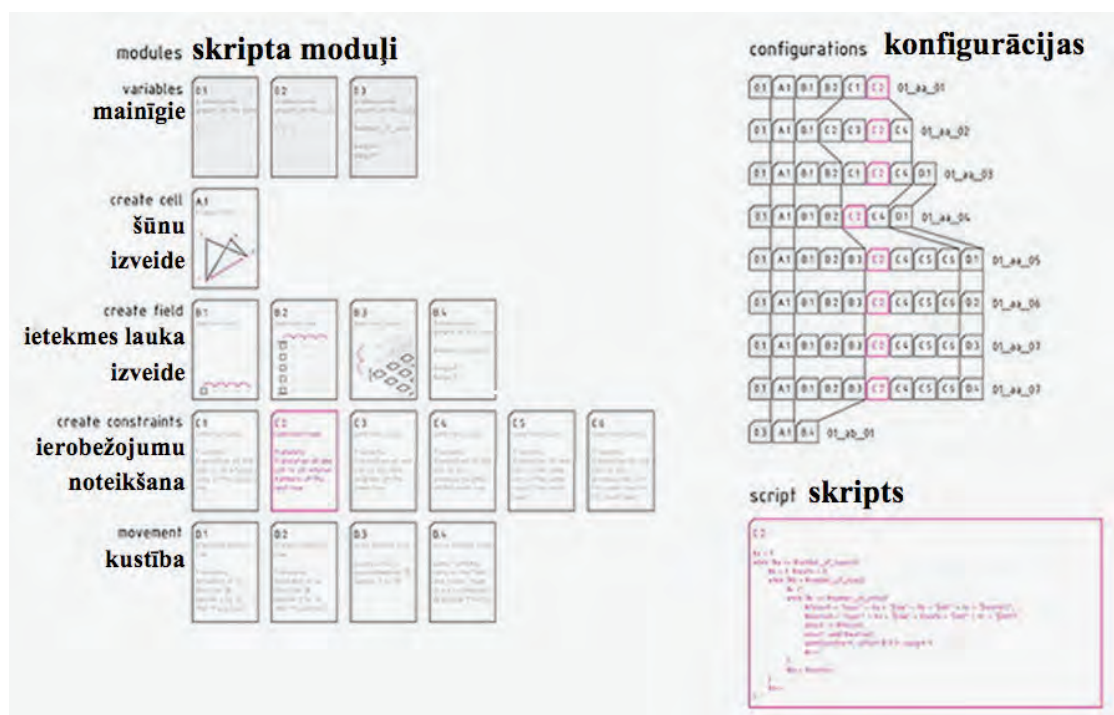
1.29. att. Skriptings projektēšanā – no projekta koncepcijas līdz projekta dokumentācijai un/vai materializētam modelim.

Skripta izmantošanas principi ikvienam praktizējošam arhitektam ir viegli uztverami, jo to process ir loģisks un skaidrs. Pēc projekta koncepcijas izstrādes tiek sastādīts koncepcijas scenārijs. Virtuālā modeļa izveidei izmantojama trīsdimensiju modelēšanas programmatūra, kas aprīkota ar savu scenārija valodu, vai arī tam jāizveido pilnībā sava programmatūra. Tam seko skripta rakstīšana. Atkarībā no uzdevuma skripta modelis var būt ģenētisks, interaktīvi mijiedarbīgs, interpretējošs

vai vienlaicīgi ar vairāku modeļu pazīmēm. Pēc virtuālā modeļa izveides tas tiek noslīpēts līdz projekta dokumentācijas līmenim un/vai tiek izveidots materializētais modelis.

Ģenētiskais skripts tiek sastādīts šādi: sākotnēji tiek sagatavoti skripta moduļi, tam seko algoritma secīgo darbību konfigurēšana, beigās tiek uzrakstīts viss programmēšanas teksts attiecīgā scenārija valodā konkrētai programmatūrai. Ģenētiskais skripts parasti sastāv no šādiem moduļiem:

- mainīgie (angļu val. – *variables*), t.i. maināmi ieejas dati;
- šūnu izveide (angļu val. – *create cell*), kurā šūna kalpo par bāzes vienību ģenētiskajai struktūrai;
- ietekmes lauka izveide (angļu val. – *create field*), kas var būt šūnu rinda, divdimensiju lauks vai arī trīsdimensiju kopums;
- ierobežojumu noteikšana (angļu val. – *create constraints*), norādot skaita, izmēru, attālumu un citu parametru iespējamās robežas;
- kustība (angļu val. – *movement*), nosakot trajektoriju, pievilksnās vai atgrūšanas elementus un to intensitāti (angļu val. – *attractors or repellers*), ātrumu, mēroga izmaiņas, krāsu utt.



1.30. att. Skripta matrica, tā moduļi un konfigurācijas.

Ģenētiskie skripti visbiežāk tiek izmantoti, lai radītu neatkārtojamas sarežģītas formas. Vairums projektēšanas biroju un zinātnisko laboratoriju pēta šo virzienu.

Visbiežāk tos veido uz Lindenmajera sistēmas (angļu val. – *Lindenmayer System*) bāzes un kā iterācijas funkcijas, lai ģenerētu fraktālu objektus, kas veido sarežģītas konfigurācijas telpu un vidi. Ar šādu metodi pēta jaunas tektonikas, mērogus un struktūras. Bieži vien ļoti sarežģītas ēkas iegūstamas ar ģenētiskajiem skriptiem, kas pēc uzbūves var būt ar ļoti sarežģītu vai vienkāršu arhitektūru. Attiecīgi no tā arī atkarīga paša skripta struktūra, navigācija un uztvere. Praksē tas nozīmē to, ka dažkārt sarežģītas ēkas tiek iegūtas ar vienkāršu skripta arhitektūru.



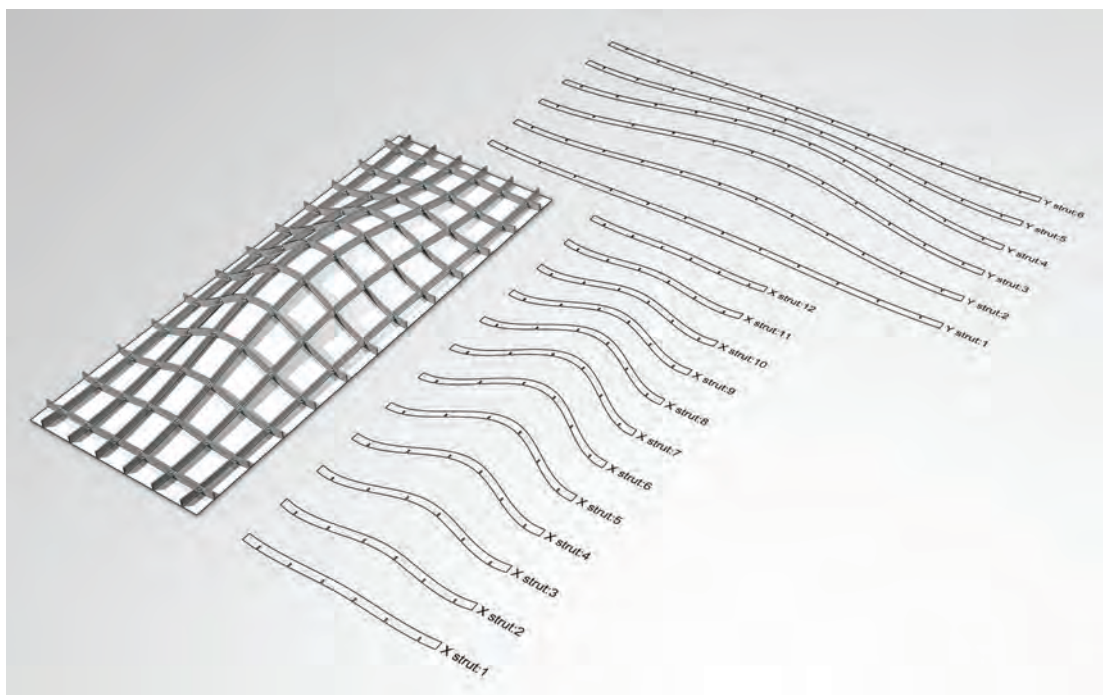
1.31. att. Ģenētiskais skripts ar sarežģītu un vienkāršu uzbūves arhitektūru.

Vispopulārākās programmatūras, kurās pieejams skriptings ir *Maya (MEL Script, Python Script)*, *Rhinoceros (Rhinoscript)* un *3ds Max (MAXScript)*. Idejiski skriptinga process visās programmatūrās ir līdzīgs, taču būtiskākās atšķirības ir šo programmēšanas valodu sintaksē. Ar skriptingu iespējams programmēt visu konkrētajā trīsdimensiju modelēšanas programmatūrā notiekošo, tamdēļ atšķirības skriptingā nav būtiskas, bet ir jāskatās pēc katras programmatūras modelēšanas iespējām un veicamā uzdevuma. Pirms jebkura skripta rakstīšanas jābūt konceptuāli skaidrai algoritmiskai idejai par to, kas tiks programmēts – pretējā gadījumā skripts būs neloģiski strukturēts un nekas var neizdoties. Skat. 1. pielikumā terminus „skriptings“ un „iterācija“.

Grasshopper

Grasshopper ir domāts projektētājiem, kas vēlas atklāt (angļu val. – *explore*) jaunas formas ar ģeneratīvā dizaina algoritmu palīdzību. Tas ir grafisks algoritmu redaktors, kas ir cieši integrēts ar *Rhinceros* trīsdimensiju modelēšanas programmatūras instrumentiem. *Grasshopper* nav nepieciešamas priekšzināšanas programmēšanā vai skriptingā, tā kā tas ir ar *Rhinoscript*, un tas ļauj projektētājiem izveidot pavisam vienkāršus vai neaptveramus formu ģeneratorus. *Grasshopper* ir procedurālas projektēšanas instruments, kurā konkrētas procedūras vai darbības tiek strukturētas savstarpēji vizuālā veidā.

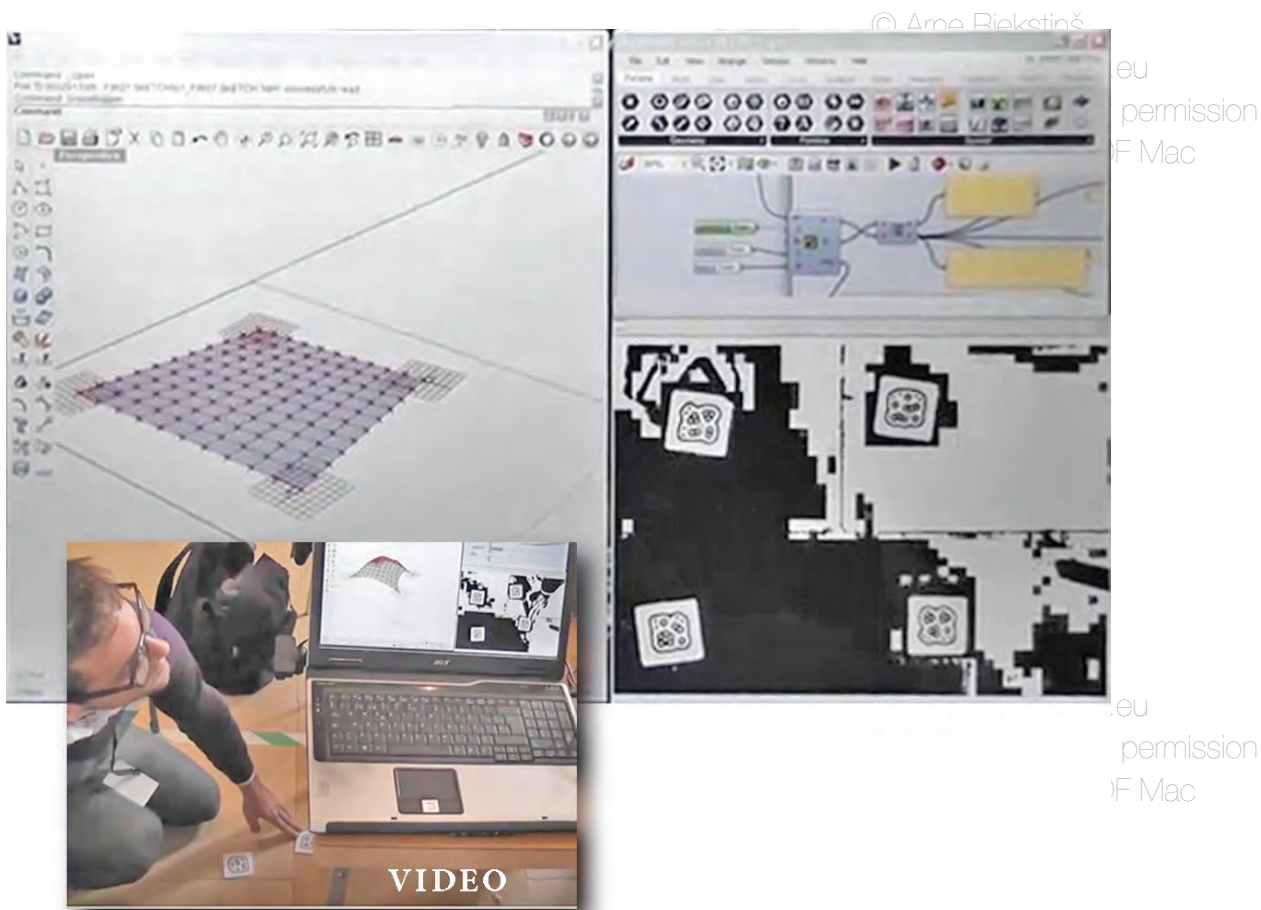
Šajā programmatūras papildinājumā darbs notiek savienojot dažādus objektus ar funkcijām, kas no tiem izmanto vektoru, virsmas, matricas un citu informāciju, lai savienojumā ar dažādiem parametriem veidotu atvasinātas ģeometriskas darbības, kas iegūtas ar izejošo datu pārrēķinu vai matemātiskām formulām. *Grasshopper* darba vidē izveidotos attiecību kopumus dēvē par definīcijām. Šīs definīcijas ir paplašināmas neierobežoti plaši, jo pieejamās funkcijas var atvasināt no jebkuras objekta datorizētās modelēšanas elementa (punkts, vektors, plakne utt.), lai iegūtu savstarpējas transformācijas un tālāku formas evolūciju reālā laikā. *Grasshopper* tāpat kā daudzi citi uz *Rhinceros* bāzes veidoti programmatūras papildinājumi var izsaukt komandas vai darbības no cita programmatūras papildinājuma vai pat no citas programmatūras, piemēram, funkcijas no *Rhinoscript*, datus no *Microsoft Excel* vai citiem ievades instrumentiem.



1.32. att. Ar *Grasshopper* automātiski izveidoti neregulāras telpiskas virsmas karkasa elementi.

Arhitekts Andrij Peins (*Andrew Payne*) ar *Grasshopper* izveidojis automatizētu algoritmu, ar kura palīdzību var izveidot gatavu strukturālu sistēmu jebkurai neregulārai virsmai. Šajā algoritma definīcijā ir iespējams noteikt x un y asīs griezumū daudzumu, kā arī karkasa augstumu un elementu platumu. Sistēmā ir iestrādāta funkcija, ar kuru piešķirt gatavajiem elementu izklājumiem nosaukumus, kā arī tajā ir iespēja mainīt šo nosaukumu lielumu, kas ir svarīgi darbā ar dažādiem objektu mērogiem [258]. Beigās gatavie elementi tiek izklāti kā divdimensionāli rasējumi, kurus pa tiešo var nosūtīt uz izgatavošanu ar datorizētās ražošanas darbapaldu – frēzi vai ar lāzergriezēju. Šis ir tikai viens no uzskatāmākajiem piemēriem, kā ar *Grasshopper* palīdzību no datorā trīsdimensionāli modelētas vienkāršas virsmas iegūstams strukturāls objekts, ko uzreiz var realizēt ar kādu no datorizētās ciparvadības tehnoloģijām kā maketu vai reālu arhitektūras objektu mērogā 1:1.

Grasshopper ir ļoti pateicīgs instruments, lai eksperimentētu ar ģeneratīvām projektēšanas metodēm un radītu jauna veida risinājumus, kā atvieglot inovatīvu ideju realizāciju – pārneses procesu no virtuāla objekta par reālu. Vienlaikus *Grasshopper* kalpo arī par jaunu formu sintezēšanas platformu, kur ar plašām parametru kalibrēšanas iespējām var radīt gan konkrēti izprojektētus, gan arī iepriekš neparedzētus rezultātus. *Grasshopper* ir viens no potenciāli spēcīgākajiem jaunās paaudzes digitālajiem instrumentiem, kuru regulāri paplašina ar jaunu funkcionalitāti un lietotāju pašu veidotiem papildinājumiem. Pastāvīgi tiek meklēti arī jauni un interaktīvi veidi, kā šādu projektēšanas vidi savienot ar reālā laikā notiekošām izmaiņām, pievienojot attiecīgus datu pārraides interfeisus ar sensoriem, kas fiksē notiekošo laikā un telpā. Tas savukārt pavērš iespēju kontrolēt ģeometrijas izturēšanos atkarībā no laikapstākļu maiņas, vēja stipruma vai jebkuriem citiem attiecīgā brīdī pieejamiem datiem, rezultātā izmainot un vadot robotizētas kinētiskas ēku daļas. *Grasshopper* līdz šim ir veiksmīgi ticis savienots ar datu ievadi no *Nintendo Wii* spēļu konsoles [270], kas fiksē kinētisku kustību telpā.



1.33. att. *Grasshopper* reālā laikā savienots ar video attēlu (pa labi), kurā kameras pēc speciālu indikatoru pozīcijām fiksē virsmas stūru atrašanos telpā. Virsma (attēlā pa kreisi) reaģē uz izmaiņām video attēlā un visu laiku seko līdzi izmaiņām.

2011. gada aprīlī Kopenhāgenā notikušajā darbseminārā “Gudrā ģeometrija – būvēt neredzamo” (angļu. val. – *Smart Geometry – Building the Invisible*), kuru vadīja arhitekts Andrijs Peins, ir bijis izveidots *Grasshopper* savienojums arī ar video attēlu, kas fiksē notiekošo telpā [257]. Šī darbsemināra mērķis bija izpētīt reālas pasaules datu iekļaušanu *Grasshopper* sistēmā un izprast tās izaicinājumus uz pastāvošo projektēšanas domāšanu. Digitālās paaudzes projektētāju mērķis ir kontrolēt skaitļošanas sistēmu spēku un iespējas, lai ar tām asistētu informācijas pārneši projektēšanas procesos. Datori spēj palīdzēt savākt, pārvaldīt un analizēt informāciju par vidi, kurā mēs atrodamies, kā arī informēt par datu pārpilnību. Galvenais uzdevums šādā pieejā ir izmantot šos datus ievadei un mērķtiecīgi palīdzēt pieņemt labāk informētus projektēšanas lēmumus [204].

Tādējādi ir jau realizētas iestrādes nākotnei papildus funkcionalitātē, interaktivitātē un ilgtspējības aspektu pienesumā arhitektūrā. Ar šādu tehnoloģijas inovāciju ir sperts solis tuvāk datora vadītai arhitektūrai, ietaupot resursus un arīdžan atvieglojot sabiedrības ikdienas noslodzi, un padarot ērtāku ēku ekspluatāciju.

Specializētie inženierzinātņu projektēšanas un analīzes instrumenti

Šobrīd pasaulē vadošie inženieru un konstruktoru biroji, piemēram, *ARUP Associates* vai *Buro Happold* specializējas uz pakalpojumiem, kas balstīti tikai uz skaitļošanas tehnoloģiju inovācijām. Šāda tipa uzņēmumi piedalās jaunu tehnoloģiju attīstīšanā, lai sniegtu visefektīvākos risinājumus būvniecībā un ārpus tās.

Buro Happold inženieru biroja reputācija balstīta uz vienkāršu un inovatīvu risinājumu sniegšanu kompleksām inženierijas problēmām. Produktu un pakalpojumu klāsts ietver:

1. Strukturālos risinājumus – inovatīvus risinājumus inženieru darba optimizēšanai, formu meklējumiem, analīzei, datorizētai ražošanai, vibrāciju un sprādzienu inženierijai.
2. Cilvēku plūsmas risinājumus – konsultāciju pakalpojumus, palīdzot arhitektiem, pilsētplānotājiem, attīstītājiem un drošības speciālistiem optimizēt cilvēku plūsmas izvietošanu, projektēšanu un menedžmentu.
3. Programmatūras risinājumus – attīstot augstākā līmeņa, efektīvas un praktiskas pašu izstrādātas programmatūras, kas ir neatkarīgas, bāzētas uz datortikliem, mobilas vai arī veidotas kā programmatūras paplašinājumi tādām komerciāla rakstura programmatūrām, kā *Rhinoceros*, *Digital Project* un *CATIA*, *AutoCAD*, *Robot* un *Ansys* [276].

Praktiski visi pēc uzbūves sarežģītie mūsdienu arhitektūras projekti tieši vai netieši ir saistīti ar specializētiem instrumentiem, atrisinot galvenās iepriekš pieminētās problēmas un vēl virkni citu sarežģītu procesu, kas saistīti ar būvniecību vai ekspluatāciju.

Buro Happold grupas ietvaros ir speciālistu būvniecības analīzes grupa *CoSA Solutions*, kas spēj analizēt ēku funkcionēšanu nākotnē, kamēr tās vēl tiek projektētas [215]. Izmantojot izsmalcinātas trīsdimensiju datorsimulācijas un modelēšanas programmatūru, šī grupa analizē šādus faktoros: ārējā vēja ietekmi, termālo un vides veiktspēju, enerģijas patēriņu, iekšējo gaisa plūsmu un uguns vai dūmu pārvietošanos telpās. Grupas iesaistīšanās projektā no malas nozīmē to, ka tā spēj norādīt uz jebkurām potenciālām problēmām projektēšanas laikā, ļaujot inženieru komandai, kas pie šādiem projektiem strādā, veikt nepieciešamos labojumus, pirms vēl visā procesā nav radušās negaidītas papildus būvniecības izmaksas. Būvnormatīviem kļūstot arvien stingrākiem, šīs grupas veiktās virtuālās simulācijas ļauj sasniegt maksimālu projektēšanas elastīgumu tā, ka iespējams nodrošināt gan normatīvu prasības, gan arī klientu un pasūtītāju vēlmes. Līdzko arhitekti un inženieri ir atbrīvoti no nepārliecības par potenciālajiem riskiem, ēku dizainā ir iespējams pārkāpt robežas, radot jaunas

ekspresiju formas, kas iespējamas līdz ar priekšrocībām par jaunākajiem materiāliem un būvniecības metodēm. Šādi avancēti analīzes instrumenti atļauj iekļauties projektēšanas procesā, lai palīdzētu sniegt vairāk integrētas, ekonomiskas un ilgtspējīgas ēkas, kurās vienlaikus ir arī komfortablāk dzīvot un strādāt.

Lai palīdzētu samazināt enerģijas izlietojumu un nodrošinātu pietiekamu aktīvo apkuri un gaisa kondicionēšanu, tiek analizēti ēkas materiālu un sistēmu dažādie aspekti, ieskaitot dabisko ventilāciju un saules noēnošanas sistēmas, orientāciju pēc debespusēm un pat augu izvietojumu telpās. Atrodot nepilnības un siltuma zudumu zonas, piemēram, ātrijos vai tehniskajos stāvos, ir iespējams laicīgi novērst trūkumus, samazināt izmaksas un sasniegt visus ilgtspējības mērķus. *CoSA Solutions* grupa regulāri atjauno savu programmatūras klāstu, lai nodrošinātu, ka tiek izmantoti tikai visattīstītākie un piemērotākie analīzes instrumenti. Spēja attīstīt un izveidot arī savus instrumentus nozīmē to, ka tādējādi iespējams nodrošināt piemērotu analīzes stratēģiju katram specifiskajam projektam, visos būvniecības sektoros. Tiek nodrošināti arī izvērtēšanas pakalpojumi par ēkas nākotnes apdzīvošanas iespējām, palīdzot samazināt enerģijas patēriņus un uzlabojot produktivitāti ar labākas kvalitātes vidi.

Analizējot arhitektūras projektēšanā izmantojamās programmatūras un to papildinājumus, redzams, ka tie ir ļoti inovatīvi un spēcīgi instrumenti. Galvenās priekšrocības un trūkumi apskatīti 1.3. tabulā. Šajās sistēmās ir iestrādāta būtiska CAD/CAM funkcionalitāte, kas nodrošina ļoti unikālu projektu realizāciju, izmantojot datorizētās ražošanas aparatūru. Idejiski *Maya* un *Rhinoceros* ir līdzīgi trīsdimensiju modelēšanas produkti, no kuriem neviens nav bijis sākotnēji domāts arhitektiem, bet animācijai, kino industrijai un industriālajam dizainam. *CATIA* un *TopSolid* programmatūras ir bijušas sākotnēji attīstītas lidmašīnu projektēšanai, taču, pateicoties arhitektu neatlaidīgai eksperimentēšanai un šo programmatūru pielāgošanai, tās tagad jau tiek izmantotas arhitektūras projektēšanā. Arhitekti, sākot izmantot šādas sistēmas, ir spiesti vairāk domāt par tādiem jautājumiem, piemēram, kā realizēt savas fantāzijas, lai tās būtu vienlīdz elegantas mākslinieciskā un arī tehniskā ziņā. Arhitekti ir apzinājušies to, ka ir ciešāk jāsadarbojas ar citu inženierzinātņu speciālistiem agrīnā projektēšanas stadijā. Šīs programmatūras to nodrošina un arhitekti kopā ar inženieriem var strādāt pie viena projekta izstrādes, vienotā projekta digitālajā dokumentācijā – pilnvērtīgā trīsdimensiju vidē. Paralēli ir arī notikusi pastiprinātāka pievēršanās dabai un biomorfisku formu projektēšanai. *Xfrog* un *Genr(8)* iestrādāti augšanas algoritmi un citas dabas parādības. Savukārt skriptings un citi ģeneratīvie projektēšanas programmatūras papildinājumi ir

veicinājuši ģenētisko principu plašāku pārnesi un lietošanu arhitektūrā. Genētiskā arhitektūra, kas ilgi bijusi ierobežota tehnisko iespēju dēļ, tagad ieņem nozīmīgu vietu daudzu jaunu arhitektūras tendenču ideoloģiskajā pamatā. Tas ir faktiski pavēris neierobežotas iespējas tiem arhitektiem, kuri izprot un kuriem labi padodas programmēšana. Parādoties *Grasshopper* – grafiskam algoritmu ģenerēšanas instrumentam, tā funkcionalitāti un iespējas ar lieliem panākumiem tagad pēta teju visās vadošajās arhitektūras skolās pasaulē. Un, kas nav mazāk svarīgi, šie jaunie instrumenti teju katru nedēļu tiek papildināti ar arvien jaunām iespējām, kurām nereti paliek grūti izsekot līdzi. Šeit būtisku ieguldījumu sniedz interneta vidē veidoti interešu forumi un portāli, kuros pulcējas tūkstošiem šo sistēmu lietotāju no visas pasaules – tiesa, tajos vairāk tiek pārstāvēta jaunākā arhitektu paaudze.

Pēdējo desmit gadu laikā ir notikusi milzīga pievēršanās šiem instrumentiem, kas izskaidrojama ar šo programmatūru funkcionalitātes uzlabošanos arhitektūras projektēšanai. Turklāt šī funkcionalitāte padara iespējamu tādu ideju realizāciju, par kurām ir teoretizēts un daudz pētīts gandrīz piecdesmit gadus. Būtiskākais pavērsiens – parametriskā arhitektūra, skriptings un ģeneratīvās projektēšanas metodes. Datoriem sasniedzot nopietnus jaudas parametrus, šīs metodes kļuvušas daudz pieejamākas. Arī interneta laikmets un informācijas pārbagātība par šo sistēmu lietošanu ir bijis par iemeslu tam, lai arhitekti apgūtu šos instrumentus. Inovatīvās un netradicionālās programmatūras daudziem arhitektiem kļūst par ikdienas darba instrumentiem. Šāda veida instrumenti ir jau sākuši pārveidot arhitektūras procesus – radot jaunus novirzienus un globālas tendences.

© Ame Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Ame Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Ame Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Inovativo un netradicionālo digitālo sistēmu programmatūras
un programmatūras papildinājumu salīdzinošā tabula

Programmatūra vai programmatūras papildinājums	Faila formāti	Izmantošanas lauks	Galvenās priekšrocības	Būtiskākie trūkumi
<p>Maya 3495 USD (Autodesk)</p>	MA, MB	<ul style="list-style-type: none"> Animācija 3D modelēšana Vizualizēšana 	<ul style="list-style-type: none"> Kino industrijas un specefektu vadošais instruments pasaulē Nestandarta arhitektūras modelēšana CAM – ciparvadība datorizētajai ražošanai Skriptings (MEL) 	<p>v. 2011-10-16</p> <ul style="list-style-type: none"> Ļoti laikietilpīga programmatūras apgūšana Nepieciešami lieli datora resursi <p>© Arne Riekstiņš ame@hybridspace.eu Do not use without permission Created in Free PDF Mac</p>
<p>Rhinoceros 995 USD (Robert McNeel & Associates)</p> <p>RhinoCAM *) Programmatūras papildinājums</p>	3DM	<ul style="list-style-type: none"> 3D modelēšana CAD 	<ul style="list-style-type: none"> Loģisks un vienkāršs lietotāja interfeiss Visvairāk akadēmisko lietotāju Visaktīvākais programmatūras izstrādātājs tirgū Daudz papildinājumu Skriptings (Rhinoscript) 	<p>v. 2011-10-16</p> <ul style="list-style-type: none"> Daudz jaunu <i>beta</i> versiju programmatūras papildinājumi ir nestabili darbībā <p>© Arne Riekstiņš ame@hybridspace.eu Do not use without permission Created in Free PDF Mac</p>
<p>CATIA / Gehry Technologies Digital Project ~15000USD (Dassault Systèmes / Gehry Technologies)</p>	Model, CATPart	<ul style="list-style-type: none"> BIM - ēku informācijas modelēšana 3D modelēšana 3D strukturālā inženierija CAD 	<ul style="list-style-type: none"> Integrēta arhitektūras forma un konstruktīvās struktūras informācija Īpaši sarežģītu objektu optimizācija, projektu vadība CAM – ciparvadība datorizētajai ražošanai 	<p>v. 2011-10-16</p> <ul style="list-style-type: none"> Ļoti specifiska programmatūras apgūšana <p>© Arne Riekstiņš ame@hybridspace.eu Do not use without permission Created in Free PDF Mac</p>

TopSolid (Missler Software)	<i>IGS</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 3D modelēšana • 3D strukturālā inženierija • CAD 	<ul style="list-style-type: none"> • Integrēta arhitektūras forma un struktūra • Parametriskā un asociatīvā projektēšana • CAM – ciparvadība datorizētajai ražošanai 	<ul style="list-style-type: none"> • Ļoti specifiska programmatūras apgūšana
Xfrog 399 USD (greenworks organic-software)	<i>XFR</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Organisku struktūru un procesu modelēšana un animēšana 	<ul style="list-style-type: none"> • Algoritmiski ģenerējami “augšanas” procesi • Unikālu formu ģenerēšana 	<ul style="list-style-type: none"> • Savietojamība
Genr(8) Bezmaksas (MIT)	–	<ul style="list-style-type: none"> • Evolucionāru augšanas algoritmu simulēšana datorvidē 	<ul style="list-style-type: none"> • Arhitektūras virsmu “audzēšana” 	<ul style="list-style-type: none"> • Savietojamība
*) Programmatūras papildinājums				
Skriptings (<i>MEL, Rhinocript, Python u.c.</i>)	<i>MEL, RVB, PY</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ģeneratīvs projektēšanas instruments 	<ul style="list-style-type: none"> • Neierobežotas iespējas un plaša izmantošana • Individualizēta programmatūras vadība, 100% kontrole • Lai izmainītu projekta ģeometriju, nepieciešamas nelielas izmaiņas skriptā 	<ul style="list-style-type: none"> • Nepieciešamas labas priekšzināšanas vispārējā programmēšanā • Sarežģīts un laikietilpīgs apgūšanas process
*) Iebūvēts standarta programmatūras papildinājums				
Grasshopper Bezmaksas	<i>GHX</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ģeneratīvs projektēšanas instruments 	<ul style="list-style-type: none"> • Grafiska algoritmu rediģēšana • Nepieciešamas minimālas priekšzināšanas • Izmaiņas projektā redzamas reālā laikā 	<ul style="list-style-type: none"> • Pilnvērtīgu projektu radīšanai nepieciešamas labas iemaņas ģeometrijā un 3D modelēšanas principu pārzināšana • Nepieciešami lieli datora resursi
*) Programmatūras papildinājums				

1.4.2. Datorizētās ražošanas aparatūra

Datorizētā ražošana attīstījies paralēli datorizētajai projektēšanai. Pasaulē šī projektēšanas un ražošanas saikne pazīstama kā *CAD/CAM* paradigma. Datorizētās ražošanas galvenie aparatūras veidi ir: ātrās prototipēšanas iekārtas – trīsdimensiju printeri, lāzergriezēji, digitālās ciparvadības ražošanas darbagaldi un citas palīgierīces mērīšanai vai telpu apsekošanai.

Tā kā arhitekti jau vispārējās digitalizācijas agrīnā sākumā sāka lietot digitālās projektēšanas sistēmas, datorizēto ražošanu arhitekti bija atstājuši neiepazītu. Tas izskaidrojams ar iemeslu, ka arhitekti vienmēr uzskatījuši ēku daļas kā kompleksus no vairākiem elementiem manuālā veidā izgatavotus būvelementus (piemēram, ārsienas veidotas no nesošas struktūras, siltumizolācijas slāņa un dekoratīvās apdares; logi veidoti no koka rāmjiem, stikla, palodzēm un citiem elementiem). Pēdējā desmitgadē strauji palielinājusies pievēršanās datorizētajai ražošanai un tās lietderīguma saskatīšana datorizētajā projektēšanā. Datorizētās ražošanas priekšrocības pret manuālā veidā izgatavotiem būvelementiem:

- precīzāka un ātrāka izgatavošana;
- ekonomiski izdevīgāka ražošana;
- nav nepieciešama projektu dokumentācija – rasējumi pa taisno no projektēšanas programmatūras nonāk datorizētās ražošanas iekārtās;
- unikālu un individuālu risinājumu, kā arī formu valodas bagātīgāka piemērošana projektēšanā.

Ātrā prototipēšana

Termins “ātrā prototipēšana” ir attiecināms uz tehnoloģiju klasi, kas spēj automātiski uzbūvēt fiziskus maketus no datorizētās projektēšanas datiem. Ari saukti par “trīsdimensiju printeriem”, ar tiem var ātri izveidot visaugstākās kvalitātes projektu prototipus, kas projektētājiem ir daudz vērtīgāk nekā divdimensiju attēli. Šādiem maketiem var būt vairākas izmantošanas iespējas. Digitāli veidoti maketi ir izcils palīg līdzeklis ideju komunikācijai ar kolēģiem vai klientiem, šos prototipus var izmantot arī ideju pārbaudīšanai. Ātrā prototipēšanas tehnoloģija ir būtisks vizualizācijas instruments. Digitālā-fiziskā projektēšanas procesā ar ātro prototipēšanu iegūtais makets ir pirmais fiziskais vizuālās komunikācijas elements. Ātrās prototipēšanas priekšrocības [122, 98]:

- paaugstina efektīvu komunikācijas līmeni;
- samazina idejas attīstīšanas laiku;
- samazina projektēšanas izmaiņu nepieciešamību;
- paildzina projekta dzīves ciklu, papildinot to ar nepieciešamajām īpašībām un likvidējot nepilnības projektēšanas agrīnā stadijā.

Ātro prototipēšanu plaši izmanto industriālajā dizainā, autobūvē, juveliermākslā, medicīnā, arhitektūrā un visās citās nozarēs, kuru darba gaitā tiek veidoti nelieli prototipi. Nelielam ražošanas daudzumam un sarežģītiem objektiem ātrā prototipēšana visbiežāk ir labākais pieejamais ražošanas process. Protams, “ātrs” ir relatīvs jēdziens. Vairumam prototipu nepieciešamas trīs līdz divdesmit stundas, lai tos uzbūvētu, atkarībā no izmēra un objekta sarežģītības pakāpes, kā arī no iekārtas darba dimensijām, kas ir relatīvi nelielas. Tas var likties lēns process, tomēr tas ir daudz ātrāk nekā nedēļām vai mēnešiem ilgi konstruējot prototipus ar citiem, klasiskiem maketēšanas paņēmieniem. Pateicoties šādam laika ietaupījumam, projektētāji ātrāk un ar lētākām izmaksām nonāk pie daudz inovatīvākiem rezultātiem.

Pašlaik pieejamas vismaz sešas ātrās prototipēšanas tehnikas, katra ar savu unikālu īpašību [122, 98]. Galvenās atšķirības tajās ir izmantojamā materiāla veids, tā izklāšana un nostiprināšanas tehnoloģija. Tā kā ātrās prototipēšanas tehnoloģijas arvien plašāk izmanto ne tikai prototipēšanai, bet arī citiem mērķiem, šo tehnoloģiju kopumā mēdz apzīmēt arī par cietu priekšmetu brīvas formas ražošanu (angļu val. – *solid free-form fabrication*), datorizētu automatizētu ražošanu vai par slāņveida ražošanu. Pēdējais apzīmējums ļoti precīzi raksturo visa veida ātrās prototipēšanas ražošanas procesus. Datorizēto trīsdimensiju objektu sagriež plānos ~0,1 mm slāņos, kurus prototipējot atveido, tos kārtojot vienu virs otra. Ātrā prototipēšana ir

“pievienojoša” procesa tehnoloģija, kas kombinē papīra, vaska, plastmasas vai ģipša slāņus, lai radītu cietu priekšmetu. Savukārt vairums datorizētās ciparvadības procesu (frēzēšana, urbšana, virpošana utt.) ir “noņemšanas” process, kas no vesela objekta materiālu pa slāņiem noņem. Ātrās prototipēšanas materiālu pievienojošā īpašība ļauj radīt objektus ar sarežģītu uzbūvi to iekšpusē, ko nav iespējams realizēt ar nevienu citu ražošanas veidu.

Kāda ir šīs tehnoloģijas izmantošanas ietekme arhitektūras projektēšanas procesā? Izvērtējot šādas unikālas tehnoloģijas izmantošanas priekšrocības, procesa inovāciju un precizitāti, kas aizgūta no citām dizaina nozarēm, ir iespējams attīstīt jaunas arhitektūras projektēšanas stratēģijas. Lai arī vairumam arhitektu tas ir pārāk radikāli, citiem tā ir vienkārša nepieciešamība, jo savādāk ir gandrīz neiespējami vai pārāk laikietilpīgi iegūt un vizualizēt formu saskanīgā veidā. Ar ātrās prototipēšanas tehnoloģijas piemērošanu tas tagad ir iespējams gandrīz ar vienu pieskārienu pogai. Ar pieaugošu šādu tehnoloģiju apzināšanu arhitektūras nozarē, tradicionālie ierobežojumi kļūst mazāk noteicoši, radot un piedāvājot inovatīvas formas, kas arhitektūru noved augstākā diskursa līmenī.

Lai gan pastāv vairāku veidu ātrās prototipēšanas tehnikas, ātrās prototipēšanas darba procesā vienmēr ir jāveic vienāds piecu soļu process:

1. Izveido projekta *CAD* modeli;
2. Konvertē *CAD* modeli *STL* faila formātā;
3. Sadala *STL* failu pa plāniem šķēsgriezuma slāņiem, ko parasti veic ar konkrētas iekārtas individuālu datu translēšanas programmatūru;
4. Uzbūvē modeli slāni pa slānim;
5. Notīra un nepieciešamības gadījumā papildus apstrādā gatavu modeli [122, 98].

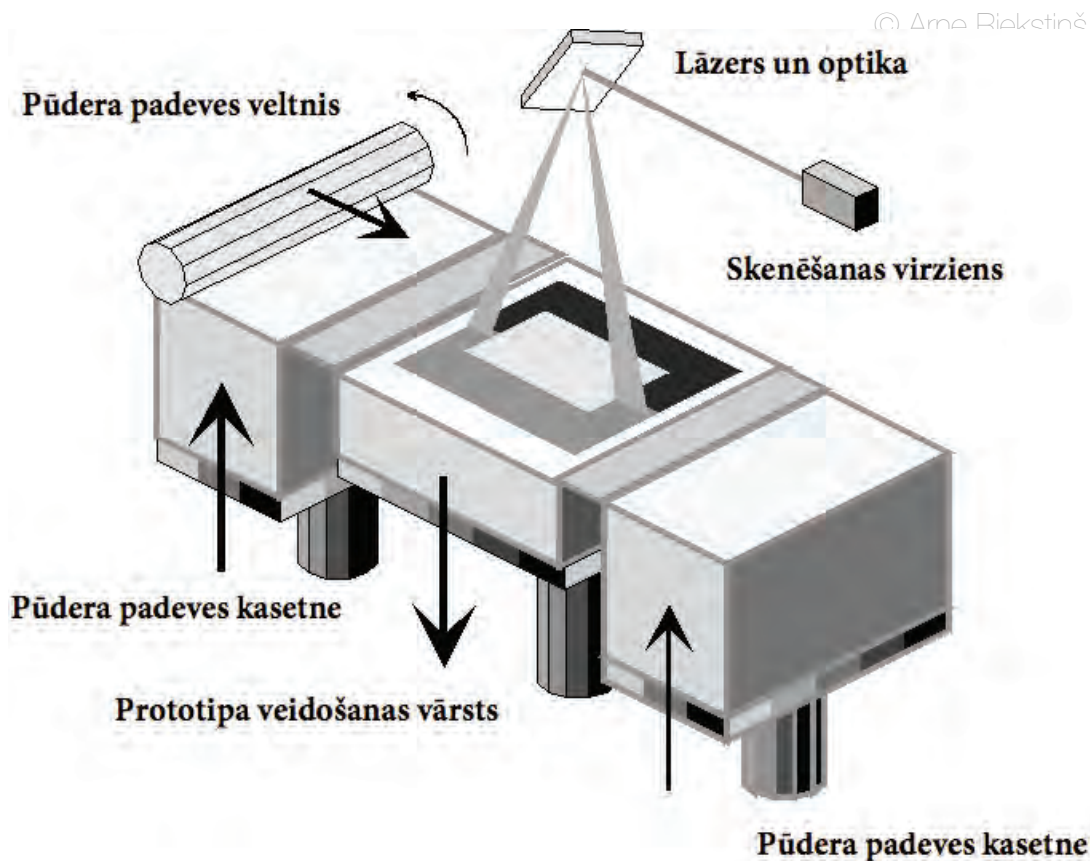
Pirmkārt, uzbūvējamais objekts ir jāuzmodelē ar datorizētās projektēšanas programmatūru. Šim procesam izmantojama faktiski jebkura trīsdimensiju modelēšanas programmatūra, piemēram, *Maya*, *Rhinoceros*, *3ds Max* vai pat *AutoCAD*. Projektētājs var izmantot oriģinālo objekta trīsdimensiju modeli vai arī izveidot speciālu prototipēšanai paredzētu maketa trīsdimensiju modeli, optimizējot tā izveidošanai nepieciešamo materiālu daudzumu, to vienkāršojot vai atbrīvojot no liekas detalizācijas līmeņa. Šis posms ir identisks visām ātrās prototipēšanas tehnikām.

Dažādas datorizētās projektēšanas programmatūras izmanto vairākus atšķirīgus algoritmus, lai atveidotu cietus objektus. Tamdēļ, lai ievērotu konsistenci, *STL* faila formāts (stereolitogrāfija – pirmā ātrās prototipēšanas tehnika) ir izvēlēts par ātrās prototipēšanas industrijas standartu. Otrkārt, *CAD* fails jāpārkonvertē par *STL*

formāta failu. Šis formāts ataino trīsdimensiju virsmu kā planāru triangulētu virsmu, pazīstamu arī ar nosaukumu poligonālais tīkls (angļu val. – *polygon mesh*). Fails satur virsmu stūru koordinātes un katra trīsstūra virspusējo pavērsuma virziena informāciju. Tā kā *STL* faili izmanto planārus elementus, tie nespēj pilnīgi precīzi atainot liektas virsmas. Palielinot trīsstūru skaitu objektā, tiek uzlabota sarežģītu ģeometriju aproksimācija, taču tiek iegūts lielāks faila izmērs. Savukārt lieliem un sarežģītiem failiem nepieciešams vairāk laika, lai veiktu pirmapstrādi un tos arī uzbūvētu. Tamdēļ projektētājam ir jāizvērtē precizitāte ar spēju izveidot lietderīgu *STL* failu. Tā kā *STL* faila formāts ir universāls, arī šis posms ir identisks visām ātrās prototipēšanas tehnikām.

Treškārt, pirmapstrādes programmatūra sagatavo uzbūvējamo *STL* failu. Šai darbībai ir pieejamas vairākas programmatūras, un vairums no tām ļauj lietotājam precizēt modeļa izmēru, novietojumu un orientāciju. Pirmapstrādes programmatūra sadala *STL* modeli pa slāņiem pat no 0,01 līdz 0,7 mm biezumā, atkarībā no realizējamās uzbūves tehnikas. Ar šīs programmatūras palīdzību var arī ģenerēt papildus nesošu struktūru, lai atbalstītu modeli tā izveidošanas laikā. Atbalsti ir nepieciešami delikātām detaļām, piemēram, pārkarēm, iekšējiem dobumiem un plānām sienām. Katrs ātrās prototipēšanas iekārtu ražotājs ir izstrādājis savu pirmapstrādes programmatūru.

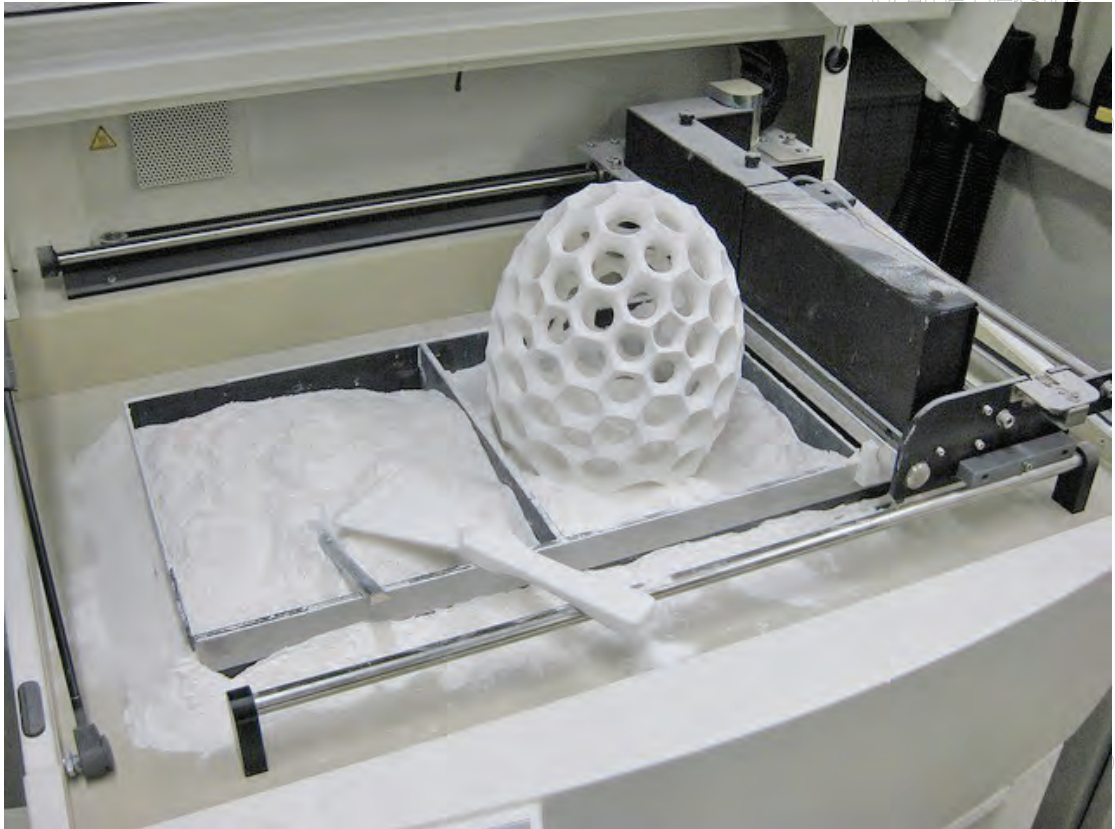
Ceturtkārt, tiek izgatavots reālais modelis. Ātrās prototipēšanas iekārtas uzbūvē modeli slāni pa slānim no dažādiem polimēriem, papīra vai no pūdera formā pieejama metāla. Viens no izplatītākajiem ātrās prototipēšanas veidiem ir selektīvā lāzera salīmēšana (angļu val. – *Selective Laser Sintering, SLS*) [269]. Šajā tehnikā tiek izmantota pūdera veida izejviela. Tai ir daudz priekšrocību, jo var tikt izmantoti dažāda veida sakausējami materiāli. No pašlaik pieejamajiem materiāliem tie var būt: neilons, ar stikla šķiedru stiprināts neilons, polikarbonāts, vasks un dažādi metāli. Ar lāzera stariem katrs slānis tiek sakausēts ar katru nākamo slāni. Pēc katras sakausēšanas darbības ar pūdera padeves veltni tiek uzklāts atkal jauns izejmateriāla slānis nepieciešamajā biezumā. Process tiek atkārtots, kamēr visi slāņi ir izveidoti. Pārpalikušais pūderis paliek apkārt modelim kā atbalsts tā būvēšanas laikā. Kad modelis ir pabeigts, lieko pūderi noslauka nost. Vairums ātrās prototipēšanas iekārtu ir ļoti autonomas, tām nepieciešama ļoti maza lietotāja iejaukšanās.



1.34. att. Viena no izplatītākajiem ātrās prototipēšanas veida – selektīvā lāzera salīmēšanas iekārtas darbības shēma.

Piektkārt, tiek veikta modeļa pēcapstrāde. Tā ietver prototipa izņemšanu no iekārtas un iespējamu atbalstu noņemšanu. Dažus fotosensitīvus materiālus nepieciešams pilnībā apstrādāt pirms to izmantošanas. Prototipiem var būt nepieciešama neliela tīrīšana vai virsmas apstrāde. Modeļa slīpēšana, stiprināšana un / vai krāsošana uzlabo tā izskatu un izturību, jo vēl neapstrādāts modelis var būt īpaši trausls.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16



1.35. att. Pabeidzot modeļa veidošanu, prototipa veidošanas vārsts tiek pacelts kopā ar visu gatavo modeli uz augšu, un tas tiek atdalīts no liekā izejmateriāla pulvera un nepieciešamajām atbalsta struktūrām. Šī darbība vislabāk veicama ar lāpstiņu, mīkstu birsti un skalpeli.

Ātrā prototipēšana sāk izmainīt veidu, kā projektētāji domā un rada savus projektus. Tuvākajā nākotnē ātrā prototipēšana revolucionizēs mums pazīstamos standarta ražošanas procesus. Viens no galvenajiem faktoriem, kas visu laiku tiek uzlabots, ir ātrums. Attīstot jaunus prototipēšanas materiāla veidus, piemēram, polimērus, tiks iegūti prototipi, kuriem nebūs nepieciešama papildus apstrāde stiprības nodrošināšanai. Vienlaikus tiek ieviesti arī ne-polimēriski materiāli, tajā skaitā – metāli, keramika un kompozītmateriāli. Ar šādu materiālu palīdzību un ātro prototipēšanu iespējams jau ražot gatavas funkcionālas detaļas. Šobrīd vairums ātrās prototipēšanas iekārtu spēj ražot maksimāli ne lielākus kā 500x500x500 mm lielus objektus, t.i. 0,125 m³ [122, 101]. Lielākus prototipus jāveido no daļām un manuālā veidā jāsavieno. Šobrīd izstrādes procesā ir vairākas lielu prototipu izveides tehnikas.

Ātrā prototipēšana ļoti veiksmīgi iederas tādā projektēšanas procesā, kas ietver darbu ar sarežģītām ģeometriskām formām. Ar tās palīdzību var būtiski paātrināt lēmumu pieņemšanu par tālāku projekta gaitu, jo relatīvi īsā laikā iegūstams taustāms trīsdimensiju modelis, kurā var izvērtēt visas telpiskās projekta vērtības. Ātrā prototipēšana ir neatsverams darba instruments, kura gala produkts – ar datora

palīdzību izveidots projekta makets – ir tikpat iespaidīgs un saprotams, kā ar tradicionālām metodēm veidots makets. Būtiska priekšrocība – laika ieguvums un līdzekļu ietaupījums, kā arī tādas sarežģītības projektu ideju realizācija, kas ar tradicionālām metodēm vispār nebūtu īstenojama.

Datorizētā ciparvadības ražošana

Datorizētā ciparvadības (CNC) ražošana sastopama dažādās nozarēs – kokapstrādē, akmens apstrādē, elektronisko iekārtu ražošanā, stikla apstrādē, koka virpojumu izgatavošanā, stomatoloģijā, arhitektūrā un citās nozarēs. Datorizētās ciparvadības ražošanas procesi (frēzēšana, urbšana, virpošana utt.) ir “noņemšanas” process, kad no vesela izejmateriāla materiālu pa slāņiem noņem. Galvenā šīs tehnoloģijas īpašība ir augstas kvalitātes izpildījuma nodrošināšana neatkarīgi no izvēlētā lietojuma. Visizplatītākie datorizētās ciparvadības ražošanas darbagaldi ir frēzēšanas / gravēšanas darbagaldi. Šīs CNC frēzes var frēzēt un gravēt koku, stiklu, plastiku, veikt jebkuras sarežģītības 2D, 2,5D un 3D darbus. Galvenie parametri, kas šajā tehnoloģijā ir jāievēro, ir darbagalda izmēri. Vidēji tie ir no 1000x500 mm un šāda darbagalda mašīnas pārvietošanās pa asīm ir no $X=720\text{mm}$, $Y=400$, $Z=110$ mm un vairāk. Šādā darbagaldā ir 3 asis, taču sarežģītākām darbībām pieejami darbagaldi ar spēju darboties vairāk nekā 3 asīs. Ir sastopami arī nelieli hobija līmeņa mājas apstākļos izmantojami darbagaldi, kā arī ļoti lieli darbagaldi – ražošanas telpas, kuru garums un pārējās dimensijas ir pietiekamas veselas jahtas izfrēzēšanai no viena gabala. Tāpat ir arī pieejami darbagaldi un roboti, kuri kustās līdz pat 12 asīs, automātiski vienlaikus rotējot gan instrumenta motoru, gan pašu darbagalda pamatni.

Datorizētās ciparvadības priekšrocības:

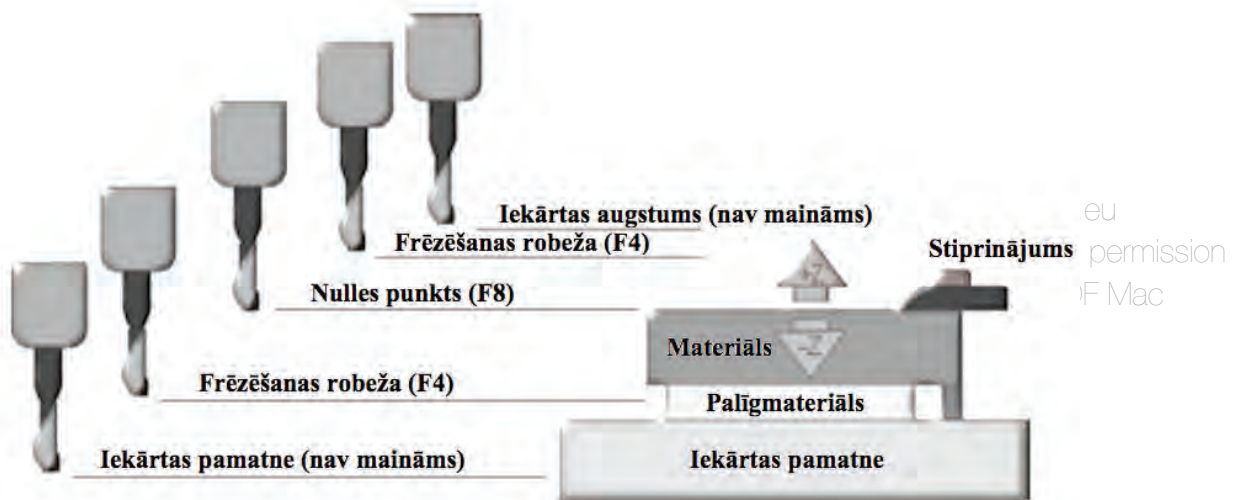
- precīza detaļu ražošana no dažādiem materiāliem un dažādos mērogos;
- ātrs ražošanas process;
- individualizēta dizaina detaļas izmaksas līdzvērtīgas standartizēta dizaina izmaksām, ar nosacījumu, ja ir optimizēta programmatūra, kas sagatavo frēzējamo instrumentu maršrutu, un tam nav nepieciešams nozīmīgs papildus cilvēku resurss.

Datorizētās ciparvadības darbagalda darbības princips:

- uz galda ar vakuumu vai citu stiprināšanas veidu nostiprina frēzējamo materiālu;
- darbagaldam gar sāniem pa sliedēm uz priekšu / atpakaļ, pa labi / pa kreisi un uz augšu / uz leju ar motorizētu piedziņu virzās motors ar rotējošu

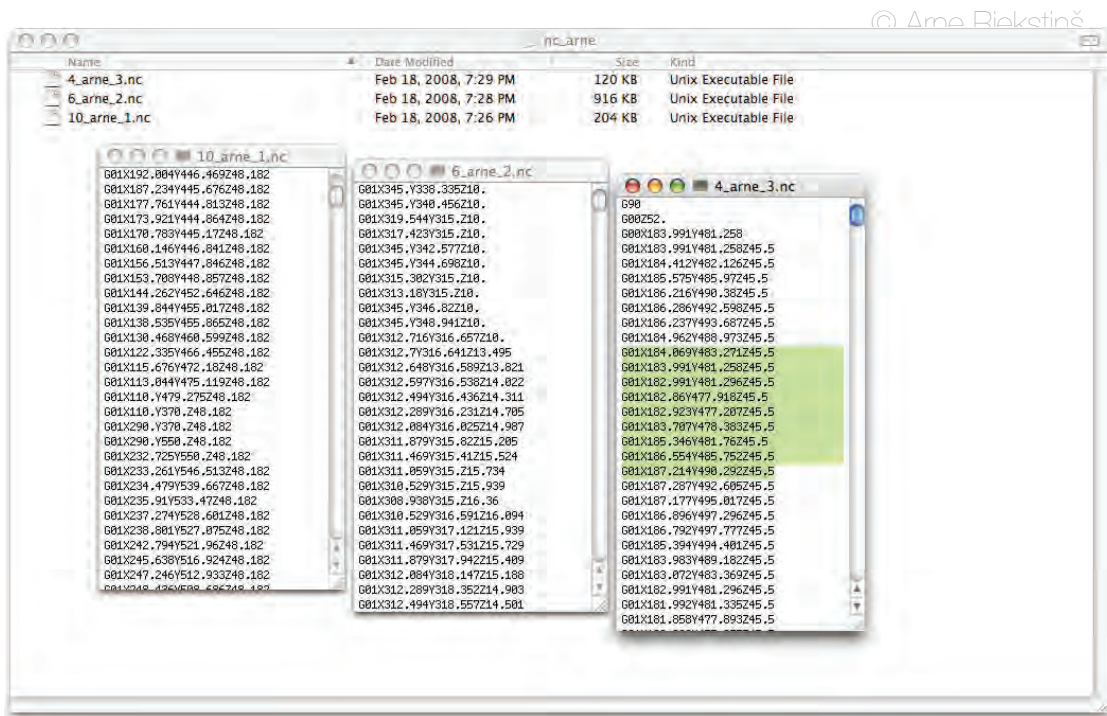
instrumenta galvu-urbi (ir arī darbagaldi, kuros tiek virzīti ūdens strūkļas, plazmas vai metināšanas instrumenti);

- datorā tiek uzprogrammēts instrumenta maršruts, kas tiek nosūtīts uz izpildi frēzē, pa vienam failam uz katru instrumentu;
- darbagalds automātiskā režīmā izpilda uzprogrammēto darbību un to pabeidzot apstājas;
- izgrieztā vai izfrēzētā detaļa var tikt izņemta no darbagalda un nepieciešamības gadījumā tai var tikt manuāli apstrādātas griezuma malas.



1.36. att. XYZ Corporation datorizētās ciparvadības (CNC) darbagalda vertikālās Z ass uzstādījumi. Tāds pats princips ir visiem darbagaldiem, kas darbojas Z asī, mainoties tikai augstuma dimensijas lielumam.

Ar datorizētās ciparvadības ražošanu pārsvarā tiek veiktas divdimensiju darbības (divās asīs, X un Y), taču tās pilnīgais potenciāls vislabāk izpaužas trīs un vairāk asu izmantošanā. Šajā gadījumā ļoti svarīga ir datorizētās ciparvadības iekārtas Z – augstuma dimensija. Jo augstāka Z dimensija, jo var tikt veikta sarežģītāku konfigurāciju objektu frēzēšana. Tas paver iespējas veidot trīsdimensionālus objektus vai to atliešanai nepieciešamos veidņus. Trīsdimensiju frēzēšana ir ļoti izplatīts veids, lai radītu arhitektūras mērogam 1:1 derīgus būvelementus. To jau praktizē un izmanto daudzi arhitekti pasaulē, lai īstenotu savus projektus.



1.37. att. Pēc satūra instrumenta maršrutu (NC) faili ir koordinātu saraksti, kā darbagalda instruments pārvietojas telpā, frēzējot materiālu. Attēlā parādīti trīs NC faili, katrs sagatavots darbam – attiecīgi frēzēšanai ar 10, 6 un 4 mm instrumentiem. [A.R.]

Katram frēzējamajam darbību kopumam ar katru atšķirīgo instrumentu ir jāgatavo savs instrumenta maršruta NC fails. Tā gatavošanai var izmantot dažādas speciālas programmatūras, piemēram, *RhinoCAM* (skat. 1.4.1. nodaļu), *Mastercam*, *SurfCAM* u.c. Gandrīz visiem datorizētās ciparvadības darbagaldiem ir savs programmatūras interfeiss, ar kuru palīdzību tiek ielādēti sagatavotie instrumenta maršruta faili. Šajās interfeisa programmatūrās var ielādēt arī vienkāršus *AutoCAD DWG* vai *DXF* divdimensiju līniju rasējumus, kā arī optimizēt frēzēšanas ātrumu. Jāņem vērā, ka daudziem darbagaldiem instrumenti ir jāmaina pēc katras konkrētas darbības pabeigšanas. Taču ir arī vēl automatiskāki darbagaldi, kas instrumentus nomaina paši, padarot frēzēšanu par pilnībā automatizētu darbību. Pieredzējis darbagalda operators, pārzinot savas iekārtas iespējas un ierobežojumus, var atstāt darbagaldu bez uzraudzības. Lai izvairītos no datorizētās ciparvadības iekārtu lūzumiem, darbagaldu tomēr nav ieteicams atstāt bez uzraudzības, it īpaši – ja tiek veiktas tādas frēzējamās darbības, kuras iepriekš nav veiktas.



1.38. att. Viena no lielākajām 5-asu CNC iekārtām – Bermaq SG-XXL ar divām frēzēšanas galvām, kuras darba dimensijas var būt no 18000x4000x1000 mm līdz 60000x8000x3000 mm. Ar šādu frēzēšanas iekārtu var izgatavot vienā piegājienā veselu vēja ģeneratora spārnu, luksusa jahtas korpusu vai arī ēkas detaļu mērogā 1:1.

Datorizētās ciparvadības ražošana ir inovatīvs darba instruments, kas tiešā veidā izmantojams digitāli projektētas arhitektūras realizēšanai reālos projektos. Šādu iekārtu lietošanas izmantojamības robežas ir teorētiski bez ierobežojumiem, ar nosacījumu, ja ir apgūtas programmatūras un tehnoloģiskās iespējas sagatavot projektēto materiālu frēzēšanai. Tā kā tas ir tradicionāli bijis vairāk inženieru darba lauks, tas nozīmē, ka nākotnē arhitektiem būs jāpārvalda šādu iekārtu iespējas un jāmeklē veidi, kā sadarboties starp dažādu nozaru speciālistiem, kas iesaistīti būvniecības un īpaši datorizētās ciparvadības ražošanas procesos. Daudzas progresīvas arhitektu prakses ir pierādījušas, ka šāds sadarbības modelis ir iespējams, vienlaikus paplašinot arhitektūras daudzveidību un izpildes kvalitāti 21. gadsimtā ar jauniem tehniskiem un formāliem izpaušmes veidiem.

Lāzergriešana

Lāzergriešana ir izmantojama divdimensiju objektu griešanai. Tā ir ļoti izplatīta maketēšanā un citu mazu vai ļoti precīzu detaļu izgatavošanā. Ar lāzeri var izgriezt vai gravēt organisko stiklu, plastmasu, stiklu, finieri, MDF, metālu, alumīniju, nerūsējošo tēraudu, epoksītu, papīru, vasku, audumus, ādu, gumiju, akmeni u.c. materiālus.

Lāzergriešanas iekārtu darba dimensijas ir no 400 x 600 mm līdz 1500 x 3000 mm. Atšķirībā no datorizētās ciparvadības ražošanas darbagaldiem, kam nepieciešamas speciāli ventilējamas telpas un norobežoti darba apstākļi, mazākās lāzergriešanas iekārtas ērti lietojamas biroja apstākļos.



1.39. att. Arhitektūras studentu darbu maketēšanai paredzētā kompānijas *Universal Laser Systems* industriālās klases lāzera iekārta Viktorijas Universitātē Velingtonā, Jaunzēlandē. [A.R.]

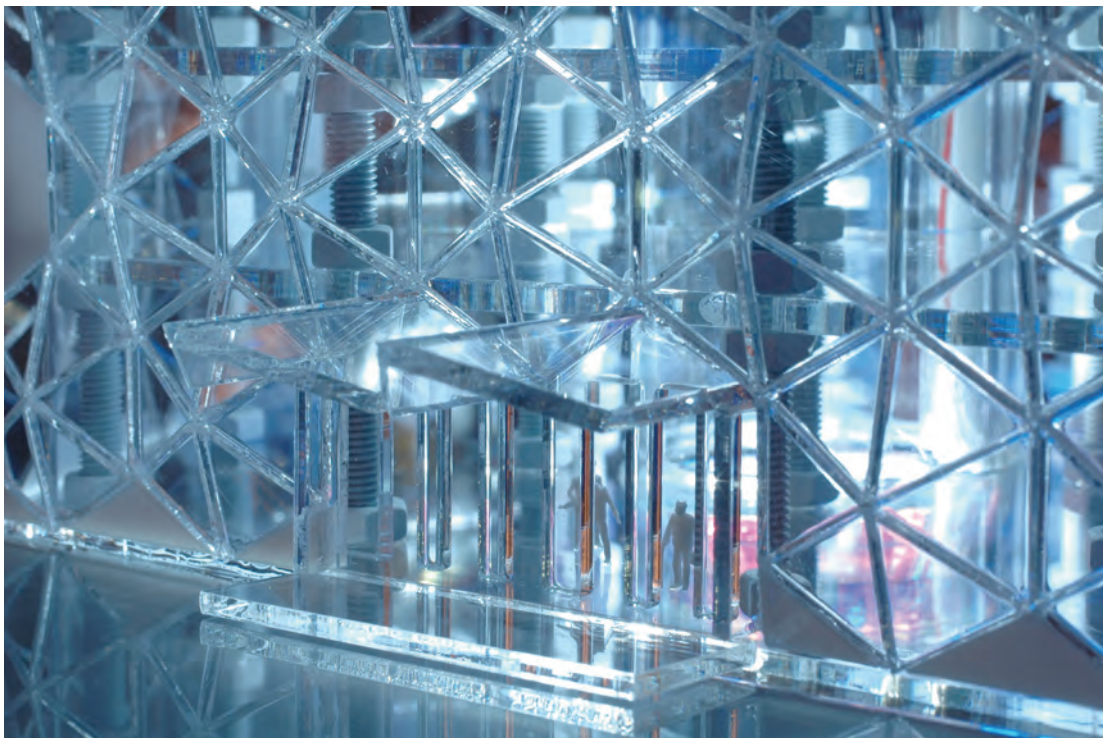
Lāzergriešanas process:

- jā sagatavo instrumentu maršruta divdimensijas griezumam vai gravēšanas procesa līniju failu, pārsvārā tas mēdz būt – *AutoCAD DWG* vai *DXF*, *CorelDraw CDR* un *Adobe Illustrator EPS*;
- apstrādājamo materiālu tiek ievietots iekārtā;
- lāzera iekārta veic griešanu vai gravēšanu;
- objekts ir gatavs lietošanai tūlīt pēc tā izgatavošanas.

Galvenās lāzergriešanas tehnoloģijas priekšrocības [273]:

- augstākās precizitātes darbu realizēšana ļoti mazos mērogos, ar precizitāti 0,05 mm;
- ļoti augsta produktivitāte un darba izpildes ātrums;
- precīzas materiāla griezumam līnijas, kas pēc izgriešanas nav jāapstrādā;

- iespēja reproducēt vienādas detaļas vairākkārt, jo lāzera tehnoloģijas vienmēr nodrošina 100% precizitāti izgatavot kādu daļu atkārtoti;
- samazināts risks saliekt apstrādājamo materiālu, jo lāzera darbības gaitā izdalās neliels siltuma daudzums.



1.40. att. Maketa makro fotogrāfija. Ekoloģiskā augstbūve Ķīpsalā – autora diplomdarbs 2005. gadā RTU APF. Visas detaļas izgrieztas mērogā 1:200 no 1 mm plāna organiskā stikla, mazākās detaļas trīsstūra sānu malu izmēri 6 mm, šādu detaļu skaits maketā – vairāk nekā 6000 gab. [A.R.]

Lāzergriešanas sistēmas arhitektūras projektēšanas procesā lietojamas maketu veidošanā. Relatīvi vienkāršā ražošanas principa pēc šī ir vispieejamākā un ātrāk apgūstamā datorizētās ražošanas sistēma. Pašlaik arī Latvijā daudzas arhitektu prakses un arhitektūras studenti izmanto lāzergriešanas tehnoloģiju, taču visbiežāk tas ir klasiskās maketēšanas – mazu detaļu izgatavošanas – procesa digitalizācija. Tiek izmantota tikai daļa no šīs tehnoloģijas kapacitātes, proti, ražot ļoti unikālas formas un augstas sarežģītības pakāpes detaļas, vienlaikus pārliecinoties par oriģinālu dizainu un tā veidošanas iespējām, kā arī attīstot augstākas attīstības pakāpes arhitektūru. Arī izmaksu ziņā lāzergriešana ir lokālajā situācijā pieejama – viens tekošais griezuma metrs maksā no 1,5–3 Ls plus materiāla cena, atkarībā no griešanas kopējā apjoma.

Citi palīglīdzekļi

Vēl pie inovatīvajām un netradicionālajām digitālajām sistēmām pieskaitāmi dažādi palīglīdzekļi, kas atvieglo datorizēto projektēšanu un nodrošina precīzu uzmērīšanu. Šādi palīglīdzekļi ir trīsdimensiju lāzera skeneris un fotogrammetrijas metode. Daudzas nozares izmanto šos palīglīdzekļus vēsturisku vietu izpētei un dokumentācijai, kamēr arhitektūrā šie palīglīdzekļi ienākuši nesenā pagātnē.

Trīsdimensiju lāzera skeneris

Ar šo tehnoloģiju var ātri un precīzi uzmērīt un dokumentēt, piemēram, vēsturiskos pieminekļus vai ēkas, kurām nepieciešams veikt piebūvi un tamdēļ būtu vajadzīgi precīzi uzmērījumi. Latviešu arheologi, sadarbībā ar vācu zinātniekiem, 2008. gadā Ēģipē ar lāzera skeneriem uzmērīja Džosera piramīdu kompleksu Luksorā, atklājot jaunas telpas piramīdas struktūrā. Par to tika ziņots Francijas Zinātņu Akadēmijai. Atkarībā no uzmērāmā objekta mēroga izmantojami divu veidu lāzera skeneri:

- tāla spektra skeneri;
- tuva spektra skeneri.



1.41. att. Ar trīsdimensiju lāzera skeneri uzmērīta ēkas fasāde Losandželosā.

Kombinējot šos divus skenera veidus iespējams precīzi uzmērīt galvenās objekta aprises, kā arī vissīkāko detalizācijas pakāpi – ēkas skulpturālus vai ornamentālus veidojumus [188]. Kombinējot šīs tehnoloģijas sniegtos datus, iespējams iegūt 100%

savietojamu informāciju, lai to apstrādātu ar nepieciešamo programmatūru un iegūtu augstas izšķirtspējas trīsdimensiju modeli. Iegūtos mērījumus var konvertēt arī par jebkura pašreizējā standarta formāta divdimensiju vai trīsdimensiju failu, t.sk., izveidot plānus, fasādes un griezumus. Ar šādiem uzmērījumiem – punktu mākoņiem – var pa tiešo strādāt tālāk pie trīsdimensionālās modelēšanas. Trīsdimensiju skeneris vienā attēlā spēj piefiksēt līdz 8 miljoniem punktu, kur katrā no tiem ir X, Y un Z koordinātes, kā arī informācija par šī punkta krāsu [187]. Šāds attēls tiek uzņemts nepilnas minūtes laikā. Galvenās šīs tehnoloģijas priekšrocības – izdevumu samazināšana, laika ietaupījums, visaugstākā precizitāte un neliels informācijas pēcapstrādes process, lai iegūtu izmantojamu punktu mākonī.

Fotogrammetrijas metode

Fotogrammetrijā tiek veikta datu iegūšana ar bezkontakta attēlu veidojošām un citām sensorām sistēmām, un šo datu mērīšana, analīze un attēlošana. Šī nozare pasaulē attīstās jau gadu desmitiem. Pēdējā desmitgadē tā ir ieguvusi jaunu elpu saistībā ar straujo digitālās fotogrammetrijas attīstību, kas vainagojās ar digitālo kameru un lāzerskenēšanas popularitāti pēdējos piecos gados [255]. Līdz pat šim brīdim Latvijā aerofotografēšanas struktūra nav izveidota, tādēļ kompānija *Metrum* ir vienīgais privātu uzņēmums Latvijā, kas kopš 2006. gada piedāvā aerofotografēšanu ar liela formāta digitālo kameru un lāzerskenēšanu. Iegūtie dati tiek izmantoti ortofoto, topogrāfisko plānu, digitālo virsmas modeļu un trīsdimensiju modeļu izveidē.

Ar fotogrammetrijas metodi no fotouzņēmumiem ir iespējams iegūt izmērus, ja šajos attēlos ir pietiekami atskaites punkti, par kuriem ir pieejami reāli izmēri. Šādā veidā iespējams no fotouzņēmumiem rekonstruēt objekta izmērus visās trīs dimensijās. Jo vairāk informācijas ir uz attēla, jo precīzāka ir šī metode.



1.42. att. Ar fotogrammetrijas metodi iegūts fasādes attēls.

Arhitektūrā ar fotogrammetrijas metodi tiek dokumentētas ēku fasādes. Šāda dokumentācija sniedz precīzus datus, kas nepieciešami, lai veidotu precīzus fasādes rasējumus. Bez fotogrammetrijas metodes fasāžu uzmērīšana un rasēšana būtu vislaikietilpīgākais un dārgākais process arhitektūrā [259]. Speciālas fotogrammetrijas programmatūras pārvērš perspektīvē fotografētas fasādes proporcionāli pareizās fotogrāfijās, kas savukārt atļauj to precīzi pārzīmēt. Lai šādu transformāciju izdarītu precīzi, ir nepieciešami tikai daži gabarītu izmēri. Daļa programmatūru spēj attēlu automātiski pārzīmēt vektoru grafikā.

Analizējot datorizētās ražošanas un projektēšanas palīgīdzekļus, jāsecina, ka tie visi ir sākotnēji bijuši izmantoti militārajā industrijā un industriālajā dizainā. Priekšrocību un trūkumu salīdzinājums apskatīts 1.4. tabulā. Ātrā prototipēšana ir izmainījusi maketēšanu – jebkuras ģeometriskas sarežģītības objektus var izprintēt trīsdimensionālos prototipos. Tas ir izmainījis arī projektēšanas gaitu, jo projektētājs spēj laicīgi novērtēt savas idejas taustāmā veidā. Reāls makets daudzas reizes precīzāk spēj sniegt priekšstatu par dizainera vai arhitekta ideju. Tas ir vienlaikus palīgīdzeklis, lai novērtētu savu darbu un to prezentētu sadarbības partneriem, klientiem, izstāžu apmeklētājiem utt. Šajā tehnoloģijā ienāk jauni un lētāki izejmateriāli, kā arī jaunākās tendences norāda uz to, ka ātrās prototipēšanas instrumenti pamazām ieņem jaunu virzienu – individualizēto ražošanu. To pierāda šīs tehnoloģijas vieni no aktīvākajiem priekšrocību izmantotājiem – *Formula 1* inženieri, kas projektē sacīkšu automašīnas. Ar ātrās prototipēšanas tehnoloģijām tiek izgatavotas virsbūves daļas, lai tās testētu vēja tuneļos, kā arī motora titāna detaļas [229]. Tas nodrošina ļoti ātru tehnoloģisku progresu šajā auto sporta nozarē. Ierobežotās darba dimensijas ir pārejoša problēma, jo visu laiku dēļ šīs tehnoloģijas industriālā ražošanas rakstura, mērogs kļūst arvien lielāks. Nākamā būtiskā ražošanas aparatūras grupa ir datorizētās ciparvadības ražošanas iekārtas. Tās ir veicinājušas daudzu unikālu arhitektūras projektu realizēšanu, jo šajā tehnoloģijā ir pieejami tādi detaļu izgatavošanas mērogi, kas atļauj ražot arī arhitektūrai derīgus būvelementus. Datorizētās ciparvadības spēcīgākā puse ir trīsdimensiju frēzēšana, kuru izmanto, piemēram, lai izgatavotu veidņus, un tajos atlietu oriģinālas dzelzsbetona detaļas. Smalkākiem darbiem un ļoti mazu detaļu izgatavošanai piemērotākā ir lāzergriešana. Tās pieejamo ekspluatācijas izdevumu dēļ lāzergriešana kļuvusi ļoti populāra arī starp studentiem, izgatavojot maketu sastāvdaļas.

Kamēr ātrā prototipēšana nekļūs izmaksu ziņā pieejamāka, jāiztieks ar tradicionālākām datorizētās ražošanas tehnoloģijām – pārsvarā ar lāzergriešanu un datorizēto ciparvadību (CNC). Visās šajās datorizētajās ražošanas aparatūru

tehnoloģijās nepieciešamas priekšzināšanas objektu sagatavošanai, lai tos ar šīm iekārtām varētu izgatavot. Izprotot to darbības principus, var secināt, ka tas veicina arhitektu izdomu, kur un kā šīs tehnoloģijas piemērot praksē. Datorizētā ražošanas aparatūra var darboties autonomi un bez apstājas. Šīs tehnoloģijas resursi ir ļoti lieli un darba veikšanas ātrums, kā arī dažāda veida darbību automatizācija arvien tiek uzlabota.

Lai nodrošinātu projektu precizitāti, arhitekti izmanto dažādus citus palīglīdzekļus – trīsdimensiju lāzera skenerus un fotogrammetrijas metodes. Tas sniedz praktiskajai projektēšanai daudz priekšrocību, jo uzmērīšana ir tik precīza, ka kļūdišanās ar izmēriem vairs nav reāls šķērslis. Tomēr arī šiem palīglīdzekļiem nepieciešamas labas prasmes to izmantošanā, jo darbā ar šiem instrumentiem jāievēro dažādas smalkas nianšes, piemēram, kā optimāli uzmērīt sarežģītas konfigurācijas objektus un kā iegūtos datus apstrādāt tālākai izmantošanai projektēšanā. Arhitektu darbs ar šiem instrumentiem ir tehniski vēl precīzāks un vienlaikus arī atbildīgāks.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Datorizētās ražošanas aparatūras un projektēšanas palīdzīdzekļu salīdzinošā tabula

Datorizētās ražošanas aparatūra vai palīdzīdzekļi	Faila formāti	Izmantošanas lauks	Galvenās priekšrocības	Būtiskākie trūkumi
Ātrā prototipēšana	STL, IGES	<ul style="list-style-type: none"> • Visas industriālā dizaina nozares • Dažādu smalku objektu trīsdimensionāla prototipu-maketu izveide 	<ul style="list-style-type: none"> • Ātrums • Precizitāte • Jebkuras ģeometriskas sarežģītības objektu prototipēšana 	<ul style="list-style-type: none"> • Ierobežotas darba dimensijas
Datorizētā ciparvadības ražošana	NC	<ul style="list-style-type: none"> • Lielās ražošanas nozares • Netradicionālā arhitektūra 	<ul style="list-style-type: none"> • Individualizēta dizaina detaļu izgatavošana arhitektūras mērogā 1:1 	<ul style="list-style-type: none"> • Lielas vienreizējas iekārtu iegādes investīcijas
Lāzergriešana	DWG, DXF, CDR	<ul style="list-style-type: none"> • Smalku detaļu izgatavošana ļoti mazos mērogos 	<ul style="list-style-type: none"> • Visaugstākā griešanas precizitāte • Detaļu vairākkārtēja reproducēšana saglabājot 100% precizitāti • Pieejamas izmaksas ekspluatācijā 	<ul style="list-style-type: none"> • Darbs tikai divās dimensijās
Trīsdimensiju lāzera skeneris	–	<ul style="list-style-type: none"> • Precīza objektu uzmērīšana 	<ul style="list-style-type: none"> • Visaugstākā iespējamā uzmērīšanas precizitāte 	<ul style="list-style-type: none"> • Iegūto uzmērījumu pēcapstrāde
Fotogrammetrijas metode	–	<ul style="list-style-type: none"> • Objektu dokumentēšana 	<ul style="list-style-type: none"> • Ēku fotogrāfiju pārvēršana rasējumos 	<ul style="list-style-type: none"> • Nelielas neprecizitātes • Sarežģītu objektu attēlu apstrāde var radīt vizuālās apstrādes kļūdas

2. DIGITĀLO SISTĒMU VIETA ARHITEKTURĀ RADOŠAJĀ PROCESĀ

Šajā nodaļā apskatīti un analizēti projekti, kuru veidošanai bijis nepieciešams izmantot digitālās arhitektūras projektēšanas instrumentus. Inovatīvās arhitektūras virzītājspēka galvenais iedvesmas avots ir industriālais dizains un tehnoloģiju iespēju nepārtraukta attīstība – liela industrija, kuru veicina globālā konkurence pārsvarā attīstīto valstu starpā par visoriģinālāko un visinovatīvāko dizainu, kas pārsteidz un neatstāj vienaldzīgu.

Analizētie objekti sakārtoti divās apakšnodaļās – pasaules un Baltijas valstu kontekstā. Pētījumā veikta faktu un informācijas konstatācija, kuru analizējot tiek norādīts, cik dziļi ir izmantotas dažādas digitālo sistēmu metodes, lai tās dotu lietderību, vai arī – ar kādiem līdzekļiem būtu bijis jāstrādā, lai projektēšanas vai ražošanas procesus padarītu efektīvākus laika un izpildes kvalitātes ziņā.

Šajā nodaļā apskatītie piemēri izceļas ar kādu no zemāk uzskaitītajiem faktoriem, kuru realizēšanai bijusi nepieciešamība pēc oriģināliem nestandarta projektēšanas risinājumiem un nopietnāki datoru resursi vai īpašas programmatūras, un tehnoloģijas:

- ģeometriski sarežģītas formas, siluets vai fasādes;
- unikāli detaļu elementi vai individuāli projektētas nestandarta būvkonstrukcijas;
- biomorfiskas vai citas stipri konceptuālas arhitektūras pazīmes;
- un citi tikai ar speciālām datoru programmatūrām iegūstami vizuāli vai tehniski risinājumi.

Promocijas darba ietvaros tika veikta arī aptauja, lai precīzāk noskaidrotu arhitektūras studentu un praktizējošu arhitektu viedokli par dažādiem jautājumiem pētījuma kontekstā. Sīkāk par šo aptauju un tās rezultātiem skat. 2.2. nodaļā.

2.1. Nozīmīgākie arhitektūras projekti pasaulē

Pasaulē visvairāk ar digitālajām sistēmām projektētie un realizētie objekti koncentrējas ekonomiski attīstītajos reģionos – Ziemeļamerikā, Tuvajos austrumos, Āzijā un Eiropā. Šajos reģionos atrodas arī vadošās arhitektūras skolas, kurās akadēmiskā līmenī tiek arvien pētītas jaunas iespējas un pārkāpti iepriekšēji ierobežojumi. Tehnoloģiskie sasniegumi un arī attiecīgi ar tiem saistītais industriālais dizains, kombinācijā ar lielu kapitālu un turīgiem uzņēmējiem ir viens no galvenajiem virzītājspēkiem. Paralēli tam attīstās arī mode un tendences, kas ļoti ātri izplatās mūsdienu interneta un komunikāciju laikmetā. Tas savukārt padara iespējamu ātru eksperimentu īstenošanu un to kritisku izvērtēšanu, jo visbiežāk inovatīvie sasniegumi nonāk atklātā starptautiskā diskursā. Sabiedrība, kas pieradusi pie estētiskām vērtībām un ērtībām, izsmēlot pasaules resursus un apzinoties klimatisko pārmaiņu draudus, tagad arvien aktīvāk iesaistās ekoloģisku risinājumu pieprasīšanā. Līdz ar to, arī pieprasījums pēc jauna veida arhitektūras vai materiālu risinājumiem ir ar pieaugošu tendenci, virzot uz priekšu visu nozari.

Analīzei atlasīti projekti, kuru realizēšanai bijusi nepieciešamība izmantot kādu no inovatīvajiem vai netradicionālajiem digitālās projektēšanas vai ražošanas instrumentiem. Šajā nodaļā apskatītie projekti ir vieni no izteiksmīgākajiem objektiem pasaulē, kurus analizējot iespējams secināt, ar kādām metodēm tie ir bijuši atrisināti. Pētījuma ietvaros autors apskata arī kādas ir šo projektu nepilnības un rekomendē optimālāku risinājumu iespējas, norādot, kādu digitālo sistēmu izmantošana būtu devusi labāku vai oriģinālāku risinājumu.

Citroën autosalons Parīzē



2.1. att. C42 – Citroën autosalons Parīzē.

Projekts: 2002. gads. Arhitekta Manuele Gotrāna (*Manuelle Gautrand*). Parīze, Elizejas lauki (*Champs-Élysées 42*). Šim autosalonam piemīt īpašības no dažiem visikoniskākajiem Citroën auto dizainiem. Citroën bija viens no pirmajiem autoražotājiem pasaulē, kas pieņēma mūsdienu arhitektūras potenciālu, lai radītu telpas, kas reprezentē šī automobiļa marku. Autosalona galvenā fasāde ir 30 metrus augsta sapīta stikla struktūra, kurā izceļas Citroën firmas zīmes logotips, bet tā šķautnainās skaldnes turpina apvīt visu ēku pāri jumtam līdz pat iekšpagalam. Fasādes metāla karkass kopā ar stiklu sver 86 tonnas, tajā pašā laikā esot kā brīvēstāvoša un pašnesoša struktūra, līdzīgi kā automobiļu virsbūve. Salona iekšienē dominē vertikāls balsts, kurā iekārtas apaļas rotējošas platformas automobiļu un konceptu eksponēšanai [211]. Sakarā ar ārkārtīgi sarežģītu atrašanās vietu un nopietniem ierobežojumiem būvlaukuma organizēšanā, ēka tika pabeigta 2007. gadā.



2.2. att. Citroën autosalona ēka būvniecības gaitā, skats no iekšpagalma.

Tehniskajā projektā ar klasiskajiem digitālās arhitektūras projektēšanas instrumentiem izstrādātas sarežģītas būvkonstrukcijas, kurās visas ēkas nesošās detaļas ir projektētas dzelzs konstrukcijās. Fasādes neregulārais stiklojums viennozīmīgi ir arī šī projekta sarežģītākais būvelements, kura izgatavošanai bijuši nepieciešami precīzi stikla paneļu izklājumi. Šādas sarežģītu konfigurāciju fasādes un citas virsmas, kas sastāv no daudziem līdzīgiem, bet tomēr atšķirīgiem elementiem, ir viegli izprojektēt ar pašlaik pieejamiem digitālajiem instrumentiem. Tādējādi darbs, kas ticis manuālā veidā īstenots vēl 2002. gadā, gandrīz dekādi vēlāk būtu izdarāms ievērojami ātrāk un ar vēl lielāku precizitāti. Šādu projektu varētu samērā viegli modelēt un vienlaicīgi iegūt konstruktīvās nestspējas aprēķinus, kā arī nesošo konstrukciju dimensijas, ja tiktu lietota kāda no parametriskās modelēšanas programmatūrām, piemēram, *CATIA*, *Gehry Technologies Digital Project* vai *Top Solid*.

Sagrada Familia baznīca Barselonā

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu



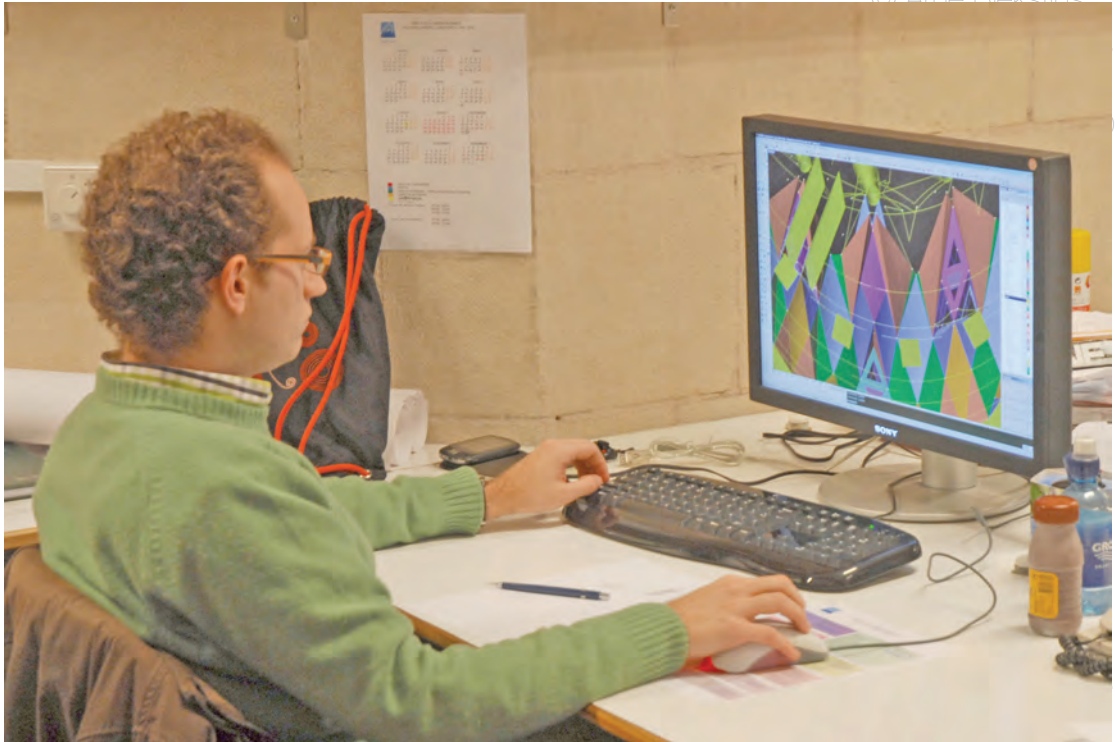
permission
F Mac

eu
permission
F Mac

2.3. att. Barcelonas arhitektūras ikona – arhitekta Antonio Gaudi projektētā *Sagrada Familia* baznīca pārsteidza pilsētas iedzīvotājus ar savu oriģinalitāti pirms vairāk nekā gadsimta un turpina pārsteigt ar šobrīd tās pabeigšanai izmantotajām inovatīvajām digitālajām tehnoloģijām.

Projekts: 1883. gads. Kataloņu arhitekts Antonio Gaudi projektēja šo baznīcu līdz pat savas dzīves beigām 1926. gadā. Baznīcas būvniecība turpinās vēl šobrīd, tās pabeigšanai pēc 2008. gada informācijas ir nepieciešami vēl 20 gadi [137, 20]. Tā kā II Pasaules kara laikā un tam sekojošajā Spānijas pilsoņu kara laikā daļa no baznīcas projekta materiāliem tika izpostīti, kā arī tie vēl nebija līdz galam izstrādāti, mūsdienās darbs pie projekta notiek jau ar digitālajiem arhitektūras projektēšanas instrumentiem. Projekta darbs ar šīm sistēmām ietver parametrisku modelēšanu, trīsdimensiju modelēšanu, maketu ātro prototipēšanu, detaļu frēzēšanu un ražošanu mērogā 1:1, uzmērīšanu ar trīsdimensiju lāzera skeneriem utt. Tā iemesla pēc, ka *Sagrada Familia* baznīcas projekts bija savam laikam pārāk mūsdienīga un inovatīva celtnē, Antonio Gaudi sāka tās būvniecību ar vecāko, gotiskā stila fasādi. Tādā veidā, sabiedrība tika pamazām pieradināta pie baznīcas aprisēm, un laikam ejot tā tika turpināta jau ļoti modernās biomorfiskās un jūgendstila formās.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac



2.4. att. Arhitekts Sagrada Familia projektēšanas birojā strādā pie parametriska baznīcas modeļa ar programmatūru CATIA. [A.R.]

Pašlaik *Sagrada Familia* baznīcas projektēšana notiek pilnīgi digitalizētā veidā. Visa jau uzbūvētā baznīcas daļa ir uzmērīta ar trīsdimensiju skeneru palīdzību un ir izveidots virtuāls baznīcas modelis. Tālākā projektēšana noris austrāliešu arhitekta Marka Burija (*Mark Burry*) vadībā īpašā *Sagrada Familia* projektēšanas birojā turpat būvlaukumā. Antonio Gaudi oriģinālie rasējumi un viņa projektēšanas rokraksts ir atšifrēti, un tas ir daļēji ievadīts parametriskās modelēšanas sistēmās. Tā kā baznīcas projekts vēl nav līdz galam pabeigts, trūkstošie elementi tiek projektēti pēc Antonio Gaudi skicēm ar īpašiem parametriskiem projektēšanas instrumentiem. Šajā posmā tiek izmantota programmatūra *CATIA*, jo ar to vienlaikus katrai formai tiek arī risinātas tehniskās un konstruktīvās specifikācijas.



2.5. att. Dažādu detaļu variantu ģipša maketi, veidoti ar trīsdimensiju printeri. [A.R.]

Kad programmatūrā *Rhinoceros* ir izstrādāti vairāki detalizēti detaļu projekti, labākos variantus atveido nelielos ģipša maketos, lai varētu salīdzināt to estētiskās un vizuālās kvalitātes. Lēmumu par labu vienam vai otram variantam pieņem īpaša Antonio Gaudi kolēģija. Agrāk līdzās baznīcai darbojās vesela maketēšanas darbnīca, kurā strādāja vairāki desmiti maketētāju. Veci pirmskara laika detaļu maketi, kā arī baznīcas centrālā joma makets mērogā 1:10 bija tik ļoti izpostīti, ka no nelielām saglabātām daļām tie bija jāizveido pilnīgi no jauna. Galvenais maketēšanas materiāls, kuru izmantoja agrāk un arī mūsdienās, ir ģipsis. Kopš nesenas pagātnes maketus veido ar trīsdimensiju printeriem – *ZCorporation Spectrum* iekārtām. Pārsvārā mērōgs šādiem maketiem ir 1:200 vai 1:100 un mazākām detaļām 1:50. Digitāli veidotiem maketiem ir ļoti augsta precizitāte, jo atveidojamais makets tiek izveidots pa 0,1 mm slāņiem. Trīsdimensiju printeriem ir arī augstuma ierobežojums 300 mm, tāpēc lielākus elementus, piemēram, torņus salīmē kopā no diviem, trim un vairāk elementiem.



2.6. att. Fantastiskas konfigurācijas metāla armatūra tiek ievietota veidnī, kur pēc brīža tiks atliets vēl viens oriģināls baznīcas būvelements. [A.R.]

Kad Antonio Gaudi sāka baznīcas būvniecību, galvenais būvmateriāls bija akmens, sarkanais ķieģelis un fragmentāri arī mazas Venēcijas keramiskas flīžu mozaīkas. Sākumā būvniecība bija ļoti lēns process, bet Antonio Gaudi, būdams sava laika vizionārs, bija jau iedomājies, ka nākotnē baznīcas būvniecības temps būtiski pieaugs dēļ jaunām būvniecības tehnoloģijām un jauniem materiāliem. Viņam padomā bija akmens aizvietotājs, kas šodien pazīstams kā dzelzsbetons. Tas arī veido gandrīz visus jaunus baznīcas elementus, kuri iepriekš tiek izfrēzēti mērogā 1:1 no putupolistirola. Ja vajadzīgā putupolistirola detaļa, kas nereti ir vismaz divu vai vairāk metru liela, konkrētā vietā iederas ar 2–3 mm precizitāti, tad tā tiek nodota tālākai apstrādei. Tālāk roku darbs – ar stikla šķiedru un epoksīda sveķiem detaļu nostiprina, lai no tās izveidotu betona atlējumam derīgu formu. Detaļas negatīvs tiek sagatavots par dzelzsbetona veidni, kurā pēc nepieciešamības tiek ievietota metāla nesošā armatūra, un tas tiek izliets, pārsvarā vienā eksemplārā. Armatūras daļas arī tiek izgatavotas ar datorizētās ražošanas instrumentiem, vēlāk tās sametinot kopā vienotā veselumā. Daži šādā veidā izveidoti kolonnu un citu detaļu elementi ir tikai no betona izlietas čaulas, kuras apņem lielākas dzelzsbetona struktūras. Betonam ir piemaisītas sīkas akmens daļiņas, imitējot dažādus dabiskus akmens toņus.



2.7. att. Griestu detaļa nepilnus piecdesmit metrus virs grīdas līmeņa. Katrs elements nostrādāts ar visaugstāko precizitāti, kas bijis iespējams, pateicoties datorizētajiem ražošanas procesiem. [A.R.]

Sagrada Familia projektā iesaistītais Marks Burijs ir teicis: „Mums nav jāsaucas, vai mūsu projekts iekļausies plānotajos griezumos vai fasādēs, vai visos citos tipiskajos darba rasējumos, kurus arhitekti ir pieraduši lietot. Mēs varam pa tiešo doties no mūsu datoriem uz akmeņkaļu darbnīcu un pie viņu datoriem. Savā ziņā mēs tikai diskutējam un saprotamies caur mūsu maketa trīsdimensiju prototipiem un to, ko mēs redzam savos datoru ekrānos [220].“

Ar digitālajiem arhitektūras projektēšanas instrumentiem *Sagrada Familia* būvniecības darbs tiek turpināts visaugstākajā ģeometriskajā precizitātē ar filigrānu smalkumu un bez steigas. Visus nepieciešamos projektēšanas darbus paveic nepilna 10 cilvēku komanda. Ar darba maketiem strādā divi cilvēki. Bez parametriskas modelēšanas un pašlaik pieejamiem instrumentiem baznīcas nobeigšanai būtu nepieciešams daudzkārt ilgāks laiks, turklāt nav izslēgts, ka dažas oriģinālas detaļas nemaz nebūtu bijis iespējams atrisināt un realizēt. Un, lai gan visā baznīcā dominē izteiktas ģeometriskas formas ar asām šķautnēm, tās ir vienkāršu hiperboloīdu un paraboloīdu šķēluma līnijas, kā arī no dabas iedvesmotiem polihedrālu formu iežu kristāliem.

Beekman Tower debesskrāpis Ņujorkā

Projekts: 2004. gads, platība 100000 m², budžets 476 milj. USD. Ēka atrodas Ņujorkā, un pēc pabeigšanas tā kļūs par visaugstāko dzīvojamo namu visā Manhetenā. Arhitektam Frenkam Gerijam tas būs pirmais dzīvojamās ēkas projekts Ņujorkā, kas ar izlocīto viļņveida formu valodu, neredzētā mērogā – 76 stāvu augstā debesskrāpī, fascinēs ar savu vieglumu un izpildes precizitāti.



2.8. att. Viļņveida fasādes ir Frenka Gerija rokraksts. Šajā apartamentu un viesnīcas ēkas kompleksā tas ir izdarīts ar neredzētu precizitāti, 76 stāvu augstā debesskrāpī.

Beekman Tower debesskrāpis ietvers sešstāvu skolas apjomu, jaunu publiski atvērtu telpu, ambulatoro aprūpes centru blakus esošajai slimnīcai un 903 īres dzīvokļus vai apartamentus ar 175 apakšzemes auto stāvvietām. Projekts veidots ar *Gehry Technologies Digital Project* programmatūru, kurā tika atrisināts būtisks viļņveida fasādes risinājums. Ēkā ir fasādes paneļi, kas ir mazliet izliekti, stipri izliekti vai arī pilnīgi taisni, turklāt tie piestiprināmi pie neregulāras formas pārsegumiem. Ar *Digital Project* programmatūru tika analizēts optimāls fasādes viļņojuma daudzums, nodrošinot, ka būvizmaksas iekļausies šai pozīcijai paredzētajās fiksētajās izmaksās.

Ar trīsdimensiju modelēšanu tika noteikts, kur fasādes paneļi fiksējami blīvi pie pārseguma, kur labāk izvietot savienojuma šuves, neļaujot caur spraugām iekļūt pārāk daudz aukstā gaisa, un kur paneļi drīkst izliekties uz ārpusi. Programmatūrā arī tika aprēķināts, kā fasāde būtu pareizi jāizvalcē, lai iegūtu nepieciešamos izliekumus. Šī ir arī pirmā reize ASV būvniecības vēsturē, kad 76 stāvu ēkai ir pilnībā unikāli robotas pārseguma malas.



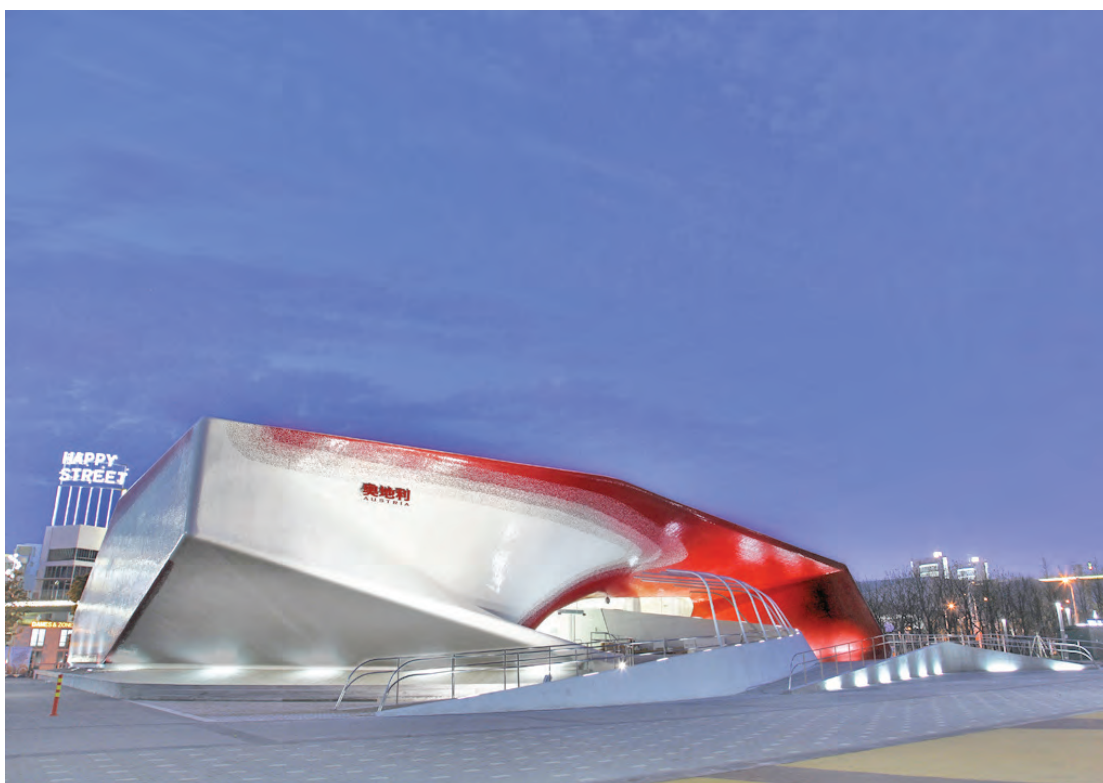
2.9. att. Ēkas fasādes fragmenta makets mērogā 1:1, lai pārliecinātu klientus par viļņojuma vizuāli estētisko efektu un par to, ka šāda fasāde vispār realizējama.

Projekta autors Frenks Gerijs ir pārliecināts, ka ar programmatūras *Digital Project* palīdzību viss būvniecības process notiks bez pārsteigumiem, apgalvojot: „Bilbao muzejs izmaksāja 3 miljonus dolāru mazāk no projektam piešķirtajiem 100 miljoniem. Ja *Beekman Towers* projektā būtu kādi pārsteigumi, es par tiem būtu zinājis jau iepriekš [6].“ Būvvaldēm arvien padarot būvnoteikumus stingrākus, arhitekti un inženieri būs tikai ieguvēji, jo tāda programmatūra kā *Digital Project* spēj novērtēt ēkas ietekmi uz vidi. Ar projekta modeli var novērtēt, cik lielu aizēnojumumu rada projektējamā ēka, kā arī to, no cik liela attāluma objektā jāpiegādā būvmateriāli. Tādas programmatūras kā *Gehry Technologies Digital Project* ļauj projektētājam taupīt būvniecībai atvēlētos līdzekļus tādos ekonomiskajos apstākļos, kad relatīvi maz klientu pasūta un realizē ambiciozu ēku projektus.

Austrijas paviljons pasaules Expo 2010 Šanhajā

Projekts: 2008. gads, teritorijas platība 2314 m², paviljona platība 2227 m², budžets 5 milj. EUR. Arhitekti Matias del Kampo, Sandra Maningera (*Sandra Manning*) un Arkans Zeitinoglu (*Arkan Zeytinoglu*). Šanhaja, pasaules *Expo* 2010.

Austrijas paviljons veidots futūristiskās formās, divstāvu apjomā. Paviljona motīvs ir bezšuvju virsmas un savienojumi, kas imitē bioloģiskas struktūras. Biomorfiskā apjoma fasāde segta ar mazām baltām un sarkanām spīdīgām flīzītēm, ar kurām iegūta krāsu pāreja ģeometriskās formas lūzumu vietās.



2.10. att. Austrijas paviljons pasaules *Expo* 2010 Šanhajā.

Arhitekts Matias del Kampo savu ideju raksturo šādi: „Projekta arhitektūra ir balstīta uz kontinuitātes principu, kas visā paviljonā izpaužas kā pastāvīga plūsma starp telpām, vienlaikus eleganti sapludinot kopā ārtelpu ar iekštelpu [282].“ Šī ideja atspoguļojas fasādes krāsu pārejā, bāra un restorāna interjerā, kā arī citās detaļās. Paviljonu būvēja 9 mēnešus, un laika posmā no 2010. gada 1. maija līdz 31. oktobrim ar to bija iepazīlušies 3,3 milj. *Expo* izstādes apmeklētāju. Tā kā izstādei beidzoties visā teritorijā bija paredzēts saglabāt tikai nozīmīgus objektus, Austrijas paviljonu izstādei beidzoties nojauca. Neskatoties uz īso un intensīvo ekspluatācijas laiku, Austrijas paviljons un tā multimediju instalācijas ieguvušas virkni ļoti prestižu dizaina balvu par radošumu un interaktivitāti [262].



2.11. att. Interjera elements – bāra lete Austrijas paviljonā. Created in Free PDF Mac v. 2011-10-16

Paviljona projektēšanas procesā sākotnēji tika modelēta trīsdimensionālā forma. Tās plūdenā vienlaidu fasāde un deformētā ģeometrija izveidota programmatūrā *Maya*. Tajā tika izstrādāta projekta vizuālā koncepcija un topoloģiskā forma. Tālāk pie projekta strādāja inženieri, kas izprojektēja ēkas karkasu dzelzsbetonā un metāla konstrukcijās, bet fasādes elementus veidoja kā lielus individualizētus paneļus ar datorizētās ciparvadības ražošanas metodi (*CNC*). Fasāde tika salīmēta ar stikla šķiedru un epoksīda sveķiem, bet beigās noflizēta ar mazām flizītēm. Interjerā vairākās vietās tika izprojektētas unikālas mēbeļu iekārtas – stendi, informācijas un bāra letes. Arī šos elementus izgatavoja individuāli pēc trīsdimensionālu modeļiem, tos izfrēzējot no putupolistirola un stiprinot ar stikla šķiedru un jauna veida sojas epoksīda sveķiem, kas tiem piešķir spīdīgi baltu krāsu. Papildinot to visu ar ļoti efektīgu izgaismojumu un multimediju projekcijām tika iegūts augsta līmeņa reprezentācijas imidžs par Austriju kā par augsto tehnoloģiju valsti. Šī paviljona projektēšana un būvniecība ir bijusi iespējama tikai pateicoties digitālajiem inovatīvajiem arhitektūras projektēšanas instrumentiem, kas pierāda to, ka šāda veida futuristiska arhitektūra ir pilnībā realizējama dzīvē. Izmantojot jaunākās tehnoloģijas un sasniegumus projektēšanas vai būvniecības nozarē, tās attīstās un kļūst pieejamākas. Arī projektam piešķirtie finanšu līdzekļi un to izlietojums ~1100 EUR/m² pierāda to, ka šādi unikāli projekti, optimizējot projektēšanas un būvniecības tehnoloģijas, nebūt neizmaksā dārgāk nekā tradicionālie klasiski projektētie un realizētie projekti.

Yeosu okeāna paviljons pasaules Expo 2012 Korejā

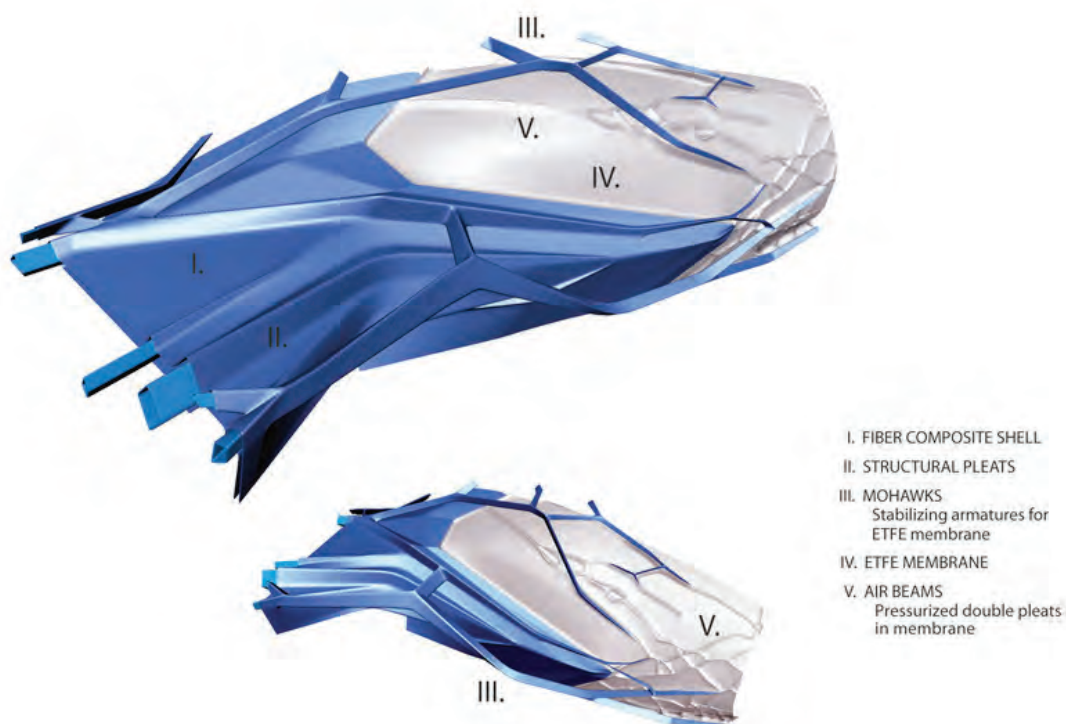
Projekts: 2010. gads, platība 5000 m². Arhitekts Toms Viskombs (Tom Wiscombe), arhitektu biroja *kokkugia* un *Emergent* sadarbības projekts. Yeosu, Koreja, pasaules *Expo* 2012.

Projekts ir vienlaikus pētījums skaitļošanas radikālā izmantošanā, kurā krustojas projektēšana un skriptings. Šis projekts ataino brīvu darba stilu ar nenoteiktu nobeigumu, kas koncentrējas vairāk uz efektiem nekā uz paškritikas procesiem [290]. Paviljons paredzēts kā centrālais objekts Yeosu pasaules izstādē *Expo* 2012. gadā – tas būs objekts, kas godinās okeānu kā dzīvu organismu ar cilvēces kultūras līdzāspastāvēšanu okeāna ekosistēmām. Autoru iecere projekta priekšlikumā ir ļoti filozofiska: izveidot atgriezenisko saikni starp paviljonu un tā novietni. Arhitekta loma tajā tiek paplašināta līdz aktīvai matēriju un enerģiju reorganizācijai projekta apkārtnē un zem tā – vietā, kurā dažādas ūdens sugas izvēlas savu vidi tikpat daudz kā vide izvēlas savas sugas [290]. Paviljona tektonika un krāsa ir ļoti biomorfiska un atgādina kādu nepazīstamu radību no zemūdens pasaules, ar savu neparastumu piesaistot izstādes apmeklētāju interesi.



2.12. att. Yeosu okeāna paviljons pasaules *Expo* 2012 Korejā.

Paviljona ēka veidota no mīkstu membrānu burbuļu agregācijas, kas sapludināti kopā ar stingru nesošās konstrukcijas karkasa čaulu. Šīs divas konstruktīvās sistēmas raksturo virsmas artikulācijas raksti, kas katram materiālam ir īpaši izvēlēti. Tomēr šīm īpašībām ir tendence migrēt, krustoties, līdz tās kļūst par nevajadzīgām. Platas dzīslas un mega-armatūra, kas rada strukturālo stiprību ir savienotas kopā ar stikla šķiedru un kompozīta čaulu. Vienlaikus plānākas saspiesta gaisa dzīslas ir viscaur izkārtotas tā, lai nodrošinātu stabilitāti izliektajām ETFE (etilēna tetrafluoroetilēns) membrānām. Mikroarmatūra stabilizē konstruktīvos spēkus starp čaulu un membrānu, radot strukturālu un ornamentālu kontinuitāti starp šīm konstruktīvajām sistēmām. Ar krāsu tiek vizuāli intensificētas transformācijas strukturālajā sistēmā (makro-armatūra izcelta ar violetu/rozā toni, kamēr mikro-armatūra izcelta ar oranžu/dzelteni toni). Krāsu pārejas nav pilnīgi viendabīgas, tās ir saskanīgas, bet vienlaikus dažviet arī nejaušas. Tādā veidā krāsa netiek tieši pakļauta formai, tā kļūst svarīga vispārējā objekta īpašību ekoloģijā [290]. Svarīgi atzīmēt, ka projekta autori runā par arhitektūras īpašību ekoloģiju, tādējādi netieši norādot, ka ar skriptingu iegūtas formas vai kādas citas īpašības ir gluži kā ģenētiski „izaudzētas” vai „radītas”, tamdēļ tām tiek piešķirtas virtuālas dzīvības raksturojoši apzīmējumi.



2.13. att. Paviljona konstrukcijas un ārējās čaulas uzbūve. I – stikla šķiedru kompozīta čaula; II – strukturālais karkass; III – stabilizējošā armatūra ETFE (etilēna tetrafluoroetilēns) membrānai; IV – ETFE membrāna; V – saspiesta gaisa dzīslas membrānā.

Šis paviljons ir liecība tam, ka nākotnē aizvien vairāk īslaicīgam ekspluatācijas mūžam paredzēti objekti tiks veidoti no jauniem un inovatīviem kompozītu materiāliem. Tā ir zīme, ka visu laiku tiek eksperimentēts, meklējot jauniem materiāliem izteiktas formas un citas vizuāli konstruktīvās īpašības. Šajā jautājumā notiek ļoti liela sadarbība starp konceptuāli praktizējošiem arhitektiem un jaunu materiālu izstrādātājiem, kurā arhitekti no vienas puses rada jauna veida tipoloģijas ar ļoti organiskām formām, bet inženierzinātnes un materiālu institūti piedāvā šiem eksperimentiem izmēģināt praksē visjaunākos materiālu prototipus. Arvien pieaugoša sadarbība starp dažādu nozaru speciālistiem un arhitektiem ir nopietns stūrakmens turpmākai arhitektūras evolūcijai.

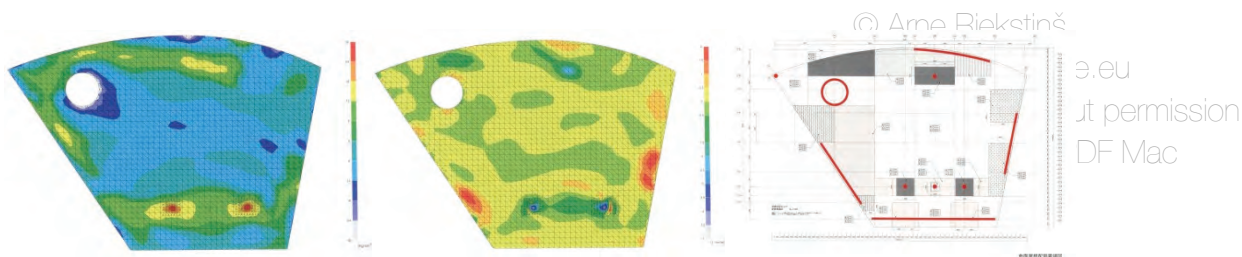
Kitagatas kopienas centrs Gifu prefektūrā Japānā

Projekts: 2002.–2005. gads, platība ~2500 m². Strukturālais inženieris Mutsuro Sasaki un arhitekts Arata Isozaki. Kitagatas pilsēta, Gifu prefektūra, Japāna.



2.14. att. Kitagatas kopienas centra ēkas jumta čaulas vizualizācija.

Mutsuro Sasaki veic eksperimentus par jaunām strukturālās inženierijas iespējām arhitektūrā, koncentrējoties uz pētījumiem, kā pārdefinēt matemātiskos principus, kas atļauj atbrīvoties no regulārām ģeometriskām formām un iegūt izteiktas biomorfiskas aprises [222]. Strukturālais inženieris Mutsuro Sasaki padziļināti pievērsās datoru izmantošanai strukturālajā inženierijā, izstrādājot Pekinas Nacionālā teātra konkursa projektu. Tas bija 150x225 m hibrīdas čaulas jumts, kurā bija ieprojektētas gaismas akas, un tas tikai pa perimetru bija balstīts uz kolonnām. Problēmas radīja šādas struktūras aprēķināšanas iespējas. Ja manuālā veidā viss jumts tiktu sadalīts pa liklīnijām, atrisinot vienu šķērsriezumu, problēmas uzreiz rastos cituviet [145, 43–49].



2.15. att. Strukturālās stiprības analīzes un galvenie konstruktīvie risinājumi.



2.16. att. Kitagatas kopienas centra būvniecība, 2005. gads.

Lai pārliecinātos par ar datoru aprēķinātu un modelētu struktūru realitāti, 2002. gada pavasarī Mutsuro Sasaki eksperimentēja ar kompleksas formas 50 metrus liela kvadrāta formas modeli, kas bija miniatūra versija no Pekinas konkursam izstrādātā jumta pārseguma. Ap šo laiku inženiera darbs laboratorijā bija tik tālu attīstīts, ka bija iegūta jauna teorētiska projektēšanas metode, kura bija nekavējoties jāpārbauda reālā objektā. Pēc sarunām ar arhitektu Arata Isozaki, tika nolemts šo modeli izmantot Kitagatas kopienas centra ēkas projektam. Tās koptēlu saskaņā ar tās funkcionālajām prasībām izveidoja Arata Isozaki, un, izmantojot formas analīzes metodi, ar datoru tika mainīti dizaina mainīgie parametri, un no vairākām modelētām versijām arhitekts izvēlējās sev visvēlamāko formu. Rezultātā jumta kopējais biezums bija tikai 15 cm plāna dzelzsbetona čaula un objektu jau uzsāka būvēt 2005. gadā.

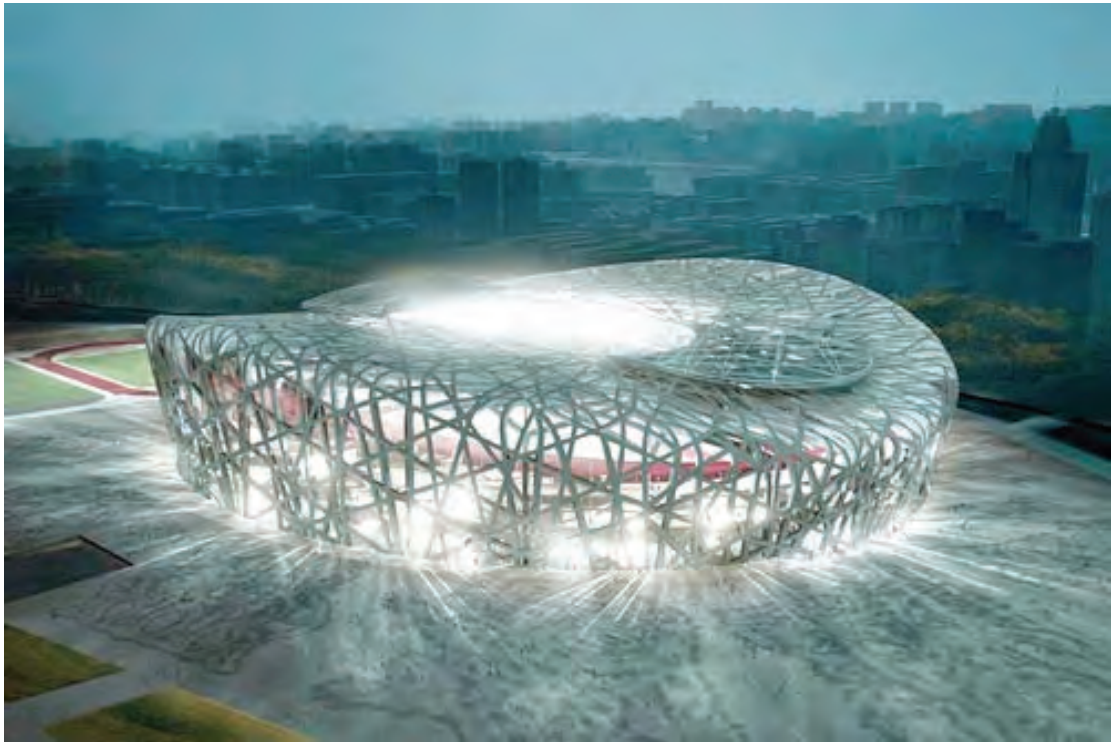


2.17. att. Kitagatas kopienas centrs.

Pēc šī eksperimenta tika secināts, ka šī formas analīzes metode ir adekvāts projektēšanas instruments [145, 57–59]. Kitagatas kopienas centrs bija eksperiments lielu nestandarta laidumu projektēšanā, kur pirmo reizi kompleksas formas matemātiskiem aprēķiniem tika izmantota galējās analīzes metode (angļu val. – *Finite Analysis Method*). Šobrīd tehnoloģija ir ļoti attīstījusies un idejiski līdzīgas aptuvenas analīzes liellaidumu čaulu konstrukcijām iespējams veikt ar pavisam nelieliem programmatūras papildinājumiem, piemēram, ar *Scan-and-Solve* trīsdimensiju modelēšanas programmatūrā *Rhinoceros* [271]. Kad inženieriem jāizstrādā būvkonstrukcijas, viņu darbs tiek stipri atvieglots, ja agrīnā projekta stadijā tiek veiktas šāda veida analīzes. Vienlaikus arī arhitekts ir ieguvējs, jo viņš neprojektēs tādas ģeometriskas formas laidumus, kuru strukturālā integritāte ir nepārliciecināma.

„Putna ligzda“ – olimpiskais stadions Pekinā, Ķīnā

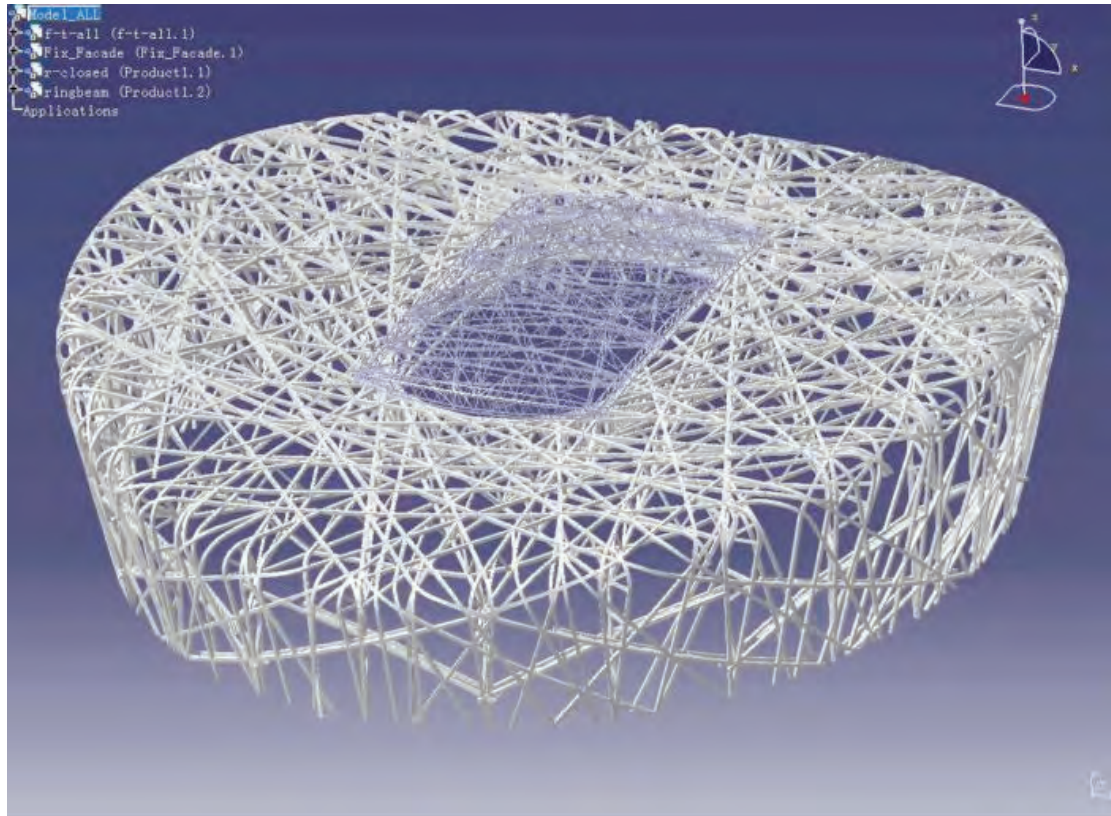
Projekts: 2003. gads, stadiona platība 250000 m², cilvēku skaits stadionā 91000 (2008. gada olimpisko spēļu laikā), budžets 423 milj. USD. Arhitekti Žaks Hercogs (Jacques Herzog) un Pjērs de Meirons (Pierre de Meuron), arhitektu birojs Herzog & de Meuron. Pekina, Ķīna.



2.18. att. *Photoshop* programmatūrā veidots attēls, ar kuru arhitekti Žaks Hercogs un Pjērs de Meirons uzvarēja konkursā par Pekinas olimpiskā stadiona projektēšanu.

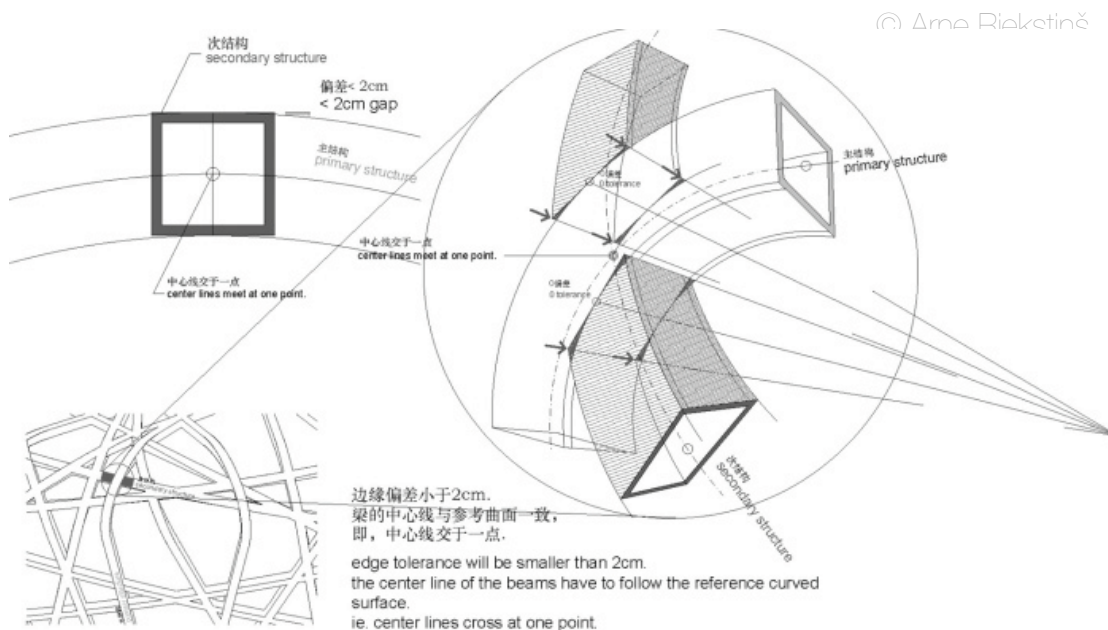
Par putna ligzdu dēvētais stadions atpazīstams ar krustām-šķērsām izvietotām nesošām sijām, kas līdzinās skulptūrai. Projekta arhitekti ir mēģinājuši likvidēt vēlā modernisma tīro ģeometrisko formu izskatu, kas viņuprāt ir sava veida autoritārisms. Pievēršoties asimetriskām formām un mistiski caurspīdīgiem materiāliem, ir izdevies izaicināt šo estētikas ētosu [125]. Projekta režgotais veidols ir vienlaikus nesošā struktūra un arī fasāde, kas vienotā sistēmā ietver arī kāpnes, sienas un jumtu. Šis projekts ir izcils piemērs tam, kā funkcija un forma var tikt apvienota vienotā veselumā [260]. Ēkā atrisināta virkne ekoloģiskās arhitektūras īpašību: lietus ūdens savākšana, puscaurspīdīgs jumts optimālam saules gaismas daudzumam stadionā esošajam zālājam, pasīva ventilācijas sistēma.

Bez šīs mazās analīzes programmatūras skripta manuālā veidā būtu bijis nepieciešams neprognozējami ilgs laiks, kamēr inženieri spētu uzzīmēt vienlaikus sarežģīti sagāztus un viscaur ar regulārām atstarpēm izkārtotus balstus. Tādā veidā tika saglabāta struktūras tīrība un ietaupīts būtisks daudzums būvkonstrukciju, kā arī laiks.



2.20. att. Olimpiskā stadiona struktūras modelis programmatūrā CATIA.

Nākamais solis bija projekta tehniskā projekta izstrāde parametriskajā programmatūrā CATIA un Gehry Technologies Digital Project. Darbs šajās programmatūrās nozīmēja to, ka izmaiņas projektā varēja ieviest jebkurā brīdī un tās uzreiz izmainīja visas izmaiņu ietekmējošās vietas. Šajās programmatūrās skriptingam tiek izmantota Microsoft Visual Basic programmēšanas valoda. Izstrādājot šim projektam unikālus skriptus, tika ietaupītas daudzas darba stundas [8]. Visi olimpiskā stadiona tehniskajā projektā iesaistītie projektētāji izmantoja vienādu projektēšanas programmatūru, nodrošinot labu savstarpējo komunikāciju visā tā izstrādes gaitā. Pēc vienota algoritma tika izstrādāti tūkstošiem elementu, izveidojot veselas līdzīgu detaļu kolekcijas, kas tika precīzi ievietotas projekta trīsdimensiju modelī. Tas nodrošināja lielu laika ietaupījumu, kā arī plašāku skatījumu uz projektu vēl tā projektēšanas laikā. Komponentu ražošana un stadiona būvniecība bija precīzāka, pateicoties reālistiskiem detaļu attēliem un visiem citiem ar tiem saistītajiem datiem.



2.21. att. Nesošo balstu konstrukcijas darba rasējums – montāžas shēma.

Tajā atzīmēta arī konstrukciju pielaiide 2 cm robežās, kas šādā mērogā ir ļoti augsta precizitāte.



2.22. att. Stadiona nesošā karkasa montāža būvniecības procesā.

Pekinas olimpiskā stadiona projektēšana un būvniecība, ievērojot visus termiņus, bija iespējama tikai pateicoties inovatīvām projektēšanas un modelēšanas metodēm, ar kurām strādā vadošie inženieru biroji pasaulē.

Gantenbeinas vīna dārzu noliktavas ēka Šveicē

Projekts: 2006. gads, fasādes platība 400 m². Arhitektu birojs *Bearth & Deplazes Architects*, fasādes ķieģeļu risinājums – arhitekti Fabio Gramacio (*Fabio Gramazio*) un Matias Kolers (*Matthias Kohler*), Cīrihes Tehnoloģiju institūts – *ETH Zürich*.
Gantenbeinas vīna dārzi, Flešas ciems (*Fläsch*), Šveice.

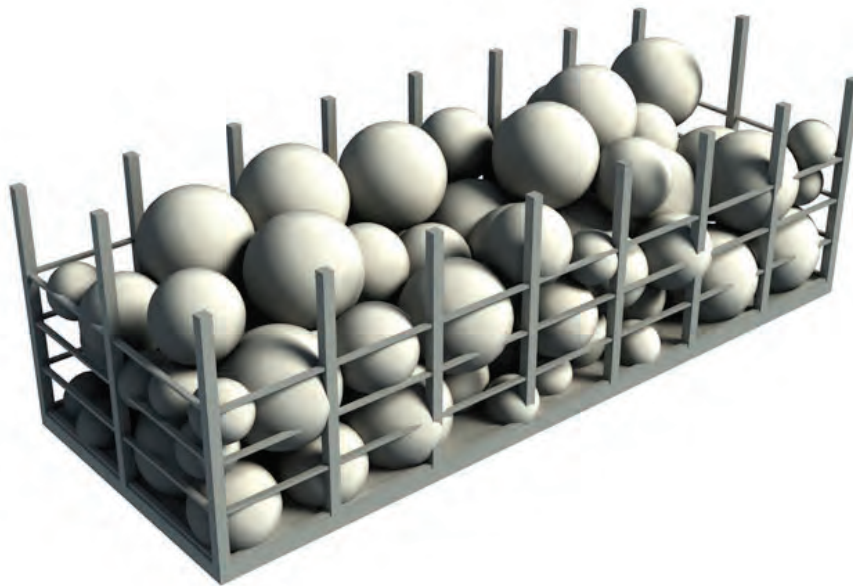


2.23. att. Gantenbeinas vīna fermentācijas ēkas fasāde.

Gantenbeinas vīna dārzu jaunās vīna fermentācijas ēkas projekts jau bija būvniecības procesā, kad tās īpašnieki pieaicināja arhitektu biroju *Gramazio & Kohler*, lai tas izveidotu konceptuāli mūsdienīgu ēkas ķieģeļu fasādi. Tā kā arhitektu birojs darbojas Cīrihes Tehnoloģiju institūta paspārnē, projekta autori izstrādāja telpisku fermentācijas ēkas trīsdimensiju modeļa dzelzsbetona karkasu, kurā līdzīgi kā grozā parametriski un ar virtuālu gravitācijas spēku tika „sabērtas“ dažāda lieluma simboliskas vīnogas – apaļi sfēriski objekti [90, 6]. Uz šīs vizualizācijas pamata tika

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

izveidots vīnogu groza motīva četru ēkas sānu fasāžu notinums, kas tika pārtransformēts par attēliem. Šos attēlus ar speciālu skriptu pārveidoja par fiziski zem dažādiem leņķiem sakrāmētiem ķieģeļiem. Tā rezultātā sienas telpiskais attēls pārveidojās mūrējuma materialitātē. Fasāde izskatās pēc sastingušas dinamiskas formas.



eu
permission
F Mac

2.24. att. Vīna fermentācijas ēka kā grozs, kas piebērts pilns ar vīnogām, projekta koncepcijas vizualizācija.

Ar robotisku tehnoloģiju palīdzību bija iespējams precīzi sakraut un salīmēt visus 20000 fasādē izvietotos ķieģeļus, ievērojot precīzus leņķus un vajadzīgās atstarpes starp tiem. Atkarībā no ķieģeļu pagrieziena, katrs no tiem atstaro gaismu savādāk, tamdēļ tie izskatās gaišāki vai tumšāki. Šī algoritma rezultātā iegūta dramatiska izspēle starp plastiskumu, dziļumu un krāsu, kas mainās atkarībā no saules atrašanās vietas debesīs. Lai transportēšana uz objektu un montāžas process būtu optimālāks, ēkas fasādi sadalīja 72 gatavos sienu paneļos. Lai optimizētu robota darbu, ar to tika vienlaicīgi izgatavoti četri ķieģeļu krāvuma sienas paneļi. Tā kā šajos paneļos ķieģeļi bija salīmēti kopā, tos atlika tikai transportēt uz objekta būvlaukumu un sakrāmēt starp ēkas dzelzsbetona kolonnām.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16



2.25. att. Vīna fermentācijas ēkas fasādes būvēšana ar robota palīdzību.

Šis projekts savā vienkāršumā demonstrē digitālo tehnoloģiju inovatīvu sniegumu ar tradicionālu materiālu – ķieģeli, tam piešķirot jaunu un līdz šim neredzētu estētisku pievienoto vērtību. Lai cik rūpīgi cilvēks arī nestrādātu, tādu ķieģeļu krāmēšanas precizitāti nav iespējams iegūt nekādā citādā veidā, kā tikai ar robotizētas tehnoloģijas instrumentu palīdzību. Ņemot vērā šāda objekta būvizmaksas, vienīgās papildus izmaksas ir saistītas ar speciālā algoritma programmēšanu un robota noslodzi, taču tiek ietaupīts cilvēku resurss, kas mūsdienās paliek arvien dārgāks. Šādu tehnoloģiju priekšrocība ir arī tajā, ka datorizētās ciparvadības robotu var darbināt 24 stundas diennaktī, ar minimālu operatoru uzraudzību, ja to dara pieredzējuši speciālisti. Tas arī nozīmē, ka būvniecības termiņi ir daudzkārt īsāki.

Yas Hotel Abū Dabī

Projekts: 2007. gads, viesnīcas platība 85000 m², viesnīcas ietilpība 500 istabas, *Formula 1* trases skatītāju ietilpība 50000. Arhitekti Hanī Rašids (*Hani Rashid*) un Līze Anne Kutūra (*Lise Anne Couture*), arhitektu birojs *Asymptote Architecture*. Jāsas sala, Abū Dabī, Apvienotie Arābu Emirāti.

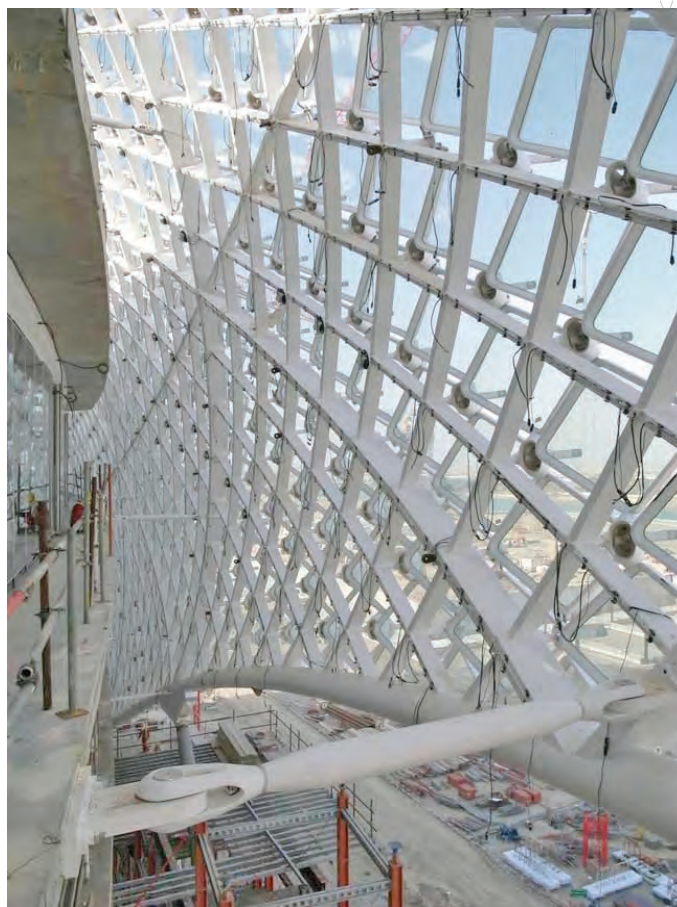


2.26. att. Yas Hotel Abū Dabī uzbūvēta uz mākslīgi radīta akvatorija.

Viesnīca ir centrālais elements Jāsas salas un akvatorija attīstībā, kurā kopā investēti 36 miljardi USD. Tā ir pirmā ēka pasaulē, kas uzbūvēta pāri *Formula 1* sacensību trasei. Viesnīca, kā šīs vietas ikona, sevī ietver vairākas ietekmes un inspirāciju no estētiskām formām, kas asociējas ar ātrumu, dinamiku un mākslas darbiem vai ģeometriju, kas bijusi tradicionāla antikajā islāmu mākslā un tradīcijās [288]. Viesnīcu nosedzošā ārējā čaula ir ar 217 metru laidumu un tā sastāv no 5096 rombveidīgiem stikla paneļiem, kas kā gaisīgs plīvurs pārklāj divus viesnīcas spārnus un to savienojumu – tērauda čaulā ietērptu savienojuma tiltiņu ar VIP skatītāju zonu, kas atrodas tieši virs *Formula 1* sacīkšu trases. Ēkas pārsedzošā čaula vizuāli savieno viesnīcas kompleksu, radot optiskus efektus un arī atstarojumus, kas veido vizuālu saspēli ar debesīm, jūru un tuksneša ainavu.



2.27. att. Yas Hotel abu viesnīcas spārnu savienojuma tiltiņš – VIP skatītāju zona.



2.28. att. Telpa starp ēkas ārējo čaulu un ārsienu, fasādes būvniecības procesā.

Viesnīcas arhitektūras kompozīcija ar savu dārgakmenim līdzīgo veidolu atbilst vizuāli un tektoniski apkārtējai videi, radot izteiktu un spēcīgu vietas identitāti, kā arī elpu aizraujošu fonu *Formula 1* un citām motoru sportu sacensībām. Ēkas čaula aizsargā viesnīcu pret pārkaršanu, izveidojot optimālu mikroklimatu. Šīs īpašības nodrošināšanai tāpat, kā arī visa tehniskā projekta izstrādei, tika izmantota parametriska un trīsdimensionāla modelēšanas programmatūra *Gehry Technologies Digital Project* [243]. Ēkai ir arī speciāli izstrādāta izgaismojuma sistēma, kuras izstrādei tika pieaicināta kompānija *ARUP Lighting*. Šī sistēma spēj attēlot uz gandrīz 5000 lieljaudas gaismas diodēm video sekvences, kas ēkai piešķir mediju, jeb „4D” fasādes īpašības. Vienlaikus viesnīcas tehniskais izpildījums ilustrē augstu izpildes limeni unikālām detaļām, kas izgatavotas ļoti precīzi un pilnībā individuāli katram mezglam. Pateicoties efektīvai projektēšanai un optimizētiem būvniecības vadības procesiem, ēka tika uzbūvēta nepilnu divu gadu laikā [243]. Tas liecina, ka tehnoloģiskie sasniegumi ir tiktāl attīstījušies, ka vairums unikālu projektu arī nākotnē tiks realizēti tikai un vienīgi ar datorizētās arhitektūras projektēšanas un ražošanas tehnoloģijām.

Pasaules izstādes Expo 2008 tilts Saragosā, Spānijā

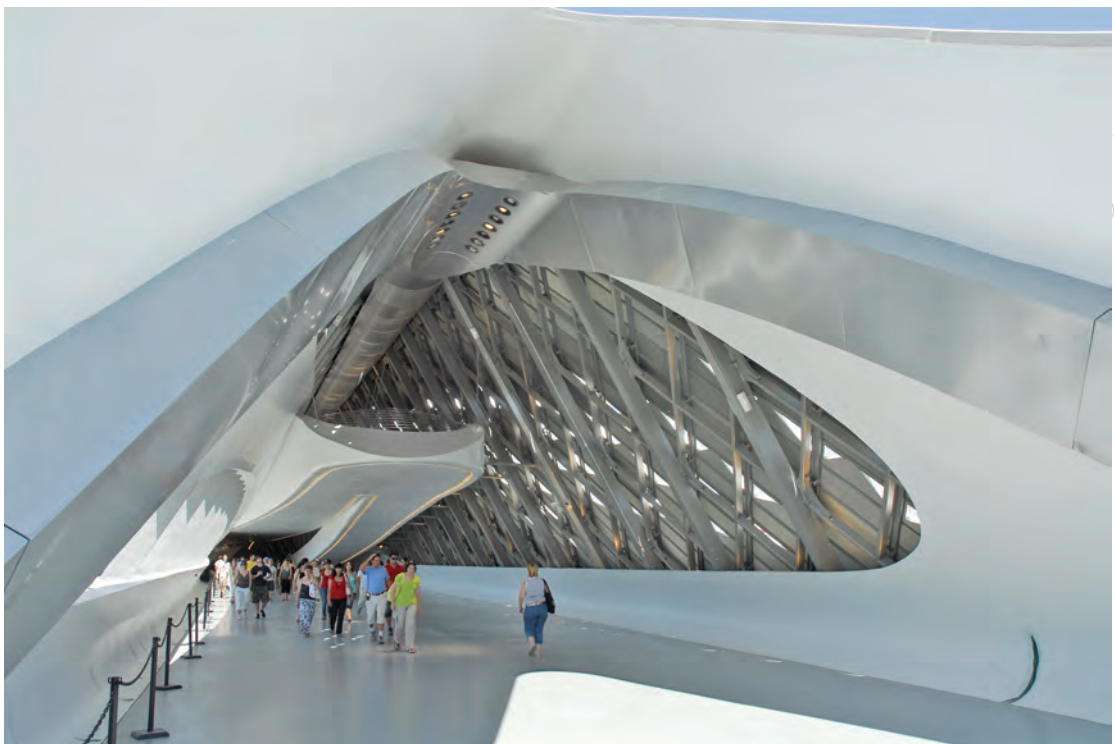
Projekts: 2005.–2008. gads, tilta platība 6415 m² (izstāžu paviljona galerija 3915 m², kājāmgājēju tilts 2500 m²), tilta garums 270 m, maksimālais augstums 30 m. Arhitekti Zaha Hadida un Patriks Šumahers, arhitektu birojs *Zaha Hadid Architects*. Tilts šķērso Ebras upi Saragosā, Spānijā.



2.29. att. Pasaules izstādes *Expo 2008* tilts Saragosā. [A.R.]

Tilta paviljona kompozīciju veido 4 galvenās daļas – elementi, kas darbojas vienlaicīgi kā strukturālie elementi un telpiski apjomi. Tā šķērsgriezums ir dimanta kristāla režģa formas, un šis tilta projekts vienlaikus bija pētījums šādu formu strukturālu īpašību novērtējumam. Tā kā tiltu veido dimanta formas telpiskais režģis,

struktūras nesošie spēki tika izkārtoti pa ārējo virsmu, bet šķērsriezuma apakšējā daļā zem grīdas līmeņa bija pietiekami daudz telpas inženierkomunikācijām. Tilta formā dimanta šķērsriezums pa garenasi ir nedaudz izliekts, un tilta četri elementi savstarpēji šķēļas, veidojot oriģinālu apjoma kompozīciju [292]. Savstarpēji šķēļot formu tiek optimizēta strukturālā sistēma un iegūts izstādes telpām atbilstīgs plānojums. Izkliepjot slodzes pa četriem elementiem, kopējais būvapjoms varēja tikt konstruktīvi atvieglots, imitējot šādu struktūru veidošanu ar bionisma principiem. Formu šķēļšanai ir vēl viena būtiska dizainiska vērtība – tilta interjerus veido kompleksas telpas, kurās izstādes apmeklētāji pārvietojas cauri nelielām buferzonām. Tās kalpo par audiovizuālās uztveres pārejas zonām, ļaujot izteiktāki sajust katras tilta paviljona telpas oriģinālo raksturu.



2.30. att. Expo 2008 tilta interjera telpa ir viscaur veidota plūdenās linijās un ar Zahai Hadidai raksturīgajiem neitrāliem toņiem: baltu, pelēku un tumši pelēku krāsu. [A.R.]

Tilta projektā akcentētas metāla konstrukcijas, kas ir tradicionāla un vienlaikus mūsdienīga tilta īpašība, savienojumā ar mūsdienīgām izstāžu telpām raksturīgo gaismas noskaņu un ļoti oriģinālo interjeru telpu. Tilta divos elementos izvietotās izstāžu telpas ir dabiski ventilētas un vizuāli noslēgtas no ārpusaules, taču pārējie divi elementi ir atvērti, un tie uztur vizuālo saikni ar Ebras upi un pasaules izstādes Expo teritoriju.



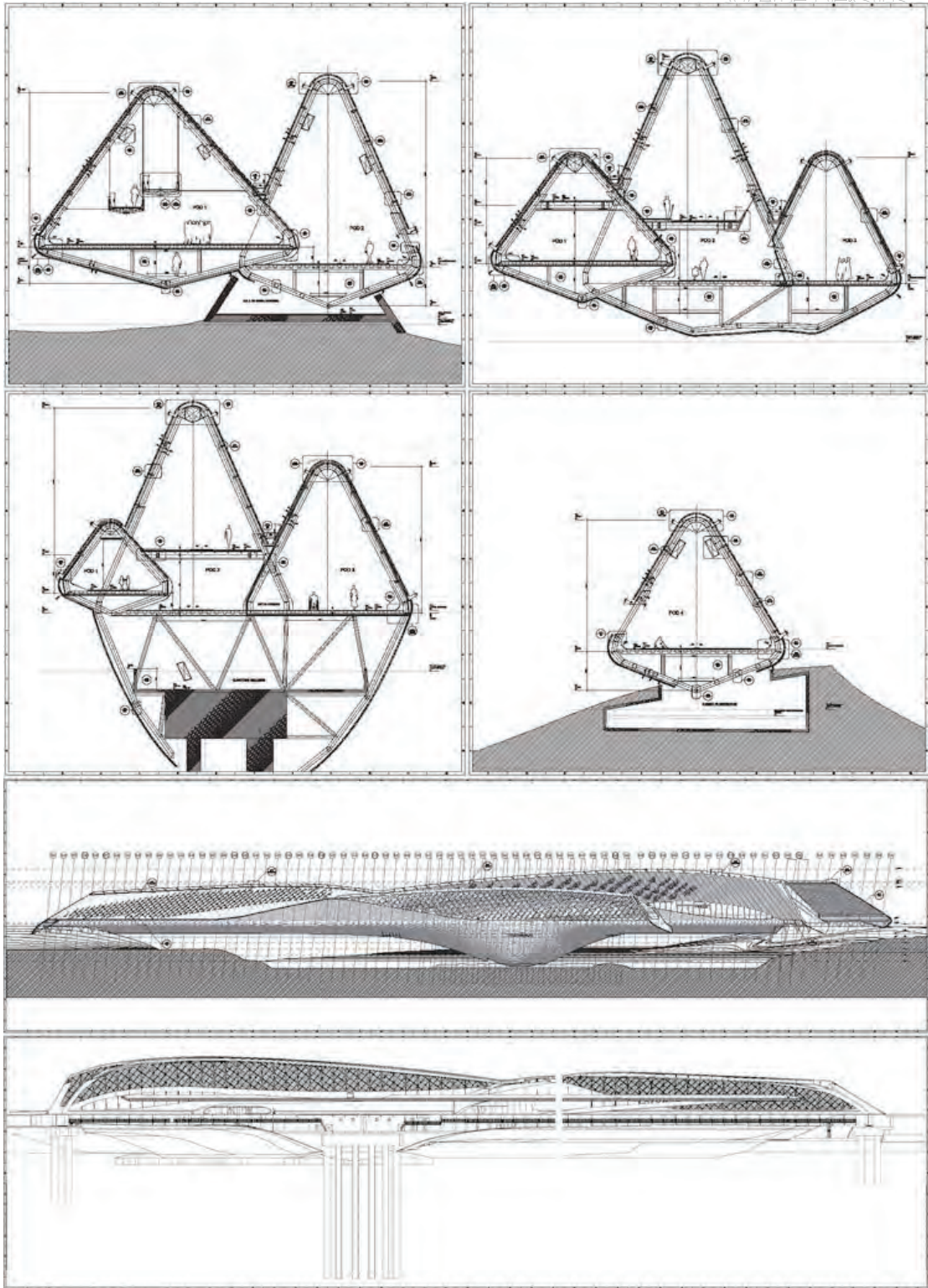
2.31. att. Expo 2008 tilta metāla konstrukcijas paslēptas zem plūdenas biezas metāla virsmas, līdzīgi kā kuģu korpusu konstrukcijās. [A.R.]

Zaha Hadida jau savos *Architectural Association* studiju gados Londonā pievērsās 20. gs. sākuma avangardistu – supremātistu mākslai, konkrēti – Kazimira Maļēviča daiļradei. Savos pašas gleznojumos Hadida turpināja supremātistu iesāktos meklējumus, tiecoties pēc īpašas telpas ģeometrijas un paņēmieniem tās atspoguļošanai. Bieži viņas gleznās perspektīve nevis pazūd, bet multiplicējas, radot iespaidu, ka vienā attēlā savietojas vairāki skati un telpiskās assis nav vienkārši rotētas, bet arī savītas. Rezultātā rodas sajūta, ka plāni turpinās dažādos virzienos, dažādos leņķos un līkumos. Supremātistu gleznojumi kādreiz tika uztverti kā radikāla attēla telpas saplacināšana. Hadida turpretī saprot to kā logu uz nenoteiktu laiktelpu. Šos paņēmienus viņa izmanto, lai vienlaicīgi radītu un transformētu savus objektus (vienalga – atsevišķas ēkas, pilsētas rajonus vai veselas pilsētas), lai „saspiestu un paplašinātu telpu“, intensificētu un atbrīvotu struktūru. Arhitektūras kritiķis Ārons Betskis (*Aaron Betsky*) par šo viņas gleznās pausto manifestu rakstījis: „Īstā pasaule kļūst par *Hadidzemi*, kur pazūd gravitāte, perspektīve savērpjas, līnijas saplūst, nav nojaušams mērogs un darbība. Tā nav specifiska funkciju un formu aina, bet drīzāk iespējamo kompozīciju plejāde [185].“ Arī *Expo 2008* tilta arhitektūra ir labs piemērs Zahas Hadidas tiekšanās pēc tehniski ļoti pārbagātiem projektiem, kuriem piemīt oriģinālas vizuālas vērtības un izteikti kompleksas struktūras.



2.32. att. Tilta fasādi veido unikāli rotētas un grieztas dažādu krāsu betona plāksnītes, kas optimizētas regulāros četrstūru laukumos un maksimāli 10 griezuma variācijās. Vizuālu atšķirību piešķir izvēlētais plāksnišu materiāla tonis.

Projektēšanas gaitā tika pētītas struktūras dabā un zemūdens pasaulē. Tilta fasādei par iedvesmas avotu kalpoja haizivs zvīņu struktūra, kas ar nelielām zvīņu variācijām spēj noklāt ļoti organiskas formas zivi. Šis princips imitēts arī *Expo 2008* tilta fasādē, kurai ir divi slāņi – strukturālais slānis ar metāla plāksnēm un ārējais flīžu slānis ar stikla šķiedru stiprinātām betona plāksnītēm (angļu val. – *Glass-reinforced Concrete, GRC*), kas veidoti dažādos toņos no balta līdz melnam. 270 metrus garajam tiltam ar parametrisku programmatūru tika optimizēta fasāde, to novienkāršojot par 26500 četrstūru laukumiem, kuriem ir vienkāršas sānu pielaides griezuma līnijas, sekojot tilta līklniju formai. Katru četrstūru laukumu veido divas līdz trīs dažāda lieluma un krāsas betona plāksnītes. Šos laukumus veido pilnīgi unikāli izgrieztas fasādes plāksnītes, kuras seko noteiktam raksta algoritmam, ietaupot izejmateriālu un piešķirot ļoti bagātīgu tēlu. Vienam laukumam var būt maksimāli 10 variācijas, kas kombinācijā ar dažādu krāsu un materiāla paneļiem veido bezgalīgu hromatisku un optisku efektu. Tas tika atzīts par vienlaikus visfunkcionālāko, vizuāli pievilcīgāko un ekonomiskāko variantu, ar minimāliem materiālu atgriezumjiem. Gaismas caurlaidībai tilta slēgtajā daļā ir regulāras formas logi, bet atvērtaajā daļā – vienkārši atvērumi. Savukārt tilta iekšējām izmantots vairāku kārtu ģipškartons ar pulētu poliuretāna sveķu klājumu.



eu
permission
F Mac

eu
permission
F Mac

eu
permission
F Mac

2.33. att. Expo 2008 tilta tehniskie rasējumi – dažādie šķērs griezumi un konstrukcijas.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

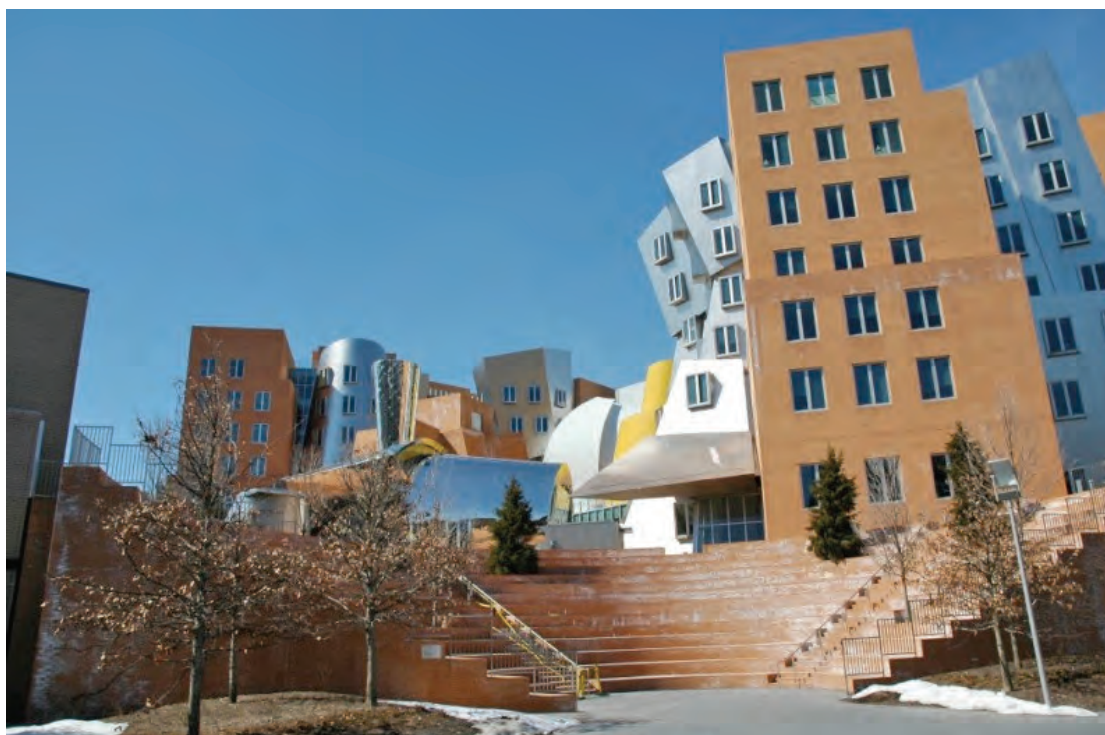
Visumā tilta uzbūve atgādina kuģubūves šedevru. Tā būvniecību vadīja pasaulslavens inženieru un konrtuktoru birojs *ARUP Associates*. Tehniski šis tilts ir uzbūvēts vietā ar ļoti sliktas kvalitātes grunti – tā pamata pāļi upes vidū iedzīti līdz 68 metru dziļumam, kas vienlaikus ir Spānijas rekords par visu laiku visdziļāk būvētiem pamatiem. Arī datorizētā ciparvadības ražošana tika izplānota ļoti profesionāli un sadalīta deviņos uzņēmumos. Kopā tika izgatavoti 62500 strukturāli dzelzs elementi, kas tika montēti būvlaukumā. Tilta ziemeļu daļas metāla konstrukcijas tika izgatavotas objektā, uz īslaicīgi šim mērķim upē uzbūvētas pussalas. Šī tilta triju elementu kopējais konstrukciju svars ir 3500 tonnas. Tilta dienvidu daļa ar svaru 2200 tonnas tika montēta upes krastā, beigās to pārvietojo un savienojot ar jau uzbūvēto tilta daļu. Tas bija nepieciešams tilta garenass izliektās ģeometriskās konfigurācijas dēļ.

Šāda tilta realizēšana vēl nesenā pagātnē nebija iedomājama, jo tā optimālai realizēšanai ar ierobežotiem līdzekļiem bija nepieciešamas teju visas inovatīvās un netradicionālās digitālās sistēmas vienkopus. Tas arī apliecina to, ka jebkuru objektu var projektēt ļoti klasiski vai arī futuristiskā avangarda stilā. Un, ja ir pieejami pareizi instrumenti ideju realizēšanai, patērētie būvniecības resursi varētu būt līdzīgi.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Stata Center komplekss Masačūsetsā

Projekts: 2004. gads, platība 67000 m². Arhitekts Frenks Gerijs. Masačūsetsas tehnoloģijas institūts, Masačūsetsa, ASV.



2.34. att. *Stata Center* ēku kompleksa centrālā ieeja.

Šī projekta galvenie finansētāji Rejs un Marija Stata (*Ray and Maria Stata*), MIT 1957. gada absolventi, kuriem šobrīd pieder viena no lielākajām pusvadītāju ražotnēm ASV – *Analog Devices*. Projektu līdzfinansējis arī *Microsoft* īpašnieks Bils Geitss (*Bill Gates*), kas MIT absolvēja 1954. gadā. *Stata Center* projektēšanas honorārs Frenka Gerija kompānijai – 15 milj. USD [263]. Ēkas projektēšanas laikā no 2000. gada Frenks Gerijs datorizētās projektēšanas programmatūru izstrādē bija ticis vistālāk, viņš bija izveidojis uz *CATIA* programmatūras bāzes savu projektēšanas sistēmu (skat. 1.4.1. nodaļā sadaļu „*CATIA* un *Gehry Technologies Digital Project*“). Viņa izstrādātā parametriskā modelēšanas metodika izrēķina nepieciešamās izmaiņas visā ēkas struktūrā, ja tiek mainīts, piemēram, kādas sienas sagāzuma leņķis [20]. Rezultātā praktiski jebkuru formu iespējams deformēt līdz absolūtam dekonstruktīvismam, bet projektēšanas programmatūra izrēķinās un palīdzēs uzturēt ēkas konstruktīvo struktūru. Frenka Gerija mērķis bija pārliecināt sabiedrību, ka jebkuras sarežģītības objekti ir realizējami, ja vien ir tam piemēroti projektēšanas instrumenti. Visas objektam nepieciešamās sarežģītās konstrukcijas var nodot izpildei datorizētajā ražošanā pa tiešo no digitālā projekta faila bez papīra rasējumiem. Būvnieki praktiski neizmantoja un nepieprasīja nevienu papīra rasējumu, jo divdimensiju attēlojumā šīs ēkas projektu bija ļoti grūti izprast. Tāpēc visā būvniecības gaitā būvnieki strādāja tikai ar ēkas trīsdimensiju modeļiem un no tā iznesa sev nepieciešamo informāciju.



2.35. att. Visas *Stata Center* ēkas ir deformētas kā saburzīts papīrs.

Ar datortehnoloģiju palīdzību mūsdienās arhitekti var projektēt ēkas, neizmantojot zīmuli. Faktiski, digitāli veidota arhitektūra ir pārāk kompleksa, lai to uzzīmētu rokas tehnikā vai vispār parādītu izmantojot tradicionālus rasējumus, ieskaitot ar datoru drukātus rasējumus. Bet tajā pašā laikā pastāv liels risks, ja pilnībā paļaujas tikai uz datoriem [101]. Trīs gadus pēc *Stata Center* nodošanas ekspluatācijā MIT uzsāka tiesas prāvu pret arhitektu Frenku Geriju un šajā projektā iesaistīto būvkompaniju *Skanska*. Projektā tika konstatētas tehniskas problēmas: dažās vietās telpas bija applūdušas, apmetums saplaisājis, izveidojies pelējums, aizdambējušas lietus teknes, krītošs ledus un sniegs aizbloķējis evakuācijas izejas [263]. Pēc pamatīgas izskaidrošanās visas kļūdas tika novērstas un Frenks Gerijs taisnojās: „Šīs lietas ir ļoti sarežģītas, jo kompleksu ēku būvniecības procesi piesaista daudz cilvēku un nav precīzi nosakāms, kas savu darbu nav godam izdarījis. *Stata Center* ēka sastāv no 7 miljardiem elementu, kas visi savienoti vienā sistēmā. Manuprāt, kopumā šīs problēmas ir niecīgas [263].“ *Stata Center* projekts ir izcils piemērs, kā vienkāršas formas var padarīt sarežģītas, pārliecinot arī par to, ka sarežģītas formas projektus ir iespējams realizēt. Formas sarežģīšanai gan nevajadzētu kļūt par pašmērķi.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Grācas mākslas nams (*Kunsthaus Graz*), Austrija

Projekts: 2003. gads, platība 11100 m², organiskā stikla paneļu daudzums fasādē – 1068 gab., paneļu izmērs – 2x3 m. Arhitekti Pīters Kuks (*Peter Cook*) un Kolins Furnjē (Colin Fournier), arhitektu birojs *spacelab* sadarbībā ar *Bollinger + Grohmann* un *Architektur Consult*.



2.36. att. Grācas mākslas nams apvijas apkārt esošajām vēsturiskajām ēkām.

Grācas mākslas centrs Mūras upes krastā projektēts kā arhitektūras ikona, kas ir ieņēmusi savu vietu pilsētas audeklā. Ar to pilsētā ir mēģināts izveidot pozitīvi produktīvu spriedzi starp klasisko un avangarda arhitektūru, kas kā spēcīgs izmaiņu katalizators transformē urbāno vidi. Mākslas centrs savu novietni atradis 2003. gadā, kad Grācas pilsēta tika izvēlēta par Eiropas kultūras galvaspilsētu [241]. Ēkas apjoms atgādina gaisa burbuli, kas apvijas apkārt esošajām vēsturiskajām ēkām piegulošajos gruntsgabalos. Ēkas jumtā izvietotas pret ziemeļiem pavērstas virsgaismas, nodrošinot optimālu izgaismojumu mākslas namā eksponētajiem darbiem.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16



2.37. att. Ēkas burbuļa formas apjoms aizpilda gandrīz veselu kvartālu.

Arhitekts Gernots Stangls (*Gernot Stangl*) veicis milzu ieguldījumu mākslas centra fasādes optimizācijā datorizētās ciparvadības ražošanai ēkas tehniskajā projektēšanas stadijā [278]. Viņš izstrādājis visu trīsdimensiju modeli un konstrukciju rasējumus, kā arī fasādes paneļu montāžas shēmu. Darbs bija daļēji iespējams ar jauna veida funkcionalitātes datoru trīsdimensiju modelēšanu, kas ļāva brīvi apieties ar telpiskām matemātiskām liklīnijām. Ēkas ģeometriskā forma nav balstīta uz īpašu filozofiju, tā radās pēc nepieciešamās plānojuma programmas apjoma. Sākotnēji pat tās forma vispār tika atlikta malā, lai pievērstos citiem tehniskajiem jautājumiem un lai šo ēku vispār varētu nodot būvniekiem realizēšanai. Izvērtējot iespējamās pieejamās tehnoloģijas, ēkas fasādei tika izvēlēts izmantot organiskā stikla paneļus, kas pieejami gatavos izmēros 2x3 m. Nākamajos posmos pēc sarežģītas ģeometrijas optimizācijas un bezgalīgiem aprēķiniem tika izstrādāta metode, kā ar maksimāli maziem izdevumiem izgatavot fasādes elementus. Ar datorizētās ciparvadības ražošanas palīdzību tika izfrēzētas vairākas putupolistirola formas, uz kurām ar termisku apstrādi tika izliekti fasādes organiskā stikla paneļi. Šīs formas bija vairākkārt izmantojamas, jo fasādē konkrēti izliekti paneļi atkārtojas daudzās vietās. Tāpat arī zem fasādes tika izstrādāta speciāla konstruktīvā struktūra, kas ar triangulētiem metāla profiliem palīdzētu nostiprināt organiskā stikla paneļus.

Projekta beigu posmā mākslas centra fasādes idejai pievienojās interaktīvo fasāžu projektētāji no Berlīnes kompānijas *BIX*. Viņu vadībā zem ēkas fasādes tika

iestrādāti 930 apaļi gaismas ķermeņi ar jaudu 40 W, kurus var ieslēgt vai izslēgt ar reostatu caur centralizētu datorsistēmu [241]. Datorsistēma uz mākslas centra fasādes spēj atainot video projekcijas, uzrakstus un jebkuru citu informāciju apmēram 900 m² platībā. Tā tika izveidota viena no pirmajām mediju fasādēm pasaulē, kuras mūsdienu arhitektūrā tagad jau veido ar četrkrāsu gaismas diodēm.

Mākslas nama ēka Grācā ir jau kļuvusi par vienu no Austrijas arhitektūras ikonām, pateicoties tā unikālajai formai, projektēšanas un datorizētās ciparvadības ražošanas metodēm. Izzinot problēmas, kas rodas šādas sarežģītības pakāpes objektu veidošanā, arhitektūras nozari ir iespējams attīstīt vēl tālāk.

Mākslas un zinātnes pilsēta Valensijā

Projekts: 1991.–2005. gads, planetārijs un IMAX kinoteātris 13000 m², muzejs 40000 m², okeanogrāfijas centrs 110000 m², mākslas pils un opera, sporta centrs u.c. Aptuvenais budžets 150 milj. EUR. Arhitekti Santjago Kalatrava (*Santiago Calatrava*) un Fēlikss Kandela (*Felix Candela*).



2.38. att. Mākslas un zinātnes pilsētas aerofoto.

Mākslas un zinātnes pilsēta ir Valensijas pašvaldības iniciatīva izveidot bijušās Tūrijas upes gultnē kompleksu zinātnes, muzeju, planetāriju, okeanogrāfijas un brīvā laika centru. Projektā izmantoti dažādi no dabas aizgūti motīvi: cilvēka acs, kaulu un ribu struktūras, kas viss interpretēts balti krāsotās dzelzsbetona un metāla konstrukcijās. Dažādo ēku aprises ir ļoti biomorfiskas, to struktūra izteikti jūtama

gan ēku eksterjeros, gan interjeros. Kompleksā esošās ēkas veiksmīgi papildina seklie ūdens baseini, kas diennakts tumšajā laikā veido ļoti elegantus izgaismoto objektu atspulgus.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac



2.39. att. Zinātnes muzejs Valensijā.

eu
permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Daļa no objektiem ir kinētiski, piemēram, planetārija „acs plakstiņi“ atveras un aizveras ar hidraulisku piedziņu. Teritorijā izveidotas arī smalku struktūru galerijas, kas ekstensīvi apzaļumotas un sniedz patvērumu no saules. Kompleksā izvietotais okeanogrāfijas centrs ir lielākais Eiropā [212].



2.40. att. Hemisfēriskais planetārijs un IMAX kinoteātris.

eu
permission
Free PDF Mac

Santjago Kalatrava zīmē savas idejas ar roku un tad tās izstrādā ar klasiskajiem digitālās projektēšanas instrumentiem. Viņa smalko konstrukciju rokraksts ir ļoti pazīstams, taču, tā kā visi šī kompleksa projekti tapuši laika posmā no 1998.–2005. gadam, viņa rīcībā nav bijuši mūsdienu inovatīvie un netradicionālie digitālie instrumenti. Ar to palīdzību arhitekta idejas būtu vēl veiksmīgāk realizējamas, kā arī ar tām varētu daudz ērtāk radīt parametriskus objektus, kuru forma mainās katrā nākamajā struktūras elementā. Šobrīd šie instrumenti ir pieejami un tie ir jāapgūst, jo daudziem arhitektiem datorizētā projektēšana ir bijusi par šķērslī savu ideju realizēšanā tikai tāpēc, ka nav bijušas pietiekamas prasmes izmantot šīs sistēmas.

Villa NURBS Spānijā

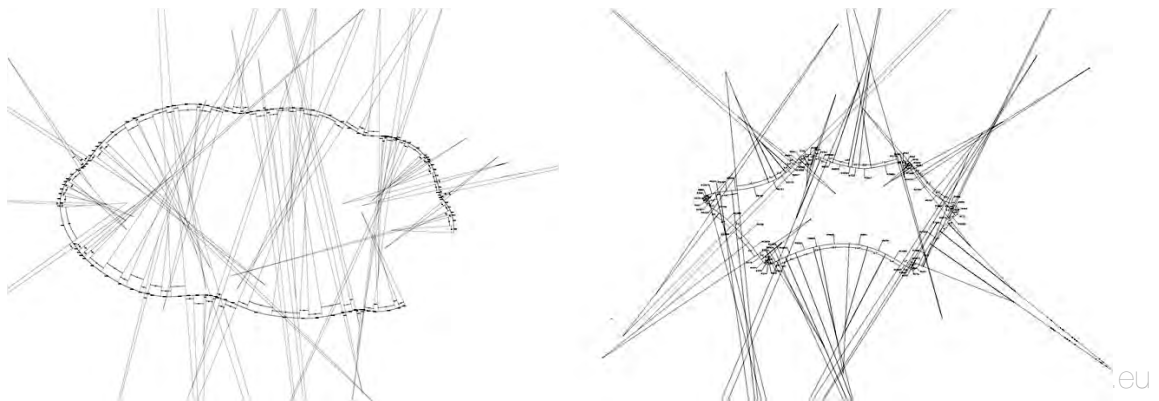
Projekts: 2003. gads, realizācija 2004.–2008. gads. Arhitekts Enrike Ruis Geli (*Enric Ruiz Geli*), arhitektu birojs *cloud9*. Empuriabrava (Costa Brava), Žirona, Spānija.



2.41. att. Villa NURBS – viengimenes ēka no kosmosa laikmeta
(angļu val. – *the space age designed family house*).

Šis ir unikāls projekts, kura veidošanā un būvniecībā izmantotas tikai inovatīvās digitālās sistēmas un gandrīz visas iespējamās datorizētās ciparvadības ražošanas tehnoloģijas. Lai arī no sākuma šis projekts izskatās pēc sakrautu tehnisku iespēju krājumā, tas patiesībā ir ļoti īpašs projekts, jo villas projektēšanas laikā arhitekti izstrādāja sešus jaunus būvniecības tehnoloģiju patentus [287]. Projektu izstrādāja

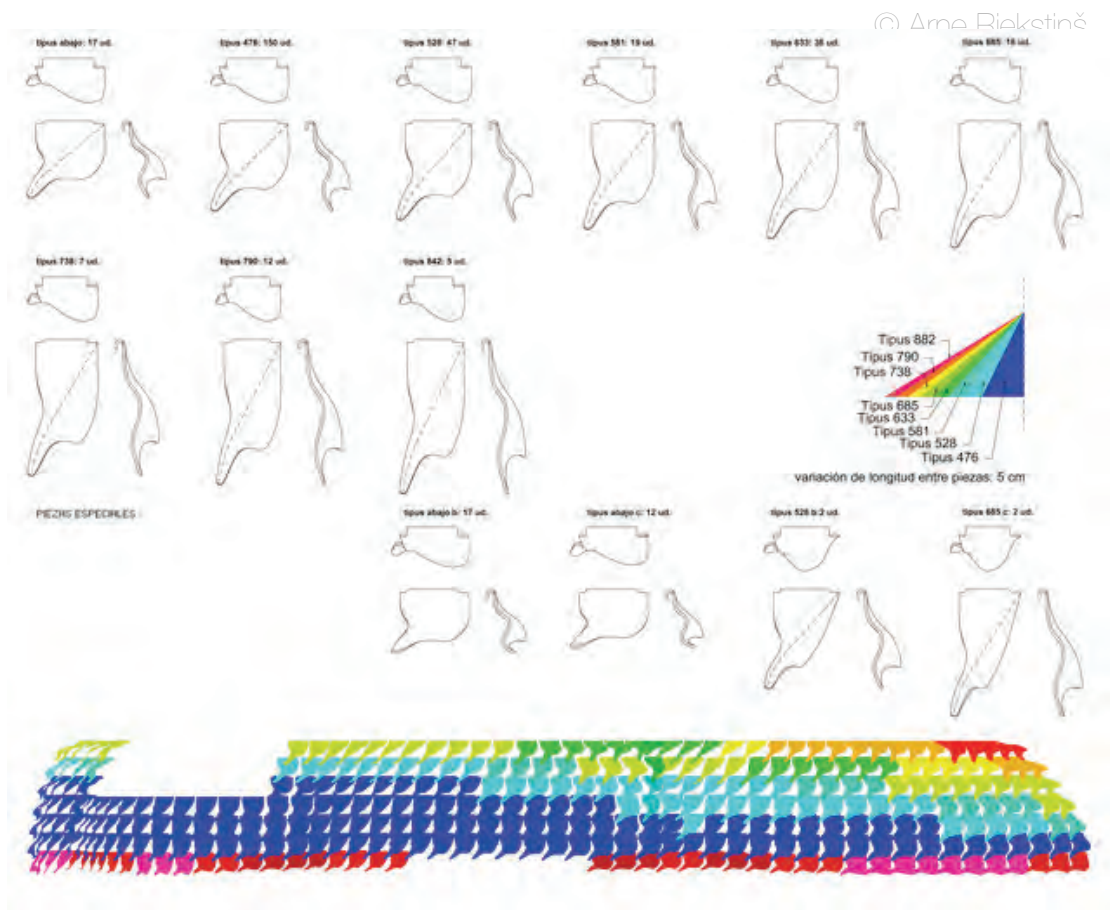
arhitektu birojs *cloud9*, kas sevi definē ar šādiem atslēgas vārdiem: jaunas tehnoloģijas – jauna iejūtība, utopija – realitāte, jauni formāti, būvēt digitāli, fikcijas arhitektūra [213]. Lai arī sākumā ēkas forma iedvesmota no kūstoša ledus gabala atlūzas, visi tālākie ēkas projekta izstrādes procesi veikti tikai ar trīsdimensiju modelēšanu, parametriskiem projektēšanas instrumentiem un ļoti daudziem unikāliem *CAD/CAM* procesiem.



2.42. att. Ēkas pirmā stāva un baseina atmērišanai nepieciešamie rādīsi trīsdimensiju modeli.

Ar trīsdimensiju modelēšanas programmatūru sākumā tika izveidota ēkas koncepcija – no zemes pacelts apjoms, kuru veido ļoti liels daudzums rādīsi. Lai dzīvi padarītu privātāku, arī baseins tika pārcelts uz villas apjomu pusatvērtā iekštelpā. Villas daļēji atvērtā daļa paredzēta izmantošanai vasarā, bet slēgtā daļa – pārējiem gadalaikiem. Ēkas pamati un nesošā struktūra līdz paceltajam pirmajam stāvam tika veidota ar speciāli šim projektam veidotu veidņu sistēmu. Sienas metāla karkasa konstrukcijas ir veidotas ar datorizētās ciparvadības ražošanas instrumentiem.

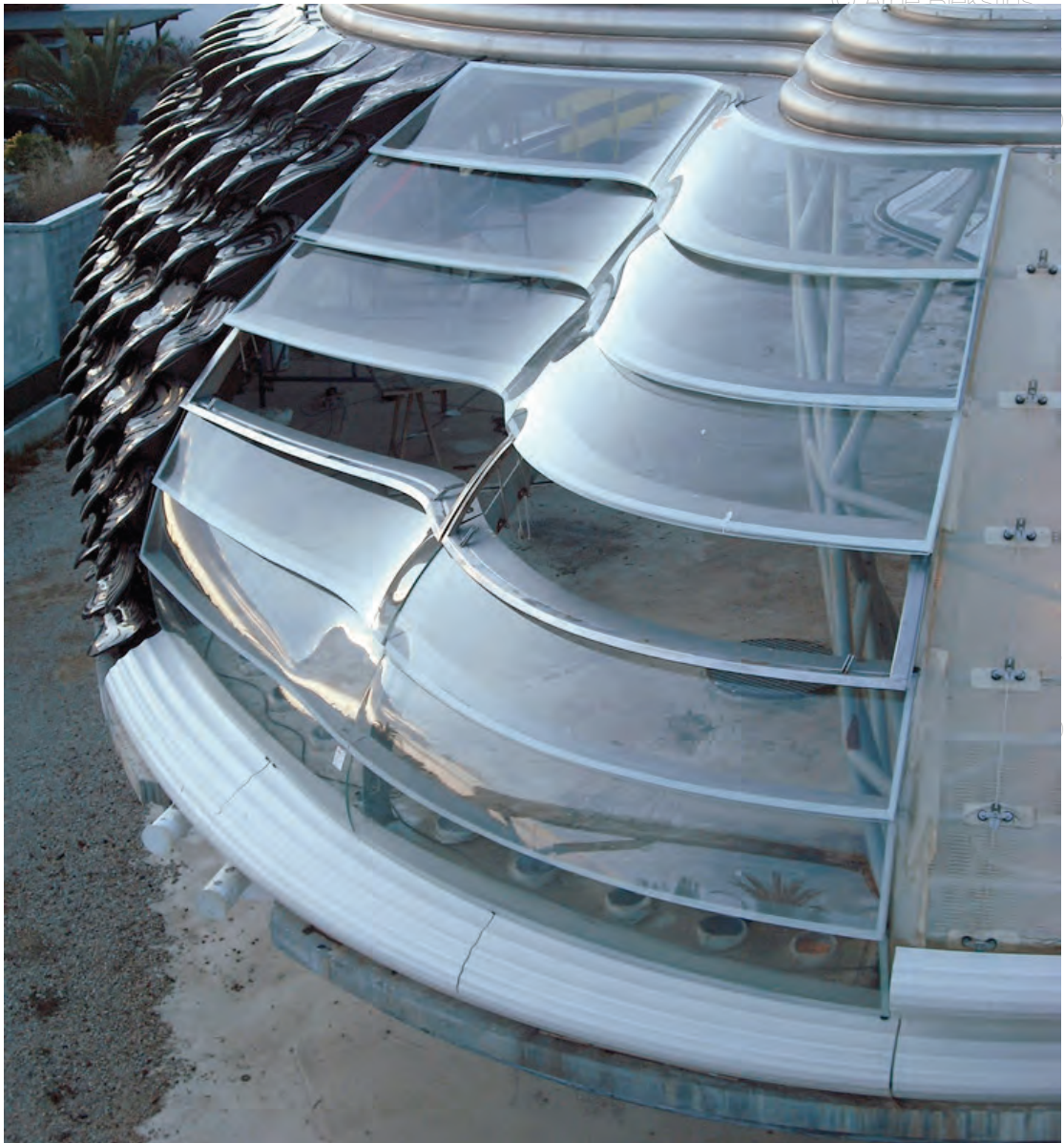
Tā kā villa atrodas Spānijas vienā no vissaulainākajām vietām Costa Brava, ēkai tika izmodelēts maksimālais izsauļojums visa gada laikā un uz tā pamata izveidota speciāla ēkas noēnojuma sistēma ar smagnējām keramiskām flīzēm. To apgleznojumu veidojis mākslinieks Tonijs Kumella (*Toni Cumella*) [223]. Ar speciālu algoritmu tika izstrādāti deviņi atšķirīgi flīžu tipi, atkarībā no to novietojuma uz ēkas fasādes un saules leņķi, pret kuru tām jāveido optimāls ēnojums. Flīžu izgatavošanai ar datorizētās ciparvadības ražošanu izveidoja putupolistirola sagataves, uz kurām kā uz veidņiem novietoja pēc šablona izgrieztus mīkstus māla gabalus. Līdzko tie sacietēja, tos pārvietoja uz cepli.



2.43. att. Optimāla ēnojuma iegūšanai izveidots algoritms un deviņi atšķirīgi flīžu tipi.

Arī pārējās ēkas daļas tika veidotas individuāli šai villai, tās veidotas tikai vienā eksemplārā. Pārējās daļas ir veidotas no ETFE (etilēna tetrafluoroetilēns) membrānas, koriana un stikla. Darbs tikai ar digitālajām sistēmām nodrošināja ļoti augstu darbu izpildes kvalitāti un precizitāti, neskatoties uz to, ka katru ēkas elementu prefabricēja citā ražotnē. Vienlaikus šis villas projekts bija plašs eksperiments darbam ar dažādām ražošanas tehnoloģijām, tās visas piemērojot arhitektūras mērogā 1:1. Ekā kopā izmantotas 25 dažādas inovatīvas ražošanas tehnoloģijas.

© Ame Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16



2.44. att. *Villa NURBS* fasādes daļa ar dubulti izliekto stiklojumu.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Urban Agency, iSaw

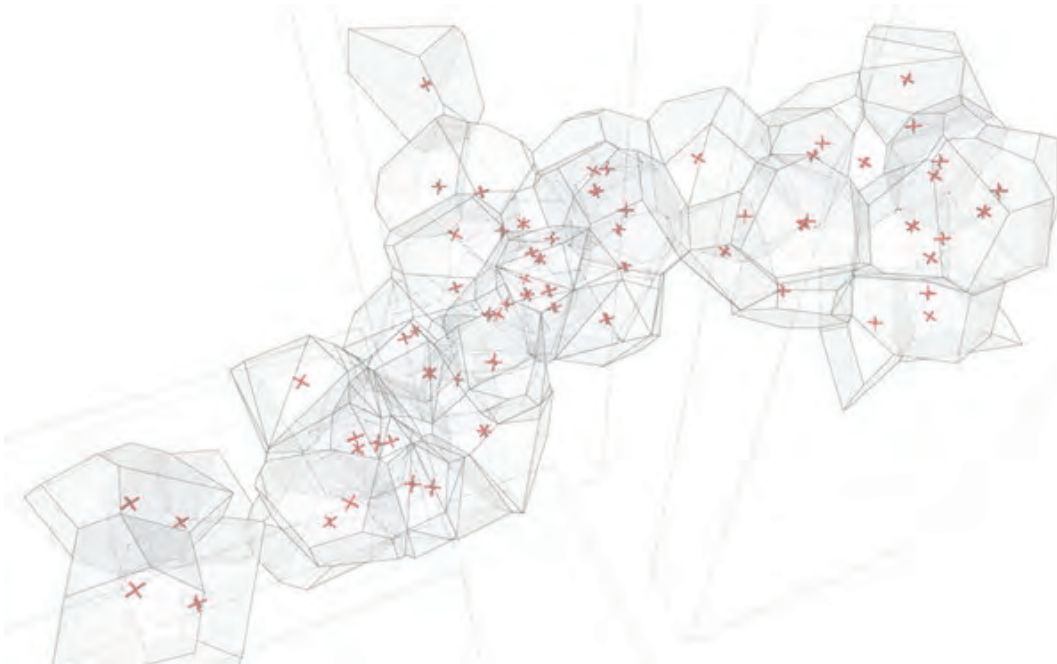
© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Projekts: 2005. gads. Arhitektu biroja *kokkugia* konceptuālais projekts *Urban Agency* pēta iespējas integrēt jaunas sabiedriskas funkcijas ar ģenētiski veidotu ēku palīdzību. Projekts definēts kā organisms, kas spēj autonomi un intelektuāli dreifēt pa pilsētas audeklu. Šāds organisms savā rašanās procesā attīsta vienlaikus arhitektūras formu un telpas organizāciju, kas veidota īpaši vai specifiski tai apkārt esošajai videi.



.eu
: permission
)F Mac

2.45. att. Arhitektu biroja *kokkugia* projekts *Urban Agency*.

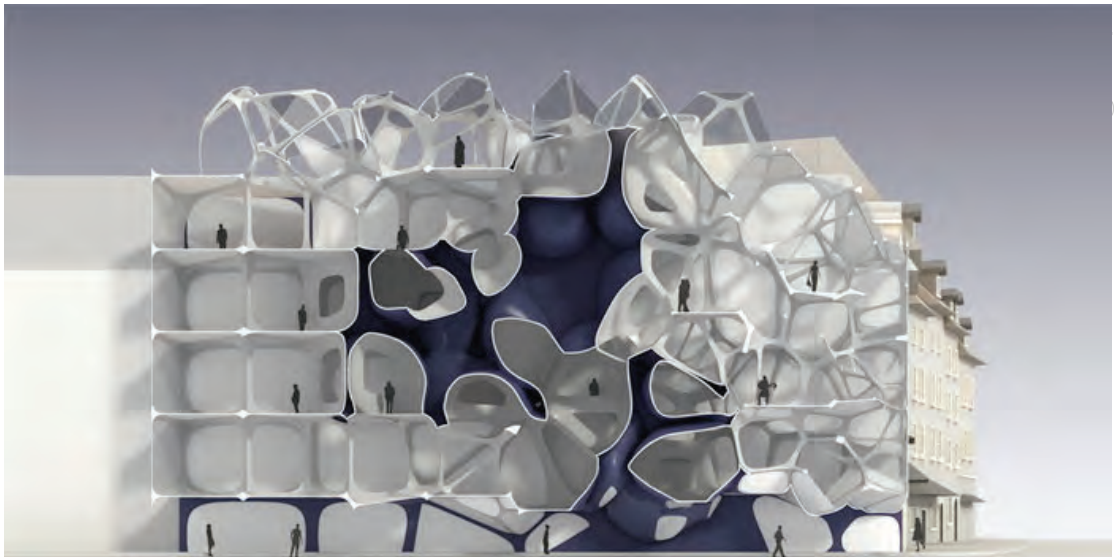


.eu
: permission
)F Mac

2.46. att. Projekta *Urban Agency* ar skriptingu programmētā sākotnējā forma.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Arhitektu birojs *kokkugia* sarežģītākos projektēšanas uzdevumos izmantojis arī ģenētiskā skripta principu. *iSaw* (projekts: 2007. gads) ir algoritmiska stratēģija, kas savieno nesavienojamu reorganizāciju un intensīvi apbūvētā Varšavas pilsētas centra papildināšanu ar jaunu apbūvi. Šis projekts nodrošina funkcionāli nesavienojamu objektu tomēr savienot vienotā struktūrā. Tas atrisināts tādā veidā, ka vienas iestādes apmeklētāji ēkā nezina par otras līdzāspastāvēšanu. Šis projekts ir arhitektu biroja *kokkugia* pētījuma turpinājums par „slapjo putu“ ģeometrijām (angļu val. – *wetFoam geometries*), kas tika sākotnēji izveidotas vienam citam projektam. Oriģinālā ideja ir paplašināta, radot nelineāru pāreju, kurā sienu biezums mainās, esot par sliksni, kas rada jaunu apdzīvojamu platību. Abas telpu grupas ir sadalītas ar kopējo membrānu un tādējādi ir atkarīgas viena no otras, taču katrai no tām ir pilnīgi savādāka telpiskā kvalitāte un citas īpašības. Šis projekts ir iespējams risinājums algoritmiskai stratēģijai, kas rada blīvu telpu aizpildošu arhitektūru.



2.47. att. Projekta *iSaw* griezumus.

2.2. Digitālo sistēmu tendences reģionālajā kontekstā,

Latvijas un Baltijas piemēri

Katru gadu *Pro Inno Europe* publicē inovativitātes veiktspējas analīzes rezultātus 27 Eiropas valstīs (skat. visus rezultātus 4. pielikumā). Digitālo sistēmu tendences arhitektūrā arī ir daļa no inovativitātes. Lai saprastu reģionālo kontekstu un Baltijas valstu vietu Eiropas inovāciju kartē, jāskatās uz rezultātiem. Šajā analīzē tiek ņemti vērā tie faktori, kas nodrošina inovāciju: cilvēkresursi, zinātnes sistēma valstī, uzņēmējdarbības vide, tehnoloģiju pārnese ražošanā utt. Inovativitātes rezultātu tabulā vadošā valsts ir Šveice, kurai seko Zviedrija, Dānija, Somija un Vācija. Līderus sekojošajā grupā ir 10 valstis: Lielbritānija, Beļģija, Austrija, Nīderlande, Īrija, Luksemburga, Francija, Kipra, Slovēnija un arī Igaunija. Savukārt Lietuva un Latvija šajā tabulā ir pašas beigās, grupā, kas nodēvēta par t.s. „atturīgajiem inovatoriem“. Šie rezultāti ir balstīti galvenokārt uz 2008.–2009. gada statistiskajiem rādītājiem, līdz ar to globālās ekonomiskās lejupslīdes ietekme 2010. gada rezultātos vēl pilnā mērā neparādās. Pašos svarīgākajos rādītājos, kas ietekmē arī arhitektūras nozari – Latvija no Igaunijas atpaliek 7,2 reizes ar savu zinātnes sistēmu, 5,4 reizes ar finanšu un atbalsta sistēmām, 14,5 reizes ar zinātnes un uzņēmējdarbības saikni, kā arī 19,3 reizes ar uzņēmumu inovativitāti [184]. Tas liecina par samilzušām problēmām valstī un vienlaikus arī par potenciālām izaugsmes iespējām.

Latvijā un Baltijas valstīs kopumā mūsdienu arhitektūras dinamiskākā attīstība bija vērojama laikā no 2004. līdz 2007. gadam. Šajā laika posmā Baltijas valstis piedzīvoja strauju ekonomisko izaugsmi, kas veicināja būvniecības un arhitektūras straujāko ekspansiju kopš pašreizējās valstu neatkarības atgūšanas sākuma 1991. gadā. Ļoti lieli resursi tika sakoncentrēti uz nekustamo īpašumu attīstīšanu, tika projektēti un realizēti visizvērstākie projekti, no kuriem vairums bija dzīvojamie nami, kā arī virkne sabiedrisko ēku. Sākās ekonomikas pārkaršana, un tā rezultātā radusies banku krīze un pasaules ekonomiskā lejupslīde skāra arī Latviju, smagi iedragājot profesionālo darbību un daudzas potenciālas attīstības iespējas. Lejupslīdes rezultātā izveidojusies vesela ekonomisku apsvērumu virkne, kas uz nozari kopumā atstājusi negatīvu ietekmi. Šibrīža piesardzīgas finansēšanas politika vairs neļauj turpināt nekontrolētu izaugsmi. Iepriekš realizētie projekti tagad tiek rūpīgi izvērtēti un tajos tiek secināti dažādi trūkumi.

Šajā pētījumā analizētā ārzemju pieredze par ļoti inovatīviem formas un funkcijas risinājumiem ar dažādiem jauniem projektēšanas instrumentiem arī Baltijas mērogā ir un vēl arvien paliek aktuāla – tā gaida piemērotu brīdi, kad ekonomisko un politisko interešu apstākļi ievirzīsies labvēlīgā guļtnē. Līdz ar to nākotnē projektēšanas

procesi būs vēl izteiktāki ekonomiski, taupot resursus ēku ekspluatācijā un vairāk domājot par ilgtspējības aspektiem, kā arī par citiem inovatīviem ēku ekspluatācijas, formveides un struktūru uzlabojumiem. Izaugsmi iespējams turpināt, ievērtējot tikai vislabāko pieredzi un augstākās kvalitātes darba prasmes, ņemot vērā lokālos apstākļus un iespējas.

Lai gan praktiski visi projektu rasējumi pēdējā desmitgadē tiek izpildīti ar datora palīdzību un izmantojot standarta klasiskos digitālās arhitektūras projektēšanas instrumentus (skat. 1.3. nodaļu), Baltijas mērogā digitālo sistēmu visas priekšrocības tomēr netiek izmantotas. Galvenie iemesli, kāpēc šīs sistēmas nav ieviesušas:

- klientu pieprasījums pēc oriģināla un stipri individualizēta projekta detaļām nav izplatīts, saistībā ar bailēm par paaugstinātām izmaksām;
- digitālo sistēmu inovatīvie produkti nav iegājuši profesionālajā apritē, jo tam ir nepieciešama laba sagatavotība, papildus apmācība vai digitālo sistēmu izstrādātāju organizēti kursi;
- nav padziļināta pētījuma, kādas iespējas sniedz jauni un inovatīvi digitālās arhitektūras projektēšanas instrumenti, kā arī nav skaidras metodes to pieejamai praktiskai izmantošanai.

Pakāpeniski ieviešot jaunas projektēšanas sistēmas var tikt celts darba ražīgums, atrisinātas oriģinālākas detaļas un visbeidzot – paaugstināta arhitektūras pievienotā estētiskā un funkcionālā vērtība. Ar digitālo sistēmu izmantošanu iespējams izvairīties no kļūdām projektēšanā un būvniecības gaitā.

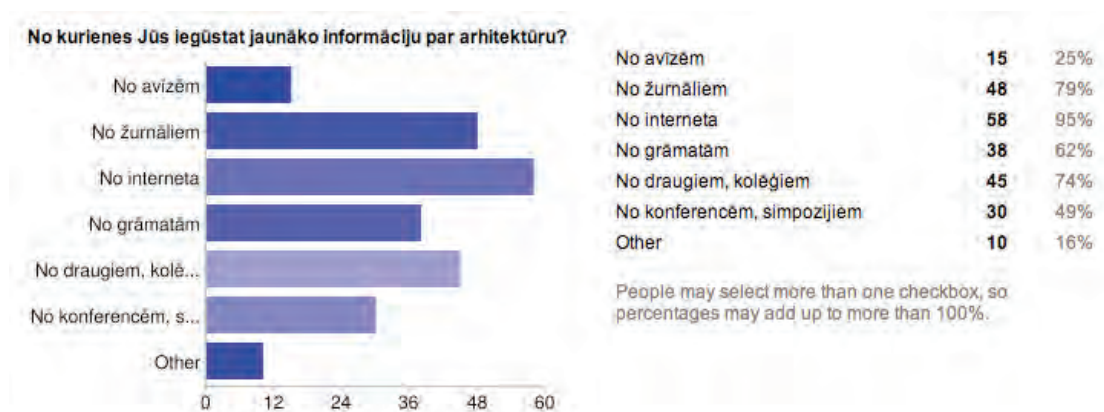
Apskatot iepriekšējā nodaļā pasaules prakses piemērus, šī nodaļa detalizēti pievēršas arhitektūras objektu analīzei Latvijas un Baltijas profesionālajā vidē. Arī lokālā pieredze ir jāanalizē un jāizvērtē, lai novērtētu Latvijas un Baltijas profesionālās vides sagatavotību digitālo sistēmu lietojumam. Sakarā ar to, ka Latvijā šar inovatīvajām un netradicionālajām digitālajām sistēmām nav realizēts gandrīz neviens projekts, šajā nodaļā analizēti tie projekti, kuri izceļas ar savu oriģinalitāti.

Aptauja

Pētījuma ietvaros tika veikta anketēšana, lai noskaidrotu arhitektu viedokli par viņu darbu, izglītību, iedvesmas avotiem, stilu, un citos ar digitālajām sistēmām saistītos jautājumos. Aptaujas rezultātā tika noskaidrotas svarīgas atbildes par Latvijas arhitektūras praktisko pusi, kas palīdz izprast vispārējo situāciju, un orientēt promocijas pētījuma rezultātus digitālo sistēmu izmantojamībai Latvijas arhitektūras praksē.

Respondenti tika anketēti laika posmā no 2009.–2011. gadam, izmantojot drukātas anketas un anketēšanu interneta vidē. Beigās visas anketas tika apkopotas digitāli un tika sastādīti kopsavilkumi, izmantojot tiešsaistes vidē pieejamo programmatūru *Google Documents*. Aptaujā piedalījās 65 respondenti, vecumā no 19 līdz 77 gadiem, 58% sieviešu un 42% vīriešu. Visi aptaujātie bija saistīti ar arhitektūru, vairums no viņiem strādā par arhitektu-tehniķi vai arhitektu no 1–10 un vairāk gadiem, lielākā daļa – 37% bija ar arhitekta profesionālo studiju kvalifikāciju, 34% studēja pirmajosursos, 14% bija ar bakalaura grādu, 8% ar maģistra grādu un 8% ar doktora grādu.

Aptaujātie iegūst jaunāko informāciju no interneta, žurnāliem, draugiem un kolēģiem, kā arī no citiem avotiem.



Radot jaunu projektu, arhitekti visvairāk iedvesmojas no: 85% objekta novietnes, 77% esošas arhitektūras, 70% mākslas, 57% filozofijas, 53% ceļojumos redzētā un 48% no industriālā dizaina. Iedvesmas objekts arhitektūras projektēšanai no neordinārām nozarēm tika minēts retos gadījumos, piemēram: 5% zooloģija, 5% ķīmija, 7% programmēšana, 10% ģenētika, 12% aviācija utt. Tas liecina par to, ka Latvijā:

- nav pieprasījuma pēc neordināras arhitektūras vai jauniem virzieniem arhitektūrā;
- nav piedāvājuma pēc šādas arhitektūras, jo to vietējā līmenī gandrīz nemaz neviens nepraktizē.

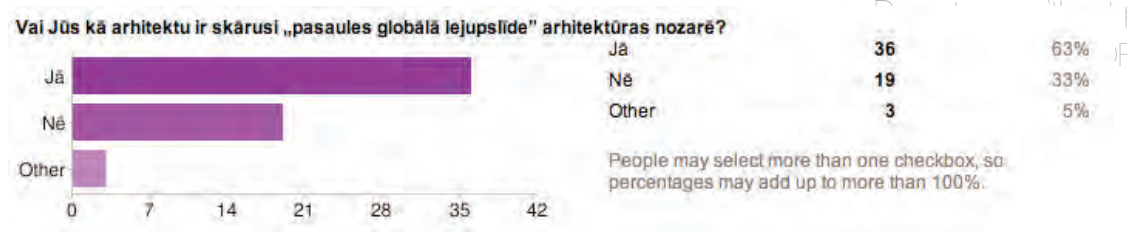
© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac
 v. 2011-10-16

63% ir skārusi krīze tieši arhitektūras nozarē. Tam var būt divējāda ietekme:

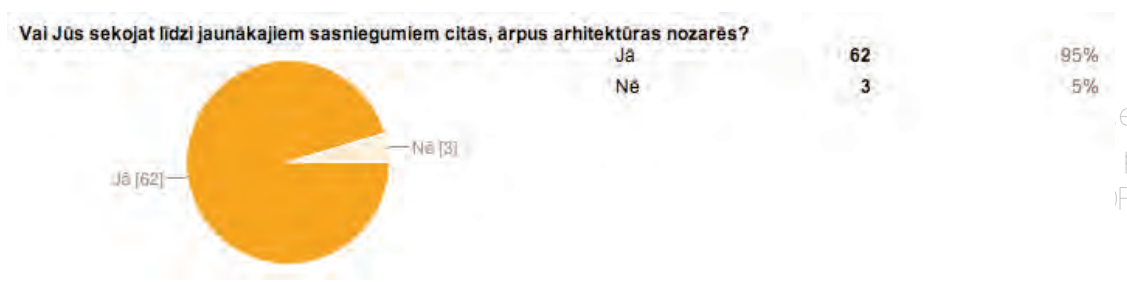
- arhitektiem šobrīd ir vairāk laika apgūt jaunas lietas, lai palielinātu savu nākotnes konkurētspēju nozarē;
- novērsties no arhitektūras un uz kādu laiku pievērsties citai nozarei, ar kuru šobrīd var gūt lielākus vai stabilākus finansiālus ienākumus.

Pasaulē 2008.–2010. gada globālā ekonomiskā lejupslīde ir jau pārdzīvota, taču Latvijas mērogā atgūšanās notiek pārāk lēni, nopietnāk iedragājot nozari kopumā, jo tā bija stabili orientēta uz krīzes cēloni – nekustamā īpašuma tirgu.

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 permission
 F Mac



Lai gan 95% aptaujāto seko līdzī jaunākajiem sasniegumiem citās nozarēs ārpus arhitektūras, nākamo jautājumu atbildes liecina par to, ka tā ir vairāk savas izziņas apmierināšana, un nenotiek citu zināšanu pārnese arhitektūras projektēšanas praksē.



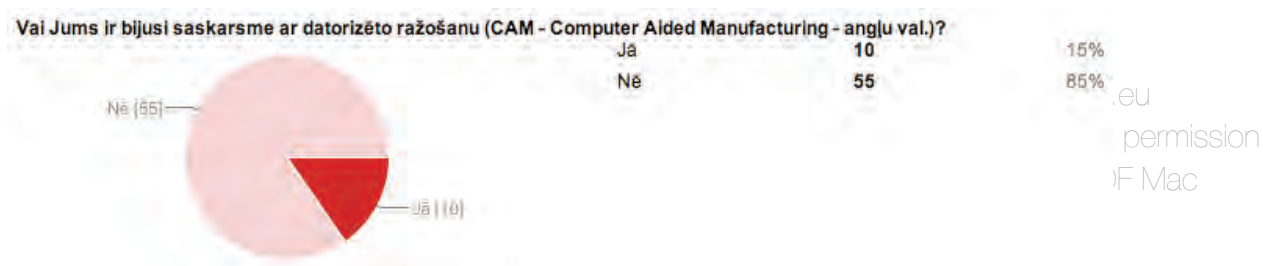
eu
 permission
 F Mac

74% uzskata, ka vēl ir tādi procesi mūsdienu arhitektūrā, kurus viņi neizprot. Pēc vairāku respondentu komentāriem var spriest, ka nav pilnīgas izpratnes par jauna veida iespējām, kas tiktu iegūtas, izmantojot digitālos arhitektūras projektēšanas vai datorizētās ražošanas instrumentus.

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac



Tikai 15% respondentu ir bijusi saskarsme ar datorizēto ražošanu, pārsvarā tā aprobežojas ar divdimensiju detaļu lāzergriešanu maketiem. Vairums no viņiem paši nepārzina, kā tādas iekārtas ir vadāmas vai programmējamas, tamdēļ nosūta tikai nepieciešamo detaļu līniju rasējumus speciālistiem – pakalpojuma sniedzējiem šajā nozarē.



Ļoti liels respondentu skaits (90%) būtu ieinteresēti savas kvalifikācijas celšanā. Tika minētas gan teorētiskas, gan praktiskas papildus studijas.



Arhitektūras studentu un arhitektu ikdienā izmantojamā programmatūra ir tipiski klasiskie digitālās arhitektūras projektēšanas instrumenti: *AutoCAD*, *ArchiCAD*, *SketchUp*, retāk – *3ds Max* un *Revit*, kā arī grafiskās apstrādes paketes no *Adobe* un *Corel*. Pāris respondentu ir mēģinājuši vai arī lieto *Rhinoceros* un *Maya* – trīsdimensiju modelēšanas programmatūras ar vislielāko potenciālu nestandarta risinājumu īstenošanai. Tam ir arī skaidrojums – gandrīz visi arhitekti projektē mūsdienu, modernisma vai funkcionālisma stilā, loģiski līdz ar to tiek izmantoti tikai iepriekšminētie dominējošie instrumenti.

Aptaujas rezultāti pierāda to, ka Latvijas mērogā inovatīvās metodes arhitektūras projektēšanā un datorizētajā ražošanā ir ļoti agrīnā stadijā – tas ir vesels pētījumu un eksperimentu lauks nākotnei. Ir jāmeklē risinājumi, kā šos instrumentus vairāk ieviest mūsu profesionālajā apritē, lai šīs mūsdienu piedāvātās idejas rastu īstenojumu reālā praksē. Latvija ir arī vēsturiski bijusi neapskaužamā situācijā, valsti izpostījusi okupācija, un tās atdzimšanai un esošā arhitektūras mantojuma sakārtošanai veltīti lieli resursi. Nozare ir orientēta uz pareizā ceļa, tikai tajā vēl būtu ļoti daudz darāmā, taču pietrūkst attiecīgi izglītotu darītāju šajā jomā. Arhitektūras vispārējo izglītību būtu vēlams papildināt ar jauniem mācību priekšmetiem, vai arī esošās programmas būtu jāpielāgo vairāk mūsdienu jaunākajām aktualitātēm. Pilnu aptaujas anketu un visas atbildes uz jautājumiem skatīties 2. pielikumā.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Latvijas Nacionālā bibliotēka Rīgā

Projekts: 2007. gads, 40000 m², budžets 135,2 milj. Ls. Arhitekts: Gunārs Birkerts, *Gunnar Birkerts Architects Inc.* sadarbībā ar arhitektu biroju *Ģelzis-Šmits-Arhetips*.



2.48. att. Latvijas Nacionālā bibliotēka 2010. gada februārī.

Nacionālā bibliotēka ir vērienīgākais jaunāko laiku publiskās ēkas projekts Rīgas pilsētā. Gunārs Birkerts par savu projektu raksta: „Ēkas iecere ir izteiksmīga. Tās veidols iekļauj metaforas un atsauces uz nozīmīgāko latviešu tautas teiku un tautasdziesmu tēliem – Stikla kalnu vai arī simbolisko Gaismas pili, kas, kā vēsta teika, nogrimusi asiņainajā apspiestības laikā. Kad drosmīgi vīri un sievas to sauks, pils pacelsies no tumsas dziļumiem un tauta atkal kļūs brīva [195].“ Autora viedoklis par tā formu ir prioritārs, taču bibliotēkas vizuālajā tēlā tik pat labi var saskatīt kalnu, kas mēģina imitēt Vecrīgas siluetu. Bibliotēkas koptēls ir ar mazliet nenoteiktu sānu malu slīpumu, tam pietrūkst izteiksmīgums un dramatiskums. Arīdzan ēkas apjoms no sākotnējās idejas ir stipri samazināts, tamdēļ bibliotēka kā brīvstāvošs objekts Daugavas kreisajā krastā ir nedaudz par mazu. Savukārt bibliotēkas funkcionālais risinājums un tās plānojums ir pārliecinošs, jo jūtama Gunāra Birkerta pieredze projektēt šāda tipa celtnes. Bibliotēku turpina būvēt neskatoties uz finansiālām grūtībām valstī, nodrošinot vietējiem būvuzņēmējiem darbu.



2.49. att. „Gaismas pils“ tehniskais projekts – milzīgs daudzums rasējumu.

Vienlaikus šis projekts ir izcils piemērs ar klasiskajiem digitālās projektēšanas instrumentiem projektētai ēkai. Arhitekti ir „saražojuši“ milzu tehnisko rasējumu daudzumu, pēc kuriem būvnieki realizē visas ieceres. Projektā ir novērotas arī dažādas nepilnības, piemēram, saistībā ar sākotnējiem būvzmaksu aprēķiniem. Tamdēļ pieejamais finansējums ir licis jau bibliotēkas realizācijas gaitā pārvērtēt oriģinālos risinājumus. Tā tas ir bijis saistībā ar slīpo jumta fasādes risinājumu un arīdžan ar dažādiem mūsdienu ar energoefektivitāti saistītiem risinājumiem. Arī tehniskajā projektā ir daudz strādāts ar klasiskiem konstrukciju aprēķiniem un relatīvi lēnu darba rasējumu veidošanu, kas saistīta ar projektēšanas darbu sadali pa posmiem: arhitektūra – konstrukcijas – inženierkomunikācijas un citi risinājumi. Izmantojot bibliotēkas projektēšanai, piemēram, programmatūru *CATIA*, būtu bijis iespējams novērst daudzas tehniskas problēmas un precīzāk paredzēt būvzmaksas, kā arī efektīvi optimizēt un vadīt projekta būvniecības procesus. Rezultātā tiktu ietaupīti līdzekļi, par kuriem bibliotēkas projektā būtu bijis iespējams atļauties kādu vizuāli efektīvu niansi – unikālu izgaismojuma sistēmu vai mūsdienīgāku un energoefektīvāku fasādes sistēmu. Tāpat tiktu arī ietaupīts laiks, kas mūsdienu apstākļos kopsummā ar būvnieku atalgojumu un dažādu speciālu iekārtu, aprīkojuma un mašīnu nomu būtu ievērojams ietaupījums, iespējams, pat vairāku miljonu latu apmērā. Šāds ietaupījums bija sasniegts Bilbao muzeja gadījumā, izmantojot *CATIA / Digital Project* programmatūru ēkas projektēšanai un tās optimizācijai, kurā no visām būvzmaksām – piešķirtajiem 100 miljoniem ASV dolāru tika ietaupīti 3 miljoni (skat. 2.1. nodaļas sadaļu „Beekman Tower debesskrāpis Ņujorkā“).

Baltic Juice Terminal ražošanas ēka Ventspilī

Projekts: 2006. gads, termināla kopējā platība 3 ha. Arhitekts **Andris Kokins**, arhitektu birojs *AKA birojs*.



2.50. att. Skats uz sulu termināli no Ventas upes, ar līnijām dekorēta rezervuāru parka ēka.

Ventas ostas teritorijā esošais sulu terminālis veidots kā komplekss ražošanas objekts, kas ietver: tankkuģu izkraušanas vietu, dzelzceļa vagonu pildīšanas platformu, rezervuāru parku (skat. 2.50. attēlu), mucu pildīšanas un iekraušanas laukumu, saldētavu u.c. ar loģistiku saistītus elementus [256]. Centrālā rezervuāra parka bloka vizuālais tēls noformēts ar atraktīvu fasādi. To sedz zili sendviča paneļi, kurus sedz ar distanceriem piekārtā dubultā dekoratīvā fasāde – dzeltenas līnijas. Šīs līnijas kontrastē ar apjoma regulāras formas ģeometriju, piešķirot tai dzīvīgumu un vienlaikus arī vieglumu. Šo slīpo līniju kompozīciju pasvītro īpašs zilās krāsas neona apgaismojums, kas izvietots aiz slīpajām līnijām un tādējādi to izgaismo diennakts tumšajā laikā. Ventspils ostas teritorijā šis objekts izceļas ar savu dinamisko tēlu, kas iegūts ar vienkāršiem aplikatīviem līdzekļiem. Fasādes raksta formu valodā meklējamas līdzības ar blīvi aizaugušu tropu mežu. Ražošanas ēkas koloritais tēls padarījis to par visatpazīstamāko simbolu Ventspils ostas industriālajā daļā. Objekts apbalvots ar Ventspils pilsētas balvu *Dūna 2006* un Ventspils arhitektūras skates nominācijā 2007. gadā tas izvēlēts par labāko jaunbūvi pilsētā.

Šī ražošanas ēka ir piemērs klasiskam un aplikatīvam piegājenam, kā ar vienkāršiem un lētiem līdzekļiem piešķirt neizteiksmīgām ēkām izteiksmi. Bet, ja šīs ēkas fasādes risinājumam tiktu izmantota kāda no ģeneratīvajām projektēšanas metodēm, tiktu iegūts vēl oriģinālāks ornamentāls raksts, kura izveidošanai nebūtu nepieciešami lielāki līdzekļi, kā pašreizējam risinājumam. Šāda mēroga industriāliem objektiem ir nepieciešams vizuāli bagātināt to lielās fasādes plaknes, piešķirot tām dzīvīgumu.

Majoru pamatskolas sporta laukums Jūrmalā

Projekts: 2006. gads, nojumes platība 3252 m², ēkas platība 305 m². Arhitekti Arnis Dimiņš un Brigita Bārbale, arhitektu birojs *Substance*.

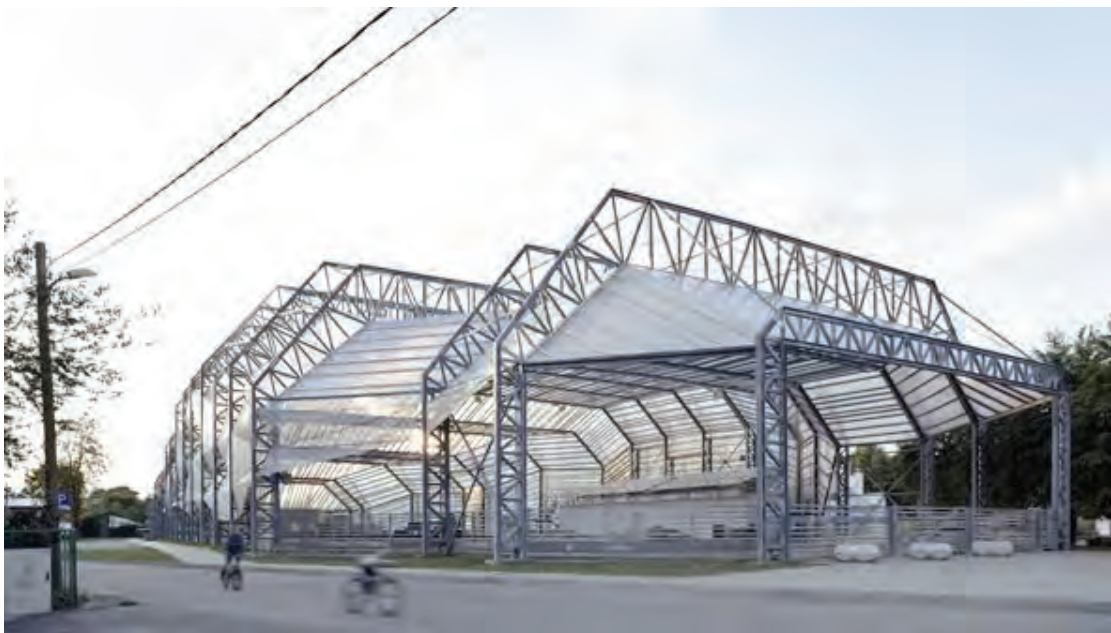


2.51. att. Majoru pamatskolas sporta laukuma konstrukciju kopnes izceļ tā biomorfiskās aprises.

Sporta laukums Majoros ir pirmā sabiedriskā ēka Baltijas valstīs, kas iekļuvusi pasaulslavenās izdevniecības *Taschen* izdevumā – *Public Architecture NOW!* Tas liecina par ēkas augsto profesionālo izpildes līmeni un oriģinālo tēlu, ja to ir pamanījusi augsta līmeņa arhitektūras izdevniecība. Jauneklīgās sporta būves pamanāmākā iezīme ir atraktīvi zoomorfiskā forma, kuras konstruktīvā bāze eksponēta uz ārpusi. Arhitekts šāda paņēmiena izvēli raksturo ar vēlmi ēkas interjerā tikt vaļā no eksponētas, sporta zālēm tipiskas jumta konstrukcijas: „Iedomājoties tipisku Latvijas sporta zāli no iekšpuses, pirmais, kas nāk atmiņā ir konstrukciju un komunikāciju drudžainais mudžeklis pie griestiem, Koolhāsa vārdiem – *junkspace* (latv. val. – nesakārtota telpa). Izgriežot konstrukciju uz āru mēs pamatīgi nomocījām konstruktoru, toties ieguvām mierīgāku iekštelpu. Ārtelpā ažūrā konstrukcija

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v: 2011-10-16

samazināja kopformas masivitāti [183].“ Majoru sporta laukums ir daļēji segta būve, kuras segumu transformē atkarībā no sezonas. Tādējādi ziemā šeit atrodas slidotava, kas ir viena no apmeklētākajām visā Jūrmalā. Sporta laukums funkcionē labi, jo tā plānojums un sasaiste ar pilsētu ir pārdomāta. Atrodoties tuvu Jūrmalas galveno sabiedriskā transporta maģistrālēm, dinamiskais Majoru pamatskolas sporta laukuma nojumes būvaprjoms, kurā sabalansētas sporta spēļu laukumiem atbilstošas funkcionālās prasības ar pilsētībūvnieciskajām, iepludina ievērojamo būvaprjomu klusā un intīmā mazstāvu apbūves teritorijā. Forma rosina asociācijas ar dinamismu, precīzi un mākslinieciski raksturojot sporta laukuma funkciju.



2.52. att. Sporta laukuma atvērtie sāni nojauc objekta masivitāti un to sapludina ar ārtelpu.

Apjoms smalki iesēdināts vidē un ar tā atvērtajiem sāniem tas labi saplūst ar apkārtējo vidi, aicinot pilsētas jauniešus to apmeklēt un nodarboties ar sportu. Vienā sātā uz paaugstinājuma izvietotas arī skatītāju tribīnes, ļaujot šajā laukumā rīkot neliela mēroga lokālas sacensības. Zem jumta ir estētiski tīras un lauzītas puscaurspīdīgas jumta plaknes, kas tumšajās vakara stundās šo objektu pārvērs par lielu un simboliski izteiksmīgu izkļiedētas gaismas ķermeni pilsēttelpā.

Objekta uzbūve ir relatīvi vienkārša, jo to veido paralēli novietoti dažāda šķērsriezuma jumta konstrukcijas karkasi. Sporta laukuma sarežģītākais elements ir jumta seguma slīpais klājums. Tā kā objekts ir projektēts un konstruēts pilnībā manuālā veidā, katra tā detaļa ir atrisināta lokālā kontekstā. Tas savukārt nozīmē to, ka, ja objekta formā ir bijis nepieciešams kaut ko mainīt, ir bijis jāpārzīmē daudzi rasējumi. Tamdēļ, strādājot ar klasiskajiem projektēšanas instrumentiem, diezgan agrīnā stadijā ir jābūt pilnīgai skaidrībai par galējo formu. Taču, ja šīs ēkas

projektēšanai tiktu izmantota kāda no inovatīvajām parametriskajām programmatūrām, jebkāda mēroga izmaiņas formā neietekmētu projekta konstruktīvos principus vai mezglus un objekts vienmēr saturētu atjaunotu formas un konstrukciju informāciju, kuru jebkurā brīdī varētu pārveidot rasējumos un nodot būvniekiem realizēšanai. Ja Baltijā būtu liela mēroga automatizētas metāla konstrukciju ražotnes, sporta laukuma konstrukcijām bez būtiska sadārdzinājuma varētu arī izveidot liektas formas šķērsgrizumus. Tā kā projektēšana ar avancētām programmatūrām vēl nav ieviesusies, manuālā veidā ir jāpatērē daudz laika tīrai rasēšanai un konstrukciju aprēķiniem.

Daudzdzīvokļu dzīvojamā un biroju ēka „Šokolāde“ Rīgā

Projekts: 2005. gads, pabeigts 2007. gadā. Arhitekts Uģis Zābers, arhitektu birojs SZK.Z. Astoņu stāvu ēka ar 22 dzīvokļiem (no 50–170 m²), bankas filiāli, kafējnicu un biroju telpām.



2.53. att. Projekts „Šokolāde“ skatā no Zirņu un Hospitāļu ielas stūra.

Projektu radījusi nekustamā īpašuma attīstītāju kompānija *R.Evolution*, kas pazīstama ar to, ka viņu izdomātās mārketinga idejas īsteno pazīstami arhitekti. Šo attīstītāju ideja bija tāda, ka katrai mājai jābūt kāda noteikta priekšmeta simbolam. Šajā gadījumā māja ir kā šokolāde: „īpaša dzīves filozofija, stils un dzīves garša [281]“. Šīs ēkas apdarē kā akcents ir izmantoti šokolādes krāsas tonēta stikla kubi, panorāmas logi, koka slēgi un iestiklots iekšpagalms. Arī koplietošanas telpas atrisinātas līdzīgā izpildes līmenī kā ēkas eksterjers. Dzīvokļos ir lodžijas ar skatu uz pagalmu un dažiem dzīvokļiem ir terases.

Šī nekustamā īpašuma attīstītāji – kompānija *R.Evolution* – par šo projektu rakstīja šādi: „Nemaz nelieloties un nepārspilējot, „Šokolādi“ var dēvēt par unikālu mākslas darbu ne tikai Latvijas, bet arī pasaules kontekstā. Tā ir veidota atbilstoši mūsdienīgas arhitektūras labākajiem paraugiem, kur ārējais skaistums un oriģinalitāte ir apvienota ar iekšējām ērtībām un piemērotību cilvēka vajadzībām. Ēkas apdarē izmantoti līdz šim Latvijā dzīvojamo ēku būvniecībā neizmantoti risinājumi, kas sniedz ne tikai estētisko baudu, bet arī nodrošina maksimālas ērtības, drošību un izturību. Jau ar pirmo pieskārienu tu pamanīsi atšķirību – atliek tikai pietuvoties „Šokolādei“, lai sajustu sevī ieplūstam siltumu un mieru. „Šokolāde“ ir dzīvs organisms, kas sarunājas ar apkārtējo vidi – lielie logi, kas daļā dzīvokļu stiepjas no grīdas līdz pat griestiem, ir gluži kā acis, kas veras visapkārt, kad vēlas smelties gaismu, bet noslēdzas ar unikālām žalūzijām, kad tās iemītnieki alkst atpūtas un vienatnes. Tieši tāpēc „Šokolāde“ katru dienu izskatās citāda – te gaišāka, te tumšāka, te noslēpumaināka, te atvērtāka. Moderns un stilā izsmalcināts mājoklis [191].“ Neskatoties uz pārspilētu projekta aprakstu, dzīvojamais nams vairākkārt apbalvots dažādos vietēja mēroga konkursos. Tas nozīmē, ka attīstītāji ir tieši sapratuši, ko šajos konkurences apstākļos pirkstspējīgais iedzīvotāju slānis vēlas iegādāties, un par to viņi arī ieguvuši atzinību. Arhitekts Andrejs Ģelzis šo projektu komentē šādi: „Es respektēju attīstītājus, kuri ielūdz šos arhitektus, lai tie uz savām mugurām ienes Rīgas būvvaldē viņu būvniecības plānus. Tomēr man liekas mazliet nekorekti, ka cilvēkus aicina nopirkt dzīvokļus ar esejam par šokolādi, kam piedēvēta kulturāla virsvērtība [153].“



2.54. att. Projekta „Šokolāde“ fasādes fragments.

Šī dzīvojamā un biroju ēka atšķiras ar savu vizuālo tēlu un līdz šim neredzētu materiālu lietojumu. Taču arhitektūras ziņā tā klasificējama pie modernisma. Arī ēkas projekta veidošanā izmantoti tikai un vienīgi klasiskie projektēšanas instrumenti. Ja šāda mēroga 8 stāvu ēkas projektēšanai izmantotu trīsdimensiju modelēšanas programmatūru, tās vizuālo tēlu varētu pilnveidot ar dekoratīviem elementiem un tās forma varētu mazāk līdzināties kubam. Projektā izvēlētais stiklojums un žalūzijas varētu būt droši izkārtotas neregulārāk, padarot fasādi dinamiskāku.

Daudzdzīvokļu dzīvojamā māja „Aizkulises“ Rīgā

Projekts: 2005. gads, ēkas platība 5087 m². Arhitekti Uģis Zābers un Līga Saulespurēna, arhitektu birojs SZK.Z. Ēku sāka būvēt 2008. gada janvārī, pašlaik projekts ir apstādināts, nepabeigts.



2.55. att. Projekta „Aizkulises“ reklāmas vizualizācija.

Dzīvokļu nama projekts „Aizkulises“ ir tipisks nekustamo īpašumu attīstītāju mēģinājums piedāvāt potenciālajiem dzīvokļu pircējiem māju ar „ekstrām“. Arhitektu biroja SZK.Z darbu klāstā arī pirms tam ir bijusi prakse izstrādāt attīstītāju izdomātus projektus (skat. šajā nodaļā projektu „Šokolāde“), kur katrs no tiem ir ar savu identitāti, simboliku vai stāstu. Šī projekta gadījumā forma imitē teātra aizkarus, kas aplikatīvi divās dimensijās likumo pa fasādes plakni. Lai šo efektu vēl vairāk pastiprinātu, ēkas fasādei bija paredzēts ornamentāls audumu imitējošs krāsots apmetums. Rezultātā visa fasāde veido mākslīgi noēnotu telpu, kas mazina saules gaismas ieplūšanu ēkā. Zīmīgi, ka ēkas arhitektūralais tēls ir tik aplikatīvs, ka aizkaru motīvs ir tikai ielas fasādē, bet pagalma fasāde ir veidota ar pilnīgi taisnām un ortogonālām formām. Ēkā plānoti pārsvarā mazi 1 un 2 istabu dzīvokļi, kā arī daži dzīvokļi lielākām ģimenēm.



2.56. att. Projekta „Aizkulises“ nepabeigtais būvobjekts Čaka un Alauksta ielu stūrī, Rīgā.

Lai raksturotu nekustamā īpašuma attīstītāju dzejnieciski liriskās metodes, kas bija pietiekami iedarbīgas pirms pasaules ekonomiskās lejupslīdes sākuma 2008. gadā, šī nekustamā īpašuma attīstītāji – kompānija *R.Evolution* – par šo projektu rakstīja šādi: „Tā ieies pilsētībūvniecības vēsturē, kā tajā jau iegājušas 20. gadsimta izcilā arhitekta Antonio Gaudi projektētie nami. „Aizkulišu“ fantastiski košā arhitektūra pulcēs ap sevi istus skaistuma cienītājus, bet kritiķi un mākslas zinātnieki apmainīsies sajūsmas pilnām atsauksmēm. Saviem iedzīvotājiem māja „Aizkulises“ dāvās iedvesmu radīt katru savu dienu, izdaiļojot dzīvi košās un piesātinātās laimes un prieka krāsās. Tā pildīs Jūs ar lepnumu par pareizi izdarītu izvēli, par to, ka šī ir

Jūsu māja [191].“ Tekstā dominē pārliecība par šo projektu kā par kaut ko ģeniālu un līdz šim neredzētu, taču patiesībā ēku būvēja ar tradicionālām metodēm dzelzsbetona karkasā ar monolītiem pārsegumiem. Vienīgi ēkas ārējās fasādes malās pārsegumi bija saroboti. Fasādes aizpildošais materiāls – gāzbetona bloki. Tehnoloģiski šis projekts ne ar ko neatšķiras no jebkura cita daudzstāvu dzīvokļu ēkas projekta.

Tā kā šī ēka vēl nav pabeigta, to būtu bijis un ir iespējams vizuāli papildināt ar efektīvāku fasādes risinājumu. Tas prasītu nelielu projekta pārveidošanu, bet noteikti uzlabotu tās koptēlu. Izmantojot kādu no trīsdimensiju modelēšanas programmatūrām un tās ģeneratīvos papildinājumus, šim projektam varētu optimizēt fasādes ģometriju, to pārveidojot no divdimensionālas par pilnīgi telpisku. Tas prasītu arī dažādus aprēķinus un šo ideju realizēšanai būtu nepieciešams izmantot datorizēto ražošanu. Viens no variantiem būtu izveidot oriģinālu enerģiju taupošu fasādes sistēmu, kas nodrošinātu optimālu izsauļojumu. Šādā risinājumā būtu viegli paredzēt būvelementus, kas nebūtu gludi krāsots aplikatīvs apmetums, bet ar telpiskām īpašībām. Papildinot to ar izgaismojumu sistēmu, šis nams varētu iegūt patiesu „aizkulišu“ noskaņu, imitējot aizkaru dinamiku un, iespējams, arī individuālu dzīvokļu fasādes daļēju atvēršanas un aizvēršanas mehānismu. Ar digitālo sistēmu palīdzību un mūsdienu citiem tehnoloģiskajiem sasniegumiem šādas inscinētas un scenogrāfiskas īpašības var īstenot pilnīgi citā kvalitātē.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

„RBS Skals“ biroju ēka Ķīpsalā, Rīgā

Projekts: 2004. gads, būvniecība 2005.–2007. gads, ēkas platība 4900m².
Arhitekts Ingurds Lazdiņš, arhitektu birojs *Arhitektonika*.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16



eu
permission
F Mac

2.57. att. „RBS Skals“ biroju ēka Ķīpsalā, Rīgā.

Projektētāji šo ēku klasificējuši starp neofunkcionālu un skulpturālu stilu. Tā izvietota ļoti ekskluzīvā gruntsgabālā Ķīpsalā, Daugavas malā iepretī Andrejostai. Tā galvenais būvapjoms ir uzirdināta taisnstūra formas ēka ar pagalma pusē pievienotu neregulāras formas apaļu, lapseņu pūznim līdzīgu apjomu. Autori apgalvo, ka ēkas apjoms ir caurskatāms, ar viegli nolasāmu funkciju dalījumu atsevišķos blokos [194]. Tā kā objekta galvenais piebraucamais ceļš ir no pagalma puses, centrālais apjoms novietots pa vidu, un skatā no Daugavas pretējā krasta to daļēji aizsedz četru stāvu biroja ēkas horizontālais tēls. Interesanti arī, ka centrālais apaļais elements tā visos septiņos stāvos tomēr ir sadalīts pa stāviem, bet telpas tajos ir pārdalītas ar starpsienām. Tādā veidā, atrodoties telpās tiek zaudēta sajūta par kopējo formu, kas atvērtas lieltelpas gadījumā pa visu vai pa daļu no apjoma būtu daudz efektīvāka.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac



2.58. att. „RBS Skals“ biroju ēkas Ķīpsalā centrālā apjoma būvniecības stadija.

Ir skaidrs, ka arhitekti kopā ar būvniekiem ir vēlējušies šai lielajai būvniecības kompānijai piedāvāt ļoti augstas klases detalizācijas pakāpi ikvienā no ēkas detaļām. Tomēr, dažās vietās detaļu daudzums ir stipri pārsātināts un pat ļoti sadrumstalots. Izteikti tāds ir centrālais apjoms: nesošās kolonnas sašķiebtas, fasādes stiklojuma dalījums ļoti dinamisks, elementu savienojuma vietas nav līdz galam atrisinātas (iespējams, nav izmantotas strukturālajam stiklojumam un liektām formām piemēroti mezgli), saules noēnojuma marķīzes izgatavotas pa posmiem, tās stiprinājumu vietas stipri kontrastē ar pārējiem elementiem, kolonnu savienojums ar stiklu dažviet nav līdz galam izdevies utt. Neskatoties uz nelielajām nepilnībām, šis objekts ir liela uzdrošināšanās ienest jaunas formas kopējā biroju ēkas izpildes kvalitātē un detalizācijas pakāpē. Šī objekta projektēšanai pilnīgi noteikti izmantota kāda no klasiskajām projektēšanas programmatūrām – *Revit* vai *ArchiCAD*, taču šajā gadījumā šo programmatūru iespējas pat nedaudz pārsniegtas ar visumā oriģināliem risinājumiem.



2.59. att. Centrālais apjoms pārsātināts ar sadrumstalotām detaļām. [A.R.]

RBS Skals biroju ēka Ķīpsalā ir uzstādījusi jaunu mēraukļu nākamajiem projektiem. Līdz ar to ir arī iezīmējama jauna arhitektūras attīstības stadija Latvijā, kas norāda uz pasaules arhitektūras pieredzes apgūšanu un piemērošanu reģionālajā kontekstā un izpratnē.

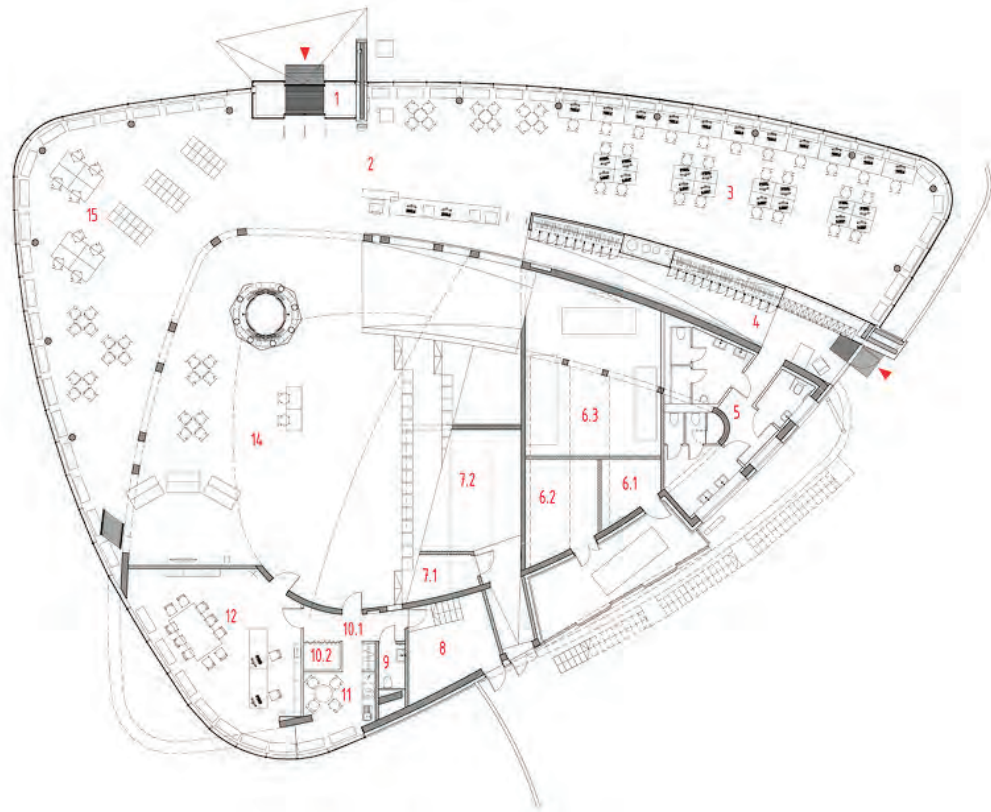
Pārventas bibliotēka Ventspilī

Projekts: 2006.–2008. gads, realizācija: 2009. gads, bibliotēkas platība 1500 m².
Arhitekti Pēteris Bajārs, Ivars Kalvāns, Rūdolfs Jansons, Ieva Baumanē, Dina
Sotņikova un Ilze Ļuļe, arhitektu birojs *INDIA*, budžets 2,6 milj. Ls.



2.60. att. Pārventas bibliotēkas Ventspilī eksterjers ar kapara fasādes plāksnēs perforētu Krišjāņa Barona rokrakstu.

Pārventas bibliotēka Ventspilī demonstrē Latvijas arhitektu, inženieru un būvnieku varēšanu īstenojot telpiski un konstruktīvi sarežģīto būvi. Arhitektu birojs *INDIA* vinnēja šīs bibliotēkas konkursā divas reizes pēc kārtas, jo, kad plānotā sākotnējā gruntsgabala vietā pilsēta piešķīra citu gruntsgabalu, tika izsludināts jauns konkurss, kurā *INDIA* uzvarēja atkārtoti [198]. Objekta forma iegūta plānojot kvartālā galvenās cilvēku plūsmas, tādējādi tā galējā ģeometrija plānā atgādina ģitāras mediatora formu. Bibliotēka Latvijas Arhitektu savienības (LAS) 2010. gada skatē ieguva balvu – gada ievērojamākā ēka Latvijā. Apbalvojums ir pelnīts, jo jaunie arhitekti veiksmīgi atrisinājuši gan formu, gan funkciju. Bibliotēkas centrālajā zālē pa malu iet augšā spirālveida panduss, kas kalpo par galveno komunikāciju starp stāviem. Gar sāniem izvietoti grāmatu plaukti, bet vidus atvēlēts lasītājiem sēdēšanai ērtos krāsainos spilvenos.



2.61. att. Bibliotēkas pirmā stāva plāns.

Arhitektūras kopējais interjera tēls ļoti atgādina Zahas Hadidas rokrakstu, taču apaļajā stikla kapsulā ieprojektētais lifts ar slīpajām baltajām kolonnām imitē Toiyo Ito Sendajas mediatēkas struktūru. Neskatoties uz atsaucēm pasaules arhitektūrā, šī bibliotēka ir mērogam un videi atbilstīga. Svarīgi atzīmēt, ka šīs bibliotēkas būvizmaksas uz vienu kvadrātmetru ir divreiz mazākas nekā Nacionālajai bibliotēkai Rīgā. Varbūt šai bibliotēkai pietrūkst tehniskā aprīkojuma, taču arhitektūras ziņā tai ir ļoti spēcīgs vizuālais veidols.

© Arne Riekstiņš

ame@hybridspace.eu

Do not use without permission

Created in Free PDF Mac

2014-10-16

Šīs bibliotēkas projektēšanai izmantota trīsdimensiju modelēšanas programmatūra kombinācijā ar klasiskajiem digitālās arhitektūras projektēšanas instrumentiem. Vienlaikus Pārventas bibliotēka Ventspilī ir pirmā ēka Latvijā, kur plašākā mērogā izmantota datorizētās ciparvadības ražošana – fasādes apdares plāksnes ir perforētas ar Krišjāņa Barona dainu motīviem par Ventas upi. Speciāli šai darbībai tika nolīgti programmētāji, kas no grafiskajiem failiem spēja ģenerēt arhitektu iecerēto fasādes perforāciju [198]. Rezultātā fasādes brūni oranžās kapara plāksnes ar perforēto rokrakstu atgādina vecas grāmatas pavērtus ādas vākus. Ja šie arhitekti apgūtu inovatīvos projektēšanas instrumentus, šādu perforācijas algoritmu viņi spētu izveidot paši saviem spēkiem. Zinot kādas ir potenciālās iespējas šiem

instrumentiem, perforāciju varēja veidot vēl oriģinālāku un iespaidīgāku. Tāpat arī būtu bijis iespējams papildināt interjeru ar vēl kādu plūdeni liklīniju vai ornamentu, piemēram, gaismas elementos vai grīdas iesegumā. Arī fasādes stiklojums būtu optimizējams, piešķirot tam vairāk kustību un dinamismu.



2.62. att. Pārventas bibliotēkas Ventspilī interjers detaļās atgādina Zahas Hadidas un Tojjo Ito rokrakstu.

Šī bibliotēka ar savu oriģinalitāti ir viena no retajām Latvijā uzbūvētajām ēkām, kas klasificējama vienā kategorijā ar mūsdienu pasaules līmeņa arhitektūru. Tas liecina par vietējo jauno arhitektu talantu un tiekšanos pierādīt sabiedrībai, ka pat ļoti klasiskas un stereotipiskas ēkas var realizēt jaunās formās un ar jaunām projektēšanas metodēm.

„Z-Towers“ dvīņu torņi Rīgā

Projekts: 2004.–2009. gads, būvniecībā, kopējā platība 96500 m², torņu augstums 29 un 30 stāvi. Arhitekts Uldis Lukševics, arhitektu birojs *F.L. Tadao & Lukševics* un *NRJA*.



2.63. att. Z-Towers dvīņu torņi skatā no Kalnciema ielas uz Vecrīgas pusi.

Z-Towers dvīņu torņu projekts pašlaik ir būvniecības stadijā un pēc sākotnējās informācijas vienā no torņiem būs viesnīca *Sheraton Riga Hotel*, otrā tornī – biroju telpas. Otrais tornis būs augstākā Rīgas ēka – 124,2 m [279]. Torņi pa vidu savienoti kopā veselu triju stāvu augstumā, veidojot ekskluzīvu telpu panorāmas restorānam. Uz augstākā torņa jumta paredzēts helikoptera nosēšanās laukums. *Z-Towers* arhitektūra ir veidota pēc ļoti vienkāršas koncepcijas – apaļš stāva plānojums ar nelieliem balkonveida izvirzījumiem uz āru katrā otrajā stāvā. Plānojums ir vienāds visos stāvos.



2.64. att. Z-Towers centrālā ieeja.

Z-Towers diviņu torņi ir projektēti ar klasiskajiem digitālās arhitektūras projektēšanas instrumentiem. Ēku izskatā ir jūtama vienkārša un tīra elegance. Taču ņemot vērā jebkuras augstbūves lielās būvniecības izmaksas, ar inovatīvajām digitālajām sistēmām šiem torņiem būtu bijis iespējams izveidot ļoti unikālas nianšes, piemēram, trīsdimensionālas fasādes, mainīgu ēku šķēsgriezumu, piešķirt apjomam rotāciju, izstrādāt adaptīvu fasādes membrānu utt. Arīdzan stilistiski šādu diviņu torņu ēku kompleksu varētu veidot kā unikālu arhitektūras ikonu, ar ko Rīga būtu atpazīstama visā Baltijas valstu reģionā, lai gan šādu slavu arhitektūras emuārs *Archdaily* tai sola arī ar pašreizējo apjoma tēlu [199]. Par iespējamu finanšu līdzekļu un laika ietaupījumu pat ar ļoti oriģinālas debesskrāpja fasādes risinājumu, kas projektēts ar inovatīvām digitālām sistēmām, skat. 2.1. nodaļas sadaļu „Beekman Tower debesskrāpis Ņujorkā“.

Fakts, ka lieli nekustamā īpašuma investori vēl arvien pasūta un atbalsta šāda veida vērienīgus projektus, liecina par to, ka:

- tiek būvēti projekti ar iespējami maziem papildus izdevumiem;
- modernisms vēl nav izgājis no modes un jaunās arhitektūras tendences mūsu reģionālajā kontekstā ienāk samērā lēni.

Tirdzniecības un izklaides centrs „Rīga Plaza“

Projekts: 2002.–2006. gads, realizēts 2009. gadā, kopējā platība 95000 m², divstāvu apjoms. Arhitekti Andris Kronbergs, Dace Grāvere, Vilnis Uzors un Brigita Bula, arhitektu birojs *Arhis*.



2.65. att. Rīga Plaza fasāde „apvij“ visu būvapjomu.

Arhitektu ideja bija šo divstāvu iepirkšanās centra būvapjomu vienot ar dinamiski izliektu lentveida formas fasādi. Aktīvais fasādes koptēls reaģē uz vietas dinamisko raksturu (tiešo Salu tilta un transporta mezgla tuvumu), un tas pamatā uztverams no attāliem uztveres punktiem [283]. Fasādes formas ietekmei iedvesma meklēta no Daugavas upes, kas vijas cauri Latvijai. Ēkas dinamismu papildina vairāku krāsu metāla kasešu lietojums, bet toņu izvēle – pelēkā, baltā, zilā un melnā krāsa ir aizgūta no tautisko brunču motīva. Sabiedrībā tiek runāts, ka šis esot lielākais Igaunijas karogs pasaulē. Daļa no fasādes metāla kasetēm ir perforētas un aiz tām atrodas fasādes apgaismojums. Ēkas neregulāro formu un liektās līnijas nakts apgaismojums padara vēl efektīgāku.



2.66. att. Fasāde organiski met likumus un mēģina rast savienojumu ar zemi.

Liela tirdzniecības centra interjerā praktiski nav jūtams ēkas fasādes vijums, to būtu bijis interesanti turpināt arī interjeros, kas šajā gadījumā ir realizēts ļoti regulārās formās. Ēkas konstruktīvā sistēma ir saliekamas dzelzsbetona liellaiduma angāra konstrukcijas – tirdzniecības telpu izveidē viens no izplatītākajiem un ekonomiski lētākajiem veidiem. Savukārt fasādes stiprinājuma tehnoloģija jau liecina par augstāka līmeņa projektēšanas prasmi, jo metāla kasetes ir regulāras taisnstūru formas, taču ar fasādes izliekšanu ir panākts ļoti dinamisks un plūdēns efekts. Labiēkārtojuma līmenī dažos perspektīves skatu punktos ēka varētu organiski saplūst ar zemes līmeni. Pašlaik šī vijīgā fasāde lēnām tikai pieskaras zemei un ar to netiek veidots dialogs. To varētu izspēlēt arī ar apzaļumojumu vai apstādījumu struktūru un dažāda krāsojuma bruģi. Tirdzniecības centru arhitektūrā šis piemērs reģionālā mērogā ir ļoti labs paraugs, kā atbrīvoties no garlaicīgām taisnstūrainām formām un kā izveidot labi atpazīstamu tēlu.

Centra Nams Rīgā

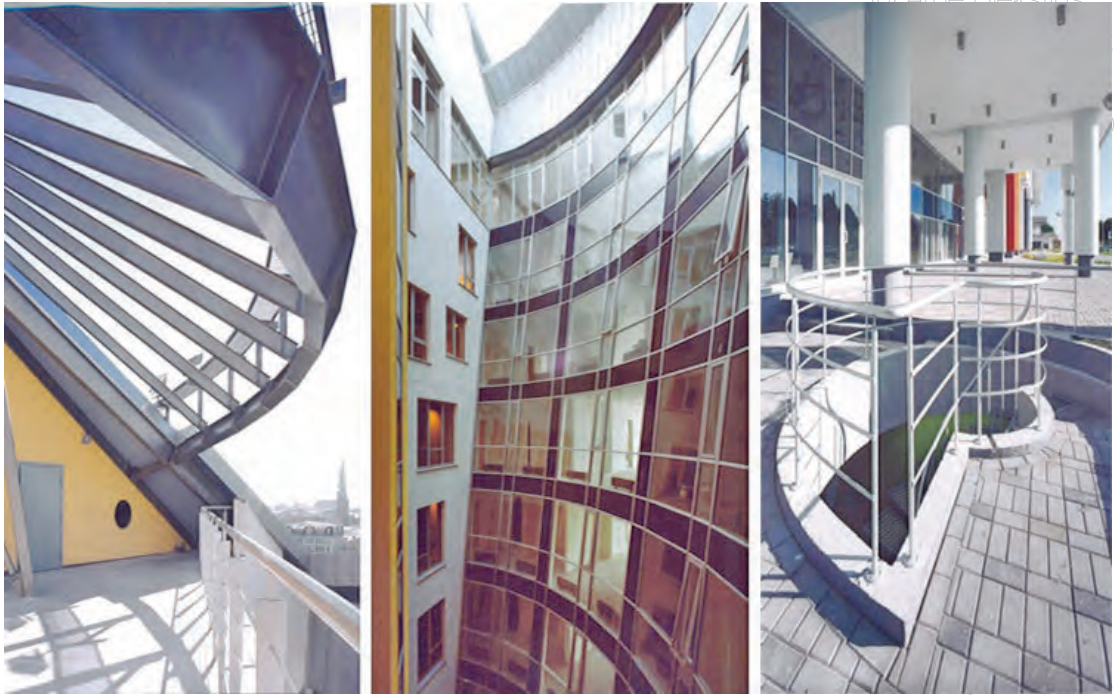
Projekts: 2005. gads, kopējā platība 32000 m². Arhitekts Uģis Šēnbergs.



2.67. att. Centra nams ir ļoti spēcīgs mūsdienu arhitektūras akcents tiešā Vecrīgas tuvumā.

Plašākā pilsēt būvniecības kontekstā Centra Nama būve izmaina vispārpieņemto 5–6 stāvu augstuma atzīmi, bet autora vārdiem: „tas saskaņoti iederas apkārtējās vides apbūvē [207].“ Ilgi apspriesta un atbilstoši ilgi gaidīta, tā pašlaik ir viena no redzamākajām ēkām Daugavas krastā un Vecrīgas tuvumā. Vizuāli šī ēka veido dialogu ar tai blakus esošo Lauksaimniecības ministriju, bet ja nākotnē blakus attīstīsies jauni projekti, Centra Nams integrēsies pilsētas audeklā vēl labāk.

Ēkas forma ir vairāki taisnstūra apjomi ar slīpām fasādēm un nejausiem logu dalījumiem, kurus papildina masīvs apgāzts konusveida apjoms. Cilindrisko apjomu vizuāli nobeidz tornis, kas imitē Vecrīgas baznīcu smailes. Sabiedrībā šo ēku dēļ tā savdabīgās formas mēdz saukt arī par cukurtrauku. Ēkai ir iekšpagalms un arī konusveida apjoma vidū ir liela gaismas šahta. Tādējādi lielajam būvapjomam ir mēģināts nodrošināt izsauļojumu, kas visur nav pilnībā pietiekams. Ēkā izvietoti dzīvokļi un arī tirdzniecības platības. Kopumā forma ar tās pašreizējo funkciju darbojas, bet daudz labāk šī ēka varētu funkcionēt kā viesnīca.



2.68. att. Centra Nams un tā ļoti augstā detalizācijas pakāpe.

Ēka projektēta ar klasiskajiem digitālās projektēšanas instrumentiem, rūpīgi atrisinot ļoti daudzas sīkas detaļas. Apbrīnojami ir arī tas, ka šajās programmatūrās ir spēts atrisināt ēkas konusveida apjoma stiklojums, kas ir sagāzts zem leņķa, izkārtots radiāli un uz leju sašaurinās. Šīs ēkas konusveida apjomā ir ļoti daudzi dažādas konfigurācijas stiklojumi, kas precīzi savienoti veido vienotu veselumu. Arī pārējās detaļas atklāj inženieru un konstruktoru meistarību, it īpaši tas jūtams, apskatot ēkas smaili.

Kopumā šāda mēroga objektus būtu nepieciešams modelēt ar kādu no ēku projektēšanas un informācijas modelēšanas programmatūrām, piemēram, ar *Gehry Technologies Digital Project*. Tas nodrošinātu lielāku kontroli pār formas un konstrukciju saikni. Arī izmaiņas būtu ieviešamas daudz ātrāk un efektīvāk, neļaujot kļūdīties pie dažādu detaļu pārzīmēšanas. Tāpat arī tiktu ietaupīts daudz laika pie tehnisko rasējumu un specifikāciju veidošanas, jo to šī programmatūra veic automātiski. Tādējādi, piemēram, logu stiklojumu specifikāciju varētu elektroniski pārsūtīt uz logu ražotni un tos uzstādot būtu nepieciešami tikai montāžas shēmas rasējumi. Ar avancētām projektēšanas programmatūrām darbs komandā tiek arī organizēts daudz labāk, kas šāda mēroga projektos ir neizbēgami. Konstruktoru darbs ar šādām digitālajām sistēmām arī tiktu atvieglots, jo lielu objektu konstrukciju aprēķiniem manuālā veidā projektējot ir nepieciešams ļoti daudz laika.

Daudzstāvu dzīvojamo namu komplekss „Solaris“ Imantā, Rīgā

Projekts: 2004.–2005. gads, kopējā teritorija 3,2 ha, abu ēku augstums 22 stāvi.
Arhitekti Andis Sīlis un Aleksejs Birjukovs, arhitektu birojs *Sīlis, Zābers un Kļava*.



2.69. att. *Solaris* torņi papildina Imantas augstbūvju kompleksu.

Solaris uzbūve izskatās pēc ļoti vienkāršas formas dzīvokļu augstbūvēm. Taču plānā aptuvenais taisnstūra šķērsriezums pie ēku stūriem ir noapaļots, tāpat arī dažas sienu plaknes ir ar nelielu izliekumu. Kopumā daudzi izliektie elementi ir ar noteiktiem rādiusiem. Ēkas nesošais karkass ir veidots no monolīta dzelzsbetona konstrukcijām, nesošo sienu pildījums – no gāzbetona. Fasādes apšuvumam izmantotas metāla kasetes, kas seko līdzī rādiusiem.

Projektēšanā izmantoti klasiskie digitālās arhitektūras projektēšanas instrumenti. Ja šāda mēroga ēkām izmantotu trīsdimensiju modelēšanas programmatūras kombinācijā ar citām inovatīvajām projektēšanas sistēmām, tiktu iegūts vizuāli atšķirīgs rezultāts ar līdzīgām būvizmaksām. Inovatīvās projektēšanas sistēmas palīdz optimizēt būvizmaksas un vadīt projekta gaitu, regulāri pieļaujot izmaiņas apjomā. Šo izmaiņu rezultātā ēku konstruktīvā sistēma tiek virtuāli atjaunota un neprasa papildus laiku konstrukciju rasējumu pārzīmēšanai. Tādā veidā arhitektiem ir lielākas iespējas atrast optimālus arhitektūras risinājumus un ietaupīt pasūtītāja līdzekļus.

AirBaltic termināls lidostā Rīgā

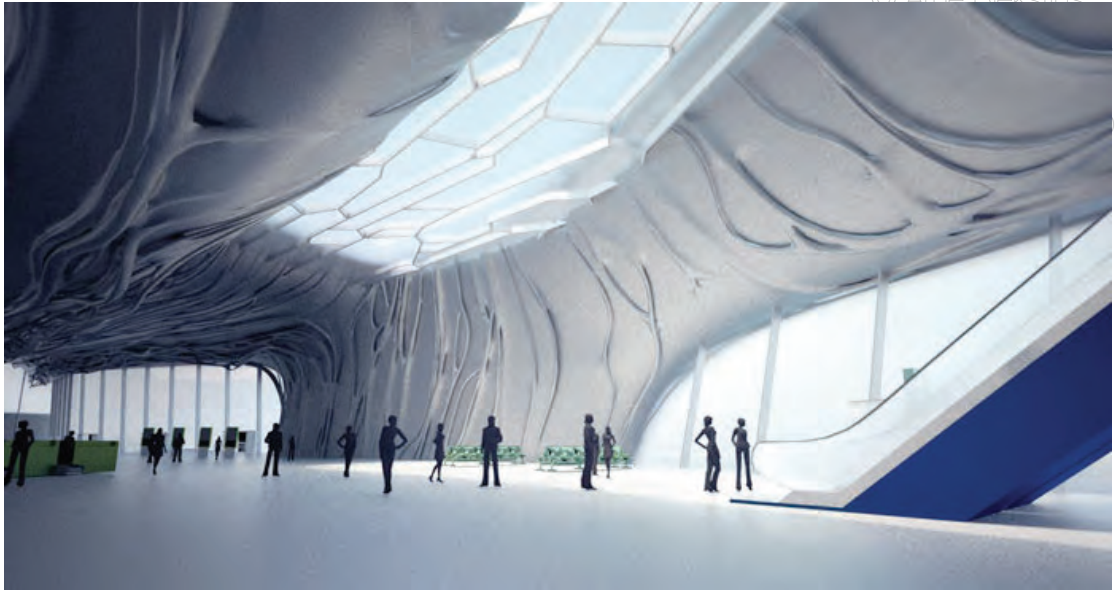
Projekts: 2010. gads, nerealizēta konkursa koncepcija. Arhitekti Keisijs Rēms (Casey Rehm), Mets Čūts (Matt Choot), Edvīns Liu (Edwin Liu), arhitektu birojs *kokkugia*.



2.70. att. AirBaltic termināla eksterjers.

AirBaltic 2010. gadā izsludināja starptautisku konkursu par jaunā AirBaltic termināla ēkas projektu lidostā Rīgā. Finālā iekļuva desmit projekti [233]. Finālistu starpā nav arhitektu biroja *kokkugia* konceptuālais piedāvājums, taču no visiem konkursa dalībniekiem tas visvairāk izcēlās ar plašu inovatīvo digitālo projektēšanas sistēmu lietojumu.

AirBaltic termināla apjoms ir veidots no liellaiduma pārseguma, kas ir pašnesošs un kura forma atgādina biomorfisku struktūru. Jumta apjoms izaug no zemes un pārsedz termināla ēku kā čaulas struktūra. Jumta nesošo sistēmu veido saknēm līdzīga struktūra, kurai piemīt īpatnējs dzislojums. Tas iegūts, imitējot dabā sastopamus augus un to bioloģiskās konstruktīvās īpašības. Sakņu motīvs klāj visus termināla griestus, veidojot asociācijas ar atrašanos alā vai dzīvā organismā. Termināla arhitektūrā dominē atvērtas un caurspīdīgas telpas. Kompleksa plānojumu veidojusi slavenā inženiertehnisko risinājumu projektēšanas grupa *Buro Happold*, analizējot lidostai būtiskās cilvēku plūsmas un citas loģistikas tehnoloģijas.



2.71. att. *AirBaltic* termināla interjers.

Interjerā dominē neitrāli pelēki toņi ar nelieliem *AirBaltic* korporatīvās salātu zaļās krāsas akcentiem mēbeļu iekārtās. Sienas saplūst kopā ar griestiem un to strukturālo stiprību papildina arhitektu birojam *kokkugia* raksturīgais dzislojums. Arī virsgaismas papildina dzīvo struktūru ar šūnu struktūrām līdzīgu logu dalījumu.

Arhitektu birojs *kokkugia* izceļas ar biomorfisku formu valodu un plašu inovatīvo projektēšanas instrumentu lietojumu. Šajā termināla ēkas projektā izmantotas gan trīsdimensiju modelēšanas programmatūras, gan strukturālās analīzes instrumenti, nodrošinot arhitektu augsti konceptuālo ideju realizējamību un optimizēšanu būvniecībai, gadījumā, ja konkurss tiktu uzvarēts un būtu jāizstrādā tehniskā būvprojekta dokumentācija. Pilnīgi noteikti daudzu elementu izgatavošanai būtu jāpiemēro digitālās ciparvadības ražošanas tehnoloģijas, kuras sniedz visaugstāko precizitāti sarežģītu ēku realizēšanai.

Dzīvojamo namu komplekss „Rotermann“ Tallinā

Projekts: 2005.–2007. gads, kopējā platība 18000 m². Arhitekti Ots Kadariks (*Ott Kadarik*), Villems Tomiste (*Villem Tomiste*), Mihkels Tirs (*Mihkel Tüür*), arhitektu birojs *Kosmos*, Igaunija.



2.72. att. Rotermanni kvartāla pirmais posms ar četrām arhitektu biroja *Kosmos* projektētām dzīvojamo namu jaunbūvēm.

Tallinas ziemeļaustrumu daļā atradās pamests industriālais kvartāls, kas veidoja nesakārtotu vidi starp Tallinas vecpilsētu un pasažieru ostu. Pilsētas iniciatīvas vadībā pēdējo piecu gadu laikā no 2006.–2011. gadam šis kvartāls ir bijis lielākais būvlaukums pilsētā un kļuvis par jaunas un mūsdienīgas arhitektūras mājvietu. Būvniecības procesi šeit norisinājušies bez apstājas arī ekonomiskās lejupslīdes laikā un visā kvartālā tos plānots pabeigt 2012. gada laikā [267]. Ekonomiskā situācija Igaunijā ir uz visu Baltijas valstu fona kopumā visstabilākā, jo galvaspilsētā Tallinā jaunas mūsdienu arhitektūras veidošana pilsētā tikai turpina attīstīties. Tallinā īstenota apdomīga finansēšanas un pārdomāta plānošanas politika. Visi procesi vērsti uz ilgtspējīgu attīstību un arīdzan uz arhitektūras kvalitātes celšanu.



2.73. att. Rotermani kvartāla fronte virzienā pret Tallinas ostu.

Arhitektu birojs *Kosmos* Rotermani kvartālā izprojektējis četrus 5–7 stāvu dzīvojamo namu kompleksu, kurā katra ēka veidota ar savu vizuālo identitāti, tādējādi mēģinot izvairīties no lielas teritorijas monotonas apbūves. Katram namam ir sava līdzsvarota detalizācijas pakāpe un speciāli piemeklēti apdares materiāli. Galvenais akcents ir baltais nams kvartāla stūrī (skat. 2.73. attēlā pa labi), kura fasādē dominē izteikta vertikālitate un vienkāršs, bet tajā pašā laikā oriģināls, ēkas jumta nobeigums. Projektējot šo kompleksu izmantoti klasiskās digitālās projektēšanas instrumenti, taču dažas nianšes liecina arī par ļoti pārdomātu jauno sistēmu lietojumu. Projekta autori apgalvo: „Projektēšanā izmantojam tīri konceptuālu un teorētisku procesu, kurā sākotnējās idejas kalpo par tālāka projekta izstrādes vadlīnijām. Izmantojot eksperimentālus materiālus un jaunas digitālo sistēmu tehnoloģijas kombinācijā ar tradicionālajiem materiāliem, mēs veidojam integrētu projektēšanas procesu, kas atbrīvo mūs no nastas visu laiku būt par iepriekšēji nolemtas realitātes mōcekļiem [218].“ Dzīvojamo namu detalizācijā atrodami unikāli prefabricēti elementi, kuri veidoti ar datorizētās ražošanas instrumentiem. Tas ataino situāciju, ka par šīm sistēmām tiek domāts un ir uzsākta to potenciāla apzināšanās arhitektūrā.

Angļu koledžas sporta zāle un baseins Tallinā

Projekts: 2007. gads. Arhitekti Margus Maiste un Lembit-Kaur Störs (*Lembit-Kaur Stöör*), arhitektu birojs *KOKO*, Igaunija.



2.74. att. Angļu koledžas paplašinājums „iznāk” uz ielas.

Tallinas Angļu koledžas paplašinājums – sporta zāle un baseins ir jaunu arhitektu pieteikums pilsētā ar līdz šim neredzētu mūsdienīgu arhitektūras risinājumu. Ēkas apjoms kā taisnstūrveida kubs un masīva konsole iznāk uz ielas frontes, atbalstīts uz ļoti savdabīga izskata metāla konstrukcijām. Tās atgādina kokus vai kā Igaunijas dienas avīze (igauņu val. – *Eesti Päevaleht*) raksta: „Angļu koledžas sporta zāle uz vistas kājām „drūzmējas” ārā uz ielas [231].” Patiesībā balstu risinājums ir domāts kā šajā vietā nozāgēto koku vietā veidoti metāliski koki, kas vienlaikus kalpo arī kā gaismas ķermeņi. Projekta autori tam guva iedvesmu no Igaunijas arhitektūras triennālē pabijušā vācu arhitekta Freija Oto (*Frei Otto*).



2.75. att. Būvprojoma konsoles balsti vizuāli atgādina kokus vai ačgārņas vistas kājas.

Projekta ideju palīdzēja realizēt viens no Igaunijas vadošajiem strukturālajiem inženieriem Tomas Tameriks (*Toomas Tammerik*), kura aprēķinātās konstrukcijas „koku“ sazarojums veidots attiecīgi no nepieciešamo slodžu pārnese [231]. Masīvo konsoli balstošās konstrukcijas ir sarežģītu matemātisku formulu aprēķins. Tehnisko projektēšanu noteikti būtu atvieglējusi kāda no inovatīvajām projektēšanas programmatūrām, kas ļauj automātiski analizēt un veidot nepieciešamās konstrukcijas, ar iepriekš uzstādītās formas un dizaina parametriem. Arī visas pārējās šīs ēkas arhitektūras un tehniskās daļas ir veidotas ar ļoti klasiskiem digitālās projektēšanas instrumentiem. Arhitektiem ir izdevies ar vienu tehnisku paņēmieni radikāli izmainīt projekta kopējo tēlu.

Biroju ēka „Roseni 7“ Tallinā

Projekts: 2006.–2009. gads. Arhitekti Andrus Koresāre (*Andrus Kõresaare*) un Raivo Kotovs (*Raivo Kotov*), arhitektu birojs KOKO, Igaunija.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16



eu
permission
F Mac

2.76. att. Bijusī galdnieku darbnīca Rotermanni kvartālā papildināta ar trim piebūvēm.

Bijusī galdnieku darbnīca Rotermanni kvartālā Tallinā, Roseni ielā 7 papildināta ar jaunu struktūru – trim izvirzītiem apjomiem, vienlaikus saglabājot ēkas vēsturisko apjomu. Tā kā šo kvartālu ieskauj jaunas un augstas ēkas, arī galdnieku darbnīcas rekonstrukcija ekonomiskos apstākļos ar augstumu nevarēja atpalkt [237]. Ēkai tika nojaukts padomju laikā no silikāta ķieģeļiem piebūvētais trešais stāvs un maksimāli atjaunota sākotnējā substance. Arī trīs jaunie apjomi ēkai tehniski pieslēdzas atrauta veidā ar lielu saudzību, maksimāli maz bojājot veco ēku. Nesošie kodoli ir ar ļoti mazu dimensiju un starpstāvu pārsegumi veidoti ar pamatīgām konsolēm. Piebūves tēls imitē mūsdienu industriālās celtnes, kas ritmiski izvietojas viena aiz otras. Apdarei izvēlēts speciāls puscaurspīdīgi tonēts kompozīta materiāls. Ar īpaša izgaismojuma palīdzību trīs piebūvētie apjomi izceļas arī vēlās vakara stundās.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac



2.77. att. Tumšajā diennakts laikā piebūves ir speciāli izgaismotas. [A.R.]

Projekts jau guvis atzinību starptautiskā līmenī, kad 2009. gadā tas tika nominēts *Mies van der Rohe* un *Eiropas Komisijas* mūsdienu arhitektūras prēmijai. Tas ir pirmais projekts Igaunijā, kas „izlauzies“ līdz šī konkursa finālam. Projekta autors, arhitekts Raivo Kotovs saka: „Galdnieku darbnīcas rekonstrukcija piesaista uzmanību ar savu telpisko risinājumu – tas droši vien bija viens no iemesliem, kāpēc tieši šis projekts tika nominēts prēmijai [235].“ Ēkas projektam izmantota trīsdimensiju modelēšana, kombinācijā ar klasiskajiem digitālajiem projektēšanas instrumentiem, nodrošinot sarežģītu formu realizēšanu. Bet, ja tiktu izmantota kāda no parametriskām projektēšanas programmatūrām, trīs piebūves apjomi varētu būt idejiski līdzīgi, bet katrs ar savu ģeometriju. Iespējams, ka autori par to arī bija iedomājušies, taču realizēts tika tieši šis variants. Tā izstrāde un tehniskie risinājumi viņiem bija pieejami un lieki nesadārdzināja jau tā sarežģīto apjomu būvniecību, jo viss bija atrisināms saviem spēkiem.

Gugenheima un Ermitāžas muzejs Viļņā

Projekts: 2008. gads, nerealizēta koncepcija. Arhitekts Zaha Hadida, arhitektu birojs *Zaha Hadid Architects*.



2.78. att. Gugenheima un Ermitāžas muzejs Viļņā, Neres upes krastā.

Viļņā notikušajā arhitektūras konkursā par Gugenheima muzeja projektu uzvarēja Zahas Hadidas priekšlikums. Ēkas apjoms atgādina izkusušu ledus gabalu vai burbulim līdzīgu priekšmetu. Tā vizuālajā tēlā izpaužas Zahas Hadidas mūsdienīgais dekonstruktīvisma rokraksts. Ēka ir sudraboti pelēkā krāsā, ar nelieliem gaismas atvērumiem, kas perforē lielā būvapjoma sānus. Galos izvietotas lielas un slīpas stiklotas plaknes, no kurienes vērot Neras upi un tuvējo apkārtni. Tā kā objekts ir paredzēts brīvstāvošs, to akcentē ēkai pieskaņots labiekārtojums, kurā atrisināta upes krasta līnija un lieli atvērti priekšlaukumi. Ārvalstu arhitektūras kritiķi raksta: „Redzot tik avancētu arhitektūru nelielā postpadomju savienības valstī Lietuvā ar 3,7 miljoniem iedzīvotāju demonstrē to, cik augstu pasaulē ir uzstādīta futūristiskās arhitektūras līnija [286].“



2.79. att. Muzeja forma iegūta ar matemātiskas formulas palīdzību.

2009. gada jūnijā Turīnā notikušajā darbseminārā arhitekti Fulvio Virzs (*Fulvio Wirz*) un Ludoviko Lombardi (*Ludovico Lombardi*), kas strādā par vadošajiem projektu arhitektiem *Zaha Hadid Architects* birojā, atklāja, ka muzeja ēkas forma iegūta ar vienkāršu matemātiskas formulas trīsdimensiju attēlojumu. Līdz ar to, cita pamatojuma šai plūdenajai formai nemaz nav. Savukārt ar trīsdimensiju modelēšanas programmatūru *Maya* muzeja apjoms sapludināts ar tā novietni, vizuāli arī atrisinātas fasādes un pārējās detaļas. Ēkas logi ir ar noapaļotām malām, kas nodrošina interesantu gaismēnu spēli interjerā. Līdzīgas formas elementi izkļiedēti arī pa piegulošo teritoriju kā gaismas ķermeņi, vai interjerā – kā stiklotas grīdas iesegumu detaļas.



2.80. att. Muzeja interjers ar gaismēnu spēli.

Tehniski projekts vēl nav atrisināts, jo tā realizēšana globālās ekonomiskās lejupslīdes dēļ atlikta uz nenoteiktu laiku. Taču ir pilnīgi skaidrs, ka tādā brīvā neapbūvētā gruntsgabalā, kāds pašlaik ir Neres upes krastā Viļņā, ir iespējams projektēt bez dažādiem ierobežojumiem un vēsturiskās vides saglabāšanas noteikumiem. Šādu arhitektūru būtu daudzkārt grūtāk organiski ieprojektēt, piemēram, Vecrīgā vai kādā citā tikpat blīvā un vēsturiskā vidē. Inovatīvās digitālās sistēmas arhitektūrā atļauj projektēt brīvas formas objektus un nodrošina šādu objektu realizēšanu. Arī no tehniskā viedokļa šīs projektēšanas sistēmas palīdz arhitektiem un inženieriem optimizēt formu, vienlaikus sekojot līdzi būvizmaksām. Jo ātrāk šādas sistēmas tiks apgūtas un ieviestas reģionālajā mērogā, tas veicinās daudz lielākas iespējas arī arhitektūras kvalitātes un daudzveidības vairošanā, kā arī pašmāju arhitektu darba līmeņa un produktivitātes celšanā.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
2011-10-16

3. TEORĒTISKO UN PRAKTISKO ARHITEKTŪRAS ATZIŅU POTENCIĀLĀS IZMANTOŠANAS IESPĒJAS ARHITEKTŪRAS PROJEKTĒŠANĀ

Šajā nodaļā apskatīto autora promocijas darba gaitā veikto eksperimentu kopums ir daļa no praktiskā pētījuma par digitālajām sistēmām arhitektūrā un to neierobežotām iespējām, piemērojot jaunas un nestandarta projektēšanas metodikas no mūsdienu arhitektūras inovatīvajām teorijām. Visu dažādo projektēšanas metodiku pamatā ir zinātniski balstītas idejas, kas iepriekš maz pētītas, taču to pienesums mūsdienu arhitektūras nozari bagātina, piedāvājot pilnībā citu skatījuma plašumu nestandarta projektēšanas situācijās. Eksperimentu ietvaros autors piedāvā jaunu metodiku – sistēmas kompleksu par digitālo sistēmu lietojumu arhitektūras projektēšanas kvalitātes, estētisko vērtību, tehnisko iespēju u.c. faktoru uzlabošanai.

Analizējot digitālo sistēmu vietu arhitektu radošajā procesā pasaulēs un reģionālajā kontekstā, izriet vajadzība turpināt padziļināti izpētīt iespējas, ko dod jauna veida arhitektūras projektēšanas metodes. Izvēlētais autora darba modelis ir uz dažādu akadēmisku eksperimentu bāzes pētīt digitālo sistēmu potenciālās izmantošanas iespējas arhitektūras projektēšanā, izmantojot dažādas inovatīvas teorētiskās un praktiskās pieejas. Tikai veicot eksperimentus ir iespējams iegūt jaunas atziņas, kas paplašina projektētāju redzesloku.

Ļoti zīmīgu komentāru par eksperimentēšanu saistībā ar vienu konceptuālu, hibrīdu studenta projektu interneta vietnē *YouTube* ir izteicis kāds arhitektūras students no Spānijas: „Ja mēs arhitekti projektētu tādus projektus, kurus mēs zinām, ka tos var uzbūvēt, mēs vēl arvien dzīvotu alās. Eksperimentējot un attīstot jaunas formas, mēs iemācamies jaunas būvniecības un konstruktīvās metodes, nevis pretēji. Eksperiments ir evolūcijas dzinējspēks. Vai tas ir reālistiski? Nākotnē, iespējams, tā būs. Studējiet arhitektūru, jūs to nenožēlosiet.“ Komentētais video [261] bija animācijas īsfilma, kas veidota Dienvidkalifornijas arhitektūras institūtā *SCI-Arc* 2005. gadā studiju kursa *Fleshology Studio* ietvaros. Projekta priekšlikums piedāvāja jauna veida struktūru bijušo Ņujorkas *World Trade Center* dvīņu torņu vietā. Digitālās arhitektūras animācijas virziena pamatlicējs Gregs Lins (*Greg Lynn*) par šo projektu teicis: „Šī ir augstākā virsotne tāda rakstura projektēšanas darbam.“



3.1. att. Kadrs no īsfilmas Dienvidkalifornijas arhitektūras institūta studiju kursā *Fleshology Studio*.

3.1. Ģenētiskās arhitektūras projektēšana

Šajā nodaļā pētītas ģenētiskās arhitektūras projektēšanas iespējas un detalizēti aprakstīts autora veiktais eksperiments ar šo metodi. Jaunākās bioloģiskās un digitālās tehnikas sniedz jaunas iespējas un ieguldījumu jauna veida arhitektūras veidošanā. Ģenētiskās arhitektūras pamatlicēji pārstāv „Ģenētiskās arhitektūras izpētes“ grupu Starptautiskajā Katalonijas Universitātē Barselonā. Tur izveidota pasaulē pirmā reālā ģenētiskās arhitektūras laboratorija, kas arhitektūrā piemēro reālu ģenētiku. Šajā laboratorijā tiek strādāts pie ģenētikas izmantošanas iespējām, lai ar tās palīdzību tiktu sasniegti arhitekturāli mērķi, kā arī tajā tiek pētītas jauno digitālo tehnoloģiju iespējas ražot arhitektūru reālā mērogā. Šobrīd jau redzamas priekšrocības, ko šī ģenētiskā vai biodigitālā arhitektūra sniedz. Tā veidota no materiāliem, kuri izveidojas vai „izaug“ pēc savas kārtības, pateicoties dabiskajām vai digitālajām sevis organizējošajām sistēmām – kurās DNS un programmatūra ir šīs jaunās arhitektūras jaunie materiāli, bet tās sistēmas ir ģenētika un kibernetika. Kad programmatūra tiek lietota kā digitālais DNS, digitālās pasaules projektēšanas iespējas ir bezgalīgas [54, 23–24]. Būdamā viena no jaunākajām projektēšanas pieejām, ģenētiskā arhitektūra sniedz bezgalīgi daudz iespēju jaunu formu meklējumos.

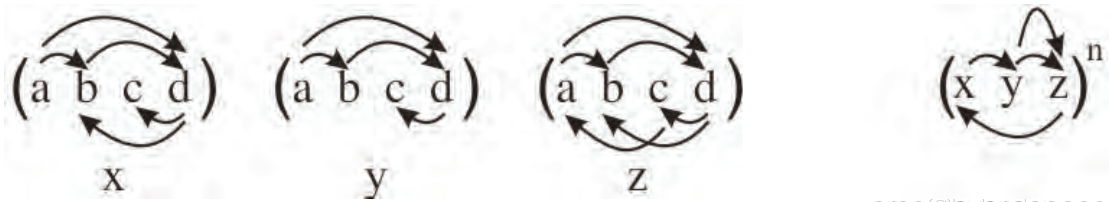
Ģenētiskā arhitektūra apskata abstraktas sistēmas. Tās pamatā ir vienkārša loģiska ideja – pašreplīcēšanās. Biomimētikā, piemēram, tiek apskatīts zieds, mēģināts to analizēt, uzzināt tā īpašības, lai vēlāk to reproducētu arhitektūrā, bet ģenētiskajā

arhitektūrā virzība notiek cauri attīstības procesiem tā, ka gala rezultāts var pat neizskatīties kā kaut kas no dabas nācis. Ģenētiskā arhitektūra attīstās caur sistēmas loģiku, vienkāršiem algoritmiem, lai radītu kompleksus rezultātus. Šāda pieeja ir iekšēja, tas nozīmē radīt no iekšienes, nevis ņemt piemēru no ārienes. Šobrīd arhitektūrā nav neviena datoru programmatūra, kas pēc savas būtības būtu ģenētiska, toties ir vesela virkne trīsdimensiju modelēšanas programmatūru, kur katrai ir savas priekšrocības un trūkumi, iespējas tās ekstensīvi pārveidot, paplašināt ar dažādiem programmatūras papildinājumiem (angļu val. – *plug-in*). Neviena no šīm programmatūrām nav kompleksa matemātiska sistēma, un tās nespēj radīt pašreplīcējošas sistēmas. Lai tajās radītu ģenētiskas arhitektūras izpausmes formas, ir jādoma, kā dažādos procesus pielāgot konkrētai situācijai. Daudzas darbības ir jādara manuālā režīmā vai jāizvēlas vēl sarežģītāks process – programmēšana un skriptings. 2008. gada aprīlī Barselonā notikušajā Starptautiskajā arhitektūras konferencē – simpozijā par negaidītiem risinājumiem arhitektūrā (spāņu val. – *Conferencia Internacional d'Arquitectura: Simposi d'Arquitectura Emergent*) noslēguma diskusijā slaveni digitālās arhitektūras meistari Bernārs Kašē (*Bernard Cache*), Evans Doglis (*Evan Douglass*) un Alī Rahims (*Ali Rahim*) paziņoja, ka: „AutoCAD ir uzskatāma par mirušu programmatūru, kurai nav vieta nākotnes arhitektūrā, jo ar to arhitekti var radīt tikai vāju un vecmodīgu arhitektūru“. Ja ir izvēlēti pareizie instrumenti (programmatūra), tad ar ģenētisko arhitektūru var veidot ģeneratīvas sistēmas, to var interpretēt kā ģeometriskas formas, topoloģiskas virsmas, pilsētībūvnieciskas plānojumu struktūras, dizaina priekšmetus, skaņu, mūziku utt. Šādas sistēmas var pastāvīgi turpināt veidoties, attīstīties tālāk. Ar laiku šādas arhitektūras izpausmes var iegūt mākslīgo intelektu. Tās ir tikai dažas iespējamās nākotnes vīzijas, jo ģenētiskā arhitektūra ir tikai savos pašos pirmsākumos.

Katram arhitektam ir savs rokraksts, gaume, imidžs un filozofija. Līdz ar to, projektējot pēc standarta shēmas: vieta – programma – apjoms – detaļas, katra autora darbs būs savā ziņā līdzīgs pašam autoram. Ar ģenētiskās arhitektūras palīdzību arhitektu radošās spējas tiek paplašinātas, projekti var iegūt absolūti jaunas, neparedzētas iezīmes. Arhitektūra ir cieši saistīta ar laiku, un katrs projekts ir sava laika liecība, ar konkrētam laikam raksturīgām stilistiskām vai konstruktīvām iezīmēm. Dabā sastopami piemēri, kas pēc savas uzbūves un īpašībām bija mūsdienīgi senā pagātnē un vēl ilgi nezaudēs aktualitāti. Izcils piemērs tam ir haizivs, un ģenētiskā arhitektūra dod iespēju projektēt līdzīgi, jo pēc iegūtā rezultāta nebūs viegli noteikt, kad tieši tas radīts.

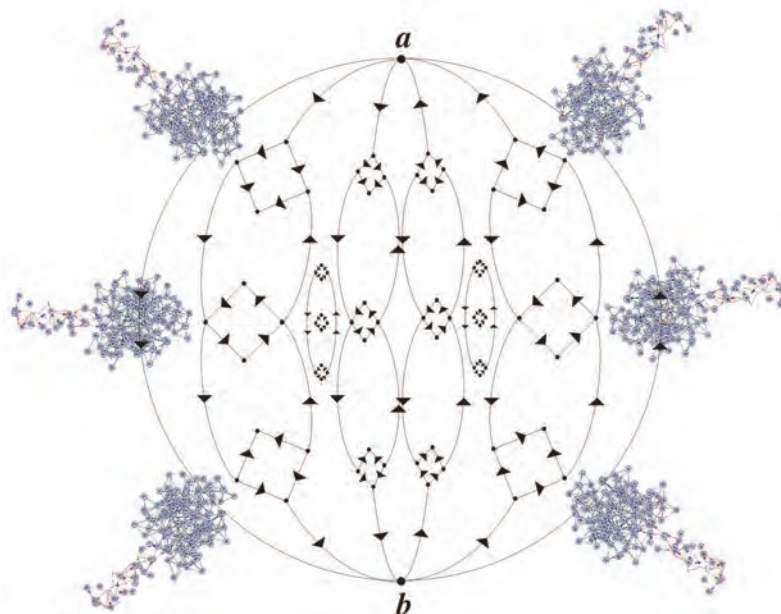
Ģenētiskās arhitektūras projektēšanas process

Ģenētiskās arhitektūras projektēšanas process ir pretējs standartā projektēšanas shēmai. Visa pamatā ir vienkāršs algoritms, ko līdzīgi kā DNS kodu, interpretē kā konkrētu darbību procesus pēc noteiktas loģikas, noteiktas reizes pēc kārtas. Tieši šāda interpretācija un tās kompleksā uzbūve ir pamatā tam, ko mēs vēlamies iegūt. Autors eksperimentēja ar vienkāršu algoritmu, t.s. „lokālo loģiku“, to interpretējot kā pašu elementārāko vektora kustību trīsdimensiju telpā, piešķirot katram simbolam tiešu kustības virzienu (skat. 3.2. attēlu). Vēlāk vektori tika apvienoti topoloģiskā virsmā, un tad šīs virsmas tika grupētas pēc t.s. „globālās topoloģijas loģikas“ (skat. 3.3. attēlu).



3.2. att. Vienkāršs algoritms (t.s. „lokālā loģika“), kas sastāv no četrām $a-b-c-d$ darbībām katrā apakšgrupā un no trim darbībām $x-y-z$ grupā, atkārtojot šos procesus n reizes. [A.R.]

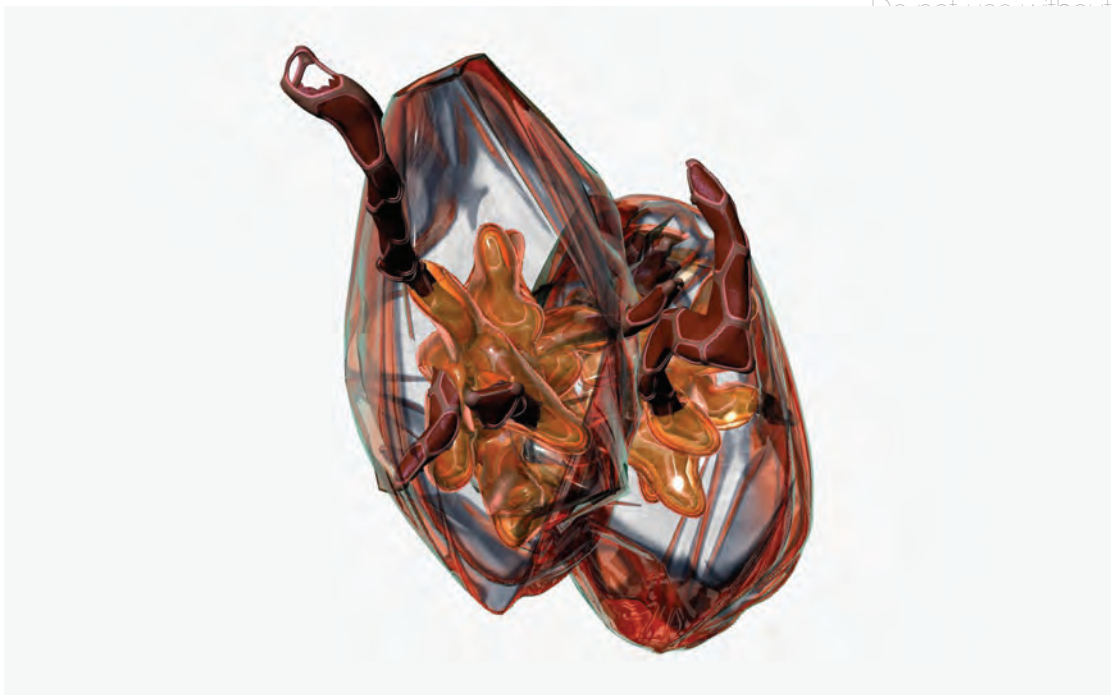
Secīgi atkārtojot šo procesu n reizes, iegūstam kompleksu – hibrīda apjomu, ko turpmāk jau ar grafiskiem paņēmieniem iespējams interpretēt kā orgānu, ēku vai jebkuru citu apjomu vai nozīmi, kas atkarīga tikai un vienīgi no lokālās un globālās loģikas noteikumiem un tālākas šo loģiku interpretācijas.



3.3. att. Projekta būtiskākais posms, t.s. „globālā topoloģijas loģika“, pēc kuras tiek veidotas galvenās ģeometriskās topoloģijas attiecības starp lokālajā loģikā iegūtajām virsmām. Šajā shēmā sešas reizes atkārtojas lokālās loģikas vienkāršie algoritmi, kas sakārtoti shematiskā apla ārējās malās kā smalki vektoru tīkli. [A.R.]

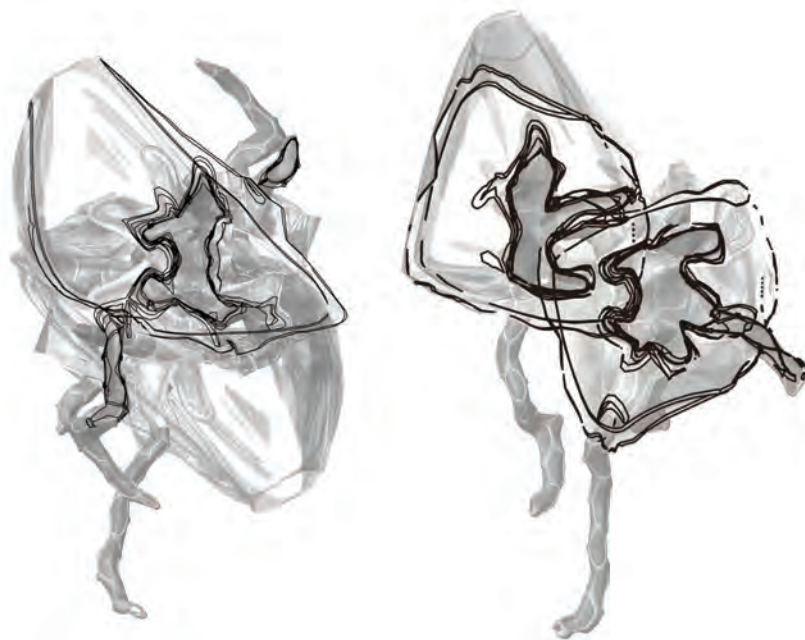
Konkrētais autora veiktā eksperimentālā projekta galarezultāts sākotnējā algoritmā *a-b-c-d* nebija paredzams, tāpat kā nav paredzams neviens ģenētiskās arhitektūras gala rezultāts. Arhitektam šāda metode ļauj pieņemt noteikumus, kā rīkoties tālāk. Šī projekta rezultāts ir tuvāks abstrakcijai par kompleksu DNS skaitļošanu, kas savā ārienē ieguvis asociatīvas anatomiskas aprises (skat. 3.4. attēlu), taču, izmainot tikai vienu lēmumu par tālāku telpisku attēlošanas noteikumu, tas varētu būt, piemēram, sākumskolas projekts (ēka) vai pilsēt būvniecisks priekšlikums (plānojuma struktūra).

Šim apjomam ir vairākas perforācijas, atvērumi. Kopējais apjoms sastāv no vairākām sistēmām, kur savienojas iekštelpa ar ārtelpu (arhitektoniska dizaina īpašība). Daļas ir savstarpēji „iesēdinātas” viena otrā un savienotas dažādu līmeņu starpā. Topoloģiskajām virsmām ir piešķirta telpiska masa un apjoms, līdzsvarojot dažādās daļas. Krāsu un materiālu izvēlei šim procesam nav izšķirošas lomas, visu nosaka algoritms.



3.4. att. Abstrakcija par ģenētiskās arhitektūras kompleksu virsmu – organismu. [A.R.] -16

Eksperimentā iegūtā forma pati par sevi ir ļoti abstrakta, taču no vienkārša algoritma iegūtā kompleksā forma var tikt tālāk pētīta, lai novērtētu tās telpiskās vērtības. Izveidojot šīs abstrakcijas griezumus, atklājas tās struktūras uzbūve, kuru var interpretēt dažādos formu meklējumos, plānojumu sistēmās vai jebkuros citos trīsdimensionālos pārveidojumos (skat. 3.5. attēlu).



3.5. att. Ģenētiskās arhitektūras abstrakcijas garengriezumi, kas atklāj tās telpisko struktūru. [A.R.]

Paralēli ar ģenētisko arhitektūru pasaulē zināma arī ģenētiskā māksla. *Form follows Data* jeb forma seko datiem – protams, tā nav vienīgā vizualizācijas fenomena formula. Ir arī *Form follows Fantasy* jeb dati seko iztēlei – mākslinieciskajā pašizpaušmē jau sen tikpat pašsaprotamas kā krāsas un audekls kļuvušas arī dažādas programmatūras. Runājot par datu vizualizāciju tiek lietots termins *infoestētika*. Un, kā rāda liriķa un programmētāja Borisa Millera (*Boris Miller*) poēzija, tiem nav obligāti jābūt zinātniskas izcelsmes datiem. Berlīnes mākslinieks zīmē dzejoļus – katram vārdam piešķir ciparu kodu, un tādējādi no lirikas izaug datu koki.

Un tomēr: tā ir māksla vai zinātne, un vai šim jautājumam vispār ir tik izšķirīga nozīme? Robežas starp abām jomām ir nojaucis britu mākslas vēsturnieks Mārtins Kemps (*Martin Kemp*), profesors Oksfordas Universitātē. Viņš apgalvo: “Mūsu prieks par rakstiem un simetriju, kārtību un tajā balstīto atveidojumu rada apmierinātību un atlīdzības sistēmu. Zinātnē spēja šo sistēmu aktivizēt mākslīgi mums piemīt ne mazāk kā mākslā.” Gan zinātnē, gan mākslā izmantotajām metodēm ir daudz vairāk kopīga, nekā daudzkārt apgalvots. Lūk, dažas no tām: novērošana, strukturēta analizēšana, vizualizācija, analogiju un metaforu lietošana, eksperimentālā pārbaude un rekonstruētas vai simulētas pieredzes prezentācija, izmantojot īpašus stila līdzekļus. Pēc Kempa domām, jebkurai radošai darbībai, kurā tiek radīta kāda reālija, ir viens cēlonis – “šo darbību klasificēt vai nu kā mākslu, vai zinātni”. Viņš neņemas apgalvot, ka māksla un zinātne ir viens un tas pats. Drīzāk, apgalvo Kemps, abas šīs cilvēka darbības, pētniecības un izpaušmes sfēras esot cēlušās no vienām un tām pašām cilvēka iekšējām vajadzībām: uztveres, izpratnes un radošā spēka. [96, 107]

3.2. Parametriskās arhitektūras projektēšana

Šajā nodaļā aprakstīts autora eksperiments, izveidojot pilsētībūvniecisku plānojuma un apjomu priekšlikumu pilsētvidē, kā arī izmēģinot inovatīvas uz animāciju balstītas tehnoloģijas. Par eksperimentālā projekta veikšanas bāzes vietu tika izvēlēts Lesseps laukums Barselonā, Spānijā. Tam bija vairāki iemesli, piemēram, laukums ir ar ļoti sarežģītu telpisku konfigurāciju un satiksmes plūsmu, kā arī par to bija pieejami ļoti precīzi statistikas dati, bez kuriem nebūtu iespējams realizēt projekta mērķos izvirzītos uzdevumus (skat. šajā nodaļā: „eksperimenta mērķi un dizaina cikla darba gaita“).

Mūsdienās dažādās zinātnes nozarēs notiek konverģence un attīstība. Var apgalvot, ka arhitektūra var tikt saistīta ar teju jebkuru citu nozari, neskatoties uz to, vai tā ir zinātne vai fikcija. Tas nozīmē, ka mūsdienu arhitektam jāseko līdzi pēdējiem sasniegumiem visās iespējamajās zinātnes un tehnoloģijas nozarēs. Bez eksperimentiem ar jaunākajiem instrumentiem mēs varam nonākt sevis cikliskā atkārtošā un zaudēt inovitāti. Pateicoties Peteram Eizenmanam (*Peter Eisenmann*), šodienas pieeja projektiem notiek, izskaidrojot to procesus. Viņu interesē process, tā tīrība, formālās valodas spēja pierādīt lietas, veidojot jēgas nozīmīgumu. Peters Eizenmans apgalvo: „Gala rezultāts patiešām nav svarīgs.” Mūsdienās ar modernām pieejām arhitektūras būtība ir tāda pati kā agrāk, tikai jaunā progresīvo arhitektu paaudze kartona vietā lieto trīsdimensiju modelēšanas programmatūras. Tagad arhitektiem ir programmatūras un nevienmērīgi racionālas b-liklīnijas (angļu val. *-non-uniform rational b-splines, NURBS* – plaši lietots apzīmējums datorgrafikas nozarē) spēks. Formālā sistēma ir atkarīga no tā, cik noteikumu tiek izvirzīts. Loģika aiz radošās formas ir tā pati, kas balstīta uz Noama Čomskija (*Noam Chomsky*) [32] darbiem vai izpratni un datoriem, un tā turpinot līdz pat Pallādio (*Palladio*).

Pieeja digitālajai arhitektūrai no parametriska skatpunkta

Parametriski asociatīvā programmatūra ir, iespējams, viens no vislabākajiem veidiem, lai izteiktu kompleksas attiecības, kuru rezultātā veidojas harmoniskas proporcionālas sistēmas. Šāda programmatūra tiek izmantota lidmašīnu projektēšanā (piemēram, *Boeing, Airbus*, franču *Mirage Jet* utt.) un progresīvajā inženierijā, kur vairākas vienlaicīgas izmaiņas projektā var tikt izlabotas, iepriekš uzstādot attiecības starp objektiem. Faktiski vesela virkne noteikumu tiek uzbūvēti sistēmā, kuru iespējams neierobežoti paplašināt un kur vienīgais ierobežojums ir datoru aparatūras apstrādes procesoru jauda (kas mūsdienās vairs netiek uzskatīts par ierobežojumu).

Kompleksas sistēmas tiek ieviestas arī skaitļošanas sistēmu arhitektūrās, un tās tiek attīstītas visu laiku.

Visbiežāk parametrisko modeļu izmantošana digitālās arhitektūras projektēšanas laukā ataino faktu, ka liels daudzums arhitektūras programmatūru, kuras izmantojam šodien, sākotnēji tika veidotas aviācijas, kuģubūves, automobiļu un produktu dizaina industriju vajadzībām. Līdz ar pārmantotu uzsvāru noturēt ģeometrisku kontroli un darba plūsmas efektivitāti, šajās programmatūrās izmantotie parametriskie modeļi ir iekļauti procesos un ierobežojumos, kas ietekmē sarežģītu ēku ģeometriju racionalizēšanu, kura radusies citu nozaru dizaina procesa rezultātā. Arhitektūrā parametriskās kontroles izvēšana ir primāri pielāgota kompleksu ģeometriju racionalizēšanā. Visizplatītākais gadījums ir dubulti izliktas fasādes, kuras veidotas kā parametriski definēta sistēma, kas var tikt relatīvi ātri adaptēta nenovēršamās izmaiņās kopējā struktūrā. Šajā parametriskajā modelī ir ietverti ģeometriskie dati, kas ir būtiski ražošanai un būvniecībai, un tādēļ tas tiek viegli pārreķināts un atjaunots. Patiešām, prasme, kas nepieciešama, lai sasniegtu ģeometrisku sarežģītību, kura sastopama daudzās nesenās arhitektūras ikonās, ir pastāvējusi jau sen, bet tikai tagad ar parametriska pērcracionalizācijas procesa palīdzību tā ir kļuvusi reāli pieejama. Atšķirībā no alternatīvas datorizētās ražošanas (CAM) kā ģeneratīva un neatņemama vadītāja dizaina procesā, asociatīvā modelēšana var sniegt būtisku pamatu integrāla dizaina attīstībai, kas drīzāk balstīta uz materiālu sistēmām, nevis funkcionē vienīgi kā darba procesu atvieglojošs instruments [72]. Loģikas pamats parametriskajā dizainā šeit var tikt izpēlēts kā alternatīva dizaina metode, kurā ģeometriski izsmēloša parametriskā modelēšana var tikt izvēsta, lai tajā integrētu ražošanas ierobežojumus, montāžas loģiku un materiālu īpašības vienkāršu komponentu definēšanai, kurus vēlāk nepieciešams pavairot lielākās sistēmās un vienotā ēkas apjoma kompleksā. Šī metode izmanto parametrisko mainīgo pētīšanu, lai saprastu šādas sistēmas izturēšanos un tālāk izmantotu šo izpratni, veidojot stratēģiju ar sistēmas atbildes reakciju pret vides apstākļiem un ārējiem spēkiem.

Liektām virsmām piemīt lielisks potenciāls arhitektūras dizaina laukā. Šis potenciāls ir vienlaikus ģeometrisks un topoloģisks, ar būtiskām atskaņām uz dizainu, ražošanu, uzvedību un ietekmi uz materiāla formu [72].

Eksperimenta mērķi un dizaina cikla darba gaita

Darba gaitas procesā tika eksperimentēts ar parametrisko pieeju projektēšanā, izvēloties stratēģiju, nevis precīzu apjoma formu. Šis dizaina projekts var tikt aprakstīts vislabāk tieši ar šādiem trim vārdiem: *Forma atrod funkciju.*

Izmantojot diagrammas un stratēģiju, tika atrasta piemērota forma. Šāda darba metodika mūsdienu arhitektūrā tiek arī saukta par augšupvērstu projektēšanu, kurpretim standarta arhitektūras projektēšana ar precīzām objekta apjoma prasībām, definējot nepieciešamību pēc telpiskās konfigurācijas jau projektēšanas uzdevumā, ir pazīstama kā lejupvēsta projektēšana. Bija prognozējams, ka šis projekts sevī ietvertu sintētiski kritisku un analītisku izpēti gan ģenētiskās darba gaitas laukā, gan negaidīti radušajās sistēmās, jaunajās tehnoloģijās un arī maksimālas skaitļošanas jaudas izmantošanā. Projekta uzdevums bija atrisināt kompleksu telpu ar mainīgu programmu un daudzfunkcionalitāti, kā arī atklāt jaunas stratēģijas projektēšanā. Kad šis projekts bija pabeigts, tas atgādināja ciklu, kuru varētu atkārtot no jauna. Tas tādēļ, ka skaidra darba gaita pieļāva bagātas un daudzējādas variācijas katrā cikla solī.

Pilsētas ir kompleksas sistēmas. Transporta un cilvēku plūsma pilsētā ataino tādas sistēmas negaidīto uzvedību, kuru radījis liels skaits individuālu lēmumu, kā arī viņu mijiedarbība citam ar citu un ar pilsētas transporta infrastruktūru. Pēc definīcijas, kompleksas sistēmas ir nelineāras un jutīgas pret sākotnējiem apstākļiem, pat nelielas izmaiņas šādos apstākļos var radīt vētrainu reakciju globālā mērogā [170, 58].

Pirmais solis ietvēra procesu novērošanu projekta atrašanās vietā – Lesseps laukumā, kas, iespējams, ir viens no vissarežģītākajiem pilsētas urbānajiem mezgliem Barselonā, Spānijā. Laukums sastāv no ļoti daudzām satiksmes plūsmām un cilvēkiem, kas visu laiku ir steigā no viena punkta uz otru.

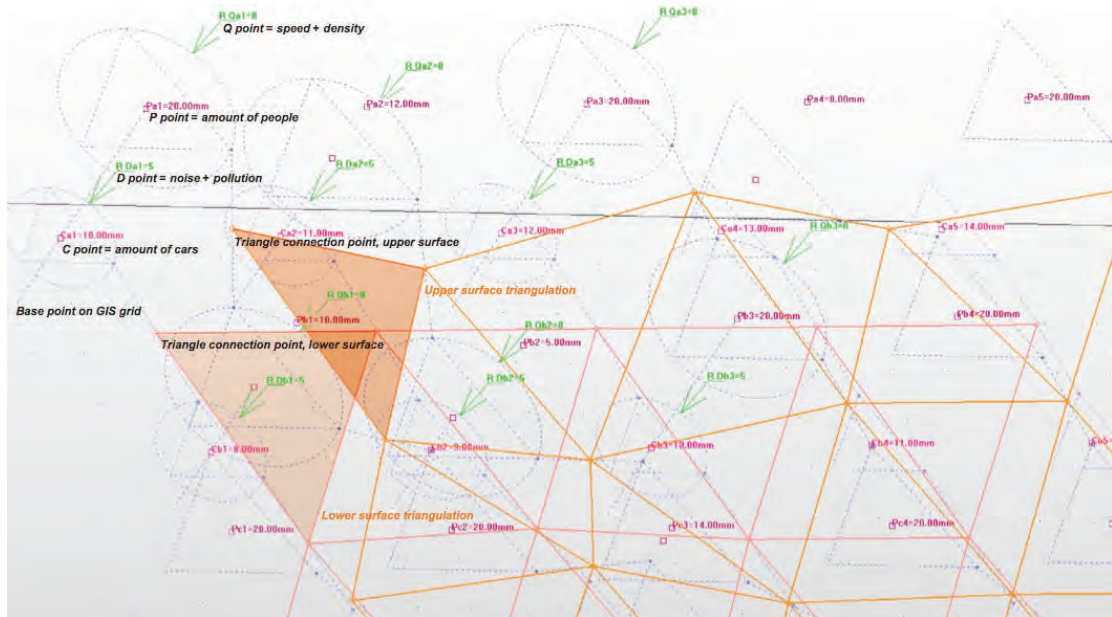
Otrais solis – datu apkopošana un rastra kartēšana pēc ĢIS (ģeogrāfiskās informācijas sistēmas) principiem. Tika analizēti dažāda rakstura dati no dažādiem informācijas avotiem, lai atrastu tādus, ar kuriem iespējams strādāt tālāk. Turpmākam darbam tika izvēlēta informācija par satiksmes un cilvēku kustību. Izmantojot ĢIS principus, vektorāla tipa dati no 34,4 hektāru lielas platības (630x545 metri) tika kartēti pēc rastra principa *Excel* elektroniskajā tabulā, izvēloties par datu matricas lauku 45x39 šūnas, kas ir 1755 dažādas šūnu vienības katrā elektroniskajā tabulā (skat. 3.6. attēlu). Reducētās rastra šūnas lielums šajā ĢIS sistēmā bija 14x14 metri. Jebkuri piederīgi lineāras informācijas dati tika interpolēti starp šīm šūnām. Lai atvieglotu tālāko darbu, visi dažādie datu tipi par Lesseps laukumu šķērsojošo automobiļu skaitu, piesārņojuma CO₂ izmešus gramos uz km², trokšņa līmeni decibelos, cilvēku daudzumu, ātrumu km/h un blīvumu uz m² tika interpolēti skaitļu vērtībās no 1 līdz 5, ar iespēju tos kalibrēt sešās atsevišķās elektroniskajās tabulās vienlaikus, mainot šos ciparus tikai vienuviet.



3.7. att. Autora izstrādātais Excel elektroniskās tabulas instruments. [A.R.]

Ceturtais solis – virsmas ģenerēšana ar parametriska pamata režģa palīdzību.

Šeit tika turpināts testēt parametriskās programmatūras neierobežotās iespējas, lai uzkonstruētu sistēmu virsmas ģenerēšanai. Skaitliski dati no trim informācijas avotiem par automobiļiem un no trim informācijas avotiem par cilvēkiem tika nošķirti tā, ka katrs no tiem ģenerēja neatkarīgu trīsdimensiju punktu tīklu, kur divi šādā veidā radīti tīkli atrodas viens virs otra neatkarīgi no diferenciācijas apjoma, kas ievadīts kalibrētajos parametros. Bāzes punkti tika izvietoti uz regulāru lauciņu tīkla, sekojot precīzai datu atrašanās vietai ĢIS sistēmā. Virsmas konstruēšanas loģika ienes ĢIS elektroniskās tabulas, tās izplatot divos līmeņos. Daļa no datiem vadīja punktus uz augšu, kamēr citi tos izklāja apļos un pēc tam trijstūros. Tika atrastas jaunas koordinātes. Izmantojot trīs šādus punktus, tika atainota jauna virsma trīsdimensiju telpā, savienojot visus elementus kopā (skat. 3.8. attēlu). Apakšējā triangulācijas virsma ataino automobiļus, augšējā – cilvēkus. Vēlāk, lai precīzāk regulētu vēlamo rezultātu, tika izmantoti specifiski starprēķinu vienādojumi, saglabājot pamata loģiku stiprā parametriski konstruētā modelī.



3.8. att. Divas trīsdimensiju virsmas, kas iegūtas triangulācijas procesa gaitā no punktu tīkla. [A.R.]

Do not use without permission

Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Piektais solis – eksperimentēšana ar dažādām formām, kas varētu tikt uzbūvētas starp diviem ģenerētajiem trīsdimensiju punktu tīkliem. Viena no iespējām bija izveidot divus tetraedrus, kas tiktu savstarpēji šķelti un šķeluma vietās tiktu izveidoti jauni membrānu atvērumi. Vēl viena iespēja ietvēra triangulācijas līknes, kas savienotas divos punktos, tādējādi veidojot membrānu ar atvērumiem starp šūnām. Cits, ļoti kompleks variants ar 480 definētiem dimensiju parametriem radija šūnu starp trīsdimensiju tīkla katriem 7 punktiem (skat. 3.9. attēlu). Šajā variantā dažas no šūnām dalās un dažas savienojas, veidojot saliedētu ģeometriju. Rezultātā izveidojās forma, kas ir līdzīga ziedam, un atvērumi kopā ar visiem citiem izmēriem bija precīzi konfigurējami dažādu performatīvo īpašību vajadzībām. Laikietilpīgie testi tika pabeigti ar vienkāršu, tajā pašā laikā kompleksu četru malu šūnu, kurai pa vidū ir atvērumi. Diemžēl pēc datu ienešanas savienojuma nekas no šīs sistēmas nedarbojas, un darbs pie parametriski asociatīvo kļūdu labošanas tika turpināts pēc nākamā soļa.

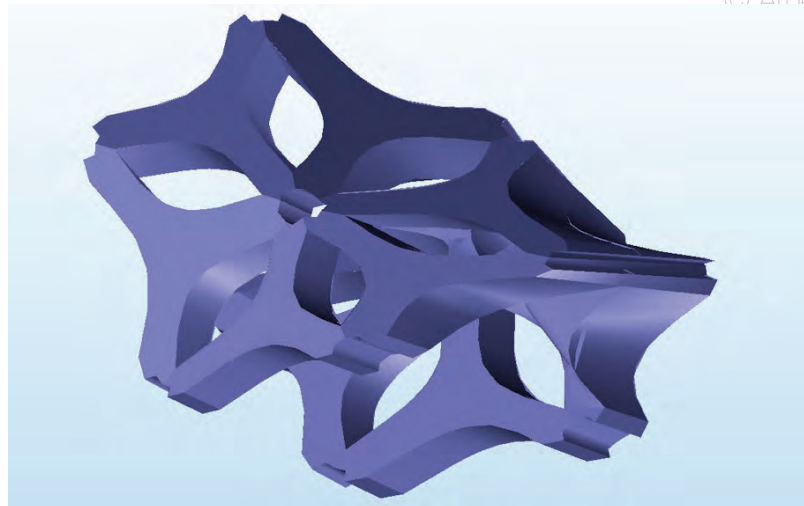
© Arne Riekstiņš

arne@hybridspace.eu

Do not use without permission

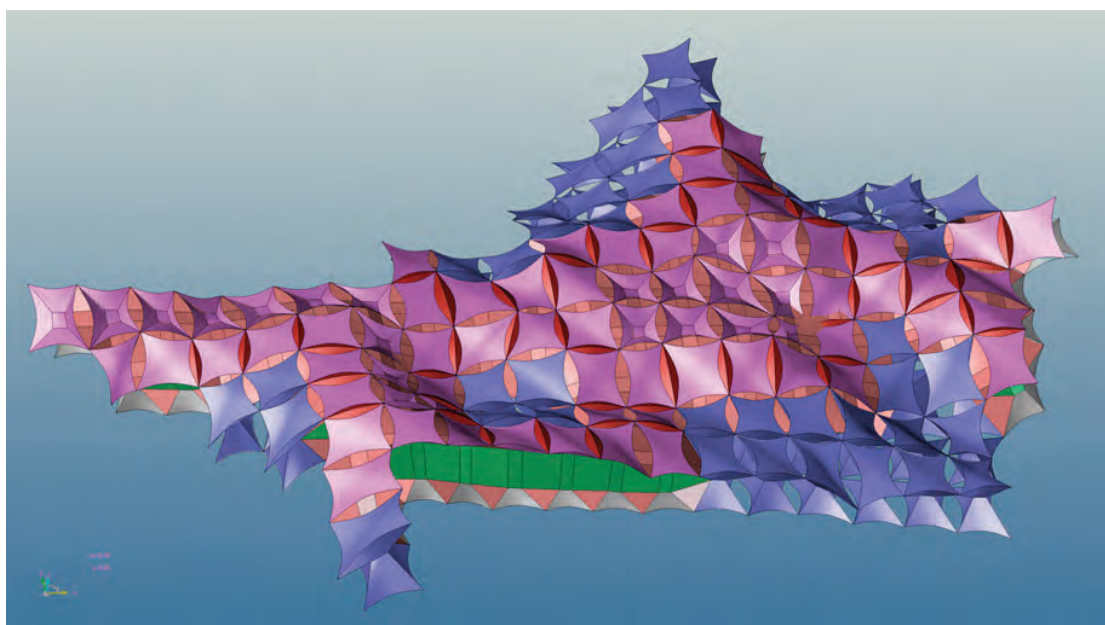
Created in Free PDF Mac

v. 2011-10-16



3.9. att. Viskompleksākais šūnas pamatelementa variants (projektā tālāk netika izstrādāts). [A.R.]

Sestais solis – sistēmas kalibrēšana un telpiskā definīcija. Eksperimenti pierādīja, ka pat mazākā kļūda sagrauj sistēmu, tādēļ, lai šo sistēmu lietotu projektēšanas procesā, bija nepieciešami pamatoti lēmumi par to, kā darbu turpināt tālāk. Vairums elementu, kas no iepriekšējiem testiem darbojās labi, tika uzstādīti jaunā sistēmā, kurā jauni noteikumi kontrolēja, kā parametriem jādarbojas. Testējot divos triangulācijas tīklos to, kā datu vadītais *Excel* instruments ģenerēja telpu, bija nepieciešama papildus precīza konfigurēšana, lai izlabotu nulles stāvokļus ar kļūdu korekcijas vērtībām. Kad visbeidzot tas tika savienots ar paralēli izstrādāto parametriskā modeļa sistēmu, daudzās iespējas sāka sniegt ieskatu par to, cik bagātīgs dizaina izvēļu spektrs bija atvērts (skat. 3.10. attēlu).

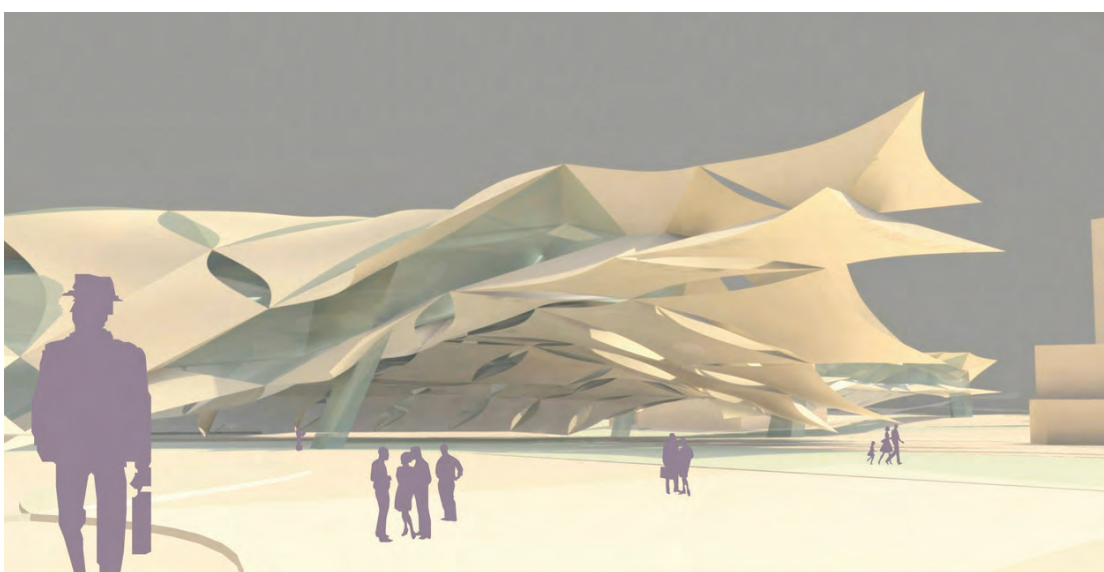


3.10. att. Projekts parametriskā modeļa sistēmā pirms tā savienošanas ar digitālo novietnes topogrāfiju. Gaišā krāsā parādītas tās šūnas, kas savienojas, tumšā krāsā – šūnas, kas nesavienojas. [A.R.]

Septītais solis – parametriskā šūnu uzbūves loģika un to parametri – vislabāk būtu salīdzināms ar gājputnu lidojumu. Putni izkārto baru pēc vienkārša likuma, piemēram, visu laiku sekojot savu kaimiņu pozīcijai, nekad neļaujot distancei kļūt pārāk lielai vai pārāk mazai. Cilvēki pūli izturas līdzīgi, viņi izvairās no sadursmēm, konstanti sekojot tuvāko blakus esošo cilvēku pozīcijām [122].



3.11. att. Projekta tomogrāfiskie griezumai, atainojot lielāko atvērto telpu zonā, kurā dalās šūnas [A.R.]



3.12. att. Skats no ielas līmeņa. Dinamika un izliekumu brīva plūsma akcentē šo ēku pilsētvidē, to organiski sapludinot ar apkārtējo pilsētvidi. [A.R.]

Astotais solis – variācijas, lai izprastu veidu, kā izgatavot projekta maketu. Tika izvēlēts to izgatavot mērogā 1:100. Projekta ģeometrija bija sarežģīta, jo saskaras tikai stūri, bet konstruktīvo stiprību nodrošina ar iekšēju telpisko režģi, kuru veido strukturālie grīdas un griestu elementi. Lai atvieglotu montāžu, tika izvēlēta stratēģija maketa izgatavošanai, triangulējot apjoma ģeometriju vienkāršās plaknēs, visbeidzot veidojot to izklājumu un sanumurējot malas. Nākamais solis bija izpēte, kā izveidot nepieciešamos komponentus ar datorizētas ciparvadības (CNC) iekārtu palīdzību. Viena šūna sastāv no 24 trijstūriem, katru šūnas komponenta sānu plakni veido trīs trijstūri (skat. 3.14. attēlu). Projekts bija tik liels, ka tika izlemts izgatavot tikai vienu – maketa rietumu daļu, kas parāda visus iespējamus šūnu stāvokļus un telpiskās konfigurācijas, un sastāv no 319 frēzējamām detaļām (skat. 3.13. attēlu). Izvēlētais materiāls bija 1 mm biezs polipropilēns, un nebija nekādu iespēju iekārtai ļaut iegriezt

locījumu līnijas šādā materiālā no iekšpuses un no ārpuses, tāpēc pusi no atlikušā darba bija jāveic, veicot iegriezumus ar rokām. Frēzēšana tika veikta ar firmas *Axyz Corporation* iekārtu, un visas frēzējamās detaļas tika konvertētas iekārtai nolasāmā ciparvadības faila formātā. Maketa montāžai bija nepieciešamas divas nedēļas.



3.13. att. Puse no projekta maketa mērogā 1:100. [A.R.]

Devītais solis – telpiskās konfigurācijas plānošana. Tā kā augšupvērst projektēšanas process sevī ietver citāda veida domāšanu un sapratni par procesiem arhitektūras projektēšanā, sistēmas kalibrēšana un statistikas dati radīja abpusēju plānojumu visu laiku. Tur, kur ir daudz satiksmes, ēka paceļas no ielas līmeņa. Un vairāk cilvēku nozīmē, ka tajā punktā ēkā ir lielāks telpiskais tilpums. Projektā izdalāmas septiņas galvenās izmantojamās telpu grupas, apskatot tās no augšas uz leju:

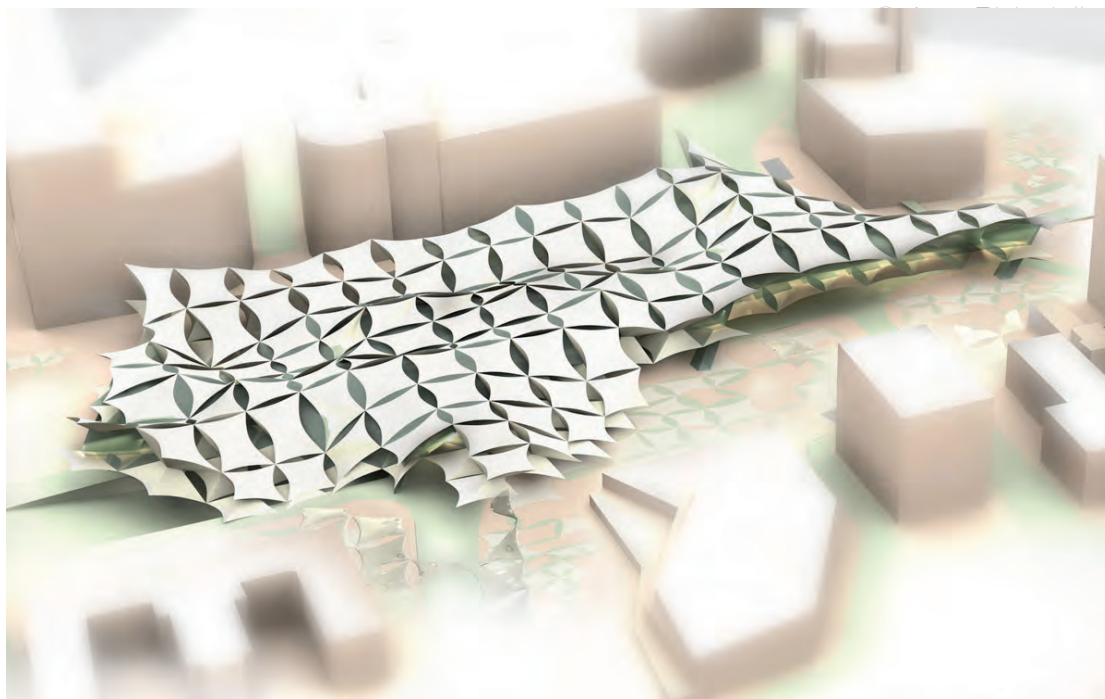
1. Iekšējā jumta līmeņa telpa, kura var tikt izmantota rekreācijas un konferenču vajadzībām;
2. Atvērtas terases kafejnīcām un bāriem;
3. Augšējais servisa līmenis utilitārām komunikācijām, piemēram, ventilācijai utt.;
4. Biroju telpas vienības tajās šūnās, kas savienojas vienotā slēgtā klasterī;
5. Daudzfunkcionāla telpa izstādēm, teātriem vai kinoteātriem (lielākā atvērta telpa zonā, kurā dalās šūnas, kas vislabāk redzams tomogrāfiskajos griezumos, skat. 3.11. attēlu);
6. Apakšējais servisa līmenis utilitārām komunikācijām, piemēram, ūdensapgādei, kanalizācijai utt.;
7. atbalsti pieejai ar kāpnēm un citām vertikālām komunikācijām.



3.14. att. Attēlā parādītas 17 šūnām nepieciešamo frēzējamo detaļu izklājums. [A.R.]

Papildus tam ir plānotas, bet pagaidām tehniski neatrisinātas pazemes platības ar auto novietnēm. Ēkai, kas nosedz gandrīz četrus futbola laukumus, iepriekšminēto telpu kopējā platība sastāda 14412 m², no kuras lietderīgā izmantojamā platība ir 10240 m². Šai ēkai ir mainīgs augstums ar maksimālo augstuma atzīmi 20,8 m virs ielas līmeņa.

Dinamika un izliekumu brīva plūsma starp citiem ilustrējošiem terminiem ir tikai daži vārdi, lai izteiktu šo arhitektonisko objektu, kas saplūst ar pilsētvidi ievērojot vislielāko cieņu pret apkārtējo apbūvi un visbūtiskāko oriģinālas koncepcijas argumentāciju, kas balstīta uz reāliem statistikas datiem (skat. 3.12. un 3.15. attēlu). Objekts tika iegūts ar 99% reaģējoša parametriski asociatīvā dizaina palīdzību, kurā neviens subjektīvs projektētāju lēmums nav izdarīts citādi, kā tikai, lai izveidotu pašu sistēmu.



3.15. att. Daudzfunkcionālais centrs Lesseps laukumā. Objekts ar savu formu saplūst kopā ar laukumu ar vislielāko cieņu respektējot apkārtējo apbūvi. [A.R.]

Parametriskās arhitektūras projektēšanas eksperimenta secinājumi

1. Ģenētiskās arhitektūras kategorijās var izsecināt, ka, ja šādas noteiktas sistēmas projektēšana ir pabeigta, tad tai ir neierobežotas iespējas radīt daudzas variācijas un iespējamās nākotnes risinājumus. Nobeigums var kļūt par sākumu. Turpretī ar tradicionālu projektēšanu, līdzko dizains ir izstrādāts, tas kļūst par pabeigtu projektu.
2. Arhitektūras projektēšanas procesā pastāv daudzas atvieglojošas rasēšanas un modelēšanas programmatūras, bet neviena no tām nav ģeneratīva vai radoša nevienā no aspektiem. Tāpēc vislielākais sasniegums šajā izpētes eksperimentā ir savas sistēmas izveidošana, lai tā kalpotu par spēcīgu instrumentu ar lielu izmantojamības faktoru nākotnē.
3. Eksperimentā izstrādātais instruments ir ar ļoti lielu lietojamības kapacitāti, to var pārprogrammēt un nākotnē papildināt, lai tas kalpotu par reālu lietojuma instrumentu un būtu ieviešams projektēšanas praksē.
4. Iegūtā projekta rezultāta estētiskā kvalitāte ar tā iekļaušanos apkārtējā pilsētvidē ir labs parametriskās pieejas piemērs tādās problemātiskās vietās, kā, piemēram, Lesseps laukums Barselonā. Tas ļauj jaunajam objektam saglabāt esošo infrastruktūru, nekļūstot par šķērslī no konteksta viedokļa.

3.3. Evolucionārās skaitļošanas projektēšana

Šajā nodaļā analizēta projektēšanas pieredze, izmantojot evolucionārās skaitļošanas metodi. Autors veicis eksperimentus ar trīsdimensiju modelēšanas programmatūras *Maya* programmatūras papildinājumu *Genr(8)*. Tas ir viens no pilnveidotākajiem kādas programmatūras papildinājumiem, kas balstīts uz evolucionārās skaitļošanas metodi. Evolucionārā skaitļošana ir viena no iespējamām stratēģijām formu studijās un meklējumos ar mākslīgā intelekta palīdzību. Mākslīgā intelekta (angļu val. – *artificial intelligence*) definīcija ir „inteligēnto aģentu studijas un projektēšana“. Inteligēntais aģents ir sistēma, kas uztver tās vidi un veic darbības, kas paaugstina panākumu gūšanas iespējas. Datorzinātnēs evolucionārā skaitļošana ir mākslīgā intelekta apakšnozare, un to lieto kā vispārīgu jēdzienu vairākās skaitļošanas tehnikās, kas balstītas uz noteikta līmeņa bioloģiskās dzīvības vai evolūciju dabiskajā pasaulē. Evolucionārā skaitļošana izmanto iterācijas progresu (angļu val. – *iterative progress*), piemēram, augšanu vai attīstīšanos populācijā. Tālāk šī populācija tiek izvēlēta instruētos nejaušos meklējumos, izmantojot paralēlo datu apstrādi (angļu val. – *processing*), lai sasniegtu vēlamu iznākumu. Bioloģijā evolūcija ir izmaiņas iedzimtajās populācijas iezīmēs no vienas paaudzes nākamajā. Šis process liek organismiem mainīties laika gaitā. Iedzimtās pazīmes ir gēnu ekspresija, kas nodota atvasei reprodukcijas laikā. Mutācijas gēnos var radīt jaunas vai izmainītas pazīmes, kas parādās kā pārmantojamas atšķirības starp organismiem. Šādas jaunas pazīmes arī rodas no gēnu pārneses starp populācijām, piemēram, migrācijā vai starp dažādām šķirnēm. Kad šīs pārmantojamās atšķirības kļūst populācijā arvien izplatītākas vai retākas, notiek evolūcija, vai nu nejauši dabiskās selekcijas kārtā, vai arī nejauši ģenētiskās dreifēšanas kārtā. Evolucionārie algoritmi (angļu val. – *Evolutionary Algorithms* jeb *EA*) veido evolucionārās skaitļošanas apakšsekciju, kas tajā parasti ietver tikai tehnikas, kuras ievieš bioloģiskās evolūcijas iedvesmotus mehānismus līdzīgi tam, kā tas notiek, piemēram, reprodukcijā, mutācijās, rekombinācijās, dabiskajā selekcijā vai spēcīgākā indivīda izdzīvošanā.

Projektēšana, kas iespējama izmantojot *Genr(8)*, noved pie formu meklēšanas bez noteiktas funkcijas. Nezinot objekta funkciju, ir grūti meklēt vai projektēt ģeometrisku formu. Modernisma laikā sauklis „forma seko funkcijai“ bija ļoti populārs, to pirmo reizi izteicis arhitekts Luiss H. Salivens (*Louis H. Sullivan*) vienā no saviem rakstiem par arhitektūru 1896. gadā [158]. Tas nozīmē, ka funkcijai bez nepieciešamības pēc formālā ietvara jāpastāv pašai par sevi, autonomā veidā. Dabiskos evolucionārajos procesos tam nav reāla piepildījuma, taču dabā ir neierobežota efektīvu formu daudzveidība. Dabā matērija ir ļoti dārga, bet forma ir par brīvu.

Daba visu veido efektīvi: katras koka lapas izaudzēšanai ir jāpatērē daudz enerģijas un matērija. Tamdēļ dabas veidotās formas ir pamatotas. Projektēšanā formu meklēšana bez funkcijas ir viena no iespējamajām stratēģijām. Tā kā šādā gadījumā sākotnēji nav zināms rezultāts, tad tā ir īsta izpēte. Formas var meklēt ar dažādiem instrumentiem. *Genr(8)* radīšanai bija nepieciešami vairāk nekā pieci gadi. Ģenētiskā skaitļošana ir milzīgs pētījumu lauks. Ģenētiskās skaitļošanas programmatūras platforma nav vienkārši izaicinājums izmantot programmatūru zīmēšanai, bet drīzāk izmantot to kā mākslīgo intelektu. To, ko spēj šāda veida programmatūra, cilvēkam nav pa spēkam. Tomēr ir svarīgi apzināties, ka *Genr(8)* ir tikai instruments, kuru var lietot, lai radītu jaunu darba metodi [137, 111]. Tas ir ļoti pilnveidots instruments.



3.16. att. *Genr(8)* klasificējams pie emergences projektēšanas lauka – evolucionārās skaitļošanas, mākslīgās dzīvības un projektēšanas apvienojuma. [A.R.]

Projektētājam pats darba instruments ir centrālā daļa no projektēšanas procesa. Arvien jaudīgāki datori sniedz projektētājiem pavisam jaunas iespējas, taču, lai tās būtu lietderīgas, projektētājam tās jāspēj komfortabli lietot. Skaitļošana ļauj vairāk veikt formu meklējumus (angļu val. – *exploration*), nekā tas būtu iespējams tikai ar papīru un zīmuli – to var uzskatīt par jaunu paradigmu arhitektūrā. Mūsdienās ir pieejami daudzi datorizētās projektēšanas CAD instrumenti. Problēma ar šiem instrumentiem ir tāda, ka tos var kategorizēt kā rasēšanas paliginstrumentus, tiesa – kā ļoti spēcīgus. Tie nekādā mērā nav ģeneratīvi vai radoši. Ko rasēt, arhitektam jāizdomā pašam. *Genr(8)* izstrādātāju *Emergent Design Group* mērķis bija radīt

instrumentu, kas sadarbojas ar projektētāju un stimulē darbu, vienlaikus palīdzot projektētājam iegūt jaunas idejas.

Šodien arhitektūras ideju īstenošanā liela nozīme ir jauniem materiāliem. Tie ienesuši radikālas izmaiņas ēku būvniecības iespējās. Jauni materiāli un jaunas tehnoloģijas dod jaunas formu īstenošanas iespējas. Konstruktīvos elementus šodien iespējams izmantot un kombinēt daudz augstākā tehniskā izpildījuma līmenī. Slavens piemērs tam ir Gugenheima muzejs Bilbao, Spānijā. Jaunu, līdz šim arhitektūras nozarē maz aplūkotas radošās koncepcijas var pētīt tikai ar inovatīvajiem datortehnikas instrumentiem, tostarp evolucionārās skaitļošanas metodi. Liela nozīme ir arī datortehnikas radītajai mākslīgā intelekta izpausmei „mākslīgajai dzīvībai”. Šo faktoru mijiedarbes kopums projektēšanā ir emerģence jeb rašanās (angļu val. – *emergence*). Tā ir parādība, ko var pētīt ar datoru palīdzību. Emerģence ir koncepcija, kuru arhitekti var viegli uztvert, un kas ir līdzīga radošo ideju ģenerēšanai arhitektu ikdienas darbā. Tomēr arhitektu rīcībā ne vienmēr ir adekvāti programmatūras instrumenti, lai ekspluatētu un izmantotu emerģences koncepciju [71].

Genr(8) izmantošana vairākās darba fāzēs ir saistīta ar atklājumiem evolucionārajā skaitļošanā. Autora veiktajos eksperimentos tika apgūts *Genr(8)* programmatūras papildinājums un veikta izpēte par šī instrumenta morfoģenēzes iespējām, “audzējot” digitālus evolucionāros algoritmus. Visi eksperimenti tika sistemātiski sakārtoti katalogā, pierakstot detaļas par ģeneratīvo gramatiku, parametru manipulāciju un virtuālās vides apstākļiem. Ja uzstādījumus nepieraksta un saglabātos rezultātus nesistematizē, darbā ar *Genr(8)* ir ļoti grūti izprast dažādo konfigurāciju ietekmi virtuālajā vidē. Pētījuma uzsvars bija saprast saikni starp ģeneratīvajām gramatikām un to rezultējošo morfoloģiju, kā arī to ģeometriskajām īpašībām. *Genr(8)* izmantošana sākotnēji ir samērā sarežģīta, jo tikai pēc visu uzstādījumu apgūšanas un to kalibrēšanas ir saprotams, kā tie iedarbojas uz darba rezultātu. Galvenais eksperimenta mērķis bija izprast evolucionāro skaitļošanu kā morfoģenēzes procesu un spriest par iespējamo pārmantojamību sagaidāmajā radošā procesa starpproduktā vai rezultātā, kā arī par iespējamo iedzimto (angļu val. – *inherent*) īpašību lietojumu.

Autora evolucionārās skaitļošanas eksperiments ar Genr(8)

Autora veiktā eksperimenta gaitā, meklējot atbilstošu konceptuālu arhitektoniski telpisko konfigurāciju starp divām virsmām, tika pētīta „ģenētiska audzēšana”. Dizaina koncepcijas pamatā bija detalizēta dažādo evolucionāro vienību testēšana, līdz tika atrasts apmierinošs rezultāts.

Eksperimenta pirmais solis bija izveidot evolucionārās gramatikas darba vidi. Ar *Genr(8)* iespējams strādāt šādās vidēs:

- atvērta vidē bez ierobežojošām robežām;
- slēgtā vidē poligonālu objektu iekšienē, kurā poligonālā objekta sienīņas darbojas kā šķēršļi;
- kombinējot brīvu vidi ar vairākiem poligonāliem objektiem kā šķēršļiem vai slēgtā vidē ievietojot papildus poligonālu objektu šķēršļus.

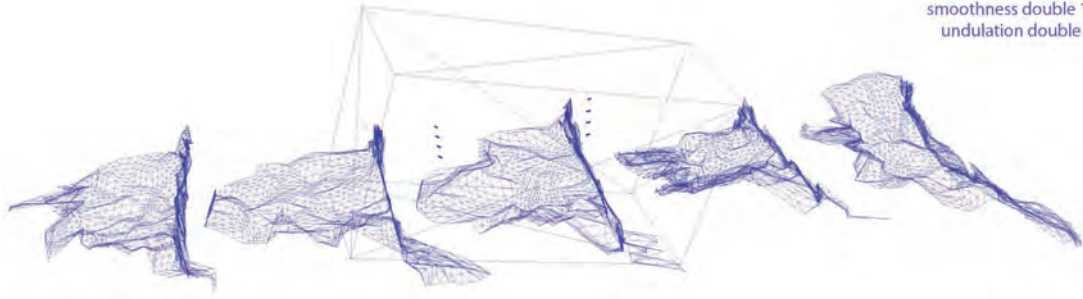
Par augšanas procesa vidi tika izvēlēta slēgta poligonālas konfigurācijas vide. Otrais solis bija noteikt plaknes uzbūvi. Tika izvēlēta triangulēta virsma ar 90° sazarošanās leņķi. Trešais solis bija norādīt evolūcijas pakāpju daudzumu, jo no tā ir atkarīgs, cik liela izveidosies virsma. Eksperimenta gaitā tika secināts, ka optimāls evolūcijas pakāpju skaits ir seši. Ceturtais solis bija papildus „atgrūdēju” un „pievilcēju” (angļu val. – *repellers and attractors*) izvietošana, kas virsmas veidošanās evolūcijai palīdz piešķirt dinamisku kustības virzienu. Tālāk tika veikta eksperimentu virkne ar 47 dažādiem uzstādījumiem, no kuriem tikai 32 bija veiksmīgi. Pārējie 15 uzstādījumi sākotnējo virsmu deformēja tiktāl, ka to vairs nevarēja izmantot arhitektoniskiem uzdevumiem. Papildus uzstādījumi ietvēra gravitāti, nejaušu trokšņa līmeni, atgrūdēju konstantes vai ekspozīcijas, līdzenumu un viļņainumu. Visi *Genr(8)* uzstādījumi un to vērtības tika pierakstīti, un saglabātie rezultāti sistematizēti (3.1. tabula). Katrai no iegūtajām formām tika piešķirts savs numurs (H000 – H047).

32 no 47 veismīgo *Genr(8)* virsmas ģenerēšanas gramatiku uzstādījumi

<i>Steps 6; surface; branchAngle 90; tiles 3</i>						
<i>Grammar</i>	<i>Gravity</i>	<i>RandomNoise</i>	<i>RepPoinCons</i>	<i>RepPoinExpo</i>	<i>Smoothness</i>	<i>Undulation</i>
H000	0	0	0	0	0	0
H001	0	0.1	0	0	0.1	0.1
H002	0.1	0.1	0	0	0.1	0.1
H003	0.2	0.1	0	0	0.1	0.1
H004	0.4	0.1	0	0	0.1	0.1
H005	0.6	0.1	0	0	0.1	0.1
H006	0.8	0.1	0	0	0.1	0.1
H007	1	0.1	0	0	0.1	0.1
H011	0	0.2	0	0	0.1	0.1
H012	0	0.4	0	0	0.1	0.1
H013	0	0.6	0	0	0.1	0.1
H014	0	0.8	0	0	0.1	0.1
H015	0	1	0	0	0.1	0.1
H021	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1
H022	0	0	0.1	0	0.1	0.1
H023	0	0.1	0	1	0.1	0.1
H024	0	0.1	0	3	0.1	0.1
H025	0	0.1	0	10	0.1	0.1
H031	0	0.1	0	0	0.2	0.1
H032	0	0.1	0	0	0.4	0.1
H033	0	0.1	0	0	0.6	0.1
H034	0	0.1	0	0	0.8	0.1
H035	0	0.1	0	0	1	0.1
H036	0	0.1	0	0	10	0.1
H037	0	0.1	0	0	100	0.1
H041	0	0.1	0	0	100	0.2
H042	0	0.1	0	0	100	0.4
H043	0	0.1	0	0	100	0.6
H044	0	0.1	0	0	100	0.8
H045	0	0.1	0	0	100	1
H046	0	0.1	0	0	100	10
H047	0	0.1	0	0	100	100

Nākamajā, sestajā solī tika veikts eksperiments, vienlaikus audzējot piecas virsmas (skat. 3.17. attēlu). Ja ar vieniem un tiem pašiem uzstādījumiem atkārtoti ģenerē virsmas, katru reizi rezultāts ir atšķirīgs. *Genr(8)* darbojas ar līdzīgiem algoritmiem kādi ir sastopami dabā, kur nav iespējams atrast divas vienādas koka lapas.

© Arne Riekstiņš
H044
steps int 6
surface string surface eu
drawEachStep int 1 permission
branchAngle int 90 F Mac
gravityMagnitude double 0
randomNoise double 0.1
tiles int 3
BNFType string defaultBNF
smoothness double 100
undulation double 0.8



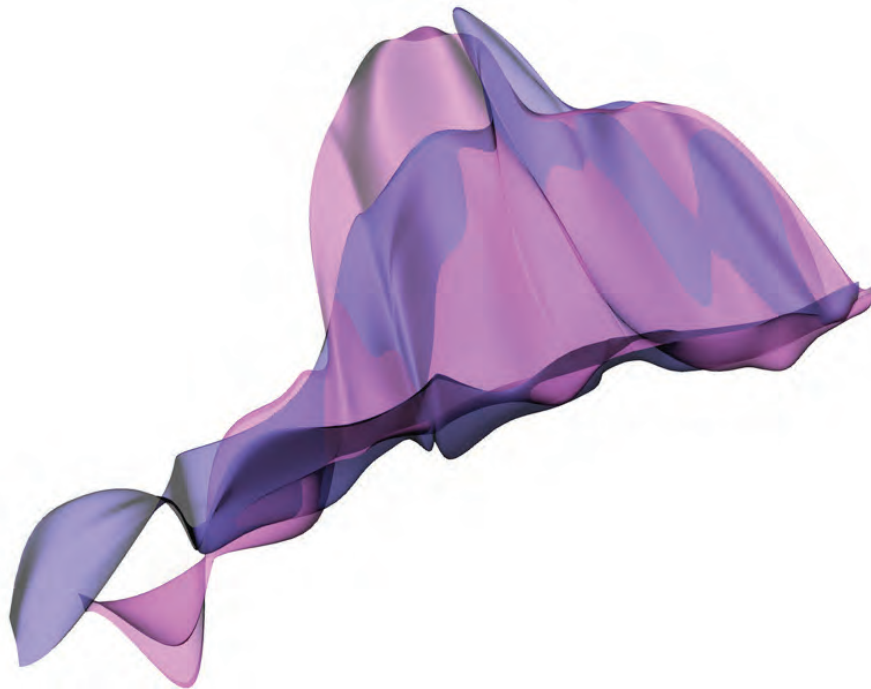
3.17. att. Paaudze H044 ar piecām atšķirīgām paralēlām variācijām. [A.R.]

Tika analizēta iegūto rezultātu atbilstība pieņemtiem kritērijiem. Pieņemums bija atrast divas savienojamas virsmas, kurām, savā starpā šķēloties, būtu liellaiduma pārsegumam atbilstīga telpiskā konfigurācija. Šim kritērijam atbilda virsmas forma H044, kurai tika ģenerēti pieci varianti. Tos savstarpēji kombinējot, tika atrasta piemērota telpiskā konfigurācija. Visatbilstošākās izrādījās pirmā un trešā virsma. Tā kā *Genr(8)* veido triangulētas ģeometrijas virsmas, iegūtais rezultāts bija ar robustām un asām formām. Lai šo virtuāli „izaudzēto“ objektu izvērtētu, tas ar trīsdimensiju modelēšanas programmatūras *Rhinoceros* palīdzību tika konvertēts plūdenās formās (skat. 3.18. un 3.19. attēlu). Izmantotās komandas bija robežlīniju dubultošana (angļu val. – *duplicate border*), kontūru iegūšana (angļu val. – *contouring*), līklnīņu pārveidošana par nevienveidīgām līklnīņām (angļu val. – *rebuild curve into non-uniform curves*).

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16



3.18. att. Divu virsmas formu H044 variantu savietojums.
Vizualizācija pirms triangulētas virsmas konvertēšanas. [A.R.]



3.19. att. Divu virsmas formu H044 variantu savietojums.
Vizualizācija pēc konvertēšanas ar programmatūru *Rhinceros*. [A.R.]

Pēc virsmu pārveidošanas plūdenās formās tika iegūts labāks priekšstats par to, kā datora vidē simulēti objekti veido telpiskas struktūras, kurām ir arhitektoniska kvalitāte. Ar izmantoto metodi nevar iegūt gatavus formveides rezultātus. Lai eksperimentā iegūtās virsmas izmantotu reālas arhitektūras objektos, tās papildus

jāizvērtē, veicot būvkonstrukciju aprēķinus un konstatējot, kurai virsmas daļai ir strukturālas nestspējas pazīmes un kurai ir vienīgi dekoratīvas īpašības. Arhitektūrā šāda veida projektēšanas metode var palīdzēt jaunu formu meklējumos vai situācijās, kad jāaizpilda telpa starp diviem esošiem apjomiem.

Ekspérimenta gaitā tika atklāts, ka *Genr(8)* ir visai lietderīgs instruments, bet tas nav piemērots gatava rezultāta iegūšanai. Šī instrumenta pilnvērtīgākas izmantošanas nolūkā ar to jāveic turpmāks un padziļināts pētnieciskais darbs. *Genr(8)* ir liels potenciāls, kas iegūts, integrējot dabas parādībās sakņotus ģenētiskos algoritmus un mākslīgo intelektu.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

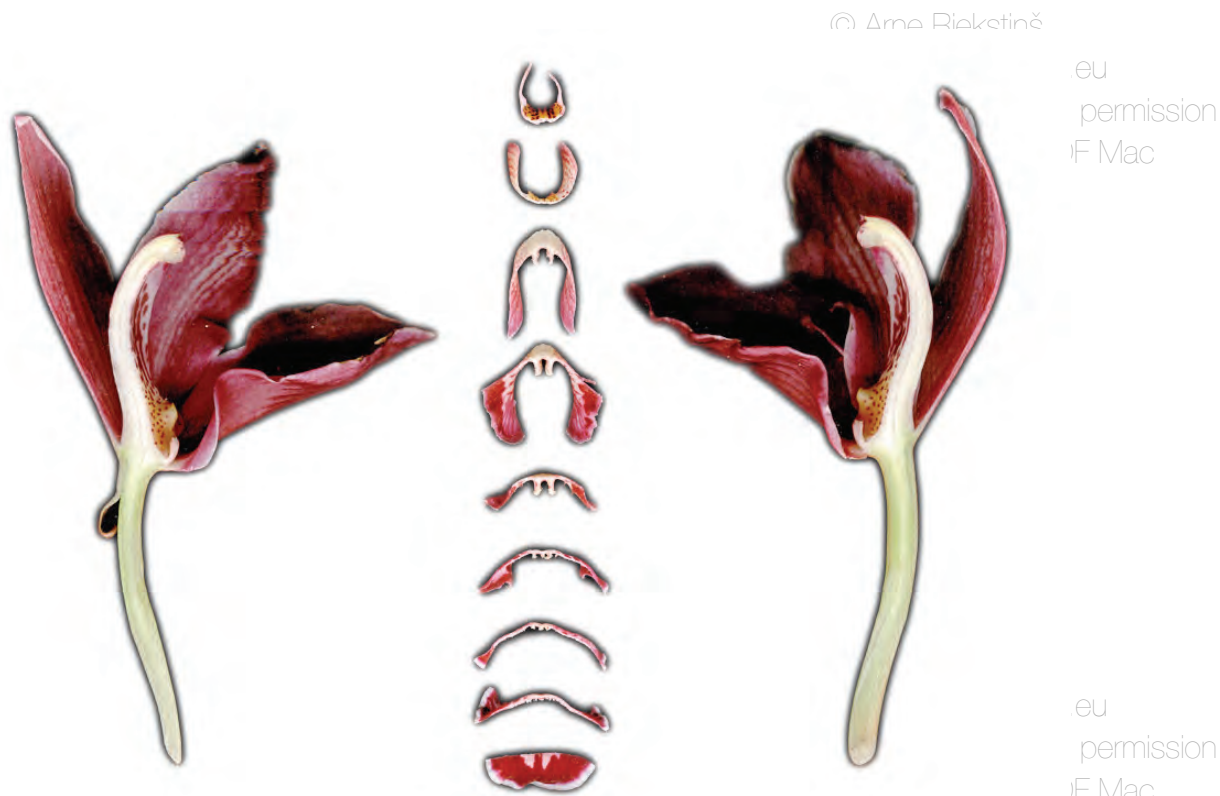
© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

3.4. Topoloģiskā modelēšana arhitektūrā

Šī nodaļa analizē autora pētījumu ietvaros veikto eksperimentu ar topoloģiskās modelēšanas programmatūru un datorizētās ciparvadības ražošanas aparatūru. Eksperimentā tika pētītas modelēšanas programmatūras iespējas, lai realizētu nelielu konceptuālu projektu – puķu paviljonu. Vienlaikus tas bija arī mēģinājums apskatīt biomorfiskas arhitektūras projektēšanas īpatnības, imitējot vizuālās un konstruktīvās sistēmas dabā, tikai ar mūsdienu tehnoloģijām un materiāliem. Eksperimenta gaitā tika atklāti dažādi svarīgi aspekti arī par trīsdimensionālu objektu rasējumu sagatavošanu un vizualizācijas iespējām.

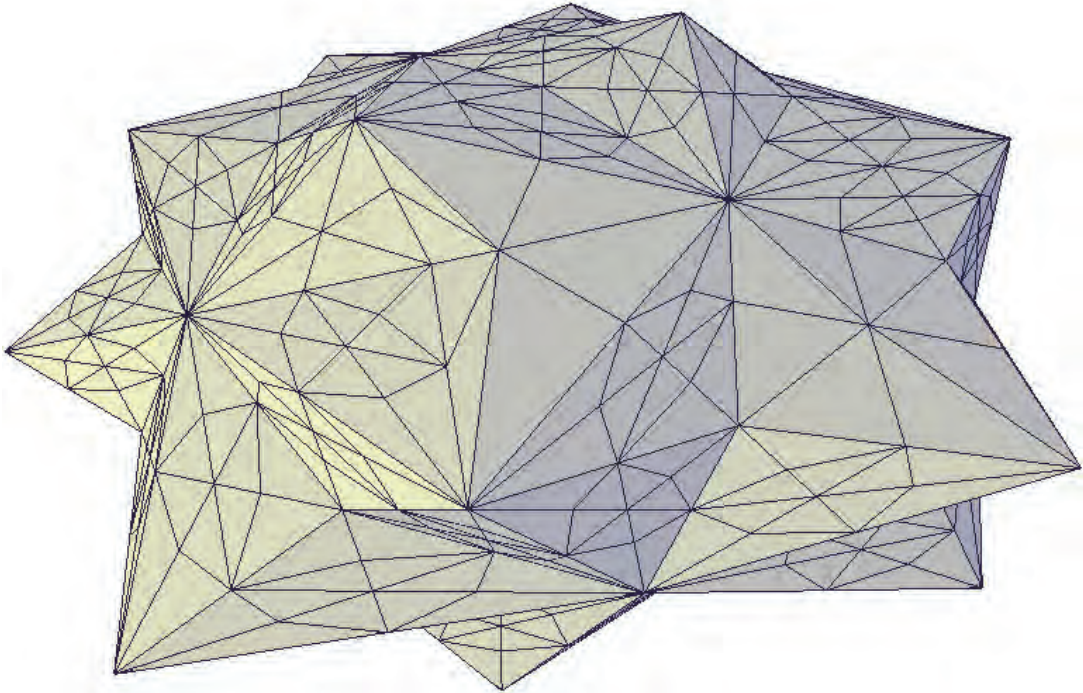
Par projekta koncepcijas realizēšanas vietu tika izvēlēta Barselonas iela La Rambla, kas vairākus gadsimtus ir bijusi viena no populārākajām gājēju ielām, kad šeit pēc pilsētas mūru nojaukšanas tika izveidota promenāde. Līdz pat mūsdienām uz šīs ielas koncentrējas puķu tirgotāji, kas tur izvietojusi nelielus puķu kioskus. Spānija tika izvēlēta arī tamdēļ, ka tajā nav tik izteikta sezonalitātes maiņa kā, piemēram, Baltijā, un šāds konceptuāls puķu paviljons varētu tikt izmantots cauru gadu. Projekta ideja radās, iedvesmojoties no orhideju ziedlapu ģeometriskām formām, Antonio Gaudi jūgendstila un nacionālās romantikas arhitektūras dekoratīvajiem elementiem, Gustava Klimta (*Gustav Klimt*) secesionistu mākslas un ornamentālajiem rakstiem tuvajos austrumos. Projekts bija paredzēts ļoti mūsdienīgs, taču arhitektūras vēsturnieks Sers Džons Samersons (*Sir John Summerson*) apgalvo, ka dekoratīvie elementi un ornamentu ir bijuši plaši izmantoti kopš civilizācijas aizsākumiem antīkās Ēģiptes laikā līdz pilnīgam ornamentu trūkumam 20. gadsimta modernisma arhitektūrā [159]. Tamdēļ jāprecizē – projekts bija paredzēts futūristiski mūsdienīgs, līdz ar to, šajā gadījumā tas ietvēra iespēju izmantot arī ornamentālu vizuālo tēlu.



3.20. att. Orhidejas šķērskriezums un vainaglapu šķēles. [A.R.] 2011-10-16

Sākumā tika analizēta orhidejas zieda uzbūve, tās formu un citu īpašību meklējumiem. Vizuāli šim ziedam ir izteikts ziedlapu krāsojums, dzīslojums, topoloģiski locījumi un citas īpašības. Lai labāk izprastu orhidejas vainaglapu un auglenīcas uzbūves arhitektūru, tās tika sagrieztas šķēlēs un ieskenētas. Ieskenētie attēli uzskatāmi parādīja, ka orhidejas uzbūvē ir ļoti daudz dubulti izliektu liklīniju profilu – pazīmes, kuras piemīt arī avancētai arhitektūrai.

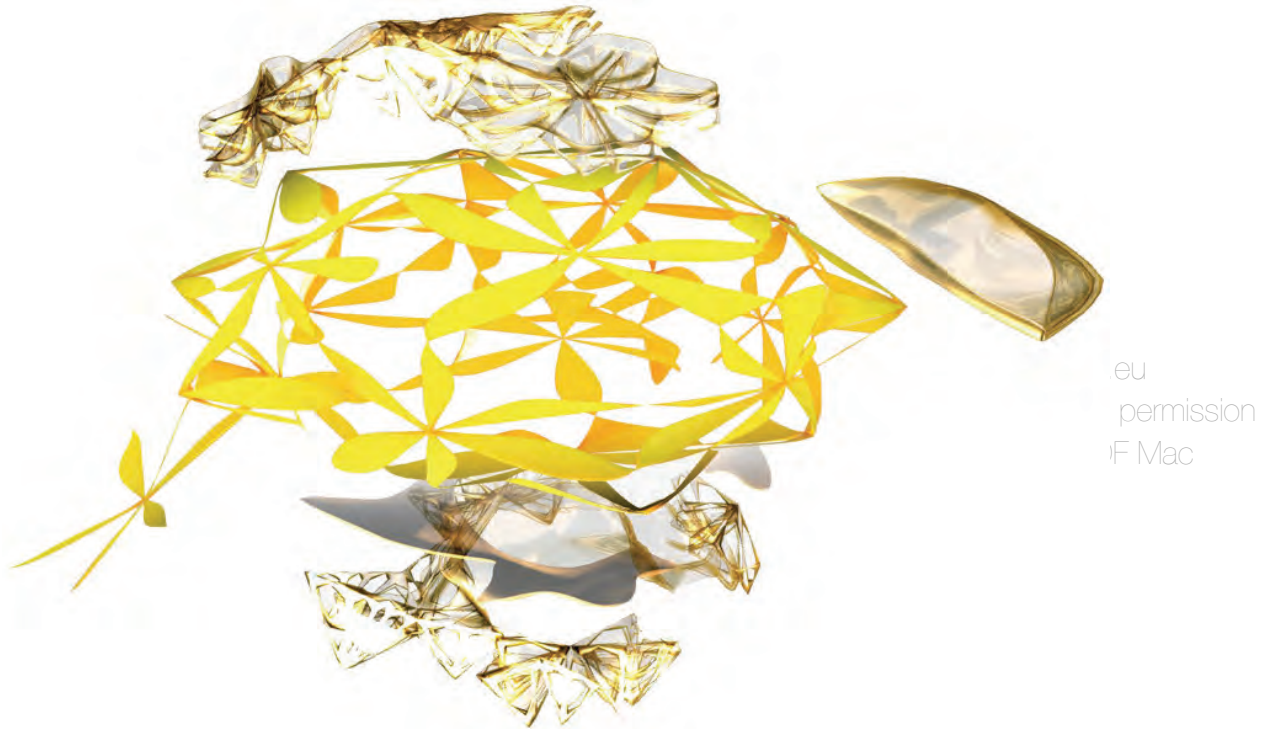
© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac
 v. 2011-10-16



3.21. att. Puķu paviljona sākotnējā topoloģiskā trīsdimensiju forma – dodekaedrs. [A.R.]

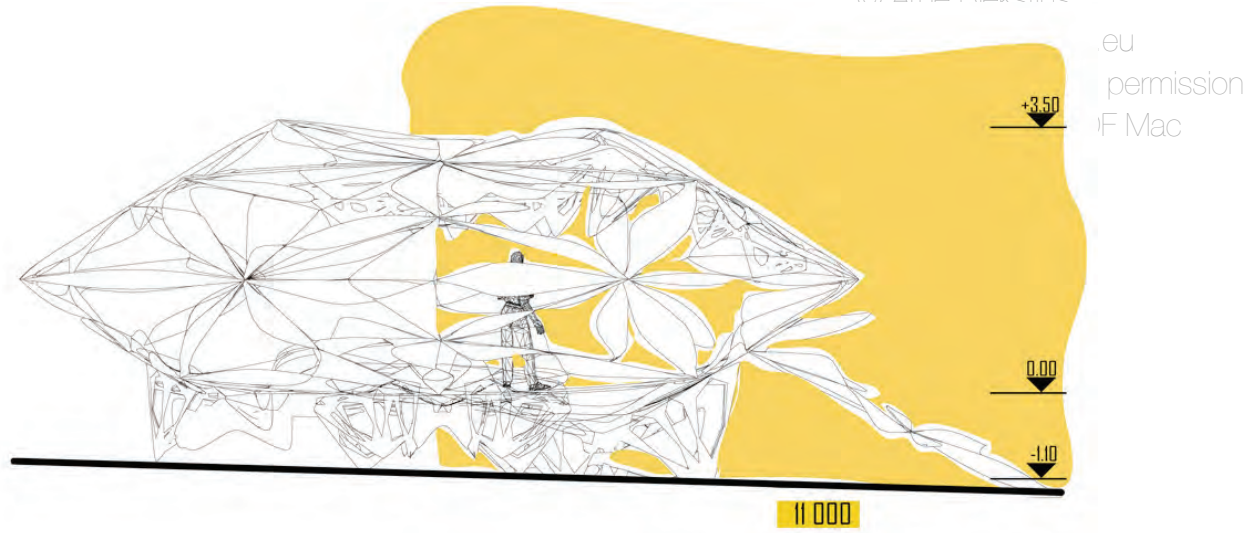
Tad sākās ideju ģenerēšana un topoloģiska objekta trīsdimensiju modelēšana programmatūrā *Maya*. Topoloģija ir nozare, kas radusies no ģeometrijas un matemātikas, tādēļ modelējot trīsdimensionālā vidē ir svarīgi, lai forma netiktu deformēta un tā pati ar sevīm nešķeltos – pretējā gadījumā šādas kļūdas pēc objekts nebūs realizējams. Svarīgi saglabāt trīsdimensiju objektam vienotu virsmu, kurā tiek izveidoti atvērumi ar topoloģiskiem iegriezumiem, saglabājot matemātiski korektu formu. Par visa objekta sākotnējo ģeometriju tika izvēlēts dodekaedrs – regulārs daudzskaldnis, kura visas skaldnes ir regulāri piecstūri. Tam ir 12 skaldnes, 30 šķautnes un 20 virsotnes. Katrā dodekaedra virsotnē kopā saiet 3 šķautnes un 3 skaldnes [221]. Sākotnējais ģeometriskais objekts tika pārveidots, lai iegūtu puķu paviljonam nepieciešamās dimensijas. Pie objekta pamatnes ģeometrija tika papildināta ar atbalstiem, tāpat arī objekta griestu daļā tika izveidotas ģeometriskas formas jumta elements. Pārdalot no stūriem dodekaedra ģeometriju, iegūstamas jaunas palīglīnijas. Katras divas līnijas savienojot vienā izgriezumā, no pāri palikušās ģeometrijas tika iegūtas ziedlapas, kas diezgan precīzi imitē orhideju ziedus. Telpiskais modelis tika divas reizes nogludināts (angļu val. – *smoothing*), tādā veidā paaugstinot objekta ģeometrisko virsmas plakņu skaitu un piešķirot izteiktākas plūdlīnijas. Objekta karkasa motīvs sāka ieņemt vienlaicīgi ziedošu orhideju kompozīcijas izskatu. Visu paviljona nesošo struktūru veidoja savstarpēji savienotas ziedlapas, nodrošinot strukturālo stiprību pie ziedlapu savienojuma vietām – līdzīgi kā dabā, izmantojot

lielāku materiāla blīvumu. Tālāk sekoja sākotnējās trīsdimensiju topoloģiskās formas atvasināšana vēl četriem papildus modulāriem elementiem: grīdai, balstiem, jumta konstrukcijai un nodalījumam puķu uzglabāšanai. Tā kā šos elementus konceptuāli bija paredzēts izgatavot kā atsevišķus moduļus no daļēji caurspīdīga materiāla un ar citām vizuālām īpašībām, to vienota sākotnējā ģeometrija nodrošināja to, ka savienojumu vietās forma būtu kontinuitīvi sapludināta vienotā veselumā.

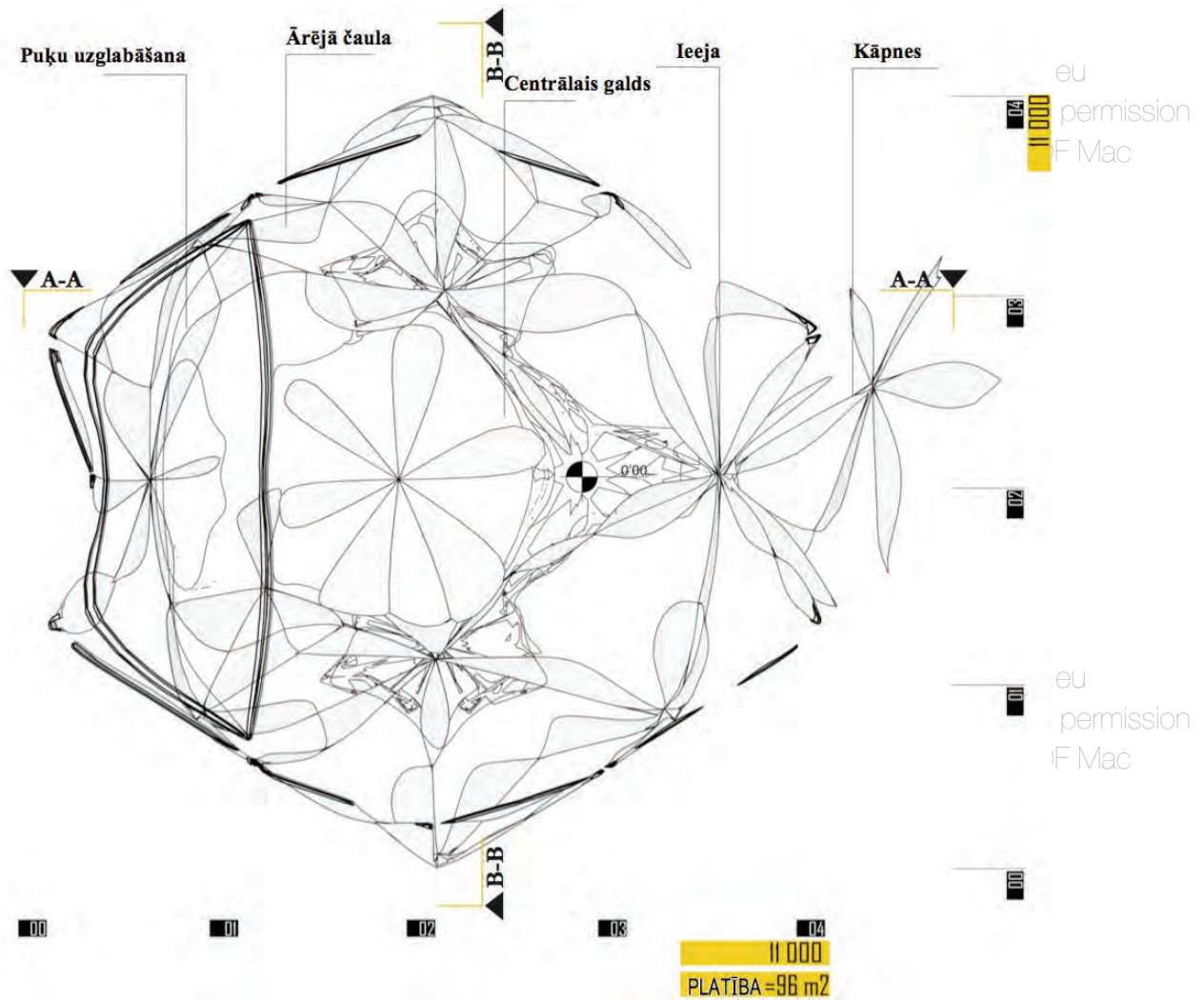


3.22. att. Puķu paviljona uzbūve, kas sastāv no nesošā ziedlapu karkasa, grīdas, balstiem, jumta konstrukciju un nodalījumu puķu uzglabāšanai. [A.R.]

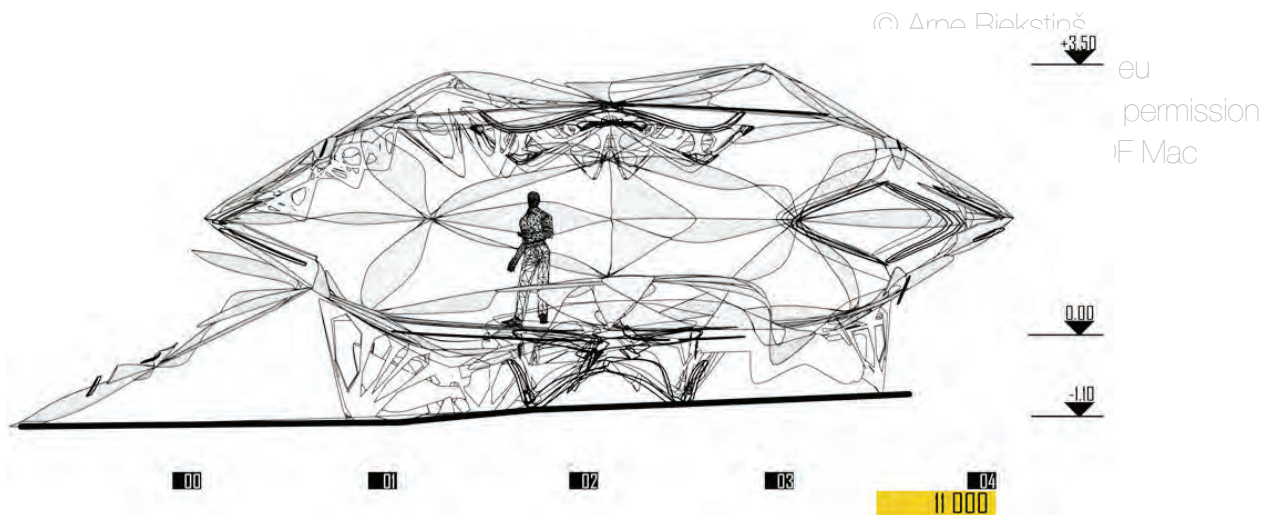
Ar datorizētās ciparvadības ražošanas iespējām šādu paviljonu varētu realizēt praktiski bez darba rasējumiem. Taču projekta reprezentācijas un tehniskās dokumentācijas vajadzībām rasējumi tomēr ir nepieciešami. Lai saglabātu arhitektūras grafiku maksimāli vienkāršu un elegantu, trīsdimensiju objekts dažādos skatos tika konvertēts vektoru grafikā par AI failiem (*Adobe Illustrator*). Plāna un griezumu veidošanai bija nepieciešams novietot vizualizācijas skata kameras tā, lai tās šķeltu objektu vajadzīgajā dziļuma dimensijā. Pēc tam ar grafiskās apstrādes programmatūru tika izveidoti rasējumi, sakārtojot tajos līniju biezumus, izvietojot asis un augstuma atzīmes, kā arī citus nepieciešamos apzīmējumus. Jāatzīmē, ka trīsdimensiju modelēšanas programmatūrās veidotiem objektiem rasējumu izveidošana ir manuāls un sarežģīts process, jo šo programmatūru darba specifikai grafikas un specifisku efektu industriāli rasējumi nav nepieciešami. Savukārt datorizētajai ciparvadības ražošanai pietiek ar trīsdimensiju modeli.



3.23. att. Puķu paviljona fasāde. [A.R.]

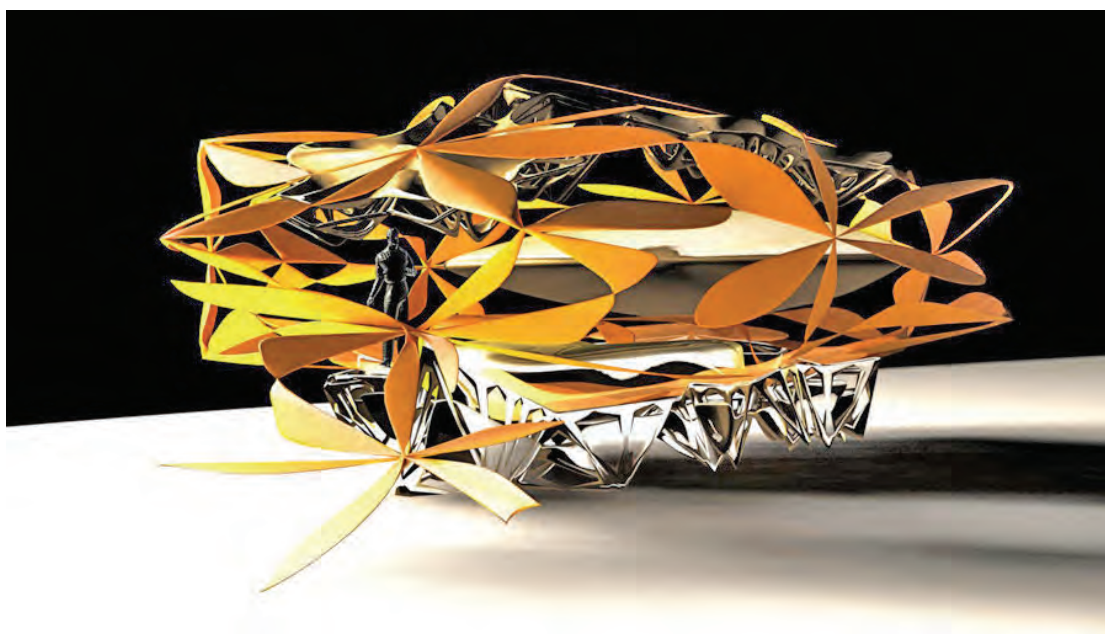


3.24. att. Puķu paviljona plāns. [A.R.]



3.25. att. Puķu paviljona griezum A-A. [A.R.]

Vizualizāciju veidošana parasti aizņem ļoti daudz laika, jo virtuālajam trīsdimensiju modelim ir jāizveido atbilstošs apgaismojums. Vislabākais apgaismojums vizualizācijās iegūstams ar t.s. 3-punktu kino apgaismojumu. To iegūst, izgaismojot objektu ar divām gaismām no viena un no otra sāna, kā arī ar izteiktāku un spilgtāku gaismu skatā no kameras. Veidojot vizualizācijas arī jāievēro materiālu īpašības, to atspīdums, tekstūra un krāsu kombinācijas, jo šiem uzstādījumiem ir izšķiroša nozīme laba rezultāta iegūšanai. Projekta vizualizācijām tika izmantota programmatūras *Maya* iebūvētā profesionālā vizualizēšanas sistēma *Mental Ray*.



3.26. att. Puķu paviljona vizualizācija ar *Mental Ray* sistēmu un 3-punktu apgaismojumu. [A.R.]

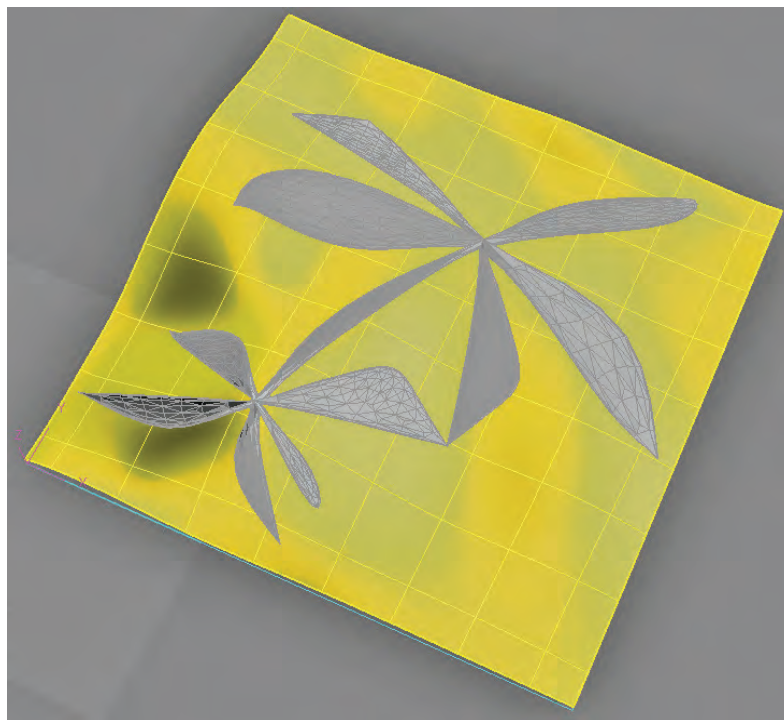
Projekta fināla vizualizācijā tika imitēts dabisks izgaismojums krēslas stundā, kad objekts ir izgaismots no iekšpuses un uz to iedarbojas vāja apkārtējā gaisma. Projekta novietne tika fotografēta uz vietas ar augstas izšķirtspējas spektru (angļu val. – *High Definition Range, HDR*). Šajā metodē tiek fotografēti izmantojot statīvu un uzņemot secīgi vairākus attēlus, katru ar atšķirīgu gaismas daudzuma – ekspozīcijas vērtības (angļu val. – *expose value, EV*) kompensāciju, piemēram, *-2 EV, -1 EV, 0 EV, +1 EV, +2 EV*. Vēlāk visi attēli programmatūrā *Photoshop* tiek apvienoti vienā fotogrāfijā, nodrošinot, ka vienlīdz labi izgaismotas gan tumšās, gan gaišās vietas. Šādā fotogrāfijā tika iemontēta puķu paviljona vizualizācija, ievērtējot precīzus gaismas daudzumus un mērogu.



3.27. att. Puķu paviljona vizualizācijas fotomontāža tā novietnē uz La Rambla ielas Barselonā. [A.R.]

Eksperimenta ietvaros bija paredzēts iepazīties arī ar trīsdimensiju datorizētās ciparvadības (*CNC*) ražošanas iespējām un ierobežojumiem. Šajā akadēmiskajā eksperimentā autors nolēma izgatavot tikai vienu mazu daļu no paviljona – ārējās nesošās struktūras divu “ziedu” savienošanos no jumta daļas, kas ir raksturīgākā šī projekta īpašība gan konstruktīvi, gan vizuāli. Vajadzīgais elements tika “izgriezts” no veselā trīsdimensiju modeļa un konvertēts par *Rhinoceros* failu, jo frēzēšanas vadība tika programmēta programmatūras *Rhinoceros* papildinājumā *RhinoCAM*. Izvēlētais detaļas mērogs bija 1:10 un tas tika izvietots uz telpiskas trīsdimensiju virsmas 600x600 mm, lai tālākā projekta gaitā no tā varētu izgatavot negatīvu stikla šķiedras

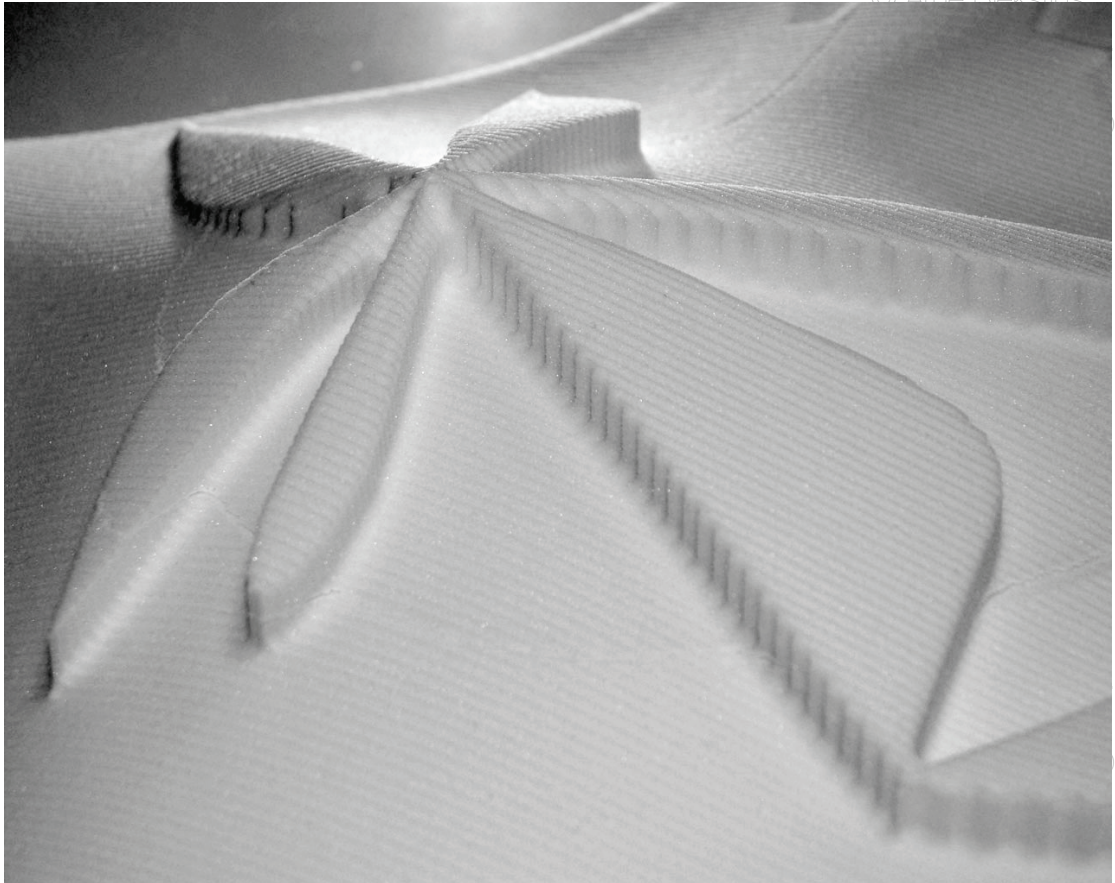
veidņa formu. Datorizētajai ražošanai tika sagatavoti divi ciparvadības NC faili, lai secīgi veiktu nepieciešamās frēzēšanas darbības ar 10 mm un ar 6 mm instrumenta galvu. Frēzēšana tika veikta ar firmas *Axyz Corporation* 3-asu ciparvadības iekārtu, izvēlētais materiāls – īpašas stiprības putupolistirols. Šīs detaļas izgatavošanai nepieciešamais mašīnlaiks – 4 stundas, 22 minūtes.



3.28. att. Trīsdimensionālais modelis, sagatavots uz 600x600 mm pamatnes. [A.R.]



3.29. att. Frēzēšana ar *Axyz Corporation* 3-asu ciparvadības iekārtu. [A.R.]



3.30. att. Maketa detaļa pēc pirmās frēzēšanas kārtas ar 6mm galvu -45° leņķī. Lai detaļai būtu ideāli gluda virsma, nepieciešams veikt vēl vienu frēzēšanas kārtu $+45^\circ$ leņķī. [A.R.]

Šis eksperiments ietvēra darbu ar jauna veida materiāliem un tehnoloģiskajiem ražošanas risinājumiem. Vienlaikus tika pārbaudītas iespējas saglabāt ģeometriskas formas tīrību ar minimālu detalizācijas pakāpi. Tāpat arī autors pārlicinājās, ka atveidojot dabā sastopamas struktūras, topoloģiju un vizuālās īpašības, iegūstams ornamentāli bagāts koptēls. Šajā procesā ir jāapzinās dabas formu un īpašību interpretēšanas dažādie līmeņi. Daba ir lielisks piemērs augu struktūras tektonikā – dabā tiek izmantots minimāls izejvielu daudzums, t.s. “formas ekonomijas” princips [137, 78]. Arī topoloģijas aspekts trīsdimensiju modelēšanā ir stingri jāievēro, jo no korektas sākotnējās ģeometriskās formas iespējams radīt dažādus būves elementus, atvieglojot risināt to komponēšanu vienotā veselumā.

3.5. Integrētā pilsētplānošana un arhitektūras animēšana

Šajā nodaļā analizēts autora pētījuma kontekstā veiktais eksperiments, izmēģinot arhitektūras animēšanas metodi projektēšanā uz reālas plānojuma struktūras pamata. Eksperiments veikts ar nolūku atrast jaunas pieejas pilsētplānošanā, izmantojot tādus instrumentus, kurus tradicionāli arhitektūrā neizmanto. Tas sniedz plašāku skatījumu un iespējas atrisināt telpiskas kvalitātes jautājumus, izmantojot trīsdimensiju modelēšanas priekšrocības kontrolēt formu un reālā laikā modelēt izmaiņas ģeometrijā. Arhitektūras animēšanas metodes kombinācijā ar skriptingu sniedz vēl vairāk iespēju pieiet pilsētplānošanai no cita redzespunkta.

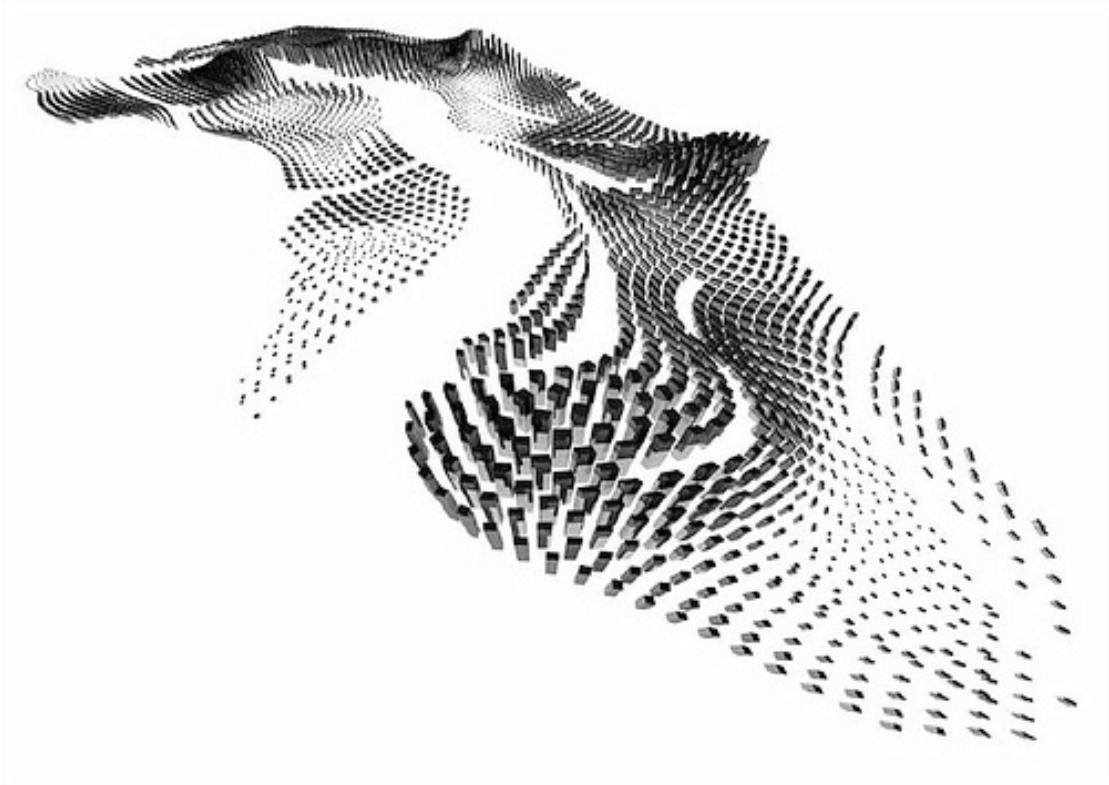
Mēs kaut kādā veidā esam radījuši robežas tam, kas ir arhitektūra. Par laimi virkne arhitektu ir paplašinājuši mūsdienu arhitektūras robežas labi tālu nākotnē. Daži arhitekti strādā matemātikas un tehnoloģiju līmenī, kamēr citi – filozofiskā un estētiskā līmenī. Neatkarīgi no attīstības stadijas, viņi visi pēta arhitektūras iespējas, kādas līdz šim neviens nav risinājis. Daļa no šiem arhitektiem uzņemas veidot projektus, kas ir it kā tālu no īstenojamības, taču tā viņiem izdodas paplašināt mūsu arhitektūras apvārsni [239]. Izmantojot jaunākās mūsdienu skaitļošanas sistēmas, projektētāji mēģina paplašināt arhitektūras lauku. Lai saprastu šī procesa iemeslus plašākā mērogā, jāapskata, kā arhitektūra ir sākusi mijiedarboties ar citām dizaina nozarēm.

Ilgu laiku arhitekti ir bijuši atkarīgi no saviem tradicionālajiem instrumentiem – rasējamiem dēļiem, lineāliem, trijstūriem utt. Digitalizācijas laikmetā ne tikai arhitektu darba ātrums, bet arī rezultāti ir stipri mainījušies. Esam pārņemti ar attīstību daudzās industriālās nozarēs, kas parāda, ka ir daudz vairāk aspektu, kas arīdzan ietekmē arhitektūru. Arhitektūra mūsdienās saistās un var tikt saistīta ar gandrīz visu. Degsme kontrolēt formu tādā veidā, kā to spēj datori, ir kļuvusi iespaidīga. Ievirzes jauniem formu meklējumiem, kas vairumā gadījumu iedvesmoti no dabas un tās procesu atkodēšanas, bijušas aktuālas jau gandrīz veselu gadsimtu, bet tikai tagad, līdz ar augstās tehnoloģijas laika jaunākajiem instrumentiem, šīs idejas tiek īstenotas vēl neredzētos un dažkārt pat skandalozos veidos.

Pārceļot šīs idejas uz pilsētplānošanu, var iegūt arhitektūru, kas saplūst, saauž kopā, paplašina, sinhronizējas, kontekstualizē, iejaucas un ir dialogā ar pilsētas audeklu. To var nosaukt par integrēto pilsētplānošanu (angļu val. – *Fluid Urbanism*).

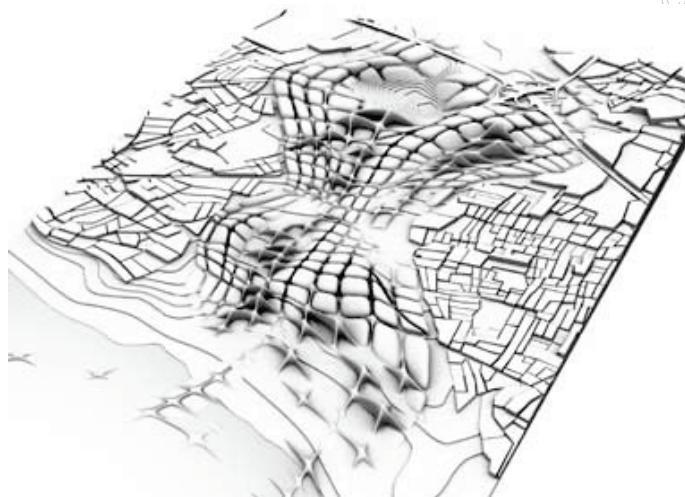
Integrētās pilsētplānošanas piemēri

Lieli arhitektu biroji projektē, ieliekot maksimālo uzkrāto kapitālu un tā plašo ietekmi uz tradicionālajiem risinājumiem. Tas vislabāk redzams pilsētplānošanā. Veidojas jaunas starpdisciplināras prakses, un veco vēsturisko teritoriju audekls tiek pakļauts jauniem eksperimentu laukiem.



3.31. att. Lielmēroga pilsētelpas attīstības projekts Temzas grīvā, Londonā.

Izstādē „Globālās pilsētas” Tate Modern muzejā Londonā Zaha Hadid Architects birojs izrādīja animētu filmu „Formu informējošs urbānisms – parametriskais urbānisms”. Šajā filmā parādīts vesels spektrs eksperimentālo projektēšanas risinājumu par Temzas upes grīvas reģenerāciju Londonas austrumos (skat. 3.31. attēlu), pamatojoties uz parametrisku tehniku, kuru pilsētplānošanā aizsākusī Zaha Hadida (Zaha Hadid). Arhitekti Zaha Hadida un Patriks Šumahers (Patrick Schumacher) ir izvēlējušies Temzas upes grīvu par testa poligonu, kurā attīstīt jauna veida pieejas lielmēroga pilsētelpas attīstībai. Temzas upes grīvā, kas stiepjas austrumu virzienā no Londonas, abi Temzas krasti tiek uzskatīti par Eiropas lielāko pilsētelpas reģenerācijas projektu. Vadoties vairāk pēc arhitektūras, bet ne pēc pilsētplānošanas interesēm, Hadida un Šumahers ir izmantojuši jaunas un spēcīgas digitālās projektēšanas tehnikas, lai izveidotu pieeju pilsētelpas reģenerācijai, ko viņi sauc par „parametrisko urbānismu” [226].



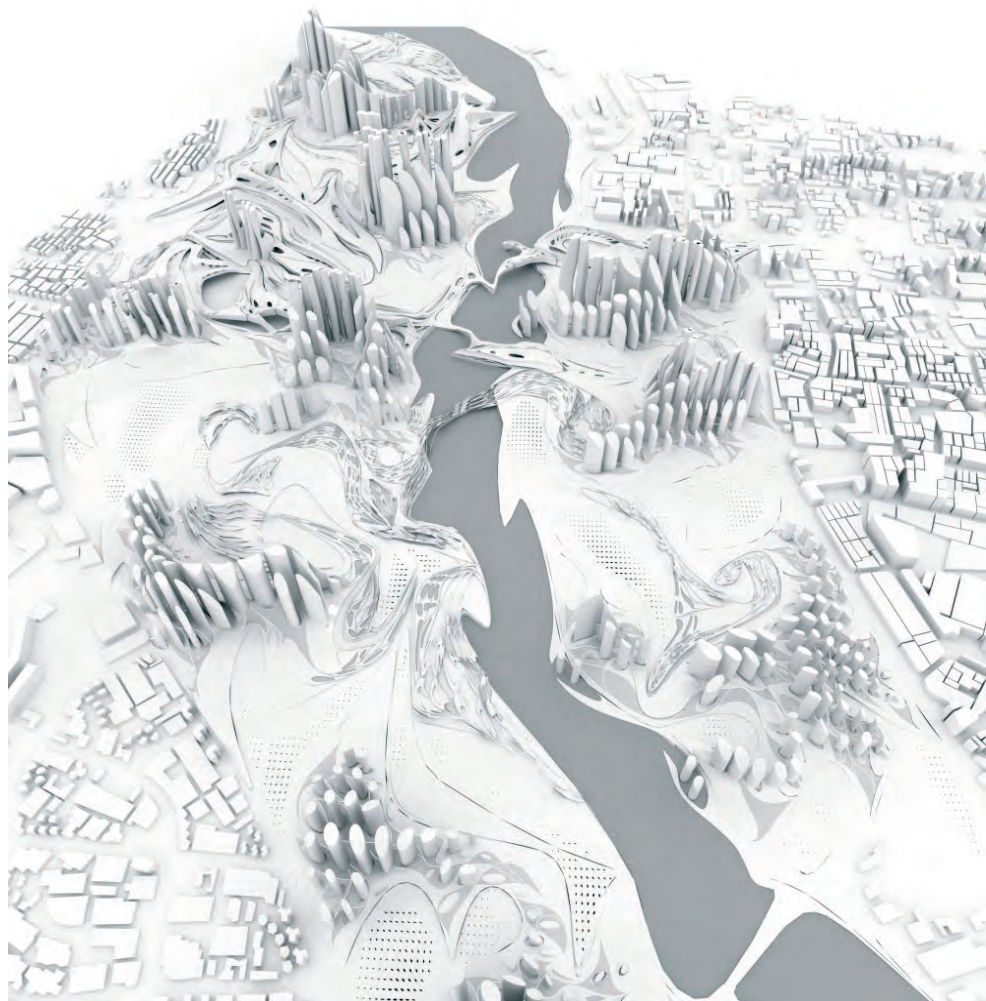
3.32. att. Kartal-Pendik detālplāna vizualizācija.

Vēl viens izcils piemērs ir Kartal-Pendik detālplāns, kas ir konkursa priekšlikuma laureāts jaunai 350 ha lielai pilsētas teritorijai Stambulas austrumu daļā (skat. 3.32. attēlu). Tā ir pamestas industriālas zonas reģenerācija, kas ietvers biznesa rajonu, augsta līmeņa mājokļu attīstības projektu, kultūras iestādes, t.sk., koncertzāles, muzejus un teātrus, izklaides un rekreācijas zonu ar jahtu ostu, un tūrisma viesnīcas. Šī vieta atrodas vairāku infrastruktūras savienojumu ietekmē, ietverot galveno maģistrāli, kas savieno Stambulu ar Eiropu un Āziju, piekrastes šoseju, prāmju termināļus, kā arī kravu un pasažieru dzelzceļa savienojumu ar lielāko galvaspilsētas teritoriju.

Projekts tika uzsākts, savienojot kopā galveno infrastruktūras un pilsētvides kontekstu ar robežozošo teritoriju. Garenvirziena līnijas savieno kopā galvenos ceļus, kas sākas no Kartal rajona rietumos un Pendik rajona austrumos. Šo savienojumu integrēšana ar galvenajām garenasīm rada plūdeni tīklu, kas veido projekta pamata karkasu. Lokāli šis tīkls var tikt komplektēts, lai veidotu teritorijas ar blīvu programmatisko intensitāti vai ar pilsētas audekla vertikālu koncentrēšanu. Dažās vietās šis tīkls paceļas, veidojot augstbūvju tīklu atvērtā ainavā, kamēr citviet tas ir invertēts, kļūstot par blīvu audeklu, kas sašķērēts ar ielu tīklu. Savukārt citos gadījumos šis tīkls var pilnīgi izgaist, radot parkus un atvērtu telpu. Dažas zonas izplešas līdz ūdensmalai, radot matricu ar peldošām jahtu piestātnēm, veikaliem un restorāniem. Audeklu tālāk artikulē pilsēttelpas skripts, tas ir, ar programmēšanas valodu izveidots algoritms, kas datorprogrammā kontrolē formu veidošanu pēc iepriekš definētiem uzstādījumiem. Tas ģenerē dažādas ēku tipoloģijas pēc katra rajona individuālā zonējuma prasībām. Šis "kaligrāfiskais" skripts rada atvērtus risinājumus apstākļus, kas pārveidojami no brīvstāvošām ēkām par perimetrālās apbūves kvartāliem un, visbeidzot, par hibrīdām sistēmām, radot porainu savstarpēji

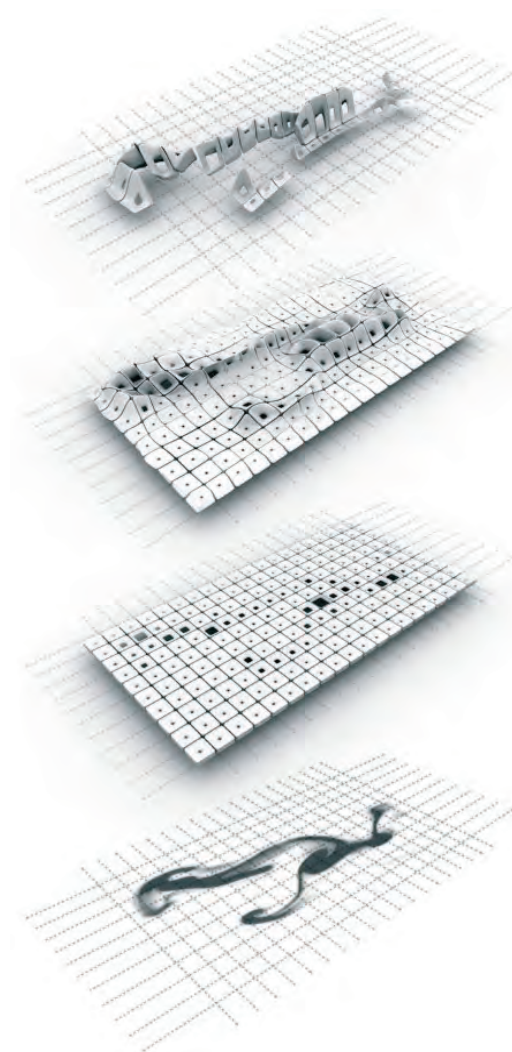
savienotu tīklu ar atvērto telpu, kas vijas viscaur pilsētai. Ar smalkām transformācijām un gradāciju no vienas teritorijas daļas uz otru, ar skriptu radītais audekls var veidot gludu pāreju no apkārt esošā konteksta uz jaunu, augstāka blīvuma teritoriālu attīstību. Plūdenais tīkls ietver sevī izaugsmes iespējas, piemēram, vietā, kur sākotnēji tīkls paredzēja zemas apbūves ēku audeklu, vai arī, kur tas saplūda ar parku zonu, var rasties augstceltnes. Tāds detālplāns ir dinamiska sistēma, kas ģenerē adaptējamu karkasu pilsētelpas formai, līdzsvarojot nepieciešamību pēc atpazīstama imidža un jaunas vides, saglabājot smalkjūtīgu jaunās pilsētas integrāciju ar esošo vēsturisko apkārtni [291]. Kartal-Pendik ūdensmalas reģenerācijas plāns ir visbūtiskākais pilsētas infrastruktūras projekts, kas jebkad ticis īstenots Turcijā un ir viens no lielākajiem šāda veida attīstības plāniem pasaulē.

Akadēmiskie eksperimenti un pieejas integrētajai pilsētplānošanai



3.33. att. Detālplāna skats no putna lidojuma, apskatot teritorijas priekšlikumu pēc *Expo* izstādes beigām.

Londonas arhitektūras skolas *Architectural Association* projektēšanas pētniecības laboratorija ir viena no vadošajām eksperimentālām bāzēm, kas saistīta ar asociatīvo urbānismu [225]. Viens no iemesliem ir fakts, ka arhitekts Patriks Šumahers ir projektēšanas mācībspēks šajā laboratorijā. Apvienotā studentu grupā viņi izveidojuši detālplānojuma priekšlikumu Šanhajas *Expo* teritorijas izmantošanai pēc pasaules izstādes beigām, kad visi izstādes pagaidu paviljoni un citas būves tiks nojauktas (skat. 3.33. attēlu). Projekts ietver trīs primārās arhitektūras tipoloģijas – diferencētu augstceltņu zonas, zemas apbūves saglabājamās *Expo* būves un kultūras iestādes, kā arī ainavu arhitektūru, kas rezervēta nākotnes attīstības projektiem. Projekta attīstība tika iegūta ar fluīdu simulāciju animāciju datorprogrammā *Maya* (skat. 3.34. attēlu). Tam sekoja secīgas projektēšanas attīstības stadijas, kā arī turpmāks skriptings un trīsdimensiju modelēšana, aizvien tālāk un vairāk atrisinot un precizējot trīsdimensiju modeli kā projektēšanas priekšlikumu, kas radies no citiem telpiskajiem, strukturālajiem un plūsmu parametriem.



3.34. att. Diagrammu sērija, kas parāda projektēšanas attīstības gaitu no sākotnējās fluīdu simulācijas programmatūrā *Maya*.

Londonā šīs pašas projektēšanas pētniecības laboratorijas ietvaros, “parametriskā urbānisma” studijā tiek arī projektēti parametriski debesskrāpji – torņu ēkas, kas ir ļoti unikālas skulpturālas būves. Galvenie modelēšanas principi ir stāvu plānu transformācija visā ēkas augstumā, sašķiepta centrālā ass vai viss apjoms, papildus izvirzījumi vai citi elementi, kas akcentē šos debesskrāpjus, piešķirot dinamiski efektīgu vizuālo tēlu. Pēc savas būtības tie ir eksperimenti, kuru mērķis ir jaunu formu meklējumi un futūristisku pilsētu veidošana. Lai gan projektu izstrāde notiek pilnībā ar datoriem, studenti pirms tam veic rūpīgas sistēmu analīzes un koncepciju meklējumus ar tradicionālām projektēšanas metodēm, vēlāk meklējot veidus un instrumentus, kā šīs idejas vizualizēt datorā. Nav izslēgts, ka tieši strādājot ar datoru, tiek iegūtas jaunas formas un telpiskās vērtības, kas nebūtu iespējams ar tradicionālām projektēšanas metodēm.

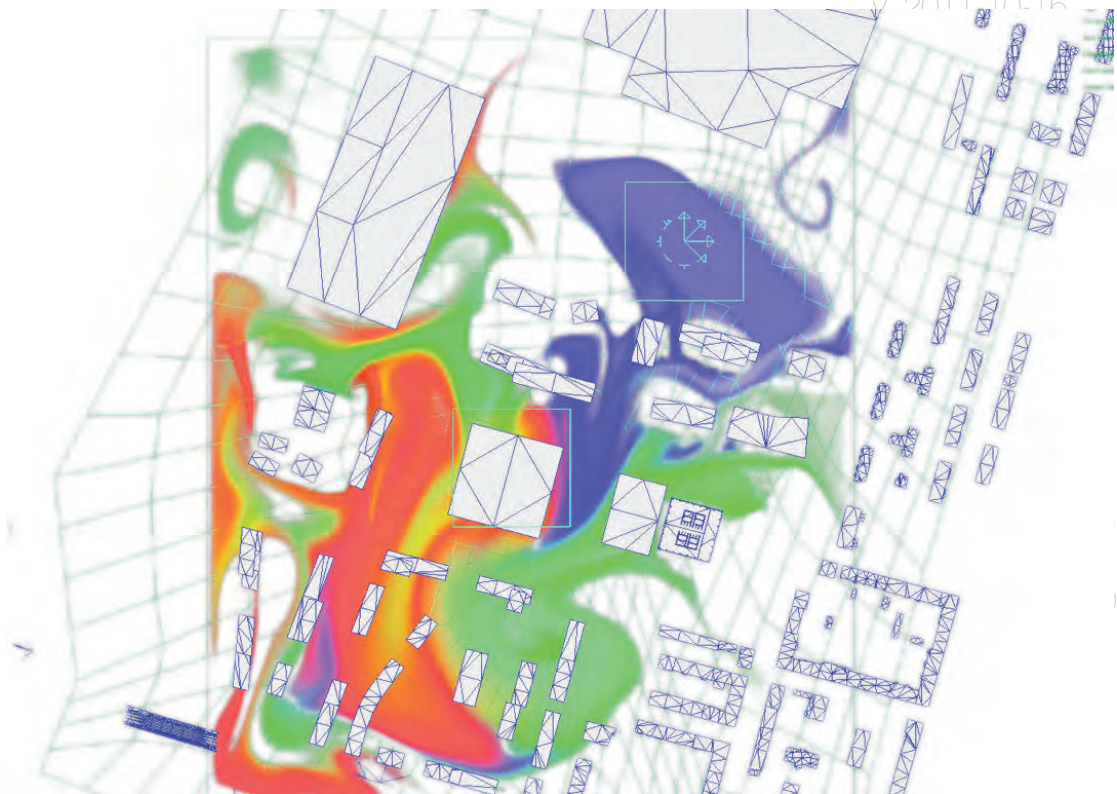


3.35. att. Torņu ēku studijas mācību programmā “parametriskais urbānisms”, Londonas arhitektūras skolā *Architectural Association*.

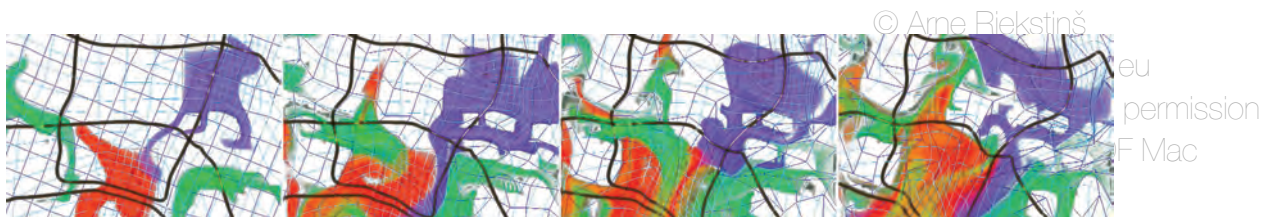
Eksperimenta gaita

Promocijas darba pētījumu ietvaros autors ir piedalījies starptautiskās biennāles *Advanced Architecture Settimo Tokyo* praktiskajā darbseminārā *Design with Maya, MEL script and plug-in*, Itālijā, 2009. gada jūnijā. Darbsemināra projektēšanas gala darbā autors īstenoja akadēmisku sadarbības projektu kopā ar itāļu arhitektu Mateju Lo Preti (*Matteo Lo Prete*), lai radītu papildinājumu Turīnas Lingotto teritorijas detālpārplānojumam, ko sākotnēji bija izstrādājis arhitekts Masimijāno Fuksā (*Massimiliano Fuksas*). Darbsemināru vadīja divi vadošie projektu arhitekti Fulvio Virzs un Ludoviko Lombardi, kuri pārstāvēja *Zaha Hadid Architects* biroju no Londonas.

Projekts ietvēra vairākus secīgus projektēšanas soļus un darbietilpīgu trīsdimensiju modelēšanu, skriptu programmēšanu un parametru attiecību uzstādīšanu. Uzdevums tika realizēts, lai eksperimentētu ar integrētās pilsētplānošanas metodiku un uzzinātu, vai, izmantojot jaunākos skaitļošanas tehnikas instrumentus un jaunāko teoriju ģeneratīvajam dizainam, pastāv kādu iespēju ierobežojumi tādai pieejai? Sākotnējā stadijā esošais Turīnas Lingotto rajona pilsēttelpas audekls un ielu tīkls tika ienests trīsdimensiju modelī. Pēc tam tika izveidots jauns tīkls, kas vēlāk tika izmantots, lai manipulētu ģeometriju un ietekmētu negaidītus formu risinājumus, kas savukārt tika iegūti ar iepriekš definētiem un uzstādītiem projektēšanas lēmumiem. Šajā stadijā autors iestrādāja programmatiskos noteikumus virtuālajai fluīdu emisijai dažādās krāsās, kas definētu, kā programmētais skripts izveidotu ēku tipoloģijas (skat. 3.36. attēlu). Tika izvēlētas un definētas trīs galvenās zonas: zilā – augstbūves, sarkanā – zema apbūve un zaļā – parku zona. Pašas zonas tika izvēlētas manuālā veidā, tikai definējot fluīdu emisijas punktus un ņemot vērā to nākotnes vajadzības plānojuma papildinājumu kontekstā. Emisijas tika kalibrētas tā, lai tās izplestos pa teritoriju, ievērojot esošās apbūves struktūru kā šķēršļus un applūstu tai apkārt.

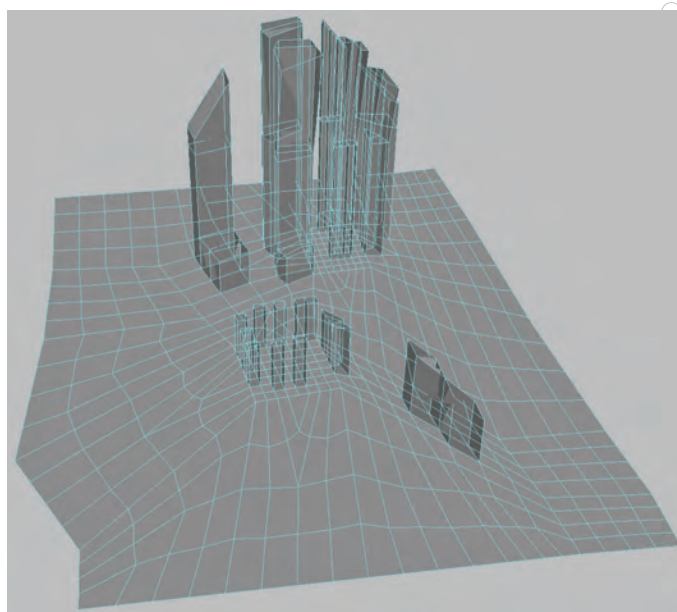


3.36. att. Virtuāla fluīdu simulācija, definējot ēku tipoloģijas. [A.R.]

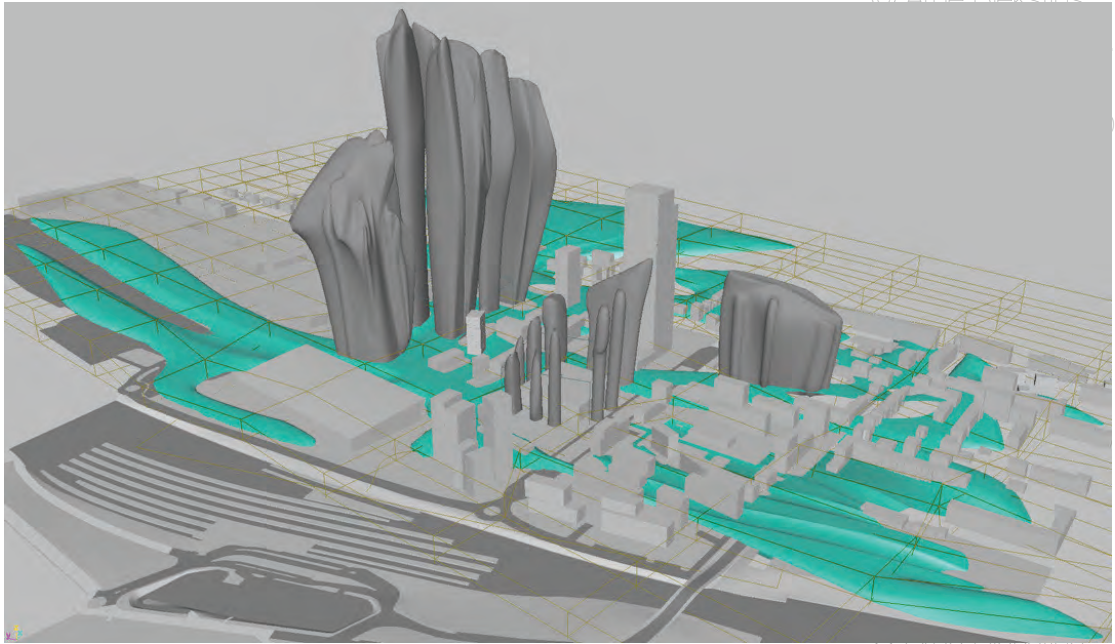


3.37. att. Animācijas sekvence, kas parāda plānojuma tīkla deformācijas telpā, fluīdiem izplatoties un sajaucoties pa projektējamo teritoriju. [A.R.]

Autors uzprogrammēja arī skriptu, kas izstiep un saspiež iepriekš uzstādīto tīklu atkarībā no emitētajām plūsmām. Jaunais tīkls ar savu struktūru un ielu tīklu bez šuvēm tika sapludināts ar apkārt esošo kvartālu apbūvi, savienojumu vietās neatstājot nekādas pēdas. Visas transformācijas jaunā tīkla iekšienē bija konstanti savienotas ar apkārtējo teritoriju. Tīkls tika veidots ar animācijas metodi un tad, kad no dinamiskās pārveidojumu secības (angļu val. – *sequence*) variantiem tika izvēlēts vēlams variants, tika modelēta vertikālā dimensija (skat. 3.38. attēlu). Jaunās augstbūves tika koriģētas, lai tās iekļautos galvenajos skatu punktos un panorāmu siluetos.



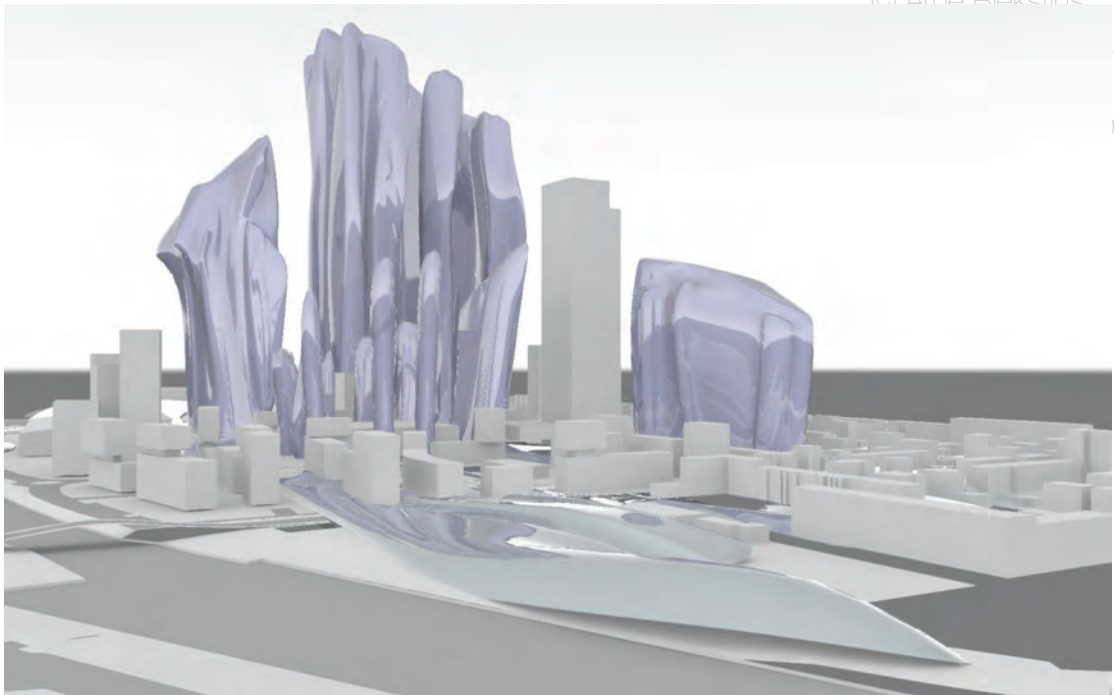
3.38. att. Augstbūvju vertikālā dimensija. [A.R.]



3.39. att. Sekundārais kontroles tīkls, atklājot ainavu arhitektūras detaļas. [A.R.]

Nākošās darbības bija stūraino ģeometriju noslīpēšana un augstbūvju modelēšana, lai tās atbilstu aerodinamiskām un estētiskajām prasībām. Tīkla zemākais līmenis tika pieņemts par pamatu ainavu arhitektūras risinājumam (skat. 3.39. attēlu). Tā kā autors nolēma atbrīvot visu teritoriju no automobiļiem, paredzot to satiksmei zem zemes līmeņa, tika iegūts gājēju ielas līmenis, kas ļāva tajā iepludināt jaunu parku un apzaļumojumu struktūru.

Šis eksperiments ir pierādījis, ka integrētās pilsētplānošanas pieeja var tikt īstenota ar vairākiem datorizētiem darba instrumentiem, kuru izcelsme meklējama citās, ne arhitektūras nozarēs. Mūsdienās var risināt pilsētelpas dinamiku animāciju datorprogrammās, kas sākotnēji bija domātas lietošanai Holivudā un citās filmu industrijās. Prasmīgi savienojot mūsdienu arhitektūras teorijas un vizualizācijas iespējas, var nonākt pie klasiskās pilsētplānošanas paplašināšanas, pakāpeniski iegūstot futuristiskas ievirzes un jaunus apvāršņus. Integrētās pilsētplānošanas projektēšanas procesos praktiski nav ierobežojumu.



3.40. att. Turīnas Lingotto detālplāna papildinājuma gala vizualizācija. [A.R.]

Arhitektiem ir liela ietekme uz pilsētām, kas attīstās, ievērojot mūsdienu sabiedrības vajadzības. Pilsētplānošanas arhitektūra iegūst jaunu redzesloku un kļūst par „spēļu laukumu” jaunām iespējām, par kurām iepriekš nav domāts, noraidot nogurdinošos standartus, kas paredzēti būvniecībai, un liekot pārdomāt līdz ar tehniskās evolūcijas pārprogrammēto arhitekta lomu pilsētplānošanā [182, 134]. Integrētā pilsētplānošana balansē starp radikālu progresu, pārdomātiem pētījumiem un poētisku urbanizācijas atspoguļojumu.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

3.6. Algoritmiskā arhitektūra, skriptings un ģeneratīvās projektēšanas metodes

Šajā nodaļā analizēta algoritmiskā arhitektūra, skriptings un ģeneratīvās projektēšanas metodes, kā arī oriģināls autora eksperiments, kas veikts, izmantojot šīs metodes. Pirms autora eksperimentiem analizēti trīs paviljoni, kuru realizēšanai izmantoti algoritmiskās arhitektūras projektēšanas instrumenti. Ar skriptingu un ģeneratīvām projektēšanas metodēm veiktie eksperimenti padziļināti pēta, kādas iespējas tie sniedz arhitektūras projektēšanā. Eksperimentos apskatīti galvenie principi un pieejas veidi šādai metodikai. Pētījuma rezultātā secināts, kādu arhitektūras uzdevumu risināšanai šīs metodes vislabāk izmantojamas.

Datora stiprā puse ir ātri izpildīt loģisku komandu sērijas, kas tās var momentāni pārvērst no vienas funkcijas citā. Taču operatīvajā un parametriskajā līmenī arhitekti ir spiesti veikt projektēšanas procesus, izmantojot tādas datorsistēmas, kas sākotnēji ir bijušas radītas, lai atrisinātu problēmas citās nozarēs, piemēram, lidmašīnu projektēšanas, datorgrafikas vai kino industrijā. Tamdēļ pēdējo gadu laikā daudzi arhitekti ir pievērsušies paši savu programmatūru kodu radīšanai (skriptings u.c. ģeneratīvās metodes), kas ir piemēroti viņu īpašajām vajadzībām. Tikai šis solis pretim algoritmiskajai projektēšanas metodei ir bijis par iemeslu, lai radītu tādus projektus, kā arhitektu biroja *Herzog & de Meuron* „putnu ligzdu“ – olimpisko stadionu Pekinā, *PTW* olimpisko peldbaseinu Pekinā, *Ocean North* mūzikas un mākslas centru Jyvāskylā, *Norman Foster & Partners* Britu muzeja lielo iekšpagalma jumta stiklojumu, arhitekta Toiyo Ito „Serpentine Gallery“ paviljonu u.c [238]. Visu šo un daudzu citu pasaulē pazīstamu arhitektūras meistardarbu tapšanā ir izmantotas algoritmiskās arhitektūras neizmēlamās iespējas. Desmit gadu laikā ir notikušas būtiskas izmaiņas arhitektu darbarīku izvēlē par labu digitālajām sistēmām. Līdz ar to digitālās sistēmas arhitektūru ievēdušas jaunā attīstības stadijā, kas šobrīd jau iet savu gaitu. Viss jaunais un arhitektūrā noderīgais, kas jau tiek lietots citās nozarēs, tiek diezgan ātri aizgūts vai pārņemts. Tāpēc ir bijuši un turpina notikt neskaitāmi mēģinājumi arhitektūru „sakrustot” ar citām, ne arhitektūras nozarēm. Tieši tādā veidā arhitekti ir sākuši izmantot skriptingu un citas ģeneratīvās projektēšanas metodes.

Lai gan vairums algoritmu tiek izveidoti, lai atvieglotu darbietilpīgas manuālas darbības, pastāv arī virkne algoritmu, kas nav mērķēti uz paredzamu rezultātu iegūšanu. To induktīvā stratēģija ir atklāt ģeneratīvus procesus vai arī simulēt kompleksas parādības. Projektēšanā formu gramatikas (angļu val. – *shape grammars*), topoloģiskās īpašības, matemātiskie modeļi, ģenētiskās sistēmas, kartēšanas metode

un visa veida “morfismi” ir algoritmiskie procesi, ar kuriem tiek pētītas neparastās, neparedzamās un nekategorizējamās formālās īpašības un uzvedība.

Algoritmiskā projektēšana saistīta ar datoru programmatūrām, ar kurām tiek radīta telpa un forma no uz noteikumiem balstītas loģikas par arhitektūras programmu, tipoloģijām, būvnormatīviem un pašu programmēšanas valodu. Lai šāda pieeja būtu vieglāk izmantojama, ar nodomu ir izveidotas speciālas skriptinga valodas, kas ir pieejamas trīsdimensiju modelēšanas programmatūrās (*MEL Script*, *Rhinoscript*, *MAXScript* u.c.), lai ar to konsekvenci, struktūru, sakarībām, izsekojamību un pētījumiem radītu datorizētu trīsdimensiju formu. Projektētāji izmantojot skriptinga valodas var tikt pāri ierobežojumiem, kurus uzstāda pašreizējā trīsdimensiju modelēšanas programmatūra [93]. Tieši ar skriptingu var veikt tādas darbības, kuras manuālā veidā aizņemtu pārāk daudz laika. Šajā procesā ar esošiem instrumentiem arhitekti spēj radīt jaunus un individuālus instrumentus. Tā ir viena no visinovatīvākajām parādībām arhitektūras vēsturē. Nenoliedzami, arhitekti ir sākuši strādāt ar programmēšanas metodiku, lai atrisinātu kompleksas projektēšanas problēmas. Mūsdienās avancētos arhitektu birojos strādājošo prasme izmantot skriptingu vai kādu citu ģeneratīvo projektēšanas metodi vairs netiek uzskatīta par lielu priekšrocību, bet par obligātu prasību.

Algoritmiskās loģikas mērķis nav izstumt tradicionālās “manuālās” metodes, bet gluži pretēji – apvienot datorizēto sarežģītību, kā arī datoru radošo izmantojamību. Arhitektiem algoritmiskā projektēšana ļauj projektētāja lomai apvienot abas unikālās īpašības – cilvēka prātu un skaitļošanas iespējas. Tā rodas sinerģija starp abiem partneriem. Iespējams, tas paver iespēju pirmo reizi arhitektūras projektēšanu pielīdzināt nevis formālismam vai racionālismam, bet inteliģentai formu valodai un izsekojamam radošumam.

Algoritmiskās arhitektūras piemēri

2009. gada rudenī Somijā, Oulu Universitātē notikušajā darbseminārā *Generate* notika virkne eksperimentu par jaunām algoritmiskās arhitektūras iespējām. Divi konceptuāli atšķirīgi projekti tika realizēti mērogā 1:1 ar datorizētās ciparvadības ražošanas aparatūru. Šajā pašā laika periodā Starptautiskajā Katalonijas Universitātē Barselonā arī tika realizēts vēl viens paviljons, kurš radīts, iedvesmojoties no vienšūņu un putekšņu kompleksās struktūras.

Algoritmiskā arhitektūra nav tikai jaunas programmēšanas valodas apgūšana, bet arī vienlaikus jauns domāšanas veids [123]. Algoritmiskajā arhitektūrā visa uzmanība tiek pievērsta procesam, kurā forma tiek veidota pēc precīziem

matemātiskiem noteikumiem un principiem. Darbseminārā Oulu tika meklēta saikne starp formu un struktūru – kā šos divus elementus izveidot ar vienota algoritma palīdzību. Par galveno instrumentu šajā darbseminārā tika izvēlēta trīsdimensiju modelēšanas programmatūra *Rhinoceros* un tajā pieejamais skriptings *Rhinoscript*. Darbseminārā tika risinātas dažādas nelielas tiltu un pārsegumu konstrukcijas, kā arī miniatūri paviljoni. Projektēšanai beidzoties, pāris mēnešus vēlāk Oulu Universitātē tika organizēta starptautiska konference *Generate* par algoritmisko arhitektūru. Konferencē ietvaros tika izveidota izstāde, kurā bija prezentēti visi darbsemināros realizētie projekti.

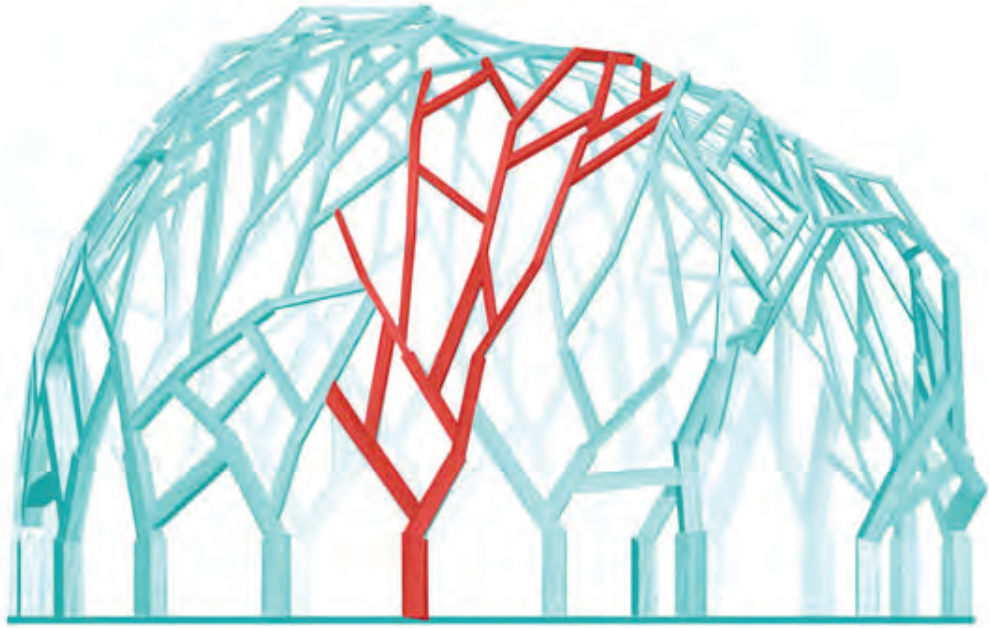
Pirmais paviljons ar devīzi *Ligna* tika projektēts ar algoritmisku sazaršanās sistēmu – *L-systems*, tā autori bija Tonijs Osterlunds (*Toni Österlund*) un Ēro Lundēns (*Eero Lundén*). Ar šo sistēmu var modelēt augšanas procesus un radīt vienkāršas morfoloģijas. Projekta ideja bija izveidot trīsdimensionālu paviljonu un tad atrast veidu, kā to realizēt ar digitālās ciparvadības iekārtām. Konceptuāli tika nolemts veidot struktūru, kas līdzinātos kokam, taču ar *L-systems* algoritmiem iegūstama sazarota struktūra, kas neveido pārsegumu – turklāt, uz augšu tās sazaršanās kļūst arvien smalkāka. Pēc vairākiem eksperimentiem autori nolēma veidot veselu 19 koku paaudzi, kas izvietoti pa iedomātu riņķa līniju un, sasniedzot galotnes, savienojas, veidojot pārseguma struktūru.

```
Dim axiom : axiom = "F"
Dim numberOfGenerations : numberOfgenerations = 2

Dim Rules
ReDim rules(0,1)
rules(0,0) = "F"
rules (0,1) = "F[-[+[-F][+F]]]"

F[-[+[-F][+F]]][-[+[-F[-[+[-F][+F]]]](+F[-[+[-F][+F]]])]][-
[+[-F[-[+[-F][+F]]]]][-[+[-F[-[+[-F][+F]]]](+F[-[+[-F][+F]]])]](+F[-[+[-F][+F]]]](-[+[-F[-[+[-F][+F]]]](+F[-[+[-F][+F]]])]](+F[-[+[-F][+F]]])]]]]]]
```

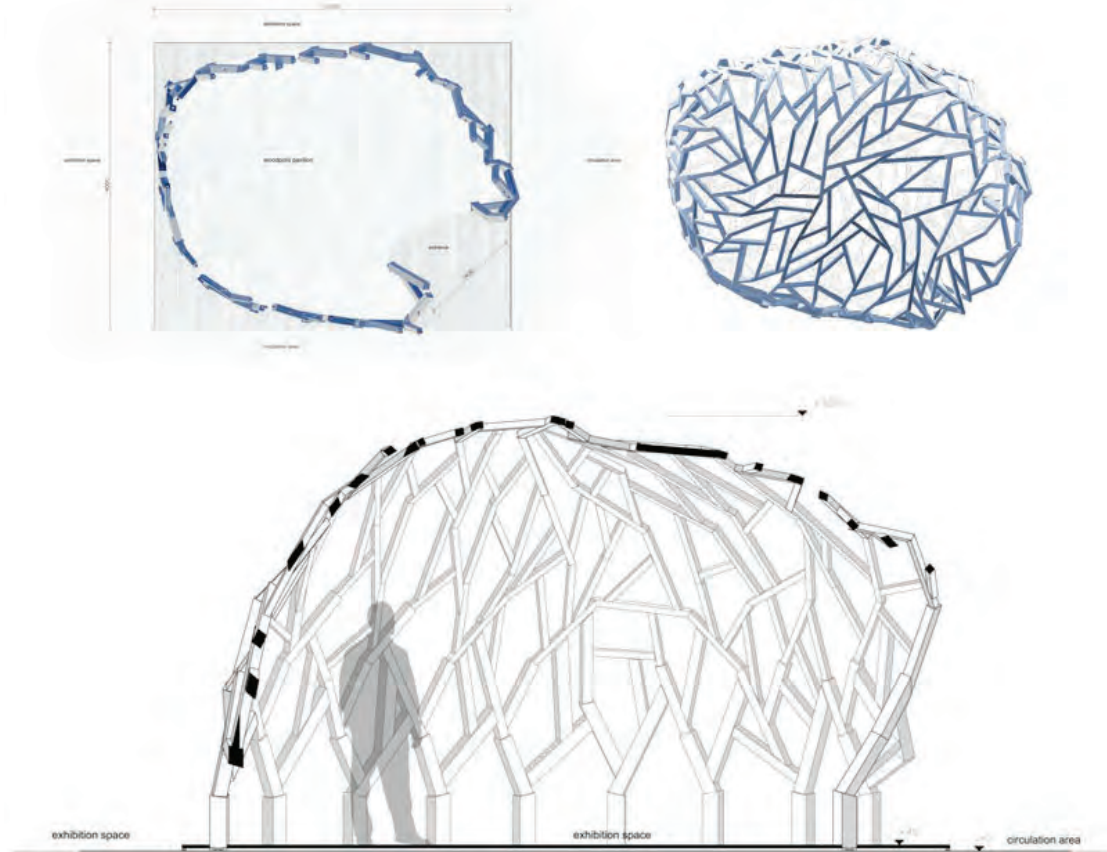
3.41. att. *L-systems* skripts vienam konceptuālam paviljona karkasa “kokam”.



3.42. att. Paviljona koncepcija ar 19 kokiem, tumšāk iekrāsota viena no *L-systems* struktūrām.

Tā kā *L-systems* ir izcils instruments algoritmisku struktūru veidošanai, tā konfigurēšana un kontrolēšana trīs dimensijās ir praktiski neiespējama. Tāpēc konceptuālā ideja par algoritmisko koku savienošanos bija jārealizē manuālā veidā ar trīsdimensionālu modelēšanas metodi. Sākumā tīri pēc sajūtām koka stumbram un zaru sistēmai tika piešķirtas parametriskas dimensijas – šķērsriezums un citas izmēra dimensijas. Lai pārlicinātos, ka apmēram 3,2 metrus augstais paviljons ar koka svaru spētu sevi noturēt, projektam bija nepieciešama strukturālā stiprības analīze. Tika izdomāts atsevišķos koka elementus savienot ar koka tapām, tajā pašā laikā nodrošinot vēl vienu būtisku Somijas arhitektūras skolas tradīciju – viss paviljons būtu izgatavojams no 100% koka konstrukcijām. Tālāk ar empīriskām metodēm tika aprēķināts viens koka tapas savienojuma veids un visi dati tika pārnesti uz struktūras analīzes programmatūru. Šajā stadijā dators uzreiz norādīja uz paviljona vājajām vietām, kurās nepieciešama stingrāka konstrukcija. Izmaiņas tika modelētas ar *Rhinoceros* un modelis tika atkārtoti analizēts, līdz tika atrasta optimāla forma un pareizi koka konstrukciju šķērsriezumi.

Nākamajā posmā viss trīsdimensiju modelis tika sadalīts pa elementiem un nosūtīts uz kokzāģētavu, kura specializējas uz individuālu datorizētu koka konstrukciju izgatavošanu. Tā kā projekts bija pilnībā digitāls, datora rasējumus pārsūtīja elektroniski un arī materiālu specifikācija bija tikai elektroniskā formātā. Autoriem bija tikai jāparaksta pasūtījuma nodošana un saņemšana.



3.43. att. Paviljona *Ligna* plāns, skats no augšas un griezum.

Paviljons tika uzstādīts Oulu Universitātes pagalmā, pie -2° grādu āra temperatūras. Galvenās grūtības radīja neparedzētie laika apstākļi un relatīvi lielais mitrums, kas apgrūtināja koka tapu savienošanu. Autori nebija paredzējuši koka piebriešanu un tāpēc dažās vietās tas plaisāja. Savukārt par paviljona montāžas shēmu arī nebija līdz galam izdomāts, jo tiklīdz paviljona viens sāns bija nostiprināts, otrā sānā ievietot nākamo elementu bija praktiski neiespējami. Vienīgais risinājums bija atslābināt saķīlēto vietu un tad to sastiprināt vēlreiz. Šāda struktūra, kas ir uz iekšu vērsta, būtu montējama no augšas uz leju. Neskatoties uz grūtībām, paviljonu četru cilvēku komanda samontēja nepilnās piecās darba dienās.



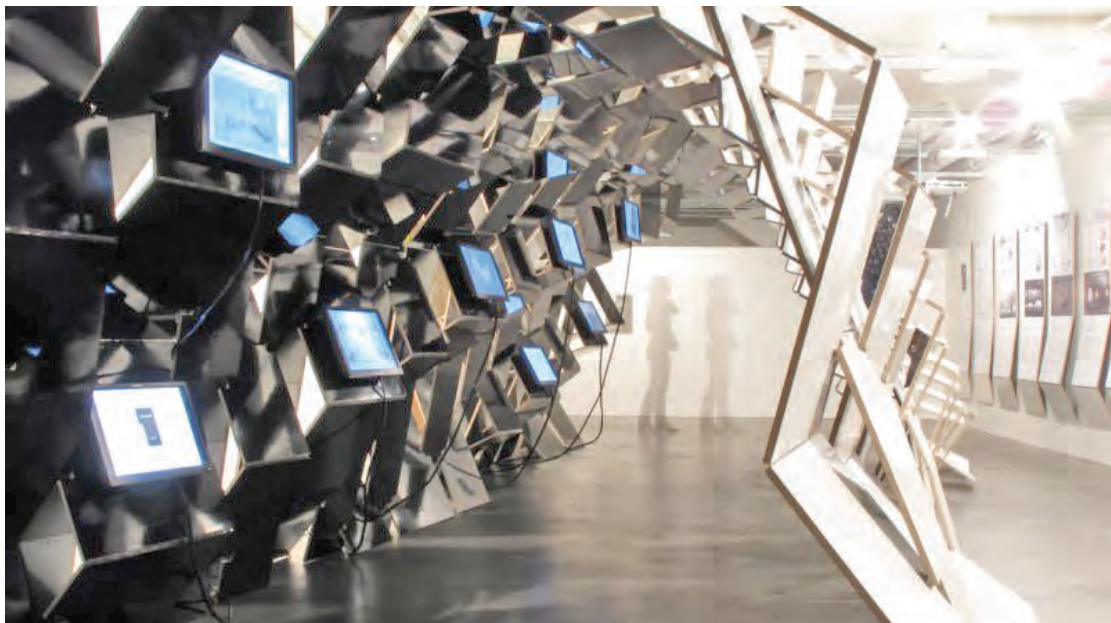
3.44. att. Paviljons *Ligna* Oulu Universitātes pagalmā. [A.R.]

Otrs paviljons tika speciāli izveidots izstādes vajadzībām, lai tajā izvietotu multimediju prezentācijas par darbseminārā īstenotajiem projektiem un apmeklētāji varētu tam iziet cauri. Šo paviljonu veidoja ar *Rhinoscript* skriptingu, kā vienkāršu plakņu iterāciju noteiktā telpā. Struktūras noturība tika iegūta, veidojot blakus esošajās plaknēs iegriezumus un saķīlējot tās savstarpēji kopā. Vienā rindā esošās plaknes tika sastiprinātas ar klavierenģēm. Paviljona elementus izžāģēja uz vienkāršas 3-asu digitālās frēzes (*CNC*) no finiera saplākšņa. Lai paviljonam piešķirtu vizuāli efektīvāku izskatu, saplākšni pirms frēzēšanas laminēja ar speciālu spīdīgu mēbeļu lakas kārtu – no vienas puses baltā un no otras puses melnā krāsā. Tas rada pilnīgi atšķirīgas sajūtas, apskatot paviljonu no ārpuses – tas ir balts un vizuāli viegls, bet ieejot tajā iekšā – tas ir melns un smagnējs, jo tas rada noslēgtas telpas sajūtu, līdzīgu, kā atrodoties alā. Paviljonā uz iekšējām plaknēm gar sāniem tika izvietoti datoru monitori un blakus tiem arī mazi ar ātrās prototipēšanas metodi izveidoti citi darbsemināra projektu maketi. Kopumā šis paviljons ir ļoti vienkāršs piemērs, ko var realizēt īsā laikā ar nelieliem līdzekļiem un ļoti automatizēti – ar viena neliela skripta palīdzību. Manuālā veidā šādu paviljonu arī varētu uzzīmēt, taču tas aizņemtu daudz vairāk laika. Šāda ar skriptingu radīta objekta modelēšana ir daudz efektīvāka, jo, izmainot nedaudz skripta formulas, iegūstams atšķirīgs rezultāts. Ļoti ātri un ar nelielu programmēšanas apjomu iespējams iegūt un izanalizēt daudzus dažādus projekta variantus, lai no tiem izvēlētos konkrētiem projekta kritērijiem atbilstošāko.



3.45. att. *Generate* paviljons skatā no ārpuses.

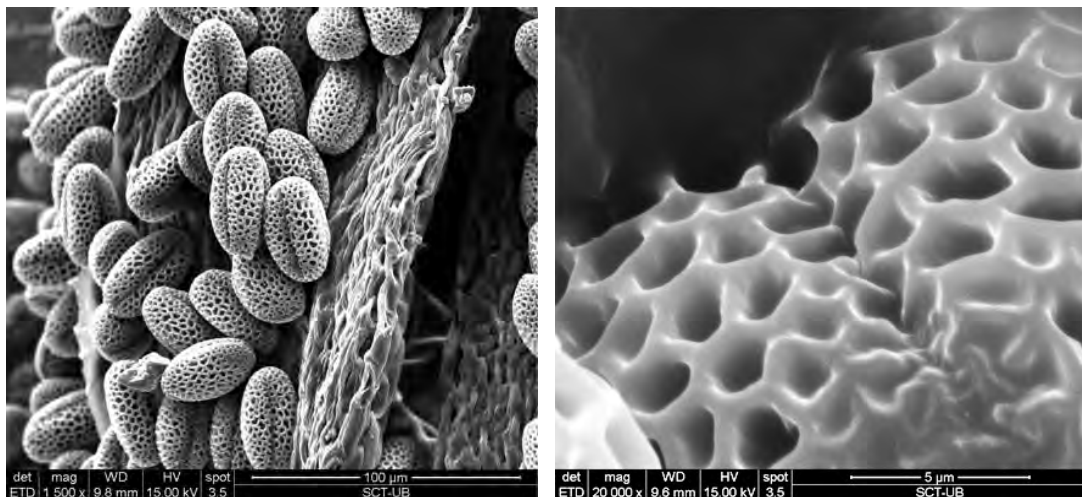
v. 2011-10-16



3.46. att. *Generate* paviljons no iekšpuses, kurā tiek demonstrētas multimediju prezentācijas.

Trešais paviljons, iedvesmots no vienšūņa amēbas skeleta *Radiolaria* un no ziedputekšņa, kura forma ģenerēta ar algoritmisku pieeju, ir biodigitālās arhitektūras profesora Alberto Esteveza (*Alberto Estévez*) zinātniskais eksperiments. Projekta tapšanā piedalījās vesels ducis speciālistu, tajā skaitā arī studenti no Starptautiskās Katalonijas Universitātes Barselonā. Projekta veidošanai bija nepieciešams vesels gads,

tas ietvēra izpēti, modelēšanu, skripta programmēšanu un paviljona izgatavošanu. Paviljonā tika ievietota Svētās Karmelas statuja, to uzstādīja universitātes pagalmā un iesvētīja 2009. gada oktobrī. Projekta ideja radās, pētot mikroskopā viensūnas amēbu *Radiolaria* skeletus un ziedputekšņus, kas atklāja to ļoti oriģinālo un līdzīgo uzbūvi. Projektā tika nolemts interpretēt viensūņa skeleta un ziedputekšņu ovālo struktūru dēļ to oriģinālās un vienlaikus ļoti ģeometriskās uzbūves. Tā uzbūve veidota no neregulāru sešstūru šūnu atvērumiem visā virsmā, kas ir ar atšķirīgām dimensijām. Šī projekta koncepcijā izmēģināta „Ģenētiskās arhitektūras izpētes“ grupas darba rezultāti, kas ir realizējami, pateicoties jauna veida stratēģijām projektēšanā – ar algoritmisko arhitektūru un digitālajām ražošanas tehnoloģijām [23, 679]. Paviljona skripta daļu veidoja arhitekts Ernesto Bueno, izmantojot *Rhinoceros* trīsdimensiju modelēšanas programmatūru un tā papildinājumu *Rhinoscript*, kā arī speciālu papildinājumu *Math plug-in*, kas veido *NURBS* virsmas no matemātiskām formulām.



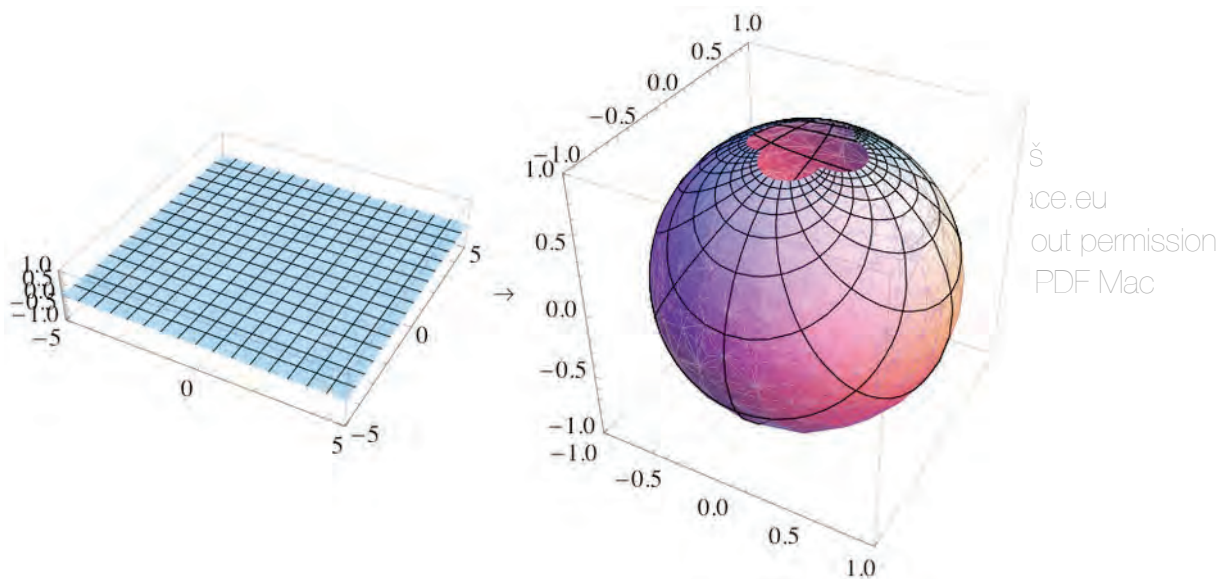
3.47. att. Ziedputekšņi mikroskopa palielinājumā 1500x un 20000x.

Tiek uzskatīts, ka bioloģiskas formas arhitektūrā pastāvējušas kopš tās pirmsākumiem. Profesors Alberto Estevez raksta, ka šī biomorfiskā arhitektūra ir pastāvējusi pārsvarā kā ornamentāli elementi, kurus vienmēr ierobežojušas pieejamās būvniecības metodes [53]. Tikai nesēnā pagātnē ar tehnoloģiju palīdzību ir izdevies ieskatīties dziļāk dzīvības formās, lai izprastu to loģiku, abstrahēt to kā algoritmus un ieviest dzīvē ar skaitļošanas tehnoloģiju palīdzību – radot tādus projektus, kam piemīt efektīvi biomimētiski risinājumi. Mūsdienās ar šo stratēģiju palīdzību ir realizēti daudzi biomimētiski projekti. Iedvesmojoties no grāmatas “Algoritmiskais augu skaistums” (angļu val. – *Algorithmic Beauty of Plants*) [132], daudzi arhitekti ir mēģinājuši izstrādāt projektus, izmantojot algoritmiskās projektēšanas stratēģijas formu ģenerēšanai, kas var tikt attiecināta uz biomimētiskiem risinājumiem.

Tiek uzskatīts, ka, kombinējot algoritmiskās projektēšanas tehnikas (piemēram, skriptingu) ar *NURBS* modelēšanas stratēģijām (piemēram, izmantojot *Rhinceros* vai *Maya*), iespējams vislielākais potenciāls formas radīšanā no visām pašlaik pieejamajām projektēšanas tehnoloģijām [24]. *Radiolaria* paviljona projektā tika izmantots galvenokārt *Rhinoscript* skriptings.

Paviljona veidošanā tika izmantota ļoti ģeneratīva projektēšanas pieeja, ar kuras palīdzību gandrīz visas formas tika iegūtas tikai ar skriptingu. Tika izveidots speciāls algoritms, lai radītu vispārējo struktūras konfigurāciju. Tas sastāvēja no bišu šūnas algoritma, ar kuru tika novērsta nepieciešamība modelēt šo sarežģīto formu manuālā veidā. Lai gan pats skripts bija sarežģīts, ar tā loģisko struktūru bija iespējams relatīvi ātri modelēt daudzus atšķirīgus projekta variantus pēc kārtas, kamēr tika atrasts vispiemērotākais risinājums. Ar manuālu modelēšanu katrā variantā viss būtu jāpārzīmē no jauna, patērējot atkārtotām modelēšanas darbībām ļoti daudz laika. Tādā veidā ar skriptinga palīdzību iespējams izslēgt iespēju kļūdīties – manuāla modelēšana var būt sarežģīta un nepietiekami precīza.

Modelējot sākotnējo paviljona virsmu ar sfērām un citiem sfēras ģeometrijas elementiem nebija iespējams radīt pamata virsmas korektu konstrukciju, tāpēc bija jāizmanto tāda pieeja, kurā izoparametriskās līknes nesaplūst vienā punktā uz virsmas lauka. Risinājums tika sasniegts tikai ar matemātisko *Rhinceros* programmatūras papildinājumu *Math plug-in* [247], kurā plakni iespējams izklāt pa stereogrāfiskas sfēras virsmu (skat. 3.48. attēlu). Lai to sasniegtu bija nepieciešams iedziļināties matemātikā, bez kuras šāda tipa projekti nav iedomājami.



3.48. att. Dekarta plaknes stereogrāfiska projekcija.

Šo plaknes izklāšanas metodi bieži izmanto optikā un kartogrāfijā, un Dekarta koordinātēs to var izteikt ar formulu:

$$\{x, y, z\} = \left\{ \frac{2x}{x^2 + y^2 + 1}, \frac{2y}{x^2 + y^2 + 1}, \frac{x^2 + y^2 - 1}{x^2 + y^2 + 1} \right\} \quad (3.1)$$

kur x, y, z – koordinātu punkti telpā.

Lai aprēķinātu punktu uz virsmas, nepieciešams no formulas 3.1 iznest koordināšu parametrus funkcijās u un v , kas apzīmē virsmas virzienus:

$$x = \frac{2u}{u^2 + v^2 + 1} \quad (3.2)$$

$$y = \frac{2v}{u^2 + v^2 + 1} \quad (3.3)$$

$$z = \frac{u^2 + v^2 - 1}{u^2 + v^2 + 1} \quad (3.4)$$

kur u – koordināšu virziens plaknē horizontāli;

v – koordināšu virziens plaknē vertikāli.

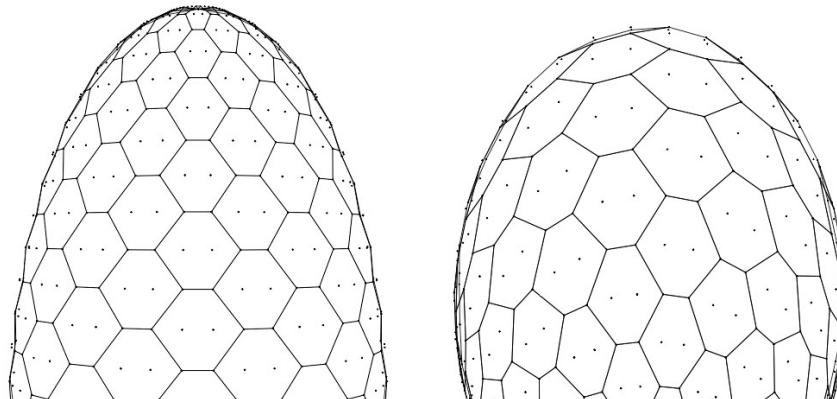
Lai būtu iespējams izveidot punktu masīvu *NURBS* virsmas modelēšanai, ar *Math plug-in* iterāciju aprēķina formulas 3.2, 3.3 un 3.4, kad tās tiek ievadītas kopā ar: u un v datiem – minimālām un maksimālām iterācijas uzstādītām robežvērtībām; punktu skaitu katram virzienam, kas vienlaikus ir nepieciešamo iterāciju skaits.

Šim paviljonam tika izmantota stereogrāfiska sfēra, kas ir neregulāri izstiepta un rotēta, lai izveidotu vēlamas proporcijas sfērisku formu. Skaitļojot punktu masīvu uz sfēras virsmas ar parastu pārdalīšanas metodes algoritmu, tajā tika ievietota instrukcija veikt atkārtotu “cilpas” aprēķinu, kuram ar katru reizi ir pieaugoša vērtība, lai informācija par punktiem tiktu iegūta kā divdimensiju matrica. Pretējā gadījumā nebūtu iespējams iegūt korektu topoloģisku attiecību starp punktiem – kā u un v vērtības, kas izsaka parametriskas dimensijas, atrodoties uz virsmas. Iegūto matricu izmanto virsmas pārdalīšanai sešstūros cauri visiem virsmas pārdalīšanas kontrolpunktiem (skat. 3.49. attēlu). Šai darbībai tika izmantota Andrjū Kudlesa (*Andrew Kudless*) sešstūru veidošanas algoritma formula [240], lai ar iterācijas palīdzību izveidotu pa sešstūriem pārdalītu virsmu no katriem sešiem relatīviem punktiem:

$$q^0 \left(\begin{array}{l} p_0 \leftarrow (u, v + 1) \\ p_1 \leftarrow (u + 1, v) \\ p_2 \leftarrow (u + 2, v) \\ p_3 \leftarrow (u + 3, v + 1) \\ p_4 \leftarrow (u + 2, v + 2) \\ p_5 \leftarrow (u + 1, v + 2) \\ p_6 \leftarrow p_0 \end{array} \right)$$

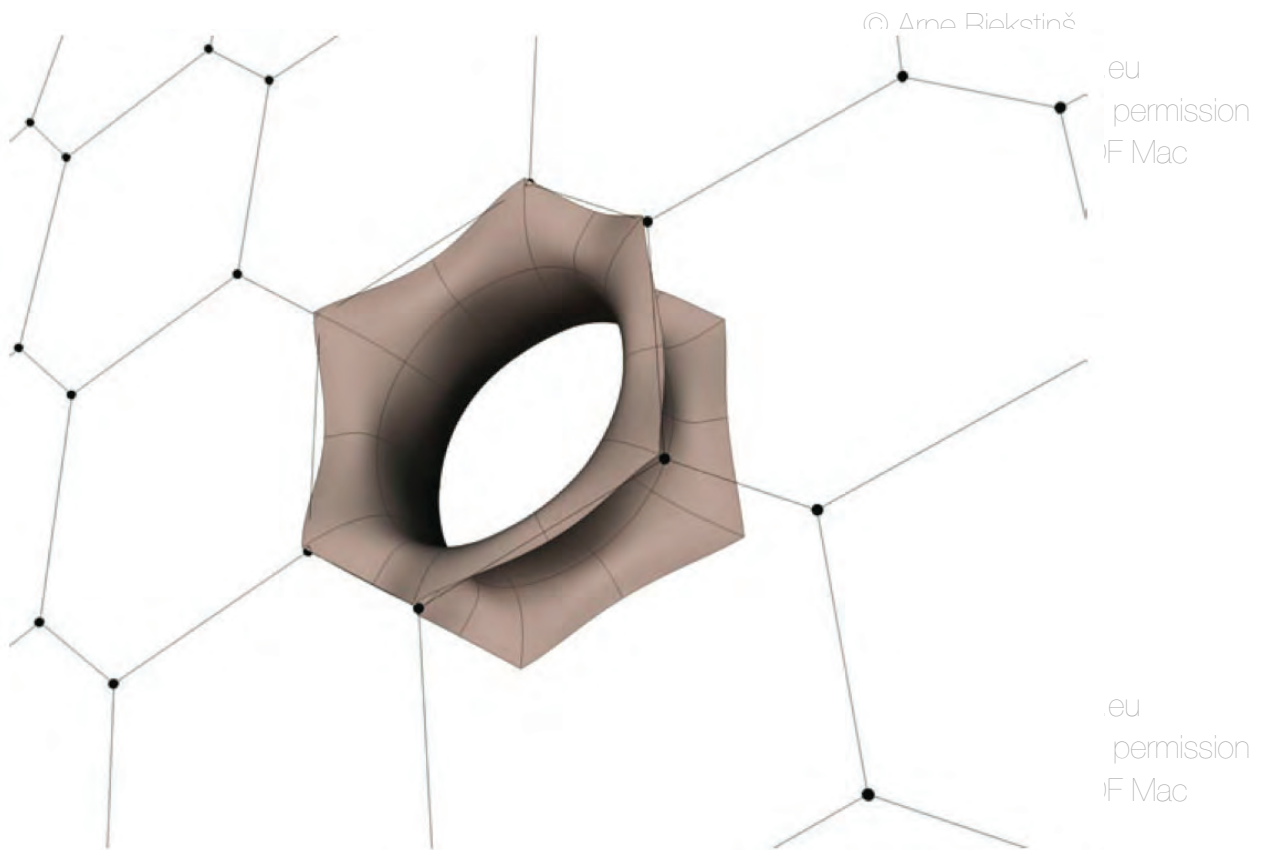
kur q – sešstūru ģeometrija;
 $p_0 \dots p_5$ – punkti sešstūru ģeometrijas veidošanai;
 u – koordināšu virziens plaknē horizontāli;
 v – koordināšu virziens plaknē vertikāli.

Katru sešstūru ģeometriju veidoja no sešiem punktiem, beigās nosakot par septīto punktu p_0 , kurš nepieciešams, lai ar skriptu izveidotu noslēgtu trīsdimensiju modelēšanas poli-līniju (angļu val. – *polyline*). Šajā daļā u un v vērtības, kas definē plaknes koordinātes, arī tika ievietotas atkārtotā cilpas aprēķinā un izmantotas kā iterācijas mainīgie.



3.49. att. Sešstūru virsmas pārdalīšana pēc sfēriskas virsmas kontrolpunktiem (pa kreisi) un transformēta stereogrāfiska sfēra (pa labi).

Tā kā sešstūra pārdalījuma iterācija bija jāveic divos plaknes virzienos (u un v), tā tika atkārtota katrā nākamajā punktā ar sekundāro atkārtojumu 4. cilpas solī un ar primāro atkārtojumu 2. cilpas solī. Atkārtojuma cilpās, kur kāds no mainīgajiem ir lielāks par 1, dažas iterācijas tiek izlaistas. Tamdēļ šādas sešstūru virsmas pārdalījumā tika izlaista katra otrā rinda, radot nepieciešamību veikt iterāciju otrreiz ar jaunu atkārtojuma cilpu un citu sākuma koordinātes mainīgo. Virsmas pārdalīšana vienmērīgos sešstūros ar to tika pabeigta. Tam sekoja programmēšana pie t.s. “bišu šūnām” un to telpiskuma izveides.



3.50. att. Vienas šūnas izveide starp sešiem virsmas pārdalītiem punktiem.

Nākamā subrutīna izveidoja starp katriem sešiem virsmas punktiem telpisku šūnu ar atvērumu vidū. Pēc šīs darbības veikšanas šūnas stūri paliek mazliet augstāki, veidojot to krustpunktos asus izvirzījumus. Šis algoritms sastāvēja no daudzām matemātiskām un ģeometriskām modelēšanas darbībām, tās katru reizi atkārtojot katrā no sešstūriem:

1. Atrast viduspunktus starp katriem virsmas pārdalītajiem punktiem;
2. Izveidot punktu masīvu no visiem 12 punktiem;
3. Katram punktam aprēķināt nobīdes punktu pret visa objekta centru (piešķirot formai trešo, telpisko dimensiju);
4. Izveidot konstruēšanas riņķa līniju;
5. Izveidot liektu savienojuma līniju starp ārējo un iekšējo sešstūri cauri riņķa līnijai;
6. Izveidot liektu virsmu pa liekto līniju perimetru;
7. Izveidot plakni, kas šķeļ iegūtās ģeometrijas malu pārpalikumus;
8. Nogriezt malas;
9. Apvienot iegūto virsmu vienā veselā objektā.

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac
 v. 2011-10-16

Lai gan šis algoritms izskatās pēc vienkāršas procesu automatizēšanas, patiesībā tas ir ar daudz plašāku nozīmi. Tas ietver tādas darbības, kā punktu nobīdes, kuru īstenošanai jāpiemēro speciāla funkcija, kas atrod virsmas virziena vektoru un uzzīmē to vajadzīgajā mērogā. Algoritms darbojas izoparametriski tikai izejot no virsmas datiem, virsma netiek transformēta vai citādi deformēta. Visa darbība notiek topoloģiskā līmenī, radot ģeometrisku objektu. Lai šīs darbības veiktu manuāli, tas būtu ne tikai laukietilpīgs process, bet tam būtu nepieciešama arī milzīga intelektuāla piepūlēšanās pat vispieredzējušākajam trīsdimensiju modelētājam, jo matemātiski būtu jāaprēķina dažādi savstarpēji vektori un katrā no šūnām būtu jāveic vairāku soļu NURBS modelēšana.

Modelēšanas beigu stadijā bija jāatrisina vēl vesela virkne projektēšanas nianšu, piemēram, materiāla biezums pie objekta pamatnes pēc sākotnējā skripta sašaurinās, taču lejas daļā nepieciešama lielāka struktūras stiprība – biezāka konstrukcija, tātad arī mazāki šūnu atvērumi. Šo problēmu izdevās atrisināt, piešķirot šūnu veidošanā korekcijas formulu, kas balstīta uz sinusa viļņu formulas $\sin(x)+\sin(y)$. Lai to adaptētu noteiktam šūnu spektram, šai formulai bija jāpievieno vēl daži parametri:

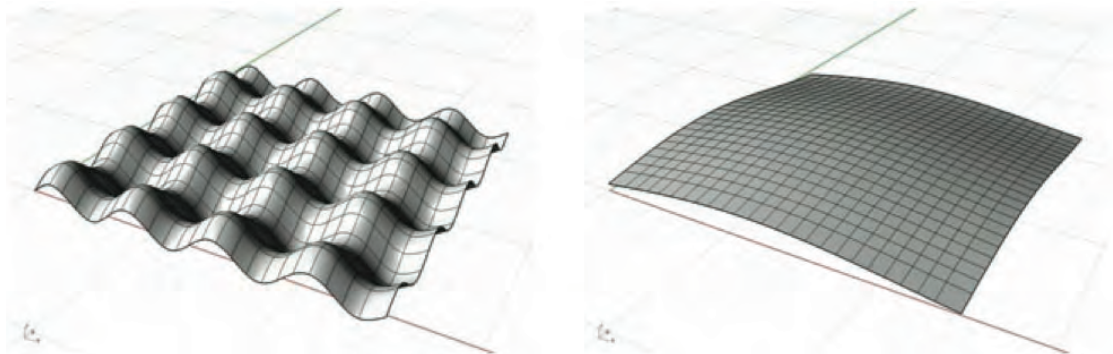
$$f(x,y) = \frac{\sin\left(\frac{x}{a}\right) + \sin\left(\frac{y}{b}\right)}{c} + h \quad (3.6)$$

kur a, b – sinusa viļņa mainīgie;

c – korekcijas faktors amplitūdas samazināšanai;

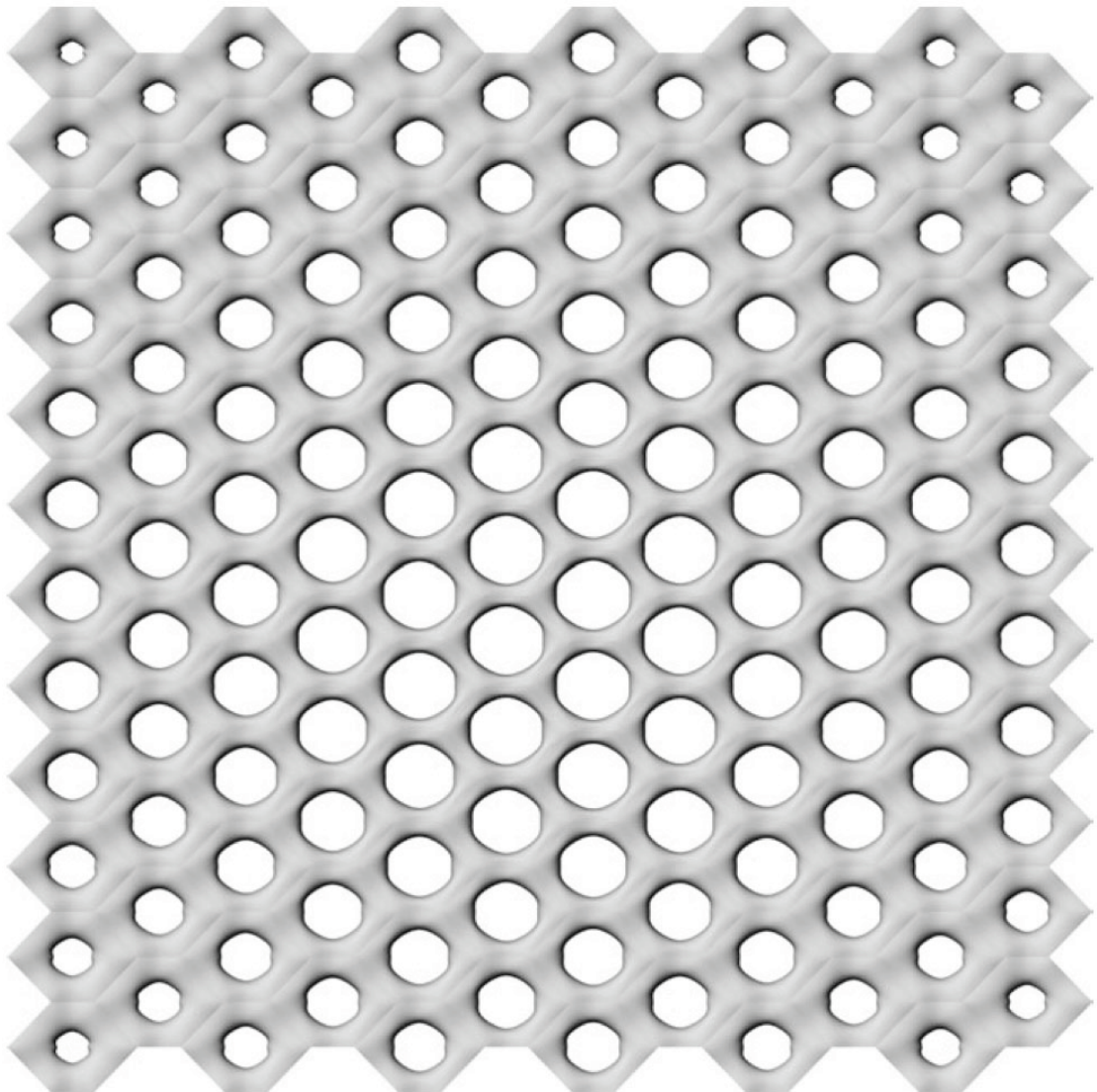
h – parametrs frekvences modificēšanai z dimensijā;

Tā kā šajā formulā a un b ir dalītāji, amplitūda pieaug šīm vērtībām palielinoties. Ievietojot šo formulu *Rhinoscript* sintaksē, vesela virkne NURBS virsmu tika ģenerētas ar formulu 3.6, izmantojot par a, b un c vērtībām skaitļus 7,0, 6,1 un 5,0, tādā veidā ietverot korekcijā tikai pašu sinusa viļņa virsotni. Lai neviena vērtība šajā spektra nepaliktu z asī zem nulles, korekcijas parametram h tika piemērota vērtība 0,5.



3.51. att. Skripta veidotas trīsdimensionālas virsmas ar sākotnējo sinusa viļņa funkciju (pa kreisi) un ar projektam adaptētu korekcijas formulu 3.6 (pa labi).

Piemērojot šo korekcijas formulu, šūnu atvērumi sākumā tika pārbaudīti uz plakanas virsmas. Tad, kad tika atrasts optimālais šūnu atvērums, šo skriptu piemēroja pilnībā jau uz transformētas stereogrāfiskas sfēras virsmas.



3.52. att. Pabeigts *Radiolaria* un ziedputekšņa skripts, kas piemērots uz plakanas virsmas, lai pārlicinātos par korektu sinusa viļņa darbību, veidojot dažāda lieluma šūnu atvērumus.

Projekta pēdējā stadijā tika risināti jautājumi par projekta realizāciju mērogā 1:1, kā arī par paviljona montāžas iespējām, ja to datorizētajai ražošanai sadalītu pa vairākiem elementiem. Tika risināts arī paviljona novietojuma un pamatu jautājums, lai tas būtu stabils un vienlaikus arī izturīgs.



3.53. att. Barcelonas biodigitālais paviljons, Starptautiskās Katalonijas Universitātes pagalmā, 2009. gada ziemā.

Lai gan paviljona projektā netika ņemti vērā tādi arhitektūras standarta jautājumi, kā lietojamības un ilgtspējības aspekti, šajā projektā apskatītie procesi ir svarīgs solis pretim „Ģenētiskās arhitektūras izpētes“ grupas pētīto un realizēto koncepciju realizēšanai un piemērošanai arhitektūras projektēšanā [23, 687]. Barcelonas biodigitālā paviljona projekts ietver stratēģijas no biomimētikas, matemātiskām funkcijām, ģeneratīvu skriptingu, procesu automatizēšanu un versiju meklēšanu (angļu val. – *versioning*), to visu apvienojot integrētā algoritmiskā metodikā, lai radītu unikālu arhitektūrālu objektu. Lai gan projekts līdzinās vairāk programmatūras attīstīšanas procesam nekā formu meklējumu projektēšanas stratēģijai, to tik un tā var uzskatīt par vienlaikus akadēmisku pētniecības projektu un arī par reālu projektu.

Skriptinga eksperiments

Promocijas darba ietvaros autors veica eksperimentu, izmēģinot trīsdimensiju modelēšanas programmatūras *Rhinoceros* skriptinga *Rhinoscript* iespējas, lai noskaidrotu, kādas priekšrocības sniedz algoritmiskā arhitektūra. Eksperimenta gaitā autors izmēģināja dažādas skriptinga komandas, kā arī izveidoja nelielu konceptuālu skriptu, kas pēc lietotāja uzstādījumiem veido kompleksu ģeometriju uz jebkuras ģeometriski transformētas plaknes. Autors izveidoja skriptu ar nelielām priekšzināšanām par skriptingu un ar maksimāli īsu sintakses lietojumu. *Rhinoceros* integrētajā lietošanas instrukcijā ir visu skriptinga komandu sintakses piemēri un saprotamā veidā aprakstītas komandu darbības.

Skripta pamata koncepcija bija izveidot uz jebkādas konfigurācijas taisnas, izliektas vai dubulti izliektas plaknes virsmas sešstūru konfigurācijas objektus, kas izkārtoti pēc līdzīga principa kā bišu šūnas. Šāds skripts kalpo sarežģītas ģeometrijas modelēšanas automatizēšanai, piemēram, ja mainās sākotnējās virsmas ģeometrija. Skripta uzbūve sadalīta četrās daļās: pa divām subrutinām un divām funkcijām. Sākumā jāievada U un V vērtības, uz trīsdimensiju virsmas tiek izveidots nepieciešamais punktu tīkls, tad tajā tiek uzzīmētas noslēgtas līnijas un pēc virsmas izveidošanas vektora noteiktajā virzienā un mērogā tiek ekstrudētas sešskaldņu ģeometrijas. Tālāk tekstā ievietots pats skripts, pēc tā – svarīgākie skripta elementu paskaidrojumi pa rindiņām.

```
1 Option Explicit
2 'Script written by Arne Riekstiņš
3 'Script version 2008-12-03 19:00:50
4 Call EvaluateSurf()
5
6 Sub EvaluateSurf()
7     Dim Surface
8     Surface = Rhino.GetObject("Select the desired surface for script!")
9     If IsNull(Surface) Then Exit Sub
10
11     Dim divU, divV
12     divU = Rhino.GetInteger("Number of divisions in U directio",10 , 4)
13     If IsNull(divU) Then Exit Sub
14     divV = Rhino.GetInteger("Number of divisions in V directio",11 , 4)
15     If IsNull(divV) Then Exit Sub
16
17     Dim domainU, domainV
18     DomainU = Rhino.SurfaceDomain(Surface, 0)
19     DomainV = Rhino.SurfaceDomain(Surface, 1)
20
21     Dim paramU, paramV
22     Dim Pt3D, Pt2D
23
24     Dim Matrix()
25     ReDim Matrix(divU, divV)
26
27     Dim i, j
28     For i = 0 To divU
29         For j = 0 To divV
30             paramU = domainU(0) + i*(domainU(1) - domainU(0)) / divU
31             paramV = domainV(0) + j*(domainV(1) - domainV(0)) / divV
32             Pt2D = Array(paramU, paramV)
```

```

33         Pt3D = Rhino.EvaluateSurface(Surface, Pt2D)
34         Matrix(i,j) = Pt3D
35     Next
36 Next
37
38 Call Rhino.HideObject(Surface)
39 Call LinesOnSurface(Matrix, divU, divV)
40 End Sub
41
42 Sub LinesOnSurface(arr2D, divU, divV)
43     Dim Pt1, Pt2, Pt3, Pt4, Pt5, Pt6, Cen
44     Dim Half1, Half2, Half3
45     Dim k, l
46     Dim hexaCell, rail_Line
47
48     'Part 1
49     For k = 0 To divU-2 Step 3
50         For l = 0 To divV-2 Step 3
51             Pt1 = arr2D(k, l)
52             Pt2 = arr2D(k+1, l)
53             Pt3 = arr2D(k+2, l+1)
54             Pt4 = arr2D(k+2, l+2)
55             Pt5 = arr2D(k+1, l+2)
56             Pt6 = arr2D(k, l+1)
57             Cen = arr2D(k+1, l+1)
58             hexaCell = Rhino.AddPolyline(Array(Pt1, Pt2, Pt3, Pt4, Pt5, Pt6, Pt1))
59             rail_Line = NormalLine(Pt6, Pt5, Pt3, Pt2)
60             Call Construction(hexaCell, rail_Line)
61         Next
62     Next
63
64     'Part 2:
65     For k = 1 To divU-2 Step 3
66         For l = 2 To divV-2 Step 3
67             Pt1 = arr2D(k, l)
68             Pt2 = arr2D(k+1, l)
69             Pt3 = arr2D(k+2, l+1)
70             Pt4 = arr2D(k+2, l+2)
71             Pt5 = arr2D(k+1, l+2)
72             Pt6 = arr2D(k, l+1)
73             hexaCell = Rhino.AddPolyline(Array(Pt1, Pt2, Pt3, Pt4, Pt5, Pt6, Pt1))
74             rail_Line = NormalLine(Pt6, Pt5, Pt3, Pt2)
75             Call Construction(hexaCell, rail_Line)
76         Next
77     Next
78
79     'Part 3:
80     For k = 2 To divU-2 Step 3
81         For l = 1 To divV-2 Step 3
82             Pt1 = arr2D(k, l)
83             Pt2 = arr2D(k+1, l)
84             Pt3 = arr2D(k+2, l+1)
85             Pt4 = arr2D(k+2, l+2)
86             Pt5 = arr2D(k+1, l+2)
87             Pt6 = arr2D(k, l+1)
88             hexaCell = Rhino.AddPolyline(Array(Pt1, Pt2, Pt3, Pt4, Pt5, Pt6, Pt1))
89             rail_Line = NormalLine(Pt6, Pt5, Pt3, Pt2)
90             Call Construction(hexaCell, rail_Line)
91         Next
92     Next
93 End Sub
94
95 Function NormalLine(arrPt1, arrPt2, arrPt3, arrPt4)
96     Dim BaseSrf
97     BaseSrf = Rhino.AddSrfPt(Array(arrPt1, arrPt2, arrPt3, arrPt4))
98
99     Dim domU, domV
100    domU = Rhino.SurfaceDomain(BaseSrf, 0) 'U is in 0 direction
101    domV = Rhino.SurfaceDomain(BaseSrf, 1)
102
103    Dim midU, midV
104    midU = ( domU(0) + (domU(1) - domU(0)) ) / 2
105    midV = ( domV(0) + (domV(1) - domV(0)) ) / 2
106
107    Dim cenUV, cenXYZ
108    cenUV = Array(midU, midV)
109    cenXYZ = Rhino.EvaluateSurface(BaseSrf, cenUV)

```

```

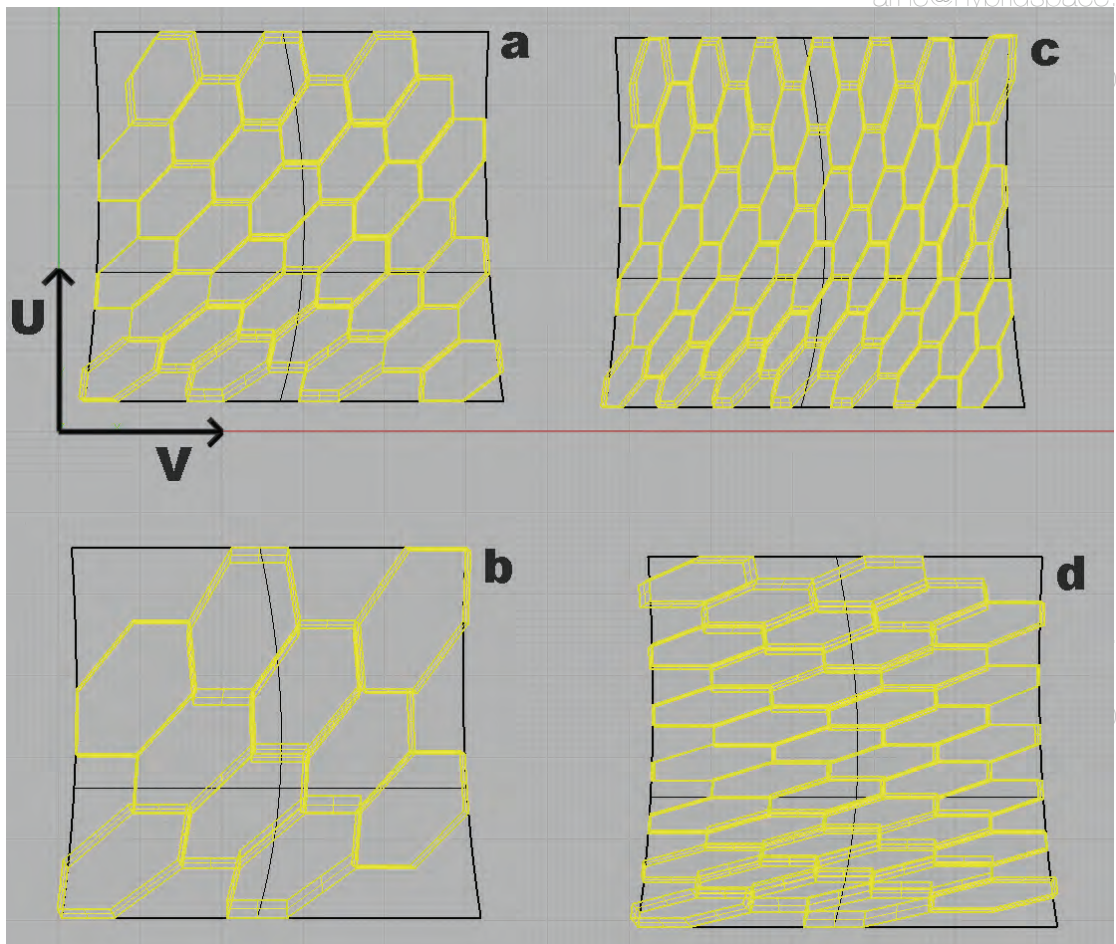
110
111     Dim Lenth: Lenth = Rhino.Distance(arrPt1, arrPt2)
112
113     Dim vecNormal: vecNormal = Rhino.SurfaceNormal(BaseSrf, cenUV)
114     vecNormal = Rhino.VectorScale(vecNormal, Lenth)
115     Call Rhino.DeleteObject(BaseSrf)
116
117     Dim ptNormal
118     ptNormal = Rhino.VectorAdd(cenXYZ, vecNormal)
119     NormalLine = Rhino.AddLine(cenXYZ, ptNormal)
120 End Function
121
122 Function Construction(strCurve, strRail)
123     Construction = Rhino.ExtrudeCurve(strCurve, strRail)
124     Call Rhino.DeleteObjects(Array(strCurve, strRail))
125 End Function

```

Svarīgāko skripta elementu paskaidrojumi pa rindiņām:

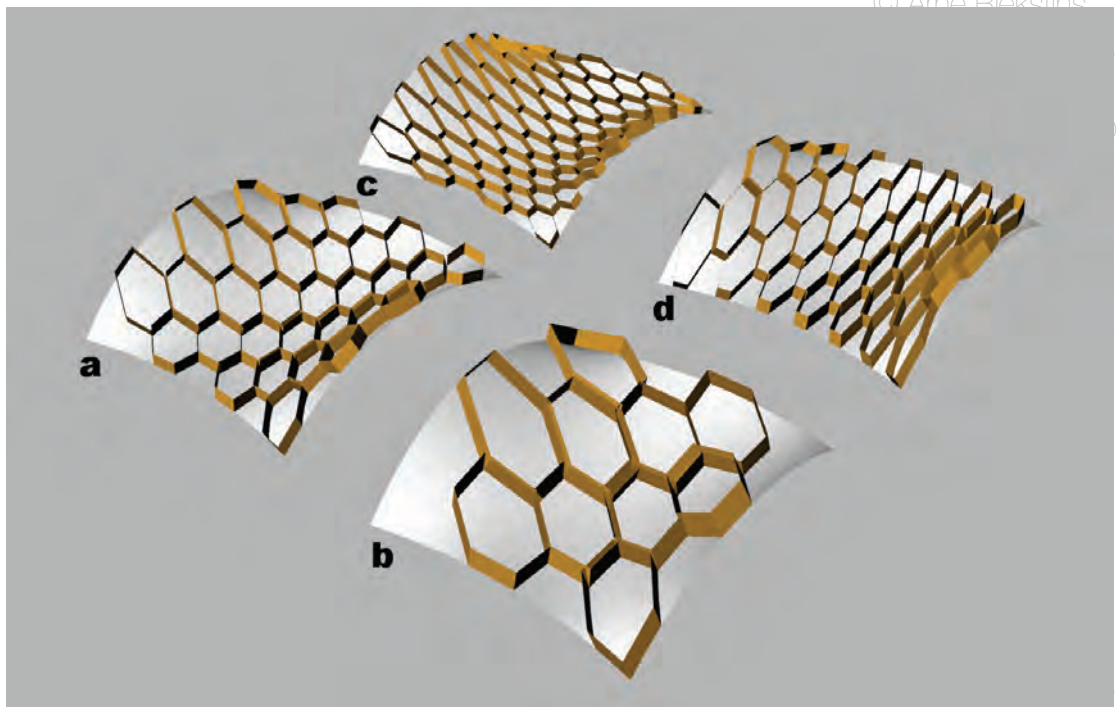
- 1 Jebkurš *Rhinoscript* skripts sākas ar **Option Explicit**
- 2 ' – Ar apostrofa simbolu tiek atzīmētas rindiņas autora komentāriem, kuras skripta izpildē tiek izlaistas
- 6 Ar **Sub** tiek uzsākta jauna subrutīna, kuru izsauc 4. rindiņā;
- 8 Lietotājam tiek lūgts norādīt uz trīsdimensiju virsmu, kurā tiks piemērots šis skripts;
- 11 Tiek nolasīta virsmas domēna informācija par lietotāja noteiktu U un V parametru lielumu;
- 12 U virziena vērtība pēc noklusējuma ir 10, minimālā iespējamā vērtība ir 4;
- 14 V virziena vērtība pēc noklusējuma ir 11, minimālā iespējamā vērtība ir 4;
- 17 Tiek aprēķināti domēni abos virzienos;
- 18 0 – U virziens;
- 19 1 – V virziens;
- 21 Tiek izsauktas skaitliskas vērtības divdimensionālu punktu veidošanai;
- 22 Ārējs trīsdimensionāls punkts;
- 24 Tiek izsaukta matrica;
- 25 Tiek noteikts kopējais matricas lielums rindās un kolonnās;
- 27 Algoritms, lai “apdzīvotu” (angļu val. – *populate*) virsmu;
- 28 Iterācijas sākums apzīmēts ar **For**, iterācija beidzas pie apzīmējuma **Next**;
- 30 Tiek aprēķināts punkts U un V ;
- 33 Parametriskais punkts tiek pārveidots par ģeometrisku trīsdimensionālu punktu;
- 34 Ar **Matrix** tiek izsaukta cilpa, kas katru reizi definē, kurā vietā jāizveido punkts;
- 38 Sākotnējā virsma tiek noslēpta;
- 39 Ar **Call** tiek izsaukta nākamā subrutīna no 42. rindiņas;

- 42 Šajā subrutīnā tiek strādāts ar šūnām, lai tās iterētu cauri telpas punktiem;
- 48 Subrutīnas 1. daļa;
- 59 Komandu izpilda izveidoto punktu pretējā izveidošanas secībā (*Pt6, Pt5, Pt3, Pt2*), lai iegūtā virsma būtu pavērsta uz augšu;
- 60 Tiek izsaukta subrutīna ar mainīgajiem no **hexaCell** un **rail_Line** (58. un 59. rindiņā);
- 64 Subrutīnas 2. daļa;
- 79 Subrutīnas 3. daļa;
- 95 Šajā subrutīnā tiek izveidota plakne no četriem punktiem, kuras centrā būs virziena vektors;
- 107 Tiek izsaukti divdimensiju un trīsdimensiju punkti;
- 114 Tiek norādīts vektora mērogs.



3.54. att. Autora eksperimentālais skripts, kas izveidots ar šādiem U un V parametriem:

a – 10 un 11; b – 6 un 7; c – 10 un 21; d – 20 un 7. [A.R.]



3.55. att. Ar skripta iegūto rezultātu trīsdimensiju vizualizācija. [A.R.]

Autora eksperiments parāda to, ka skriptam ir milzu potenciāls nestandarta arhitektūras projektēšanai. Automatizējot vai optimizējot ģeometriski sarežģītu objektu veidošanu tiek ietaupīts laiks, vienlaikus sniedzot projektētājam vairāk iespējas izvēlēties viņaprāt pareizāko projekta risinājuma variantu. Šajā eksperimentā, izmainot tikai divus ievades datus, ar vienu un to pašu skriptu iegūstami pilnīgi atšķirīgas konfigurācijas rezultāti. Bet šis skripts ir arī realizējams uz dažādas konfigurācijas plaknēm. Tātad ar vienu unikālu projektētāja izveidotu individualizētu instrumentu ir pieejama ļoti plaša funkcionalitāte.

Veidojot skriptus ir ļoti būtiski iepriekš izplānot, kādu konkrētu uzdevumu šim skriptam būs jāveic. Tikai tad, ja ir skaidra koncepcija, to var mēģināt sadalīt pa ģeometriski vienkāršākiem elementiem un pakāpeniski papildināt skriptu ar jaunu funkcionalitāti. Skripta rakstīšana ir tikpat radošs process, kā jebkura cita projektēšanas darbība, jo tajā iesaistīta sākotnējās idejas secīga realizēšana, līdz tā iegūst arhitekturālas aprises. Problēmas, kas rodas, projektējot pašu skripta uzbūvi, dažkārt ir grūti pārvaramas, jo ir nepieciešams izprast tādas nianšes, kas aizgūtas no programmēšanas. Šīs problēmas jā mēģina atrisināt, veidojot skriptus pa posmiem, un tos papildinot tikai tad, ja iepriekšējais posms ir pilnībā izdevies un tas funkcionē bez aizķeršanās.

Tā kā galvenās vadošās trīsdimensiju modelēšanas programmatūras ir aprīkotas ar skriptinga funkcionalitāti, tie ir ļoti noderīgi digitālie instrumenti, ar kuriem var izveidot savus individualizētos risinājumus. Tādā veidā tiek pārvarēti iepriekšēji projektēšanas ierobežojumi, kas pašlaik ir atrisināmi ar skriptingu un citām ģeneratīvajām projektēšanas metodēm.

Lai šīs sistēmas būtu viegli lietojamas un visu iepriekšminēto varētu realizēt, mūsdienu arhitektiem matemātika jāizprot ne tikai tradicionālajā izpratnē, bet arī augstākajā līmenī, kas nepieciešama sarežģītu formu modelēšanā. Tas nozīmē, ka arhitekta loma pamazām sāk mainīties, lai tā neatpaliktu no mūsdienu arhitektūras konceptuālo ideju realizēšanas, kas iespējama, labi pārzinot šīs inovatīvās un netradicionālās sistēmas. Skriptinga metodes vislabāk izmantojamas:

- unikālu un mainīgu ģeometrisku risinājumu automatizētai modelēšanai;
- sarežģītu darbību atkārtotai veikšanai ar atšķirīgiem izejas datiem vai sākotnējo ģeometrisku formu;
- projekta vairāku risinājuma versiju meklējumos;
- oriģinālu darbību realizēšanai, kas savādāk nav pieejamas programmatūras standarta instrumentu klāstā;
- individualizētu darbarīku veidošanai;
- eksperimentējot un meklējot negaidītus risinājumus.

Secinājumi

1. Inovatīvās projektēšanas programmatūras izmaiņa klasiskos uzskatus par arhitektūras veidošanu un dod iespēju projektēt radikāli atšķirīgā veidā no ierastajiem.
2. Unikālu un modernizētu projektu realizēšanai ir nepieciešams attīstīt un izmantot jauna veida stratēģijas projektēšanā.
3. Radošuma daudzveidību veicina inovatīvo un netradicionālo digitālo sistēmu priekšrocības. Jaunie digitālie instrumenti ir neaizvietoājams potenciāls unikālu formu radīšanā.
4. Mūsdienu tehnoloģiju lietojums nodrošina iespēju izziņāt daudzveidīgo dabas formu paleti un padara iespējamu tās izmantošanu par projektu iedvesmas avotu. Dabā sastopamas ļoti daudzveidīgas formas, kurām piemīt izteiktas mūsdienu arhitektūras pazīmes. Sarežģītu formu modelēšanā ir nepieciešamas augstākās matemātikas zināšanas.
5. Sarežģītas konfigurācijas būvelementu izgatavošanai nepieciešams nodrošināt precīzu dažādu lietoto digitālo sistēmu pēcteciģu saderību (piemēram, precīzus soļus starp parametrisku projektēšanu, trīsdimensiju modeli, punktu mākonu utt.).
6. Vissarežģītākās mūsdienu arhitektūras formveides īstenošanas procesā datortelpiskā objekta daudzdimensiju analīzei un fiksētas projektu dokumentācijas iegūšanai.
7. Arhitektūras pilnvērtīgas sociālās lomas nodrošināšanai ir nepieciešama harmoniska mijiedarbība starp modernām datortehnoloģijām arhitektūras projektēšanā, mūsdienu inženierzinātnēm un būvmateriālu ražošanu.
8. Eksperimentālu projektēšanas metožu un instrumentu kompleksi ir izmantojami ilgtspējīgu projektu radīšanā, piedāvājot racionālākus risinājumus vai projektēšanas un ražošanas izmaksu samazināšanu, kā arī ievērojot mūsdienu arhitektūras formveides tendences.
9. Arhitektoniski telpiskās vides attīstībai reģionālajā kontekstā līdz šim valsts līmenī nav tikusi pievērsta pienācīga vērība, neveicinot arī inovatīvo un moderno tehnoloģiju ieviešanu atbilstoši pasaules līmenim.
10. Promocijas darba ietvaros izstrādāti eksperimentālu projektēšanas metožu un instrumentu kompleksi, kuri ir izmantojami ilgtspējīgu projektu radīšanā, piedāvājot racionālākus risinājumus vai projektēšanas un ražošanas izmaksu samazināšanu, kā arī ievērojot mūsdienu arhitektūras tendences.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

PIELIKUMI

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Terminoloģija un definīcijas

Promocijas darbā pieminētā terminoloģija un to definīcijas skaidrotas ar nolūku tieši un vienkārši saprast nianses starp dažādiem Latvijā, arhitektūrā iepriekš reti sastopamiem vai nemaz nelietotiem jēdzieniem. Iekavās aiz latviskā termina dots oriģinālais termins angļu valodā, kā arī tā saīsinājums, ja tāds tiek lietots. Terminu skaidrojumos norādīti izmantotie avoti. Ja skaidrojumā nav norādīti izmantotie avoti, tie ir autora radīti un pētījuma rezultātā iegūti autora piedāvājumi. Autors neizslēdz iespēju, ka šeit uzskaitītajai terminoloģijai pastāv alternatīvas definīcijas, kas vismaz pašreizējā izpratnes līmenī, labo vai precizē šeit minēto.

arhitektūras animēšana (*Architectural Animation*) – šis princips tiešā veidā skar animēšanu, kas aizgūta no kino industrijas un piemērota arhitektūrā. Arhitektūras animēšanu iespējams veikt ar trīsdimensiju modelēšanas programmatūru, kas atļauj objektus transformēt vai izmainīt laika gaitā. Tādējādi ar datoru virtuālā vidē atrisināmas reālā vidē grūti sasniedzamas vai pat neiespējamās parādības. Arhitektūras animēšana ietekmē formas evolūciju un tās plastiskās apstrādes spēku vai iedarbību. Savā daudzveidīgajā saistībā animēšana skar daudzus arhitektūras visdziļāk nostiprinājušos pieņēmumus par tās struktūru. Animēšana arhitektiem kļuvusi par problēmu, jo arhitekti kopš laika gala ir spējuši saglabāt nozarē tās statiskumu. Arhitektūra ir viena no pēdējām nozarēm, kas balstīta uz inertumu, jo tiek uzskatīts, ka tā ir nolemta mūžīgai pastāvēšanai [107]. Izaicinot pieņēmumus par arhitektūras inertumu netiek apdraudēta arhitektūras būtība, tā ir attīstāma un virzāma uz priekšu. Arhitektūras animēšana tuvina kinētiskai arhitektūrai.

arhitektūras datorizētās projektēšanas vide (*Architectural Computer Aided Design Environment*) – uz programmatūru iespējām balstīts arhitektūras projektēšanas process, kas notiek tikai datora vidē un kurā netiek izmantoti klasiskie projektēšanas instrumenti. Šāda vide ietver visa veida darbību kopumu, kas nepieciešama arhitektūras projektēšanai: skicēšana, rasēšana, trīsdimensiju modelēšana, programmēšana, datorsimulācija, vizualizēšana u.c. Arhitektūras datorizētās projektēšanas vides rezultāts var būt vizuāls – drukāts vai virtuāla attēla veidā, kā arī fizisks – izgatavots ar datorizētās ražošanas palīdzību. Šis termins cieši saistāms ar terminu „digitālā arhitektūra“.

asociatīvā modelēšana (*Associative Modeling*) – trīsdimensiju modelēšanas metode, kurā kāds no objekta dimensiju vai ģeometrisku īpašību parametriem ir definēts ar cita objekta parametru vai tā matemātiski pārrēķinātu rezultātu. Klasisks piemērs asociatīvajai modelēšanai ir kāpšanai ergonomisku kāpņu formula $2a+b=60-65cm$ (a – pakāpiena augstums, b – pakāpiena garums). Uzstādot šādas asociācijas, piemēram, parametriskā programmatūrā, mainot pakāpiena garumu – reālā laikā proporcionāli mainīsies arī pakāpiena augstums, vai pretēji, saglabājot kāpņu formulā definēto rezultātu, kā arī neļaujot izprojektēt kājas kāpiena garumam neergonomiskas kāpnes.

augšupvērsta projektēšana (*Bottom-up Design*) – eksperimentāla darba metodika arhitektūras projektēšanā, izvēloties noteiktu stratēģiju, nevis precīzu apjoma formu, kuras rezultātā tiek iegūti iepriekš neparedzēti risinājumi. Augšupvērstu projektēšanu plaši izmanto nestandarta arhitektūras prakses. Skat. arī terminu „lejupvērsta projektēšana“.

biomorfiskā arhitektūra, biomorfisms (*Biomorphic Architecture, Biomorphism*) – viens no četriem digitālās arhitektūras virzieniem. Tā ir arhitektūra, kuras formālās izpausmes ir līdzīgas dzīvu radību izskatam. Tiek imitētas formas, bet nav iekšējas izpratnes par bioloģiju. Šis virziens skar arī priekšmetu dizainu – biomorfiskais dizains.

1. Tas var notikt autora dēļ, ar vai bez vēlmes būt biomorfiskam.
2. Tas var tikt saprasts, kā esam vai neesam līdzīgi dzīvām radībām.
3. Tas var tikt radīts, iedvesmojoties dabā, no atmiņas vai kopējot dabu, ar tās formu niansēm, tas var būt visprecīzākā fotogrāfiski dabiska imitācija vai ļoti abstrakta atdarināšana, kas savukārt var būt bez nekāda nodoma līdzīga jebkurai dzīvai radībai [53].

biomimētika (*Biomimetics*) – viens no četriem digitālās arhitektūras virzieniem. Izteikti populāra pieeja arhitektūrā un citās ar tehnoloģiju saistītās zinātnēs. Tiek imitētas bioloģiskas sistēmas, mūsdienās plaši izmanto skaitļošanas procesu priekšrocības.

bioniskā arhitektūra (*Bionic Architecture*) – arhitektūras virziens, kas izveidojies XX gs. piecdesmitajos – sešdesmitajos gados. Tā funkcionēšana, sistēmas vai procesi ir līdzīgi kā dzīvām radībām. Šis virziens balstīts uz arhitektūras un dzīvās dabas analogiju, kurā galvenā nozīme ir funkcionāli-utilityrajās saiknēs. Šis virziens skar arī priekšmetu dizainu – bioniskais dizains.

blobitektūra (*Blobitecture*) – arhitektūras virziens, kas 21.gs. sākumā kļuvis par viskarstāko globālo modes kļedzienu industrijā [202]. Šajā virzienā tiek radītas nenoteiktas plūdenas formas ģeometrijas, kas bieži vien bez loģiskas tektoniskas un konstruktīvas uzlabošanas nav realizējamas. Nosaukums radies no vārda „blob“ (burbulis – angļu val.) un tā vizuālo līdzību ar neskaitāmiem piemēriem arhitektūrā, kuri ir bez noteiktas izteiktas ģeometriskas formas.

datorizētā ciparvadība, CNC (*Computer Numeric Control, CNC*) – apzīmējums iekārtām, kas aprīkotas ar digitāli vadāmiem instrumentiem (urbjiem, zāģiem, frēzēm utt.), kuras spēj darboties 3, 5 vai vairākās asīs. CAD programmā tiek sagatavoti datorizēti faili, kas interpretē tiešas komandas, lai operētu ar konkrētu ciparvadības iekārtu, tās vadības procesoru. Šie faili tiek ielādēti CNC iekārtās ražošanai. Tā kā jebkura komponenta izgatavošanai ir nepieciešami vairāki dažādi instrumenti, modernas iekārtas mēdz būt aprīkotas ar iespēju šos instrumentus darba gaitā mainīt. Kompleksas darbības, lai izgatavotu sarežģītas detaļas, tiek stipri automatizētas un ar to palīdzību tiek izgatavots detaļas gala produkts, kas maksimāli tuvi līdzinās oriģinālajam objekta CAD projektam.

datorizētā ražošana, CAM (*Computer Aided Manufacturing, CAM*) – ar datora programmatūru vadīts automatizēts darba instruments dažādu konstruktīvu detaļu izgatavošanai. Ar datorizēto ražošanu iespējami ātrāki ražošanas laiki, precīzākas izgatavojamās detaļas, iespējami mazāks izejmateriālu atgriezumu daudzums un samazināts enerģijas patēriņš. Pirms jebkuras datorizētās ražošanas veikšanas darāmā uzdevuma instrumentu maršruts tiek datorā virtuāli simulēts, lai pārliecinātos, ka tas ir pareizi un bez kļūdām aprēķināts, kā arī netiktu samaitāts izejmateriāls.

datorizētā projektēšana, CAD (*Computer Aided Design, CAD*) – projektēšana, kas īstenojama, izmantojot datoru kā galveno projektēšanas pamatinstrumentu.

digitālā arhitektūra (*Digital Architecture*) – arhitektūra, kas var tikt veidota tikai izmantojot datoru resursus. Datortehnikas piedāvātās iespējas, kuras nodrošina datortehnikas pilnvērtīga izmantošana. Ir definējama arī digitālā māksla un digitālais dizains. Digitālā arhitektūra iedalāma četros galvenajos virzienos: morfogenētika, morfodinamika, biomorfisms, biomimētika (skat. arī šo terminu definīcijas) [53].

digitālais organicisms (*Digital Organicism*) – daļa no organiskās arhitektūras vai dizaina, kas izmanto jaunākos kibernetiskos un digitālos resursus dizaina un/vai ražošanas procesā. Digitālais organicisms ir virziens, kas 21. gs. pašā sākumā izveidojās kā arhitektūras un dizaina avangards. Lai arī sākotnēji robotizētas ražošanas attīstības iespējas reālai arhitektūrai mērogā 1:1 bija ierobežotas (ar dažiem izņēmumiem) un notika tikai projektēšana, pašlaik tas ir īstenojams no jebkura rasējuma [53].

ēku informācijas modelēšanas princips (*Building Information Modeling, BIM*) – visas ēkas – tās konstrukciju un tehnisko risinājumu modelēšana vienkopus parametriskā arhitektūras projektēšanas programmatūrā [230]. Visizplatītākās ēku informācijas modelēšanas principa programmatūras ir *ArchiCAD*, *Revit* un *Gehry Technologies Digital Project*. Šādās programmatūrās ēkas projekts tiek veidots no gataviem elementiem – grīdām, sienām, logiem, durvīm utt., katram uzstādot parametriski maināmas izmēra un konstruktīvās dimensijas. Pateicoties šādām sistēmām var viegli iegūt materiālu daudzumu specifikācijas un cenas, kā arī gatavus būvkonstrukciju elementus, kurus pa tiešo var nosūtīt izgatavotājam. Ar šīm sistēmām vēl pirms objekta būvniecības, virtuālajā projekta modelī var tikt novērstas daudzas kļūdas, kā arī optimizēta projekta realizācija. Darbs pie projekta iespējams arī komandā.

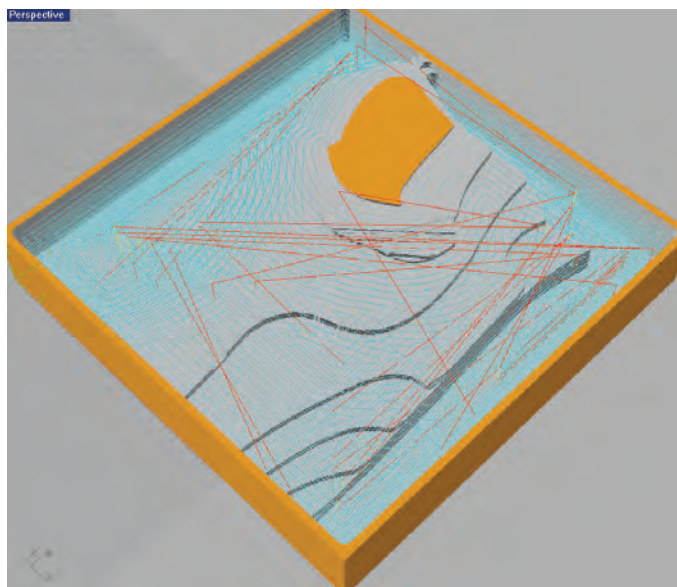
evolucionārā skaitļošana (*Evolutionary Computation*) – stratēģija formu studijās un meklējumos ar mākslīgā intelekta palīdzību. Datorzinātnēs tā ir mākslīgā intelekta apakšnozare. Evolucionāro skaitļošanu lieto kā vispārīgu jēdzienu vairākās skaitļošanas tehnikās, kas balstītas uz noteikta līmeņa bioloģiskās dzīvības vai evolūciju dabiskajā pasaulē [224]. Šajā procesā tiek izmantots iterācijas progress, piemēram, augšana vai attīstīšanās populācijā.

ģeneratīvais dizains (*Generative Design*) – process, kurā tiek modelēta kāda objekta sākotnējo īpašību ģenēze, nevis objekta galējā forma. Ar iepriekš uzstādīta algoritma palīdzību tiek iegūti jauni objekta formas vai citu īpašību risinājumi, kas dažkārt var būt nejauša rakstura un tādējādi sniegt iepriekš neparedzamus vai bezgalīgus risinājumus.

ģenētiskā arhitektūra (*Genetic Architecture*) – arhitektūra, kas piemēro ģenētiku. Šis virziens skar arī priekšmetu dizainu – ģenētiskais dizains (mākslā savukārt virziens – ģenētiskā māksla).

1. Ģenētika var tikt piemērota arhitektūrā reālā un dabiskā veidā. Tā ir īsta ģenētiska arhitektūra, kuras veidošanai nepieciešams kombinēts ieguldījums kā no arhitektu, tā ģenētiķu puses.
2. Ģenētika var tikt piemērota arhitektūrā metaforiskā un mākslīgā veidā. Tā ir ģenētiskā arhitektūra tikai pēc paplašinājuma vai līdzības ar ģenētiskām definīcijām un procesiem [53].

instrumentu maršruts (*Toolpath*) – datorizētās ražošanas (CAM) procesa posms, kurā sākumā speciālā programmatūrā virtuāli tiek izplānota darbarīku frēzēšanas vai kādas citas veicamās apstrādes maršruts darbāgdā. Ja virtuāli izmodelētā darbība ir pārbaudīta, ka darbs tiks izdarīts bez kļūdām, instrumenta maršrutu nosūta uz datorizētās ražošanas darbāgdādu kā ciparvadības (*Numeric Control, NC*) failu.



4.1. att. Ar *RhinoCAM* programmatūras papildinājumu vizualizēts instrumentu maršruts, kurā redzams, kā datorizētās ražošanas frēze no sākotnējā izejmateriāla izgriež ģeometriski sarežģītu objektu, pa slāņiem noņemot materiāla kārtas. [A.R.]

integrētā pilsētplānošana (*Fluid Urbanism*) – pilsētplānošanas metodika, kurā esošais ielu tīkls vai apbūves struktūra tiek telpiski kontinuitīvi (pēctecīgi) sapludināta savstarpējā vienotā sistēmā ar projektējamo ielu tīklu vai būvapjomu. Esošais ielu audums tiek korekti integrēts organiskā saistībā ar projektējamo. Jaunieģūtās arhitektūras formu aprises var būt arī izomorfas vai stipri pārveidotu esošu ģometriju veidolā.

iterācija (*Iteration*) – process matemātikā vai skaitļošanā, kad tiek veikta iterācijas funkcija, t.i. funkcija tiek piemērota atkārtoti, izmantojot vienas iterācijas rezultātu kā ievades datus nākamajai funkcijai. Iterācija kā vienkārša funkcija var radīt sarežģītus rezultātus. Savukārt skaitļošanā iterācija ir procesa secīga atkārtošana programmatūras ietvaros.

```
Dim Pt1, Pt2, Pt3, Pt4, Pt5, Pt6
Dim k, l
For k = 0 To divU-1
  For l = 0 To divV-1
    Pt1 = arr2D(k+1, l)
    Pt2 = arr2D(k+2, l+1)
    Pt3 = arr2D(k+2, l+2)
    Pt4 = arr2D(k+1, l+3)
    Pt5 = arr2D(k, l+2)
    Pt6 = arr2D(k, l+1)
    Call Rhino.AddPolyline(Array(Pt1, Pt2, Pt3, Pt4, Pt5, Pt6, Pt1))
  Next
Next
```

Piemērā apskatītā iterācija, kas veidota ar *Rhinoscript* skriptingu, izsauc sešus mainīgos Pt1... Pt6, izveido tiem koordinātes un atliek tos kā punktus uz x un y asīm (trīsdimensiju modelēšanā šīs asis uz objektu virsmas apzīmē ar U un V), beigās savieno punktus kopā ar poli-līniju (*Polyline*) – nepārtrauktu līniju, kas sastāv no vairākiem posmiem.

jaunais kibernetiski digitālais dizains (*New Cybernetic-Digital Design*) – tāds dizains, kas aizstāj un salīdzina datora lietošanu kā skaidru aizvietotāju rasēšanai ar roku, savā uzbūvē ietverot virtuālus un mākslīgus datorizētus elementus. Tas tiek īstenots it kā no pašas programmatūras iekšienes, kā ar instrumentu, kas ir ne tikai grafisks, bet arī radošs, paredzēts dizainam un ražošanai, atkarīgs no robotizētas ražošanas iespējām, vēl arvien ar pārejošiem ierobežojumiem arhitektūrā. Tā būtu ģenētiska arhitektūra, ja tā patiesi strādātu ar mākslīgo programmatūru tāpat kā ar dabisko DNS, jo zināmā mērā tie ir līdzīgi, un abi virknē informāciju pašražošanai un izaugsmei [53].

kiber-eko mijkārtojuma dizains (*Cyber-Eco Fusion Design*) – tāds dizains, kas mijkārto (sapludina, sakausē vai saliedē) un integrē jaunākos kibernetiski digitālos resursus dizainam un/vai ražošanai ar visjaunāko ekoloģisko vides izpratni. Tas ir plaši definēts un vienlīdz, atsevišķi vai kombinēti, atsaucas uz:

1. Kibernetiski digitālu resursu un ilgtspējīgās arhitektūras sasniegumu sajaukumu.
2. Kibernetiski digitālu resursu un jaunas mūsdienīgas izpratnes sajaukumu, kur šī izpratne par dabisku vai urbānu vidi pastāvīgā evolūcijā nav ne tēlaina, ne konservatīva.
3. Kibernetiski digitālu resursu un ģenētikas sajaukumu, kas vienā laidā savienotu nulles un vieniniekus arhitektūras rasējumos ar DNS robotizētajām manipulācijām, lai sakārtotu nepieciešamo ģenētisko informāciju, kura atbild par apdzīvojamās dzīvās radības dabisko augšanu saskaņā ar dizainu, kas iepriekš izstrādāts ar datoru [53].

klasiskie projektēšanas instrumenti (*Classical designing tools*) – rasējamie dēļi, lineāli, trijstūri, cirkuļi, lekāli, velces, rapidoogrāfi, zīmuļi u.c. analogie palīglīdzekļi, kas nepieciešami, lai veidotu rasējumus un tehniskos zīmējumus.

lejupvērsta projektēšana (*Top-down Design*) – standarta arhitektūras projektēšana ar precīzām objekta apjoma prasībām, definējot nepieciešamību pēc telpiskās konfigurācijas jau projektēšanas uzdevumā. Skat. arī terminu „augšupvērsta projektēšana“.

Lindenmajera sistēma (*Lindenmayer System, L-system*) – paralēla pārrakstīšanas sistēma, arī formālās gramatikas variācija, kas visbiežāk izmantota, lai modelētu augšanas procesus augu attīstībā, kā arī ar to iespējams modelēt dažādu vienkāršu organismu morfoloģiju [141]. Ar šo sistēmu viegli definēt fraktāļiem līdzīgas formas un sazarošanās algoritmus. Lindenmajera sistēmas principi plaši izmantoti arhitektūras skriptingā un arī dažos programmatūras papildinājumos, piemēram, *Genr(8)*, kas ar mākslīgā intelekta palīdzību spēj datorā radīt vai „izaudzēt“ virsmas.



4.2. att. Tipiska sazarošanās sistēma, kas veidota pēc *L-system* principa.

mākslīgais intelekts (*Artificial Intelligence*) – inteliģento aģentu studijas un projektēšana, kurā inteliģentais aģents ir sistēma, kas uztver tās vidi un veic darbības, kas paaugstina panākumu gūšanas iespējas. Plaši lietots jēdziens inovatīvos digitālās arhitektūras risinājumos, kur noteiktas darbības spēj veikt dators viens pats pēc iepriekšējiem noteikumiem un pieņemot jaunus vai neatkarīgus lēmumus „pēc sava prāta“.

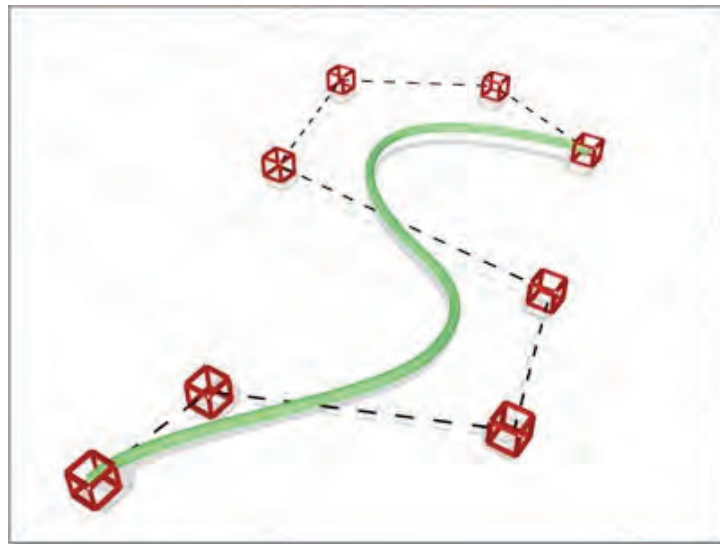
morfodinamika (*Morphodynamics*) – viens no četriem digitālās arhitektūras virzieniem. Tās pieeja arhitektūrā ir bez ģenētiska koda, tā kādu noteiktu formu sapludina „burbulī“, daļiņās, šķidrumā vai tamlīdzīgi [53]. Skat. terminu „blobitektūra“.

morfoģenētika (*Morphogenetics*) – viens no četriem digitālās arhitektūras virzieniem. Šajā pieejā ir trīs apakšvirzieni:

1. **ģenētiskā arhitektūras hermeneitika** (iztulkošanas, izskaidrošanas prasme), kā to pasniedz Peters Eizenmans (*Peter Eisenmann*).
2. **algoritmiskā arhitektūra**, kuru pēta Sesila Belmonda (*Cecil Belmont*), Džons Freizers (*John Frazer*) un citi, kas balstās uz fraktāļu sistēmām, Lindenmajera (*Lindenmayer*) sistēmām un ģenētiskajiem algoritmiem, lai ģenerētu rekursīvi (tāds, kas atkārtojas, atgriežas pie iepriekšējā) definētus ģeometriskus objektus.
3. **ģenētiskā arhitektūras monādoloģija**, kas pieņem simbioģenēzi kā darbības plānu, lai konstruētu „iespējamās“ pasaules [53].

mutācija (*Mutation*) – mainīšanās, pārmaiņa; *biol.* kāda gēna pārmaiņa, kas notiek, ja DNS replicēšanās (dubultošanās) procesā atgadās kļūda; mutācijas ir evolūcijas izejmateriāls, lai gan dabiskā izlase ļauj saglabāties tikai nedaudzām no tām; mutācijas var izraisīt arī mākslīgi. Mutācijas principi bioloģijā tiek piemēroti un imitēti virtuālajā datorvidē, piem., veidojot nestandarta arhitektūru.

NURBS (*Non-Uniform Rational B-Splines*) – nevienmērīgi racionālas b-liklīnijas, plaši lietots līnijas veids datorgrafikas un trīsdimensiju modelēšanas nozarē. Šādu līniju veido ar kontrolpunktiem (*Control Vertices, CVs*), taču paši punkti neatrodas uz līnijas [216]. Šie punkti definē kontroles rāmjus, kas ietver NURBS līniju. Kontrolpunktu ietekme ir parametriski maināma, tādējādi veidotā līnija var būt lauza vai izliekta. Izvietojojot divus vai vairākus kontrolpunktus tuvu vienu otram, tiem būs lielāka ietekme uz līnijas izlocīšanu – šāds likums būs asāks.



4.3. att. NURBS liklīnija un tās kontrolpunkti.

organiskā arhitektūra (*Organic Architecture*) – arhitektūra, kas vienotībā un nepārtrauktībā sapludina elementus, kuri atbild par dažādām funkcijām, kā tas sastopams dzīvos organismos. It īpaši, tā sapludina dihotomiju (*bot.* dakšveida zarošanās) starp balstītajiem un balstošajiem elementiem vienā vienlaidu veidolā. Šis virziens skar arī priekšmetu dizainu – organiskais dizains. Frenks Loids Vraits (*Frank Lloyd Wright*) šo terminu lietoja, lai apzīmētu telpu kā arhitektūras telpas atbilstību noteiktiem kritērijiem, vienotu veselumu. Viņš uzskatīja, ka jebkurai ēkai jābūt dabiski veidotai saistībā ar konkrētās vides dotumiem. Tā ir organiska saistība starp kopumu un tā sastāvdaļām. Organiskā arhitektūra nav formāla pazīme.

parametriskā arhitektūra, parametricisms (*Parametric Architecture*) – arhitektūras veidošanas metode, kurā projektējot tiek izteiktas kompleksas attiecības starp ģeometriskiem objektiem, kuru rezultātā tiek radītas harmoniskas proporcionālas sistēmas. Šāda pieeja tiek izmantota lidmašīnu projektēšanā un progresīvajā inženierijā, kur vairākas vienlaicīgas izmaiņas projektā var tikt izlabotas, iepriekš uzstādot attiecības starp objektiem. Faktiski vesela virkne noteikumu tiek uzbūvēti sistēmā, kuru iespējams neierobežoti paplašināt un kur nepastāv praktiski nekādu ierobežojumu.

programmatūras papildinājums (*plug-in*) – programmatūras modulis, ko izmanto, lai papildinātu lielākas sistēmas ar speciālām funkcijām [217], iespējām vai pakalpojumiem, sniedzot lietotājam daudz lielākas iespējas pārvaldīt vai lietot oriģinālo programmatūru kādai unikālai funkcijai, kas citādi nav iespējama. IT tehnoloģijās termins biežāk lietots kā „spraudnis“.

skriptings (*Scripting*) – ar speciālu programmēšanas valodu veidota darbību secība, kas padziļināti spēj kontrolēt kādas trīsdimensiju modelēšanas programmatūras darbības, radot augstas sarežģītības rezultātus, kurus modelējot pa vienam būtu nepieciešams ļoti ilgs laiks. Ar skriptingu iespējams daudzas komandas automatizēt, likt tās izpildīt atkārtoti, turpretim katru reizi mazliet savādāk, to iepriekš nosakot skripta saturā ar aprakstītu matemātisku vienādojumu vai formulu. Skriptings ir visspēcīgākais instruments pilnīgai trīsdimensiju programmatūru pārvaldīšanai, kam nepieciešamas priekšzināšanas programmēšanā un katras konkrētās programmēšanas valodas un lietotāja interfeisa pārzināšana. Skriptinga pamatprincips ir balstīts uz vienkāršām komandām, kas rada, pārveido vai pārrēķina ģeometriskas formas, pārņemot kontroli pār to modelēšanu. Vienkārša skripta iterācija var sastāvēt no dažām rindiņām, taču, lai iegūtu nopietnākus rezultātus, skripts var būt arī vairāku simtu rindiņu garumā. Skat. arī terminu „iterācija“.

virtuālā realitāte (*Virtual Reality*) – reālas situācijas imitācija ar datorlīdzekļu (skaņas, attēla, fiziska kontakta, piem., ar sensorcimdiem, u. tml.) palīdzību; izmanto galvenokārt mācību nolūkos, kā arī arhitektūras projektēšanā, lai labāk un reālāk izprastu sarežģītas vai komplicētas ģeometrijas telpu.

vizualizācija (*Rendering*) – ar datora palīdzību veidots attēls, kas parāda trīsdimensiju vidē veidotu virtuālu objektu augstā grafiskā vai fotorealistiskā kvalitātē. Dažas vizualizācijas ir grūti atšķirt no īstām fotogrāfijām, jo tajās var tikt pilnībā imitētas gaismas/ēnas un atstarojumi, patiesas materiālu tekstūras u.c. fizikālas vai optiskas īpašības. Arhitektūras projektu vizualizācijas mūsdienās ir neatņemams projektu grafiskās prezentēšanas elements, kas arhitektiem palīdz komunicēt ar citiem speciālistiem, klientiem vai sabiedrību.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Aptauja

Aptauja tika veikta no 2009. gada marta līdz 2010. gada decembrim. Kopā tika aptaujātas 140 personas, to skaitā vairākums bija arhitektūras studenti un praktizējoši arhitekti. Aptaujas anketas tika izdalītas drukātā veidā un arī izsūtītas elektroniskā formātā.

Aptaujas anketa

Promocijas darba “Jaunās digitālās sistēmas mūsdienu arhitektūrā” ietvarā vēlos uzzināt Jūsu viedokli par dažiem ar arhitektūru saistītiem jautājumiem. Visa saņemtā informācija ir konfidenciāla.

Kas ir Arhitektūra? (Jūsu definīcija, termina skaidrojums)

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

No kurienes Jūs iegūstat jaunāko informāciju par arhitektūru?

- No avīzēm
- No žurnāliem
- No interneta
- No grāmatām
- No draugiem, kolēģiem
- No konferencēm, simpozijiem
- No citiem avotiem (lūdzu, paskaidrojiet)

Vai Jūs sekojat līdzī jaunākajiem sasniegumiem citās, ārpus arhitektūras nozarēs?

- Jā
- Nē

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Kādas datorprogrammas Jūs izmantojat arhitektūras projektēšanā? (no skices līdz tehniskajiem rasējumiem)

Arhitektūras stils/-i, kurā Jūs projektējat?

Vai Jums ir bijusi saskarsme ar datorizēto ražošanu (CAM – *Computer Aided Manufacturing* – angļu val.)?

Jā Nē

Vai ir kādi procesi mūsdienu arhitektūrā, kurus Jūs neizprotat?

Jā Nē

Lūdzu, paskaidrojiet savu viedokli

Kas Jūs iedvesmo jauna projekta radīšanā?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Objekta novietne | <input type="checkbox"/> Anatomija |
| <input type="checkbox"/> Esoša arhitektūra | <input type="checkbox"/> Matemātika |
| <input type="checkbox"/> Pieejamie būvmateriāli | <input type="checkbox"/> Fizika |
| <input type="checkbox"/> Iedvesma no ceļojumos redzētā | <input type="checkbox"/> Ķīmija |
| <input type="checkbox"/> Māksla | <input type="checkbox"/> Ģenētika |
| <input type="checkbox"/> Literatūra | <input type="checkbox"/> Aviācija |
| <input type="checkbox"/> Filozofija | <input type="checkbox"/> Industriālais dizains |
| <input type="checkbox"/> Mūzika | <input type="checkbox"/> Programmēšana |
| <input type="checkbox"/> Bioloģija | <input type="checkbox"/> Kosmoloģija |
| <input type="checkbox"/> Zooloģija | <input type="checkbox"/> Cits (lūdzu, paskaidrojiet) |

Jūsprāt, labākais arhitekts:

Latvijā – tāpēc, ka

Pasaulē – tāpēc, ka

Nosauciet ēku, kas, Jūsprāt, ir arhitektūras ikona

Latvijā – tāpēc, ka

Pasaulē – tāpēc, ka

Vai Jūs kā arhitektu ir skārusi „pasaules globālā lejupslīde” arhitektūras nozarē?

Jā Nē

Lūdzu, paskaidrojiet savu viedokli

Jūsu vecums

Jūsu dzimums

sievietē vīrietis

Jūsu arhitektūras izglītība

- Studēju pirmajosursos
- Bakalaura
- Arhitekta profesionālās studijas
- Maģistrs
- Doktors

Cik gadus strādājat par arhitektu?

Vai Jūs interesētu tālākizglītība vai papildus kursi arhitektūrā savas kvalifikācijas celšanai?

Jā Nē

Lūdzu, paskaidrojiet savu viedokli

Kādus tematus Jūs vēlētos apgūt?

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

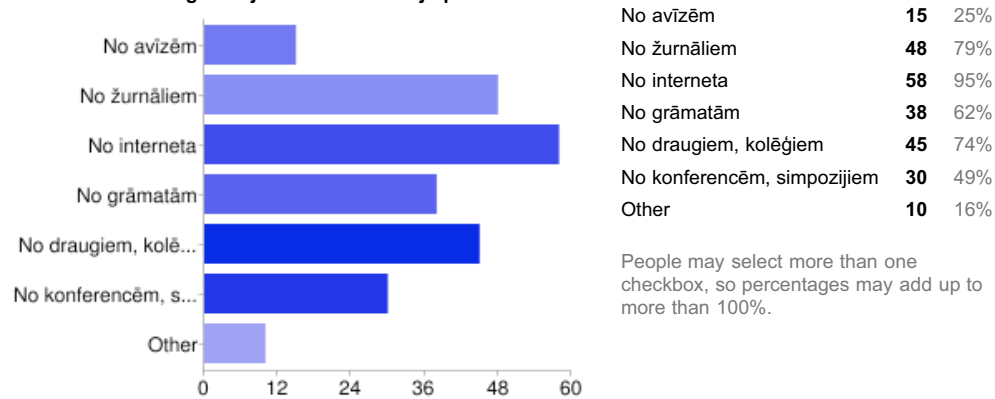
65 responses

Summary [See complete responses](#)

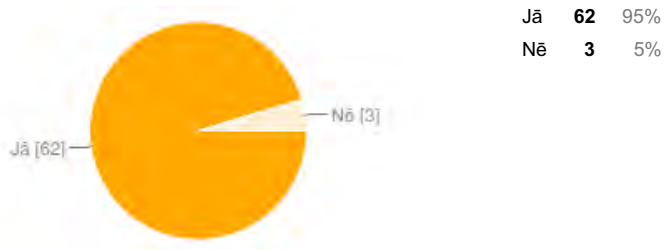
Kas ir Arhitektūra?

a b c Telpas veidošanas māksla. process, kura laikā no idejas sanāk rezultāts dabā. Būvmāksla Shis jautājums vien var aizņemt 5 h.... Mana īsā definīcija ir Viss materiālais, ko cilvēks ir radījis ir arhitektūra Vides māksla, kas padara cilvēka pārveidoto pasauli skaistāku, funkcionālu (atkarībā no cilvēku darbībām), mijiedarbas veicinošu (cilvēks-cilvēks, cilvēks-daba), līdzsvarotu utt. Arhitektūra ir reliģiskais kults Māksla, kas rada funkciju, formu, sajūtas cilvēka dzīvē. Arhitektūra kā būvmāksla sevī apvieno kompozīcijas elementus, kopā veidojot estētiski un vizuāli augstas kvalitātes mākslas ...

No kurienes Jūs iegūstat jaunāko informāciju par arhitektūru?



Vai Jūs sekojat līdzi jaunākajiem sasniegumiem citās, ārpus arhitektūras nozarēs?



Kādas datorprogrammas Jūs izmantojat arhitektūras projektēšanā? (no skices līdz tehniskajiem rasējumiem)

autocad, archicad, arī adobe illustrator, indesign un photoshop AutoCad MS Word, Excel, Archicad, Autocad, Artlantis, Cinema 4d Autocad, Sketchup, Photoshop, Vray, InDesign, Fotošops, Arhikads vairs neprojektēju AutoCAD, Rhinoceros, Photoshop, Maxwell Auto-cad, Sketchup Sketchup Autocad 3ds Max Photoshop AutoCad, Sketch up, ArchiCad, 3dMaxs, Photoshop, Artlantis. autoCad revit skechup 3dmax VectorWorks Photoshop AutoCAD, Photoshop, 3D Rhinoceros autocad, 3dmax, photoshop, indesign, gribētu saprast, kas ir parametrisko projektēšanu autocad, sketchup, photoshop, coreldraw autocad, 3dsmax, maya, sketchup, G ...

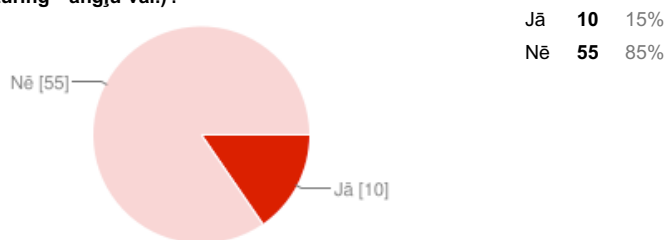
ission
○

Arhitektūras stils/-i, kurā Jūs projektējat?

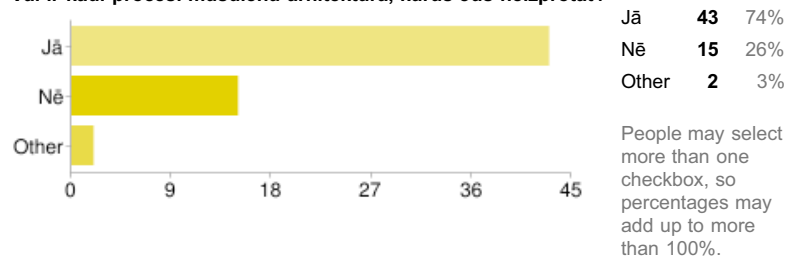
cerams, modernā arhitektūra Krastiņsh style vēl tikai mācos - fasādisms, brutālisms, varbūt funkcionālisms Savs nav tāda Mūsdienu funkcionālisms publiska rakstura un dzīvojamā apbūve ... mūsdienu mūsdienu ra ...

ission
○

Vai Jums ir bijusi saskarsme ar datorizēto ražošanu (CAM - Computer Aided Manufacturing - angļu val.)?

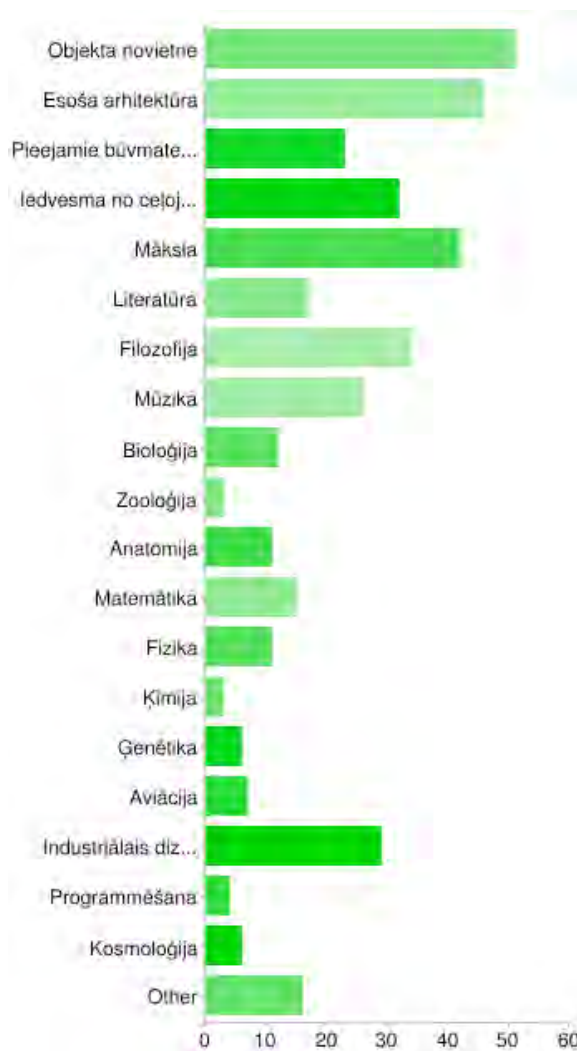


Vai ir kādi procesi mūsdienu arhitektūrā, kurus Jūs neizprotat?



ission
○

Kas Jūs iedvesmo jauna projekta radīšanā?



Subject	Count	Percentage
Objekta novietne	51	85%
Esoša arhitektūra	46	77%
Pieejamie būvmateriāli	23	38%
Iedvesma no ceļojumos redzētā	32	53%
Māksla	42	70%
Literatūra	17	28%
Filozofija	34	57%
Mūzika	26	43%
Bioloģija	12	20%
Zooloģija	3	5%
Anatomija	11	18%
Matemātika	15	25%
Fizika	11	18%
Ķīmija	3	5%
Ģenētika	6	10%
Aviācija	7	12%
Industriālais dizains	29	48%
Programmēšana	4	7%
Kosmoloģija	6	10%
Other	16	27%

People may select more than one checkbox, so percentages may add up to more than 100%.

Jūsprāt, labākais arhitekts Latvijā

Andris Kronbergs. Viņš prot atrast līdzsvaru starp radošumu un praktiskumu, viņa arhitektūrai piemīt elegances. Atšķirībā no daudziem citiem LV arhitektiem, Kronbergs iztiek bez tukšas zīmēšanās, radot patiesu cieņu apkārtējos. visi ir labi Pēdējo gadu novērojums: Andris Kronbergs. Tapēc, ka viņš ir spējis savākt komandu un savas idejas pamatojis atzītos projektos. Par to liecina vairākas uzvaras konkursos, viņš tiek ievēlēts nozīmīgos amatos, komandas darbinieki ir apmierināti, un tas kopumā rada ļoti pārliecinošu iespaidu par arhitektu Personību, kam piemīt - nosvērtība, spējas prognozēt, dom ...

Jūsprāt, labākais arhitekts Pasaulē

Rogers, Foster, Koolhaas. vēriens un pamatīgums. Kalatrava, vnk patīk viņa darbi 1. Le Korbizjē, tāpēc, ka bijis ļoti drosmīgs - darbi un

atklājumi ir aktuāli arī šodien. Pēdējie gadi, protams, Bjarke Ingelss - viņš veiksmīgi atradis valodu, kādā runāt ar visiem. Bet tie nav labākie, bet atkal, populārākie. Iespējams es tādu nezinu, varbūt Kalatrava. Katram arhitektam ir savs lauciņš. Nevar salīdzināt Z.Hadid Ar BIG vai A.Sizu. Cienījamākais O. Nīmeijers ... Jorn Utzon Gribētu izcelt vienu - Normans Fosters. Gunārs Birkerts - spēja apvienot filozofijas, formas un materiālu sintēzes spēli Herzog & ...

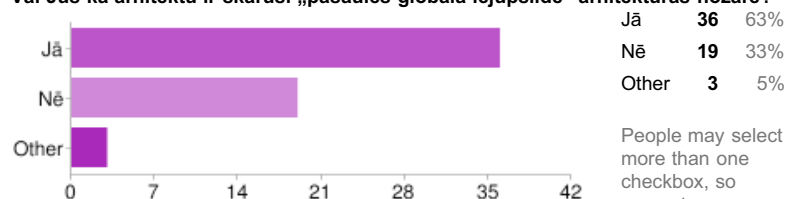
Nosauciet ēku, kas, Jūsprāt, ir arhitektūras ikona Latvijā

kāda no jūgendstila ēkām vai arī vernakulārās celtnes brīvdabas muzejā. Rīgas panorāma. diemžēl nav mūsdienu ikonu. iespējams, par tādu varētu kļūt jaunā bibliotēka. protams, projekts strīdīgs, taču manā skatījumā tam piemīt unikāla kvalitāte - ēkas veidols ir oriģināls un atšķirīgs no citur pasaulē realizētajiem projektiem. sv Pētera baznīca Nevaru izdomāt ēku, bet: Vecrīgas panorāma - ļoti populārs atribūts, kas tiek izmantots visur. Šķūnis - vai interpretācija divslīpju jumta formā. Tāpēc, ka tā ir vēsturiski un klimatiski pierādījusi savu eksistences nozīmību Latvijas teritorijā. Rija Kur ...

Nosauciet ēku, kas, Jūsprāt, ir arhitektūras ikona Pasaulē

- Big Ben Londonā Eifeļa tornis - jo tas ir kļuvis ļoti populārs visur un gandrīz visiem. Džosera piramīda Ēģiptē, jo ir pirma ēka, kurai zināms arhitekts nav viena konkrēta Ēkas vispār ir ikonas tikai arhitektiem, jo arhitektūra ir kults, skat. augstāk. Man visvairāk iespaidojusi Saint Pauls katedrāle Londonā. Sidnejas Operas ēka Ēģiptes piramīdas, tāpēc ka tā ir vistiešākā būvmākslas izpausmes ikona tuvu domas ideālam. Manuprāt, katrā pasaules pilsētā ir sava ikoniskā būve, nav viena tāda ēka kuru varētu salīdzināt ar kādu pilnīgi cita stila ēku un teikt, ka viena ir labāka par otru. Piemēram, Sid ...

Vai Jūs kā arhitektu ir skārusi „pasaules globālā lejupslīde” arhitektūras nozarē?

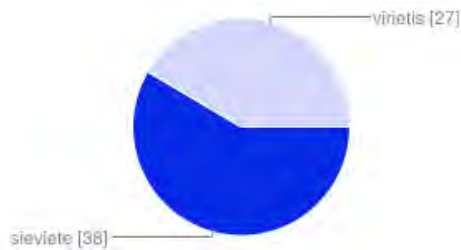


People may select more than one checkbox, so percentages may add up to more than 100%.

Jūsu vecums

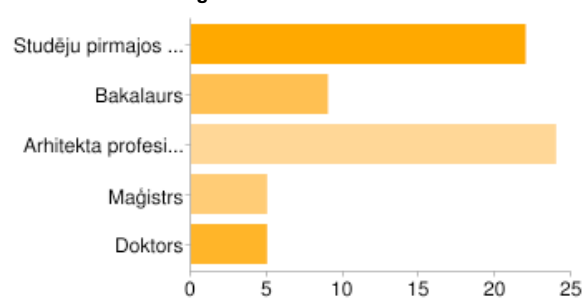
26 27 26 25 25 22 55 23 25 23 31 27 24 23 23 20 20 33 19 20 23 24 24 19 23 20 22
22 21 35 25 21 27 29 25 25 23 23 23 24 43 22 27 21

Jūsu dzimums



sieviete	38	58%
vīrietis	27	42%

Jūsu arhitektūras izglītība

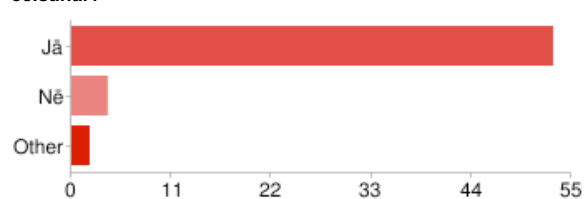


Studēju pirmajos cursos	22	34%
Bakalaurs	9	14%
Arhitekta profesionālās studijas	24	37%
Maģistrs	5	8%
Doktors	5	8%

Cik gadus strādājat par arhitektu?

5 2 0, jo vēl neesmu arhitekts 4 necik (neesmu arh) 2 30 5 6 ~10 2 strādāju par asistentu necik 4 - 1 0 vēl nestrādāju 0 5 gadus esmu interjeriste 5 0 0 0 0 5 1 gandrīz 2 gadus strādāju par arhitekta palīgu vēl mācos 8 >40 25 3 6 4 6 ...

Vai Jūs interesētu tālākizglītība vai papildus kursi arhitektūrā savas kvalifikācijas celšanai?



Jā	53	90%
Nē	4	7%
Other	2	3%

People may select more than one checkbox, so percentages may add up to more than 100%.

Paldies par Jūsu atsaucību!

Intervijas

Promocijas darba pētījumu ietvaros tika intervēti arhitekti, kas savā darbā izmanto klasiskos digitālās arhitektūras projektēšanas instrumentus. Visās intervijās intervētājs (Arne Riekstiņš) apzīmēts ar iniciāļiem A.R., intervējamais – attiecīgi ar sava vārda un uzvārda iniciāļiem.

Edgars Suvorovs

RTU APF doktorantūras studiju 1. kursa students, lektors arhitektūras projektēšanā, arhitekts. (07.05.2010.)

A.R. Kad un kādu apsvērumu dēļ Tu izvēlējies strādāt ar Autodesk Revit?

E.S. Izvēlējos strādāt ar Revit pirms 2-3 gadiem sekojošu apsvērumu dēļ:

1. AutoCAD sen jau likās kā novecojis piegājiens – zīmēt ar datoru pēc tās pašas metodikas, kā zīmējot ar roku. Autodesk Architectural Desktop (ADT, tagad AutoCAD Architecture) bija kaut kas cerīgāks, bet tomēr bija ļoti grūti strādāt ar telpisko modeli tā, lai tas būtu nepastarpināti izmantojams projekta dokumentācijas sagatavošanai un vienlaikus kā modelis vizualizācijai.
2. Individuālais faktors: izmēģinot Revit un ArchiCAD (idejiski ļoti līdzīgi produkti), ērtāks un piemērotāks manai uztverei un domāšanas veidam likās Revit (ātri izpratu visus darbības principus, kamēr ar ArchiCAD kaut kā nevedās). Savukārt salīdzinot ar ADT, Revit nav tik daudz "piesārņots" ar visādām funkcijām, kā arī ļoti reti "uzkaras".
3. Revit kā Autodesk produkta savietojamības potenciāls ar citiem daudzajiem Autodesk saimes izstrādājumiem (piem., 3DsMax).
4. Revit kā relatīvi jauns produkts ar lielu attīstības potenciālu.

A.R. Kādas ir priekšrocības strādājot ar Revit praktiskajā darbā?

E.S. Praktiskajā darbībā, manuprāt, ir vairāki labumi:

1. Praktiski nepārtraukti tiek strādāts ar virtuālo ēkas 3D modeli, gan 3D, gan 2D režīmā. Ērti ir tas, ka darba procesā nav manuāli jāzīmē dažādu ēkas skatu projekcijas atsevišķi, bet tiek veidots ēkas virtuāls modelis, strādājot ar to dažādās projekciju plaknēs (fasādēs, griezumos, plānos u.tml.). Tas arī izslēdz kļūdu iespējas (piemēram, griezumam nesakrīt ar plāniem u.tml., var apskatīties griezumu jebkurā ēkas vietā jebkurā brīdī – izvairīties no dažādām telpiskām kļūmēm). Izmainot kaut ko jebkurā skatā, piemēram, plānā pabīdot sienu,

- tas uzreiz atbilstoši izmainās visos pārējos skatos, automātiski pārrekinās telpu platības visās tabulās, pastiepjās līdz izmēru ķēdes utt.
2. Modeļa elementi ietver dažāda rakstura informāciju, ne tikai geometriskos parametrus. Piemēram, konstrukciju materiālu slāņus un materiālu apjomus, konstrukciju ugunsizturības klasi, utt.
 3. Mazāk "melnā darba". Nav jāreķina telpu platības, materiālu apjomi, nav jāskaita durvis specenēm u.tml. To visu dara programma.
 4. Var veidot parametriskus objektus, piem., modeli pastiepjot siju garāku, palielinās tās šķērsriezums, pastiepjot galdu garāku, automātiski pievienojas atbilstošais krēslu skaits, pamainot materiālu vai biezumu vienam rāmim, izmainās visiem tā paša tipa logiem... Parametrisku bibliotēkas elementu veidošana šķiet ir viens no būtiskākajiem aspektiem, lai Revit iespējas izmantotu pilnībā.
 5. Pietiekami kvalitatīvs un vienlaicīgi ļoti vienkāršs iebūvētais renderis. Izmantoju gan darba procesā, gan gala renderiem.
 6. Vairāki cilvēki var vienlaicīgi strādāt vienā modelī (failā) un redzēt izmaiņas, ko kurš ir veicis. Tas ir ļoti būtiski, jo visa projekta dokumentācija – ēkas modelis, modeļa 2D skati ar izmēriem un vizualizācijas atrodas vienā failā. AutoCADā parasti fasādes, plānus un griezumus sadalīja pa dažādiem failiem, un tad katrs cilvēks darbojās savā failā, pēc tam atkal lika kopā. Mīnuss tas, ka fails kļūst liels – 30-70Mb, bet, ja pa e-pastu nav jāsūta, tad ir OK.

Ervins Auliņš

Diplomēts arhitekts (07.05.2010.)

A.R. Kāpēc esi izvēlējies strādāt ar Graphisoft ArchiCAD?

E.A. Galvenokārt, ērtās 2D un 3D savstarpēji paralēlās modelēšanas ierīdē. Elementa/objekta parametru vienkāršās/skaidrās ievades iespējas. Liels pluss – daudzu citu programmu failu formātu atpazīšana un citu programmu failu formātu izveide. Izdrukas sagatavošana neiejaucoties objekta izstrādes failā. Vienkārši un ātri iegūstams vēlamais rezultāts lieki netērējot laiku ar tēlotājģeometrijas pamatiem. Plašais papildprogrammu un papildfunkciju klāsts, kas palīdz nodrošināt jebkura tipa darbu izstrādi.

Inovativitātes veiktspējas salīdzinošā analīzes tabula par 2010. gadu 27 Eiropas valstīs.

Dati: Pro Inno Europe. [184]

Created in Free PDF Mac

v.2011-10-16

	Kopējais indekss	Cilvēkresursi	Zinātnes sistēma	Finanšu un atbalsta sistēmas	Uzņēmumu investīcijas	Zinātnes un uzņēmējdarbības saikne	Intelektuālais īpašums	Uzņēmumu inovativitāte	Ekonomiskie ieņēmumi
Šveice	0.83	0.84	0.99	0.70	0.82	0.60	0.93	1.00	0.84
Zviedrija	0.75	0.89	0.81	0.93	0.69	0.78	0.79	0.56	0.61
Dānija	0.74	0.64	0.88	0.75	0.58	0.93	0.83	0.56	0.65
Somija	0.70	0.88	0.67	0.83	0.64	0.74	0.65	0.52	0.65
Vācija	0.70	0.61	0.60	0.63	0.67	0.56	0.77	0.99	0.73
Lielbritānija	0.62	0.70	0.83	0.76	0.51	0.74	0.42	0.31	0.64
Beļģija	0.61	0.66	0.83	0.60	0.43	0.76	0.48	0.68	0.52
Austrija	0.59	0.58	0.68	0.51	0.55	0.56	0.74	0.61	0.48
Nīderlande	0.58	0.62	0.92	0.76	0.31	0.54	0.66	0.36	0.49
Īrija	0.57	0.75	0.75	0.39	0.53	0.44	0.42	0.44	0.74
Luksemburga	0.57	0.52	0.64	0.66	0.32	0.47	0.53	0.74	0.64
Francija	0.54	0.68	0.70	0.68	0.41	0.43	0.43	0.47	0.55
ES 27 vidējais rādītājs	0.52	0.54	0.55	0.63	0.46	0.41	0.50	0.50	0.54
Kipra	0.50	0.59	0.44	0.14	0.49	0.61	0.31	0.69	0.54
Islande	0.49	0.34	0.74	1.00	0.64	0.79	0.35		0.32
Slovēnija	0.49	0.61	0.47	0.59	0.47	0.50	0.36	0.47	0.51
Igaunija	0.47	0.54	0.36	0.71	0.63	0.58	0.32	0.58	0.38
Norvēģija	0.46	0.67	0.80	0.69	0.20	0.59	0.26	0.35	0.35
Portugāle	0.44	0.44	0.48	0.57	0.34	0.41	0.33	0.72	0.38
Itālija	0.42	0.43	0.42	0.42	0.29	0.32	0.46	0.55	0.45
Čehija	0.41	0.51	0.30	0.32	0.48	0.37	0.21	0.58	0.56
Spānija	0.39	0.41	0.55	0.52	0.26	0.18	0.35	0.33	0.50
Griekija	0.36	0.45	0.34	0.19	0.21	0.41	0.12	0.67	0.51
Malta	0.35	0.12	0.24	0.03	0.35	0.13	0.40	0.26	0.76
Ungārija	0.33	0.43	0.27	0.27	0.33	0.13	0.22	0.10	0.62
Horvātija	0.30	0.50	0.21	0.39	0.29	0.33	0.07	0.40	0.34
Polija	0.28	0.59	0.18	0.30	0.36	0.08	0.24	0.09	0.34
Slovākija	0.27	0.57	0.17	0.09	0.21	0.11	0.15	0.21	0.47
Rumānija	0.24	0.35	0.15	0.22	0.40	0.05	0.06	0.17	0.45
Serbija	0.24	0.38	0.54	0.24	0.21	0.17	0.02	0.09	0.30
Maķedonija	0.23	0.29	0.34	0.00	0.24	0.18	0.00	0.48	0.27
Lietuva	0.23	0.61	0.10	0.56	0.22	0.17	0.10	0.17	0.16
Bulgārija	0.23	0.45	0.20	0.23	0.27	0.07	0.17	0.11	0.27
Turcija	0.20	0.06	0.31	0.28	0.07	0.20	0.06	0.56	0.25
Latvija	0.20	0.43	0.05	0.13	0.35	0.04	0.25	0.03	0.24

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v.2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v.2011-10-16

Izmantotie informācijas avoti

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

Publicētie darbi

1. **Addington Michelle, Schodek Daniel L.**, *Smart Materials and Technologies for the architecture and design professions*. Oxford: Architectural Press, 2005, 256 p.
2. Addressing the Needs of AEC Industry with Digital Project. *Contact mag Dassault Systèmes*, 2007, pp. 10–11.
3. **Akleman Ergun**, *Topological Mesh Modeling*. Texas: Texas A&M University, 2006, 297 p.
4. **Aldhous Peter**, Redesigning Life. *New Scientist*, London, 2006, May 20, pp. 43–47.
5. **Antonelli Paola**, *Design and the Elastic Mind*. New York: The Museum of Modern Art, 2008, 192 p.
6. **Appelbaum Alec**, Digital Project Software Keeps Buildings on Budget. *NY Times*, 2009, 10 Feb.
7. **Aranda Benjamin, Lasch Chris**, *Tooling*. New York: Princeton Architectural Press, 1999, 93 p.
8. Arup – Developing world-leading buildings and sports facilities with Dassault Systèmes and Microsoft technology. *Dassault Systèmes PLM Success Story*, 2011, p. 2.
9. **Ashley Steven**, Rapid Prototyping is Coming of Age. *Mechanical Engineering*, 1995, July, pp. 63–64.
10. **Aymonino Aldo, Mosco Valerio Paolo**, *Contemporary Public Space Un-volumetric Architecture*. Milano: Skira Editore, 2006, 393 p.
11. **Bahamón Alejandro**, *Arquitectura animal: analogías entre el mundo animal y la arquitectura contemporánea*, Barcelona: Parramón, 2007, 191 p.
12. **Bahamón Alejandro**, *Arquitectura vegetal: analogías entre el mundo vegetal y la arquitectura contemporánea*, Barcelona: Parramón, 2006, 191 p.
13. **Baldunčiks Juris**, *Svešvārdu vārdnīca*. Rīga: Jumava, 1999, 880 lpp.
14. **Benyus Janine M.**, *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Harper Perennial, 2002, 320 p.
15. **Betsky Aaron**, *Zaha Hadid: Complete Works*. New York: Rizzoli, 2009, 256 p.
16. **Beukers Adriaan**, *Flying Lightness*. Rotterdam: 010 Publishers, 2005, 136 p.
17. **Bhabha Homi K.**, *The Location of Culture*. London / New York: Routledge, 1994, 105 p.
18. **Bohm David**, *Wholeness and the Implicate Order*. London: Routledge, 1980, 224 p.
19. **Botterweg Ilona**, *Organic Architecture*. Amsterdam: Iona Stichting, 1992, 78 p.

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

20. **Bourzac Katherine**, Arhitektuuri ümberehitamine. *Eesti Innovatsiooniajakiri HEI*, 2011, Märts, lk. 26–28.
21. **Brayer Marie-Ange, Migayrou Frédéric, Nanjo Fumio**, *Archilab's urban experiments*. London: Thames & Hudson Ltd, 2005, 368 p.
22. **Brīņķis Jānis, Strautmanis Ivars, Bērziņš Egons**, Baltijas jūras piekrastes zonas attīstība kā viens no būtiskiem faktoriem vietējās ainaviskās savdabības saglabāšanā. *RTU Zinātniskie raksti. Arhitektūra un pilsētplānošana*. Rīga: RTU, 2009, 10. sērija, 3. sējums, 161.–169. lpp.
23. **Bueno Ernesto**, Algorithmic Form Generation of a Radiolarian Pavilion. *International Journal of Architectural Computing*. Liverpool: University of Liverpool, 2010, Issue 04, Volume 07, pp. 677–688.
24. **Bueno Ernesto**, Consideraciones y recursos para la concepción de la forma en la arquitectura de la era digital. *Pesquisa em Arquitetura e Construção*, 2008, No. 1(3).
25. **Bullivant Lucy**, *4dspace: Interactive Architecture*. London: Academy Press, 2005, 128 p.
26. **Bullivant Lucy, Gadanho Pedro**, *Space Invaders*. London: The British Council, 2001, 120 p.
27. **Burmanje W. J. F.**, Liberating architecture. *ArchIdea*, 2003, No. 28, pp. 1–9.
28. **Burry Mark**, *Scripting Cultures: Architectural Design and Programming*. London: John Wiley & Sons, 2011, 272 p.
29. **Buurman Marlies, Kloos Maarten**, Dutch Architects in Booming China. Amsterdam: ARCAM / Architectura & Natura Press, 2005, 366 p.
30. **Canguilhem Georges**, *The Normal and the Pathological*. New York: Zone Books, 1991, 144 p.
31. **Chaves Norberto**, *El diseño invisible: Siete lecciones sobre la intervención culta en el habitat humano*, Buenos Aires; Barcelona; México: Paidós, 2005, 133 p.
32. **Chomsky Noam**, *The Logical Structure of Linguistic Theory*. Berlin: Springer, 1975, 604 p.
33. **Chu Karl**, The Cone of Immanence..., *Any 23. Diagram Work*, 1998.
34. **Chu Karl**, The Turing Dimension. *Archilab*, 2001, pp. 490–494.
35. **Constantinopoulos Vivian**, *10x10*. New York: Phaidon Press, 2000, 468 p.
36. **Cook Peter, Spiller Neil, Allen Laura**, *The paradox of contemporary architecture*. London: Academy Press, 2001, 128 p.
37. **Corcó Josep**, The Emergent Character of Life. *Karl Popper: A Centenary Assessment Volume III*, Hampshire: Ashgate, 2006, pp. 123–129.
38. **Cuff Dana**, Digital Pedagogy: An Essay. *Architectural Record*, 2001, September, p. 200.
39. **Curtis William J.**, *Modern Architecture Since 1900*. London: Phaidon, 1996, 736 p.

40. **De Jong Kenneth**, *Evolutionary Computation: A Unified Approach*. Cambridge: MIT Press, 2006, 272 p.
41. **De Landa Manuel**, *The Machinic Phylum, TechnoMorphica*. Rotterdam: V2 Organization, 1997.
42. **Del Campo Matias**, *Random Files 2005 – 2007*. Wien: SPAN, 2007, 101 p.
43. **Deleuze Gilles**, *Bergsonism*. New York: Zone Books, 1988, 144 p.
44. **Deutsch David**, *The Fabric of Reality*. London: Penguin, 1998, 400 p.
45. **Di Cristina Giuseppa**, *The Topological Tendency in Architecture. Architecture and Science*. London: Wiley-Academy, 2001, pp. 6–13.
46. **Dimster Frank**, *Die neue Österreichische architektur*. Köln: Kohlhammer, 1995, 224 S.
47. **Doesinger Stephan**, *Space Between People*. USA: Prestel, 2008, 176 p.
48. **Dollens Dennis**, *DBA: Digital-Botanic-Architecture*. Santa Fe: SITES Books, 2005, 98 p.
49. **Dollens Dennis**, *The Pangolin's Guide to Biomimetics & Digital Architecture*. Santa Fe: SITES Books, 2006, 28 p.
50. **Dollens Dennis**, *The Pangolin's Guide to Digital Nature*. Santa Fe: SITES Books, 2008, 24 p.
51. **Eiben Agoston**, *Introduction to Evolutionary Computing*. Dordrecht: Springer, 2008, 316 p.
52. **Eisenman Peter**, *Diagram Diaries*. New York: Universe Publishing, 1999, pp. 26–41.
53. **Estévez Alberto**, *Arquitecturas Geneticas II: Medios digitales y formas organicas*. Barcelona: SITES Books, 2005, pp. 77–78.
54. **Estévez Alberto**, *Arquitecturas Geneticas III: Nuevas técnicas biológicas y digitales*. Barcelona: SITES Books, 2009, 204 p.
55. **Estévez Alberto**, *Genetic Architectures. Poster for UIA XXI World Congress of Architecture*. Berlin: International Union of Architects, 2002.
56. **Estévez Alberto**, *Genetic Barcelona Project, Leonardo*. Massachusetts: MIT Press, 2007, No 4.
57. *Faculty of Architecture and Design Handbook. Te Wāhanga Waiganga - Hoahoa*. Wellington: Victoria University of Wellington, 2011, 122. p.
58. **Fear Bob**, *Architecture + Animation*. London: Academy Press, 2001, 112 p.
59. **Fitelson Branden**, *Steps Toward a Computational Metaphysics. Journal of Philosophical Logic*, Dordrecht: Springer, 2007.
60. **Flachbart Georg, Weibel Peter**, *Disappearing Architecture: From Real to Virtual to Quantum*. Basel: Birkhäuser, 2005, 272 p.
61. **Frampton Kenneth**, *Modern Architecture: a Critical History*. London: Thames and Hudson, 1980, p. 9.

62. **Frazer John**, *An Evolutionary Architecture*. London: Architectural Association, 1995, 127 p.
63. **Freiherr Von Leibniz Gottfried Wilhelm**, *Monadology*. Prentice Hall College Div, 1965.
64. **Gánti Tibor**, *The Principles of Life*. New York: Oxford University Press, 2003, 224 p.
65. **Garcia Mark**, *The Diagrams of Architecture: AD Reader*. London: Wiley, 2010, 320 p.
66. **Giordano Carlos**, *Casa Batlló*. Barcelona: Dos De Arte Ediciones, 2008, 112 p.
67. **Goldberg David**, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. New Jersey: Addison-Wesley Professional, 1989, 432 p.
68. **Goldberger Paul**, Digital Dreams. *The New Yorker*, 2001, March 12, p. 96.
69. Graphisoft ArchiCAD, *The World Language of Architecture*. [commercial booklet], 2000, 4 p.
70. **Gruzdys Sophia**, Drawing; The Creative Link. *Architectural Record*, 2002, January, p. 64.
71. **Hemberg Martin**, *GENR8 – A Design Tool for Surface Generation*. Massachusetts: MIT, 2001, 90 p.
72. **Hensel Michael**, *Morpho-Ecologies*. London: AA Publications, 2006, 376 p.
73. **Hensel Michael, Menges Achim, Weinstock Michael**, *Emergence: Morphogenetic Design Strategies*. London: Academy Press, 2004, 128 p.
74. **Hensel Michael, Menges Achim, Weinstock Michael**, *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*. London: Academy Press, 2006, 128 p.
75. **Holmes Bob**, Alive! *New Scientist*, London, 2005, February 12, p. 28–33.
76. **Ingraham Catherine**, *Architecture, Animal, Human: The Asymmetrical Condition*. London: Routledge, 2006, 368 p.
77. **Issa Rajaa**, *Essential Mathematics for computational design*. Miami: Robert McNeel & Associates, 2010, 42 p.
78. **Jameson Fredric**, *Architecture and the Critique of Ideology*. London: Routledge, 1988, p. 39.
79. **Jenkins Keith**, *Re-thinking History*. London: Routledge, 1991, p. 69.
80. **Jodidio Philip**, *Architecture Now!* Cologne: Benedikt Taschen Verlag, 2005, 353 p.
81. **Jodidio Philip**, *Construire un Nouveau Millénaire*. Cologne: Benedikt Taschen Verlag, 1999, 556 pages.
82. **Johnson Steven**, *Emergence*. New York: Penguin Books, 2001, 278 p.
83. **Joutsiniemi Anssi**, *Becoming Metapolis – A Configurational Approach, Doctoral dissertation*. Tampere: Tampere University of Technology, 2010, 349 p.

84. **Karsikas Antti**, *Contemporary Architecture from Oulu – Diploma Works 2003 – 2006*. Oulu: University of Oulu, 2006, 64 p.
85. **Kauffman Stuart**, *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution*. New York: Oxford University Press, 1993, 734 p.
86. **Keulemans Guy**, *Strategies for generative designers and the development and use of generative software tools*, Bachelor of Design Honors Thesis. New South Wales: The University of New South Wales, 2002, 56 p.
87. **Khabazi Zubin Mohamad**, *Algorithmic modelling with Grasshopper*. London: Morphogenesisism.com, 2009, 174 p.
88. **Khabazi Zubin Mohamad**, *Generative Algorithms, Concepts and Experiments: Weaving*. London: Morphogenesisism.com, 2010, 56 p.
89. **Kieran Stephen, Timberlake James**, *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction*. New York: McGraw-Hill Professional, 2003, 175 p.
90. **Kohler Matthias**, Gantenbein Vineyard Facade. *Forward*, 2009, Issue 209, pp. 6–9.
91. **Kolarevic Branko**, Digital Architecture, *IT Proceedings of Acadia '2000*. Washington DC, 2000, October.
92. **Kostas Terzidis**, *Algorithms For Visual Design Using The Processing Language*. London: Wiley Publishing, 2009, 384 p.
93. **Kostas Terzidis**, *Expressive Form: A Conceptual Approach To Computational Design*. London: Spon Press, 2003, 90 p.
94. **Laiserin Jerry**, Challenge for the Digital Generation. *Architectural Record*, 2000, December, p. 166.
95. **Langdon William, Poli Riccardo**, *Foundations of Genetic Programming*. Dordrecht: Springer, 2002, 260 p.
96. **Langers Freds**, Izzīnas māksla. *GEO*, 2009, Jūn., 94.–107. lpp.
97. **Latour Bruno**, *We have never been modern*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1993, 168 p.
98. **Leach Neil, Turnbull David, Williams Chris**, *Digital Tectonics*. London: John Wiley & Sons, 2004, 191 p.
99. **Legault Réjean**, Architecture and Historical Representation. *Journal of Architectural Education*, 1991, No. 44, pp. 200–205.
100. **Legendre George**, In Conversation: George L. Legendre and Bernard Cache. *AA files*. London, 2007, No. 56, 88 p.
101. **Lewis Roger K.**, Computers are great tools for architects, but don't let CAD go wild, *The Washington Post*. Washington, 2011, February 11.
102. **Leyton Michael**, *Shape as Memory – A Geometric Theory of Architecture*. Basel: Birkhäuser, 2006, 93 p.

103. **Liu Yu-Tung**, *Distinguishing Digital Architecture*. Basel: Birkhäuser, 2007, 228 p.
104. **Lloyd Seth**, *Programming the Universe: A Quantum Computer Scientist Takes on the Cosmos*. London: Vintage, 2007, 256 p.
105. **Lonsway Bruce**, The Mistaken Dimensionality of CAD. *Journal of Architectural Education*. 2002, November, Issue 2, Volume 56, pp. 22–25.
106. **Lorde Audre**, *The Master's Tools Will Never Dismantle the Master's House*. London: Pandora, 1996, p. 160.
107. **Lynn Greg**, *Animate form*. New York: Princeton Architectural Press, 1999, 204 p.
108. **Lynn Greg, Gage Mark Foster**, *Composites, Surfaces, and Software: High Performance Architecture*. Yale: Yale School of Architecture, 2011, 210 p.
109. **McCullough Malcolm**, *Abstracting Craft*. Cambridge: The MIT Press, 1996, 329 p.
110. **Menin Sarah, Samuel Flora**, *Nature and Space: Aalto and Le Corbusier*. New York: Routledge, 2003. 181 p.
111. **Migayrou Frédéric**, *Architectures non Standard*. Paris: Éditions du Centre Pompidou, 2003, 223 pages.
112. **Mitchell William J.**, A computational view of design creativity. *Modeling Creativity and Knowledge-Based Creative Design*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1993, pp. 25–44.
113. **More Thomas**, *Utopia*. London: Penguin Classics, 2003, 176 p.
114. **Moreno Shonquis**, Space Invader. *FRAME*. Amsterdam: FRAME Publishers, 2006, Issue 52, pp. 208–210.
115. **Moussavi Farshid**, *The Function of Form*. Barcelona: Actar, 2009, 384 p.
116. **Nesbitt Kate**, *Theorizing a New Agenda for Architecture: An Anthology of Architectural Theory 1965-1995*. New York: Princeton Architectural Press, 1997, 384 p.
117. **Nordenson Guy**, *Tall Buildings*. New York: The Museum of Modern Art, 2003, 191 p.
118. **Nouvian Claire**, *The Deep: The Extraordinary Creatures of the Abyss*. Chicago: University of Chicago Press, 2007, 256 p.
119. **Novak Marcos**, Alien Space: The Shock of the View. *Art + Technology*. Dublin: CIRCA Art Magazine, 1999, Issue 90, pp. 12–13.
120. **Novak Marcos**, Transarchitectures and Hypersurfaces. *Architecture and Science*. London: Wiley-Academy, 2001, pp. 153–157.
121. **Oltmans Liesbeth**, The Way We Work. *FRAME*. Amsterdam: FRAME Publishers, 2008, Issue 64, p. 272.
122. **Oosterhuis Kas**, *BCN Speed and Friction: the Catalunya Circuit City*. Barcelona: SITES Books / ESARQ (UIC), 2004, 224 p.

123. **Österlund Toni, Lundén Eero**, *Generate, from algorithm to structure*. Oulu: University of Oulu, 2009, 186 p.
124. **Ouroussoff Nicolai**, Buildings Shown as Art, and Art as Buildings. *Architecture Review*, 2005, October 25, p. 50.
125. **Ouroussoff Nicolai**, Olympic Stadium With a Design to Remember, *The New York Times*. New York, 2008, August 8, p. 12.
126. **Parcerisa Josep**, Plaça Lesseps. *Quaderns 249*. Barcelona: COAC, 2006, pp. 67–73.
127. **Pearce Peter**, *Structure in Nature Is a Strategy for Design*, Mohawk: Murray Printing Company, 1990, 243 p.
128. **Penrose Roger**, *The Emperor's new mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics*. London: Penguin Books, 1991, 466 p.
129. **Poli Riccardo, Langdon William, McPhee Nicholas Freitag**, *A Field Guide to Genetic Programming*. Barking: Lulu Enterprises, 2008, 252 p.
130. **Pollack Andrew**, Scientists Take New Step Toward Man-Made Life, *The New York Times*. New York, 2008, January 24, p. 24.
131. **Popper Karl**, *The Self and Its Brain*. Berlin: Springer International, 1977, 613 p.
132. **Prusinkiewicz Przemyslaw, Lindenmayer Aristid**, *The Algorithmic Beauty of Plants (The Virtual Laboratory)*. Berlin: Springer, 1996, 228 p.
133. **Rahim Ali**, Introduction, *Architectural Design*. London: Wiley Academy, 2002, Volume 72 Issue 1 – Contemporary techniques in architecture, p. 5.
134. **Rashid Hani**, Guggenheim Virtual Museum. *Domus*, 2000, January, Issue 822, pp. 26–31.
135. **Reiser Jesse**, *Atlas of Novel Tectonics*. New York: Princeton Architectural Press, 2006, 255 p.
136. **Reas Casey, McWilliams Chandler**, *Form+Code in Design, Art, and Architecture. A Guide to Computational Aesthetics*. New York: Princeton Architectural Press, 2010, 176 p.
137. **Riekstiņš Arne**, *Arquitectura Aberrante*. Madona: Hybrid Space publishing, 2008, 151 p.
138. **Rodych Victor**, Wittgenstein on Mathematical Meaningfulness, Decidability, and Application, *Notre Dame Journal of Formal Logic*. North York (Ontario), 1997, Volume 38 Nr. 2, pp. 195–224.
139. **Roh Jeremy**, *Computerizing an Architectural Design Process: Toward the Development of Unique Variations for the American Home*, *Masters Thesis in Architecture*. Charlotte: University of North Carolina, 2007, 200 p.
140. **Rowe Colin**, *The Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays*. Massachusetts: MIT Press, 1982, 233 p.
141. **Rozenberg Grzegorz, Salomaa Arto**. *The mathematical theory of L systems*. New York: Academic Press, 1980, 378 p.

142. **Rutten David**, *Rhinoscript 101 for Rhinoceros 4.0*. Miami: Robert McNeel & Associates, 2007, 114 p.
143. **Sandercock Leonie**, *Making the Invisible Visible: Insurgent Planning Histories*. Berkley: University of California Press, 1998, pp. 135–149.
144. **Sandercock Leonie**, *Towards Cosmopolis: Planning for Multicultural Cities*. Chichester: Wiley, 1998, pp. 85–104.
145. **Sasaki Mutsuro**, *Flux structure*. Tokyo: TOTO Shuppan, 2005, 224 p.
146. **Saunders Peter**, *Nonlinearity: What it is and why it matters. Architecture and Science*. London: Wiley-Academy, 2001, pp. 110–115.
147. **Schittich Christian**, *Building skins*. München: Birkhäuser, 2006, 198 p.
148. **Schliep Jan Walter**, *Xfrog 4 for Maya Reference Manual*. Berlin: Greenworks, 2005, 57 p.
149. **Schumacher Patrik S.**, *Digital Hadid*. Basel: Birkhäuser, 2000, 96 p.
150. **Schumacher Patrik S.**, *The Autopoiesis of Architecture: A New Framework for Architecture*. London: Wiley, 2011, 478 p.
151. **Segaran Toby, Hammerbacher Jeff**, *Beautiful Data, The Stories Behind Elegant Data Solutions*. Sebastopol, California: O'Reilly Media, 2009, 384 p.
152. **Silva Camile A.**, *Liquid Architectures: Marcos Novak's Territory of Information, Master's Thesis in Arts*. Louisiana: Louisiana State University, 2005, 60 p.
153. **Smilģe Solvita**, Galvenais – nepārēsties šokolādi. *Diena*, 2005, 5. maijs.
154. **Spiller Neil**, *Lost Architectures*. London: Academy Press, 2001, 128 p.
155. **Spiller Neil**, *Digital Architecture Now, A Global Survey of Emerging Talent*. London: Thames & Hudson, 2008, 400 p.
156. **Steele James**, *arquitectura y revolución digital*. México, Barcelona: Gili, 2001, 239 p.
157. **Stiny George, Gips James**, *Algorithmic Aesthetics, Computer Models for Criticism and Design in the Arts*. Berkley: University of California Press, 1978, 220 p.
158. **Sullivan Louis Henri**, The Tall Office Building Artistically Considered. *Lippincott's Magazine*, 1896.
159. **Summerson John**, *Heavenly Mansions*. New York: W. W. Norton, 1963, p. 217.
160. **Taylor Mark**, *Surface Consciousness*. London: Academy Press, 2003, 128 p.
161. **Tedeschi Arturo**, *Parametric Architecture with Grasshopper*. Brienza: Edizioni Le Penseur, 2011, 208 p.
162. **Thomsen Mette Ramsgaard**, *Computing the Real: Time, Scale and Material*. Copenhagen: The Royal Danish Academy of Arts, School of Architecture, 2011, 69 p.

163. **Tschumi Bernard, Cheng Irene**, *The State of Architecture at the Beginning of the 21st Century*. New York: The Monacelli Press / Columbia Books of Architecture, 2003, 136 p.
164. **Van Der Ryn Sim**, *Design For Life*. Layton, Utah: Gibbs Smith, 2005, 192 p.
165. **Van der Veen Henk**, *Archiprix International 2007*. Rotterdam: Archiprix Foundation / 010 Publishers, 2007, 144 p.
166. **Van Wezel Rudolf**, *Skins for buildings*. Amsterdam: BIS Publishers, 2004, 509 p.
167. **Vyzoviti Sophia**, *Supersurfaces*. Amsterdam: BIS Publishers, 2006, 144 p.
168. **Waters John K.**, *Blobitecture: Waveform Architecture and Digital Design*. California: Rockport Publishers, 2003, 192 p.
169. **Watson James D.**, *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*. New York: Touchstone, 2001, 256 p.
170. **Weinstock Michael**, *Advanced Simulation in Design. Architectural Design*, 2006, Volume 76, Issue 2, pp. 54–59.
171. **Wells Matthew**, *Skyscrapers – Structure and design*. London: Laurence King Publishing, 2005, 192 p.
172. **Winograd Terry, Flores Fernando**, *Understanding Computers and Computers: a new foundation for design*. Norwood, New Jersey: Addison-Wesley Professional, 1987, 224 p.
173. **Wittgenstein Ludwig**, *Philosophical Grammar*. Oxford: Basil Blackwell, 1974, 496 p.
174. **Wittgenstein Ludwig**, *Tractatus Logico-Philosophicus*. London: Routledge and Kegan Paul, 1921, 80 p.
175. **Wolff-Plottegg Manfred**, *Hybrid Architecture & Hyperfunctions – architecture after the end of traditional algorithms*. Wien: Passagen Verlag, 2007, 248 p.
176. **Wolfram Stephen**, *A new kind of science*. Champaign, Illinois: Wolfram Media, 2002, 1192 p.
177. **Wolski Jan**, *Genetic Urbanism – Evolutionary Methods in Urban Design, Master's Thesis in Architecture*. Helsinki: Aalto University School of Science and Technology, 2010, 65 p.
178. **Yessios Chris I.**, *Digital Intentions Explorations and Accidents, Form Z Joint Study Journal*. Columbus, Ohio: AutoDesSys, 2007, 153 p.
179. **Yessios Chris I.**, *Digital Media and the Creative Process, Form Z Joint Study Journal*. Columbus, Ohio: AutoDesSys, 2008, 125 p.
180. **Yessios Chris I.**, *Form Z Joint Study Program Report*. Columbus, Ohio: AutoDesSys, 2005, 144 p.
181. **Zaera-Polo Alejandro, Moussavi Farshid**, *Phylogenesis, foa's ark*. Barcelona: Actar, 2004, 656 p.
182. **Zellner Peter**, *Hybrid Space – new forms in digital architecture*. London: Thames & Hudson, 1999, 191 p.

183. **Zibārte Ieva**, Tievi un veselīgi ar labu arhitektūru. *Diena*, 2008, 13. jūnijs.
184. **Zirnask Villu**, Euroopa innovatsioonikaart 2010: Eesti kuulub liidreid jālitavasse gruppi. *Eesti Innovatsiooniajakiri HEI*, 2011, Mārts, lk. 12–13.
185. **Zvirgzdiņš Artis**, Arhitektūra kā māksla. *Latvijas Arhitektūra*, 2007, Nr. 6:16
186. **Лебедев Юрий Сергеевич**, *Архитектурная бионика*. Москва: Стройиздат, 1971, 120 стр.

Interneta materiāli

187. 3D Laser Scanning. *TIS-Ltd*. [Online 17.05.2011.] <http://www.tis-ltd.co.uk/3dscanning.html>
188. 3D Laser Scanning – Examples, Architecture and Buildings & Historic Monuments Heritage. *ArcTron Engineering Services for 3D Surveying and Archaeology*. [Online 17.05.2011.] http://www.arctron.com/3D_Surveying/3D_Laser_Scanning/Examples/Architecture_Buildings_Historic_Monuments_Heritage.php
189. *Aeragon – Military Technology Transfer*. [Online 10.11.2010.] <http://www.aeragon.com>
190. *Ainaviski ekoloģisko un arhitektoniski telpisko faktoru integrācija Baltijas jūras piekrastes zonas attīstībā Latvijā*. [Tiešsaiste 28.05.2011.] http://galerija.rtu.lv/index.php/inovaciju_un_jauno_tehnologiju_konference_09/Egons-B_rzi_0601
191. Aizkulisēs. *R.Evolution Real Estate Development*. [Tiešsaiste 27.01.2011.] <http://www.rvl.lv/lat/projects/>
192. **Alonso Hernan Diaz**, *Chlorofilia 2106*. [Online 30.05.2007.] <http://www.pantopicon.be/blog/2007/02/04/chlorofilia-2106/>
193. ArchiCAD. *Wikipedia*. [Online 02.03.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD>
194. *Arhitektu birojs “Arhitektonika”*. [Tiešsaiste 27.01.2011.] <http://www.arhitektonika.lv/?lang=lv>
195. Arhitektūra un iecere. *LNBAB*. [Tiešsaiste 01.02.2011.] <http://gaisma.lv/lat/lightpalace/architecture/>
196. AutoCAD. *Wikipedia*. [Online 28.02.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
197. *Autodesk 3ds Max 2012, Unleash Your Creativity*. [Online 08.03.2011.] http://images.autodesk.com/adsk/files/3ds_max_2012_whats_new_brochure_us.pdf
198. **Bajārs Pēteris**, Pārventas bibliotēka – gada ievērojamākā ēka Latvijā. *Portāls A4D*. [Tiešsaiste 27.01.2011.] <http://a4d.lv/lv/projekti/parventas-biblioteka-gada-ieverojamaka-eka-latvija/>
199. **Basulto David**, In Progress: Z Towers / NRJA. *ArchDaily*. [Online 27.01.2011.] <http://www.archdaily.com/14345/in-progress-z-towers-nrja/>

200. Benjamin Lee Whorf. *Wikipedia*. [Online 19.03.2011.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Lee_Whorf
201. **Bermudez Julio, Klinger Kevin**, *Digital Technology & Architecture*. [Online 22.01.2011.] http://www.acadia.org/ACADIA_whitepaper.pdf
202. Blobitecture. *Wikipedia*. [Online 14.05.2011.]
<http://en.wikipedia.org/wiki/Blobitecture>
203. **Bozdoc Marian**, *The History of CAD*. [Online 03.02.2010.]
<http://mbinfo.mbdesign.net/CAD-History.htm>
204. **Burger Shane**, SmartGeometry 2011 Copenhagen. *Grasshopper 3D*. [Online 15.05.2011.] <http://www.grasshopper3d.com/forum/topics/smartgeometry-2011-copenhagen?commentId=2985220%3AComment%3A137451>
205. CAD/CAM pioneer Donald Welbourn dies. *Delcam*. [Online 11.11.2010.]
http://www.delcam.com/news/press_article.asp?releaseId=675
206. CATIA. *Wikipedia*. [Online 16.04.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/CATIA>
207. *Centra Nams*. [Tiešsaiste 18.06.2011.]
<http://www.senbergs.lv/lat/projects/index.php?1132&text>
208. **Chaitin Gregory**, *Leibniz, Information, Math and Physics*. [Online 30.10.2008.]
www.cs.auckland.ac.nz/CDMTCS/chaitin/kirchberg.pdf
209. **Chu Karl**, *Genetic Space*. [12.04.2008.]
www.azw.at/otherprojects/soft_structures/allgemein/genetic.htm
210. **Chu Karl**, *Modal Space*. [Online 12.04.2008.]
www.azw.at/otherprojects/soft_structures/allgemein/modal_space.htm
211. Citroën showroom, Paris. *Wallpaper Magazine*. [Online 13.04.2011.]
<http://www.wallpaper.com/architecture/citron-showroom-paris/1849>
212. Ciutat de les Arts i les Ciències. *Wikipedia*. [Online 19.06.2011.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Ciutat_de_les_Arts_i_les_Ciències
213. *cloud9*. [Online 19.06.2011.] <http://e-cloud9.com/>
214. **Coenders Jeroen L.**, Interfacing between parametric associative and structural software. [Online 15.01.2009.] http://www.jlcoenders.nl/joomla/images/publications/20070418_paper_jlcoenders.pdf
215. CoSA Solutions. *Buro Happold*. [Online 16.03.2011.]
http://www.burohappold.com/BH/SRV_BLD_SC_cosasolutions.aspx
216. *CV Curve*. [Online 15.04.2011.]
http://www.kxcad.net/autodesk/3ds_max/Autodesk_3ds_Max_9_Reference/cv_curve.html
217. Datortermini. *Lielā terminu vārdnīca*. [Tiešsaiste 03.02.2011.]
www.termini.lv/index.php
218. *Design process at architecture office Kosmos*. [Online 18.06.2011.]
<http://www.kosmoses.ee/>

219. Digital Project. *Wikipedia*. [Online 16.04.2011.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Project
220. Digital Project – Frank Gehry's Vision. *arcspace.com* [Online 07.09.2009.]
<http://www.arcspace.com/architects/gehry/dp/dp.html>
221. Dodekaedrs. *Vikipēdija*. [Tiešsaiste 23.05.2011.]
<http://lv.wikipedia.org/wiki/Dodekaedrs>
222. Double Edge Lecture Series: Mutsurou Sasaki. *UCLA Paul I. and Hisako Terasaki Center for Japanese Studies*. [Online 20.05.2011.]
<http://www.international.ucla.edu/japan/events/showevent.asp?eventid=6435>
223. Enric Ruiz Geli: Villa NURBS, Empuriabrava. *Designboom*. [Online 13.11.2009.]
<http://www.designboom.com/weblog/cat/9/view/8210/enric-ruiz-geli-villa-nurbs-empuriabrava.html>
224. Evolutionary computation. *Wikipedia*. [Online 01.04.2011.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Evolutionary_computation
225. *Experiments in Associative Urbanism*. [Online 15.04.2010.]
<http://shiftboston.blogspot.com/2009/07/experiments-in-associative-urbanism.html>
226. **Fairs Marcus**, *Thames Gateway – the Movie by Zaha Hadid Architects*. [Online 10.06.2009.] <http://zahahadidblog.com/movies/2007/06/22/121>
227. **Fraser Matthew**, *Inflexible Machines: Parametric Models and Early Stage Design Constraints*. [Online 29.03.2010.] http://caadria2010.org/papers/pgsc/matt_frazer.pdf
228. **Halabi Maruan**, *Technology and Architecture: The Digital in the service of the Material*. [Online 24.10.2009.] <http://www.rethinking-academic.org/scientificpapers/TechnologyandArchitecture-MH.pdf>
229. **Hanlon Mike**, How Renault F1 uses Advanced Digital Manufacturing to enhance competitiveness. *gizmag*. [Online 22.05.2011.]
<http://www.gizmag.com/go/4221/>
230. **Howell Ian, Batcheler Bob**, *Building Information Modeling Two Years Later, Huge Potential, Some Success and Several Limitations*. [Online 02.03.2011.]
http://www.laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf
231. Inglise kolledži spordihoone trügib kanajalgel tänavale. *Eesti Päevaleht*. [Online 18.06.2011.] <http://www.epl.ee/artikkel/371755>
232. *Introducing AutoCAD 2004*. [Online 28.02.2011.]
http://media.wiley.com/product_data/excerpt/59/07645404/0764540459.pdf
233. **Jarz Hank**, AirBaltic terminal Competition finalists announced. *ArchDaily*. [Online 18.06.2011.] <http://www.archdaily.com/89020/airbaltic-terminal-competition-finalists-announced/>
234. **Kawaguchi Keith**, *Okino Ships Revised .3dm Rhinoceros, OpenNURBS v5 Import/Export Converters*. [Online 20.03.2011.] http://www.okino.com/press/press_release_rhino_march2011.pdf

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac
 v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac
 v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac
 v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac

235. **Kodres Mari**, Rotermanni laudsepatöökoda rändab näitusele. *Eesti Päevaleht*. [Online 18.06.2011.] <http://www.epl.ee/artikkel/467662>
236. **Kolatan Sulan**, *Kolatan / Mac Donald Studio*. [Online 12.03.2005.] <http://www.archilab.org/public/2000/catalog/kolata/kolataen.htm>
237. **Kõresaar Andrus, Kotov Raivo**, Rotermanni laudsepatöökoda. *Ajakiri MAJA*. [Online 18.06.2011.] <http://www.solness.ee/maja/?mid=112&id=442>
238. **Kotnik Toni**, *Algorithmic Architecture, Introduction to the MAS Colloquia 2006/07*. [Online 19.04.2010.] <http://wiki.arch.ethz.ch/asterix/pub/MAS0607/MasColloquia/Lecture01.pdf>
239. **Kozak Paul**, *Does the new architecture, as represented at ArchiLab 2004 and Venice Biennale, offer solutions to some of the challenges of our contemporary built environment?* [Online 29.05.2010.] http://www.wkozak.com/paulkozak/architecture_files/essay_files/essay.doc
240. **Kudless Andrew**, Honeycomb algorithm, *MATSYS*. [Online 03.12.2008.] http://www.materialsystems.org/?page_id=384
241. Kunsthaus Graz. *Urbarama*. [Online 19.06.2011.] <http://en.urbarama.com/project/kunsthhaus-graz>
242. **Kycia Agata**, *Concept of Adaptability in Parametric / Associative Design*. [Online 15.01.2009.] <http://workshopsfactory.com/2008/08/17/concept-of-adaptability-in-parametric-associative-design/>
243. **Lentz Linda C.**, Asymptote Architecture and RealU craft a crystalline hybrid. *Architectural Record*. [Online 22.05.2011.] http://archrecord.construction.com/projects/lighting/archives/2010/05yas_hotel/yas_hotel-1.asp
244. **Lev Sara**, *Computing Buildings: Architecture at the Crossroads*. [Online 06.01.2009.] http://www.stanford.edu/group/STS/techne/Fall2002/lev_files/Article_Computing_buildings/lev.html
245. **Loukissas Yanni Alexander**, *RULEBUILDING: A Generative Approach to Modeling Architectural Designs Using a 3-D Printer*. [Online 16.12.2007.] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.119.3984&rep=rep1&type=pdf>
246. **Love Tim**, *Between Mission Statement and Parametric Model*. [Online 11.11.2009.] <http://places.designobserver.com/entry.html?entry=10757>
247. Math. *Rhino3DE*. [Online 27.05.2011.] http://www.rhino3d.de/_develop/___v3_plugins/math/
248. Maya. *Wikipedia*. [Online 11.04.2011.] http://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Maya
249. **Mayne Thom**, NYC2012 Olympic Village. *The Pritzker Architecture Prize*. [Online 17.03.2006.] http://www.pritzkerprize.com/164/pritzker2005/nyc_olympic.htm
250. Modeling tools for designers. *Rhinoceros NURBS modeling for Windows*. [Online 13.04.2011.] <http://www.rhino3d.com/>

251. **Mork Knut**, *Interview with Marcos Novak 1995*. [Online 29.05.2010.] <http://www.altx.com/int2/marcos.novak.html>
252. **Neergaard Claus**, *Urban Agency / Roland Snooks (kokkugia)*. [Online 16.03.2011.] http://clausneergaard.files.wordpress.com/2009/02/kokkugiaurbanagency_claus3289.pdf
253. Okino's 3D Studio .3ds Exporter. *Okino Computer Graphics*. [Online 08.03.2011.] http://www.okino.com/conv/exp_3ds.htm
254. *openNURBS Initiative*. [Online 13.04.2011.] <http://opennurbs.org/>
255. Pakalpojumi fotogrammetrijā. *Metrum*. [Tiešsaiste 17.05.2011.] <http://www.metrum.lv/lat/services/photo/21-fotogrammetrija>
256. Pamatinformācija par BJT. *Baltic Juice Terminal*. [Tiešsaiste 04.04.2011.] http://bjt.lv/terminal_lv.html
257. **Payne Andrew**, *Smart Geometry - Follow Up*. *LIFT architects*. [Online 17.04.2011.] <http://www.liftarchitects.com/journal/2011/4/12/smart-geometry-follow-up.html>
258. **Payne Andrew**, *Waffle Structural System: Using Grasshopper to Output Structural Ribs to a Laser Cutter or CNC Mill*. *LIFT architects*. [Online 06.02.2009.] <http://www.liftarchitects.com/journal/2008/10/27/waffle-structural-system-using-grasshopper-to-output-structu.html>
259. Photogrammetry. *ARCHLine.XP Modules*. [Online 17.05.2011.] <http://www.archlinexp.com/products/modules/85>
260. **Pilloton Emily**, *Beijing's Olympic Stadium by Herzog and DeMeuron*. *Inhabitat - Green Design Will Save the World*. [Online 21.05.2011.] <http://inhabitat.com/beijings-olympic-stadium-by-herzog-and-demeuron/>
261. **Pisca Nick, Mah Jayson, Knight Hunter**, *Fleshology Studio Final Animation 2005*. *YouTube*. [Online 15.02.2011.] <http://www.youtube.com/watch?v=TaFEU1x2tH0>
262. Prizes for Austria's Expo Project in Shanghai Keep Flooding In. *AdvantageAustria.org* [Online 20.05.2011.] <http://www.advantageaustria.org/is/news/local/20110322-Auszeichnung-fuer-oesterreichs-EXPO-Auftritt.en.jsp>
263. Ray and Maria Stata Center. *Wikipedia*. [Online 19.06.2011.] http://en.wikipedia.org/wiki/Stata_Center
264. Revit. *Wikipedia*. [Online 01.03.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Revit>
265. **Reyes Jonathan**, *La Historia de AutoCAD. Lo que necesita saber sobre AutoCAD*. [En la red 28.02.2011.] <http://helpautocad.blogspot.com/p/historia-de-autocad.html>
266. Rhinoceros 3D. *Wikipedia*. [Online 12.04.2011.] http://en.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros_3D
267. *Rotermanni kvartal*. [Online 18.06.2011.] <http://www.rotermannikvartal.ee/index2.html>

268. **Rowe Jeff**, *Parametric 5-Axis Machining*. [Online 15.01.2009.] http://www10.mcadcafe.com/nbc/articles/view_weekly.php?section=Magazine&articleid=323699
269. **Ryall Chris, Wimpenny David**, *Rapid Prototypes For Rapid Castings*. [Online 13.05.2011.] <http://www.jharper.demon.co.uk/rptc01.htm>
270. **Sarrió Juanma**, *Nunchuck conected to Arduino and Grasshopper (Firefly 1.002)*. [Online 15.05.2011.] <http://vimeo.com/13892860>
271. Scan&Solve Version 1.0 is released. *Scan-and-Solve for Rhino, In Situ Analysis for Rhino*. [Online 05.03.2011.] http://www.scan-and-solve.com/notes/index/show?noteKey=Version_1.0_of_Scan%26Solve_is_released
272. **Sevaldson Birger**, *Ways of Working, Systematising Creative Computer Use*. [Online 07.02.2008.] <http://www.birger-sevaldson.no/phd/Ways%20of%20Working.pdf>
273. *Sheet metal laser cutting, CNC*. [Online 15.05.2011.] <http://www.guanes.eu/services/laser-cutting.html>
274. *XIII SIGraDi Workshops*. [Online 24.10.2009.] <http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/FAU/SIGRADI/WS1.pdf>
275. SketchUp. *Wikipedia*. [Online 04.03.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Sketchup>
276. SMART solutions. *Buro Happold*. [Online 16.03.2011.] http://www.burohappold.com/BH/SRV_BLD_Smart_Solutions.aspx
277. **Somlyódy Nora**, Zaha's „blob” in Budapest. *hg.hu Blog*. [Online 11.06.2007.] http://www.hg.hu/?hg3=cikk_reszletes&cikk_id=1832&pageIdx=1
278. **Stangl Gernot**, *A museum for contemporary art in Graz*. [Online 19.06.2011.] http://gernot.xarch.at/kunsthau_gra
279. *Starwood Hotels & Resorts un Z Towers paziņo par pirmo “Sheraton” viesnīcu Latvijā*. [Tiešsaiste 27.01.2011.] <http://www.z-towers.lv/lat/news/index.php?695>
280. Swiss Re Headquarters. *Foster and Partners*. [Online 02.05.2008.] <http://www.fosterandpartners.com/internetsite/html/Projec.asp?JobNo=1004>
281. Šokolāde. *Jaunie Projekti*. [Tiešsaiste 27.01.2011.] <http://www.jaunieprojekti.lv/lv/newspaper/11/konkurss/9.html>
282. The Austrian pavilion at EXPO Shanghai 2010. *SPAN Blog*. [Online 05.03.2010.] <http://blog.span-arch.com/projects/the-austrian-pavilion-at-expo-shanghai-2010/>
283. Tirdzniecības un izklaides centrs „Rīga Plaza” Rīgā, Mūkusalas ielā 71. *Projektēšanas birojs Arhis*. [Tiešsaiste 17.06.2011.] http://www.arhis.lv/index.php?action=product&cat_id=22&id=229#
284. TopSolid. *Wikipedia*. [Online 17.04.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/TopSolid>

285. **Vermeij Peter**, *Parametric Associative Design for Free Form Architecture*. [Online 15.01.2009.] www.tudelft.nl/live/pagina.jsp?id=05275463-7ef5-432c-b274-53094e0a85f1&lang=en&binary=/doc/Vermeij.pdf
286. **Vītols Marisa**, *Architecturally Futuristic Museum Planned for Vilnius*. *Future of Gadgets*. [Online 24.04.2008.] <http://www.futureofgadgets.com/futureblogger/show/374-architecturally-futuristic-museum-planned-for-vilnius-lithuania>
287. *Vivienda unifamiliar Villa Nurbs, Gerona – Enric Ruiz Geli*. *Youtube*. [Online 13.11.2009.] <http://www.youtube.com/watch?v=aeCSpMXfA1U>
288. **Welch Adrian, Lomholt Isabelle**, *Asymptote's Iconic Yas Hotel Opens in Abu Dhabi*. *e-architect*. [Online 03.17.2010.] http://www.e-architect.co.uk/dubai/yas_hotel_abu_dhabi.htm
289. *WordStar - The First Word Processor*. *About.com Inventors*. [Online 23.03.2011.] <http://inventors.about.com/od/wstartinventions/a/WordStar.htm>
290. *Yeosu Oceanic Pavillion*. *suckerPUNCH*. [Online 14.06.2010.] <http://www.suckerpunchdaily.com/2010/06/13/yeosu-oceanic-pavillion/>
291. *Zaha Hadid Architects, Kartal – Pendik Masterplan*. [Online 15.04.2010.] http://www.arcspace.com/architects/hadid/kartal_pendik/kp.html
292. *Zaragoza Bridge Pavilion*. *Urbarama*. [Online 16.06.2011.] <http://de.urbarama.com/project/zaragoza-bridge-pavilion>
293. **Zeilinger Anton**, *Why the Quantum? It from Bit? A Participatory Universe? Three Far-reaching, Visionary Questions from John Archibald Wheeler and How They Inspired a Quantum Experimentalist*. [Online 30.10.2008.] www.metanexus.net/ultimate_reality/zeilinger.pdf
294. **Хайман Эдуард**, *Скрипт в Архитектуре. Архитектор как Режиссер-Программист. Архитектурный журнал*. [Онлайн 06.02.2009.] <http://www.myarchipress.com/archives/2008/02/03/324>

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
arne@hybridspace.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac

Attēlu saraksts

[A.R.] – promocijas darba **autora attēli**, vizualizācijas vai fotogrāfijas:

1.6., 1.7., 1.15., 1.16., 1.19., 1.20., 1.21., 1.24., 1.25., 1.27., 1.37., 1.39., 1.40., 2.4., 2.5.,
2.6., 2.7., 2.29., 2.30., 2.31., 2.59., 2.77., 3.2., 3.3., 3.4., 3.5., 3.6., 3.7., 3.8., 3.9., 3.10.,
3.11., 3.12., 3.13., 3.14., 3.15., 3.16., 3.17., 3.18., 3.19., 3.20., 3.21., 3.22., 3.23., 3.24.,
3.25., 3.26., 3.27., 3.28., 3.29., 3.36., 3.37., 3.38., 3.39., 3.40., 3.44., 3.54., 3.55., 4.1.

Visas autortiesības garantētas © Arne Riekstiņš, 2011.

Citi attēli

1.1. Working at Tektronix 4014 terminal. [Online 11.11.2010.] <http://www.chilton-computing.org.uk/gallery/ral76/med/r21988m.jpg>

1.2. AutoCAD 1982. [Online 11.11.2010.] http://2.bp.blogspot.com/_QeWIdKIKpDs/TMijlFT4xEI/AAAAAAAAACA/JW3u6g8nqNk/s1600/1982_AutoCAD+1.0.jpg

1.3. **Szabó Laci**, Macintosh SE/30 running ArchiCAD 2.0 [Online 11.11.2010.] http://www.archicadwiki.com/ArchiCAD%202.0?action=AttachFile&do=get&target=DSC_8467.JPG

1.4. Izziņas māksla. *GEO*, 2009, Jūn., 94.–107. lpp.

1.5. **Sudic Dejan**, Biennale exhibition plan. [Online 10.03.2011.] http://plottegg.tuwien.ac.at/36803_b.gif

1.8. AutoCAD Architecture 2007 interface and 3D modeling tools. [Online 19.03.2009.] http://rcd.typepad.com/rcd/ADT_2D2007_2D08.png

1.9. **Lloyd Juliet**, A Stagnant Object Perplexed in a Sea of Movement, lobby design. *Faculty of Architecture and Design Handbook. Te Wāhanga Waiganga – Hoahoa*. Wellington: Victoria University of Wellington, 2011, p. 28.

1.10. Ice formation in part of a glacier. [Online 03.04.2009.] <http://www.hoax-slayer.com/images/frozen-wave-large3.jpg>

1.11. **Vāvere Oskars**, Paviljons Talsos, studiju projekta vizualizācija. RTU APF 2. kurss, 2009. gada pavasara semestris.

1.12. Mikimoto building in Tokyo, Japan. [Online 07.03.2011.] <http://www.goodthing.net/story/weird-building-designs/weird-building-design-1.jpg>

1.13. **Mill Jason**, Mikimoto building in Tokyo, Japan. Google Earth SketchUp model. [Online 07.03.2011.] <http://photos1.blogger.com/blogger/3316/1289/1600/mikimoto.jpg>

1.14. Esquema completo, XIII SIGraDi Workshops. [Online 24.10.2009.] <http://www3.mackenzie.br/ocs/index.php/SIGraDi2009/SIGraDi/announcement/view/42>

1.17. Rhino for Mac. [Online 11.11.2010.] http://mac.develop3d.com/uploaded_images/irhino-2-776790.png

- 1.18. **Rutten David**, Rhinoceros offers various ways of programmatic access. *Rhinoscript 101 for Rhinoceros 4.0*. Miami: Robert McNeel & Associates, 2007, p. 12.
- 1.22. Floral Street Bridge. [Online 07.09.2009.]
<http://www.pushpullbar.com/forums/attachment.php?attachmentid=4696&stc=1&d=1129141455>
- 1.23. Floral Street Bridge Case Study. [Online 07.09.2009.]
http://www.gtwiki.org/mwiki/downloads/Tutorials/FLORAL_STREET_BRIDGE_CASE_STUDY_TUTORIAL.zip
- 1.26. **Schliep Jan Walter**, Some examples of phyllotaxis. *Xfrog 4 for Maya Reference Manual*. Berlin: Greenworks, 2005, p. 25.
- 1.28. **Dollens Dennis**, Xfrog generation for Weave building. *The Pangolin's Guide to Digital Nature*. Santa Fe: SITES Books, 2008, 24 p.
- 1.29. Скрипт в процессе проектирования. [Online 16.03.2011.]
http://i43.photobucket.com/albums/e380/hameleon_ed/NIITAG/Script%20in%20Architecture/010_01_x600.jpg
- 1.30. Каким образом создается сам скрипт? [Online 16.03.2011.]
http://i43.photobucket.com/albums/e380/hameleon_ed/NIITAG/Script%20in%20Architecture/011_01_x600.jpg
- 1.31. Процесс «выращивания» форм дают две возможности. [Online 16.03.2011.]
http://i43.photobucket.com/albums/e380/hameleon_ed/NIITAG/Script%20in%20Architecture/017_01_x600.jpg
- 1.32. Waffle Structural System wireframe diagram. [Online 06.02.2009.]
http://www.liftarchitects.com/storage/architecture/Wireframe_diagram_large.jpg
- 1.33. **Payne Andrew**, Video mapping in Grasshopper. [Online 17.04.2011.]
<http://www.liftarchitects.com/journal/2011/4/12/smart-geometry-follow-up.html>
- 1.34. Schematic of the SLS (Selective Laser Sintering) process. [Online 13.05.2011.]
<http://www.jharper.demon.co.uk/slsproc1.gif>
- 1.35. **Estévez Alberto**, 3D printed model of Biodigital Barcelona Pavilion. [Online 03.05.2011.] http://www.biodigitalarchitecture.com/uploads/3/5/4/0/3540960/8684136_orig.jpg
- 1.36. Setting Origins and Vertical (Z) Positions, AMC Operator's Guide. XYZ Automation Inc., 1999, p. 18.
- 1.38. Bermaq SG - XXL, 5-axis CNC milling machine. [Online 13.11.2008.]
http://www.bermaq.ro/rcs_prod/sg_xxlbig.jpg
- 1.41. **Geoff Jacobs**, 3D scan with true-color overlay of building for Los Angeles re-development project. [Online 17.05.2011.] http://hds.leica-geosystems.com/images/new/product_solution/Exterior_true_color_scan.jpg
- 1.42. **Mezős Tams**, Photogrammetry of a facade. [Online 17.05.2011.]
http://www.archlinexp.com/pictures/archxp_pro/product_prof_32.jpg

- 2.1. **Ruault Philippe**, The C42 building. [Online 13.04.2011.] http://www.e-architect.co.uk/images/jpgs/paris/citreon_paris_mg270709_1.jpg
- 2.2. **Ruault Philippe**, C42 Showroom Citroën – Construction Image. [Online 13.04.2011.] http://www.e-architect.co.uk/images/jpgs/paris/c42_citreon_mg100908_chantier17.jpg
- 2.3. **Cer Santiago**, Temple Expiatori de la Sagrada Familia by Antoni Gaudí. [Online 22.03.2009.] <http://www.flickr.com/photos/santcer/1098602962/>
- 2.8. **Jehn Michael**, Beekman Tower, NYC: Frank Gehry's tallest. [Online 16.04.2011.] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Beekman_Tower_2010621.JPG
- 2.9. Beekman Tower mock-up in scale 1:1. [Online 07.09.2009.] http://3.bp.blogspot.com/_wgCvp6frMRE/TDv4i3EytDI/AAAAAAAAABLI/aG2Izr0Hroc/s1600/11gehry2650.jpg
- 2.10. Austria's Expo Pavilion in Shanghai China. [Online 27.04.2010.] <http://a3.vox.com/6a00cdf7e45ea8094f0123de379b4b860d-pi>
- 2.11. Austria's Expo Pavilion, interior. [Online 27.04.2010.] <http://a2.vox.com/6a00cdf7e45ea8094f0123de379c52860d-pi>
- 2.12. Yeosu Oceanic Pavilion. [Online 14.06.2010.] <http://www.suckerpunchdaily.com/wp-content/uploads/2010/06/yeosu-a.jpg>
- 2.13. Yeosu Oceanic Pavilion Structure. [Online 14.06.2010.] <http://www.suckerpunchdaily.com/wp-content/uploads/2010/06/yeosu-d.jpg>
- 2.14. **Sasaki Mutsuro**, Main roof structure for Kitagata Community Center. *Flux structure*. Tokyo: TOTO Shuppan, 2005, p. 138.
- 2.15. **Sasaki Mutsuro**, Sensitivity Analysis Method for the roof structure. *Flux structure*. Tokyo: TOTO Shuppan, 2005, p. 142.
- 2.16. **Sasaki Mutsuro**, Construction of the Community Center. *Flux structure*. Tokyo: TOTO Shuppan, 2005, p. 147.
- 2.17. **Fuji Naoya**, Kitagata Community Center. [Online 11.11.2010.] <http://www.flickr.com/photos/naoyafujii/2395593919/>
- 2.18. Birds Nest in Beijing. [Online 19.04.2010.] <http://www.sauer-thompson.com/junkforcode/archives/2008/08/10/Bird%27s%20Nest.jpg>
- 2.19. Finding regular structure for Birds Nest. [Online 19.04.2010.] <http://wiki.arch.ethz.ch/asterix/pub/MAS0607/MasColloquia/Lecture01.pdf>, p. 14
- 2.20. CATIA model for the structure of the Birds Nest. [Online 12.01.2010.] <http://www.catia.co.za/wp-content/uploads/2010/01/Birdcage.jpg>
- 2.21. Edge tolerance for constructional beams in Birds Nest. [Online 12.01.2010.] <http://www.catia.co.za/wp-content/uploads/2010/01/Edgetolerance.jpg>
- 2.22. Construction of the Birds Nest. [Online 12.01.2010.] <http://www.catia.co.za/wp-content/uploads/2010/01/Construction.jpg>

- 2.23. Gantenbein Vineyard Facade. [Online 21.05.2011.] http://formness.com/architecture/sites/default/files/080701_036_Aussenaufnahmen_RalphFeiner_04_WE_0.jpg
- 2.24. Vineyard grape fermentation hall as a basket holding oversized grapes. [Online 21.05.2011.] http://www.r-o-b-about.com/images/gantenbein/gantenbein_01.jpg
- 2.25. Vineyard Facade Robotic Construction. [Online 21.05.2011.] http://www.dfab.arch.ethz.ch/data/bilder/02_Web/036/060720_036_ProduktionDerElemente_ML_066_WE.jpg
- 2.26. Yas Hotel in Abu Dhabi. [Online 22.05.2011.] <http://www.extravaganzi.com/wp-content/uploads/2009/12/yas-hotel-2.jpg>
- 2.27. Formula 1 Racetrack Goes Through the Yas Hotel. [Online 22.05.2011.] <http://www.extravaganzi.com/wp-content/uploads/2010/01/Yas-Marina-Hotel-formula-one.jpg>
- 2.28. Construction of the Facade for Yas Hotel. [Online 17.03.2010.] http://www.e-architect.co.uk/images/jpgs/dubai/yas_hotel_abu_dhabi_a180509_10.jpg
- 2.32. **Fernando Guerra**, Zaragoza Expo 2008 bridge pavilion. [Online 16.06.2011.] <http://static.urbarama.com/photos/original/23123.jpg>
- 2.33. Zaragoza Bridge Pavilion Expo 2008 technical drawings by Zaha Hadid Architects. [Online 16.06.2011.] <http://www.cityup.org/case/zone/images/1230000784390.jpg>
- 2.34. Stata Center in MIT. [Online 19.06.2011.] <http://www.drawnoutideas.com/drawing-board-architecture.html>
- 2.35. Stata Center in MIT. [Online 19.06.2011.] <http://www.sillyvillage.com/img/art/mit/mit7.jpg>
- 2.36. Kunsthaus Graz. [Online 19.06.2011.] <http://static.urbarama.com/photos/original/3766.jpg>
- 2.37. Kunsthaus Graz. [Online 19.06.2011.] <http://static.urbarama.com/photos/original/3744.jpg>
- 2.38. **Lowe Mike**, Aerial image of Ciudad de las Artes y las Ciencias in Valencia. [Online 19.06.2011.] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/Ciutat_de_les_Arts_i_les_Ciències.jpg
- 2.39. Science Museum in Valencia. [Online 19.06.2011.] <http://www.hotel-valencia.com/graficos/valencia/17.jpg>
- 2.40. L'Hemisfèric planetarium and IMAX cinema in Valencia. [Online 19.06.2011.] <http://www.calatrava.com/#/Selected%20works/Architecture/Valencia%20?mode=english>
- 2.41. **Ros Lluis**, Villa NURBS in Empuriabrava. [Online 13.11.2009.] <http://www.designboom.com/cms/images/ridhika09/nurb15.jpg>
- 2.42. **Geli Enric Ruiz**, The beginning stages of the design using 3D software. [Online 13.11.2009.] <http://www.designboom.com/cms/images/ridhika09/nurb25.gif>

- 2.43. **Geli Enric Ruiz**, Various shaped tiles. [Online 13.11.2009.]
<http://www.designboom.com/cms/images/ridhika09/nurb28.gif>
- 2.44. **Ros Lluis**, Detail of glass facade in Villa NURBS. [Online 13.11.2009.]
<http://www.designboom.com/cms/images/ridhika09/nurb06.jpg>
- 2.45. kokkugia Urban Agency. [Online 17.03.2011.]
<http://www.kokkugia.com/feidad2005/>
- 2.46. kokkugia Urban Agency scripted form. [Online 06.02.2009.]
http://i43.photobucket.com/albums/e380/hameleon_ed/NIITAG/Script%20in%20Architecture/012_kokkugia-URBANAGENCY-03.jpg
- 2.47. kokkugia iSaw. [Online 06.02.2009.]
http://i43.photobucket.com/albums/e380/hameleon_ed/NIITAG/Script%20in%20Architecture/013_kokkugia-iSaw-02.jpg
- 2.48. **Brūvelis Aigars**, Latvijas Nacionālā bibliotēka 2010. gada februārī. [Tiešsaiste 01.02.2011.] <http://www.flickr.com/photos/31270795@N06/5394937927/>
- 2.49. “Gaismas pils” tehniskais projekts. [Tiešsaiste 01.02.2011.]
http://www.gaismaspils.lv/gp/DDwENGINE/data/pic/gallery/galerija_pievienotas_galerijas_49/larg/_galerija_pievienotas_galerijas_49_161_1.JPG
- 2.50. **Presņikovs Juris**, Ražošanas ēka "Baltic Juice Terminal". [Tiešsaiste 04.04.2011.]
<http://img.apollo.lv/upload/2007-06-04/101275/ventspils-balva.jpg>
- 2.51. **Willock Nathan**, Majoru sporta laukuma zoomorfā forma. [Tiešsaiste 27.01.2011.] <http://www.nathanwillock.com/upload/1SUB-MSL-0009.jpg>
- 2.52. **Willock Nathan**, Majoru sporta laukuma atvērtie sāni. [Tiešsaiste 27.01.2011.]
<http://www.nathanwillock.com/upload/1SUB-MSL-0004.jpg>
- 2.53. Projekts “Šokolāde”. [Tiešsaiste 27.01.2011.]
<http://www.kristinegrava.lv/storage/media/live2/002.jpg>
- 2.54. Projekta “Šokolāde” fasādes fragments. [Tiešsaiste 27.01.2011.]
<http://www.kristinegrava.lv/storage/media/live2/005.jpg>
- 2.55. Projekts “Aizkulises”. [Tiešsaiste 27.01.2011.]
http://jaunieprojekti.lv/images/projects/full/14D048_2.JPG
- 2.56. Projekta “Aizkulises” nepabeigtais būvprojekts Čaka un Alauksta ielu stūrī, Rīgā. [Tiešsaiste 27.01.2011.] http://www.z.szk.lv/_fl/DSC_024981.jpg
- 2.57. “RBS Skals” biroju ēka Ķīpsalā. [Tiešsaiste 27.01.2011.]
http://www.travelnews.lv/gallery/2419/mid_34344.jpg
- 2.58. “RBS Skals” biroju ēkas Ķīpsalā centrālā apjoma būvniecības stadija. [Tiešsaiste 27.01.2011.] http://www.rbsskals.lv/data/img/20101014131529100374_page.jpg
- 2.60. **Starks Ansis**, Pārventas bibliotēkas Ventspilī eksterjers. [Tiešsaiste 27.01.2011.]
http://a4d.lv/_fl/library/image4bf6e36d34291.jpg
- 2.61. **Stūrmanis Indriķis**, Pārventas bibliotēkas pirmā stāva plāns. [Tiešsaiste 27.01.2011.] http://a4d.lv/_fl/library/image4bf6e3e81af2d.jpg

- 2.62. **Stūrmanis Indriķis**, Pārventas bibliotēkas Ventspilī interjers. [Tiešsaiste 27.01.2011.] http://a4d.lv/_fl/library/image4bf6e3801fb4f.jpg
- 2.63. Z-Towers dvīņu torņi. [Tiešsaiste 27.01.2011.] <http://www.dizaini.lv/wp-content/uploads/2009/03/z-towers-z-torni1.jpg>
- 2.64. Z-Towers atrium main entrance visualization. [Online 27.01.2011.] http://www.archicentral.com/wp-content/images/682402611_z-tow-visualization-atrium-main-entrance.jpg
- 2.65. **Stūrmanis Indriķis**, Rīga Plaza iepirkšanās un izklaides centrs. [Tiešsaiste 17.06.2011.] <http://www.arhis.lv/uploads/large/1267308000/126779854966710.jpg>
- 2.66. **Stūrmanis Indriķis**, Rīga Plaza iepirkšanās un izklaides centrs. [Tiešsaiste 17.06.2011.] <http://www.arhis.lv/uploads/large/1285794000/128688537450665.jpg>
- 2.67. **Silva Jaime**, Centra Nams. [Online 18.06.2011.] <http://www.flickr.com/photos/20792787@N00/326330503/>
- 2.68. **Šēnbergs Uģis**, Centra Nama detaļas. [Tiešsaiste 18.06.2011.] http://www.senbergs.lv/images/498_c7.jpg
- 2.69. Daudzstāvu dzīvojamu namu komplekss „Solaris“ Imantā. [Tiešsaiste 18.06.2011.] http://www.szkl.lv/_fl/b02.jpg
- 2.70. AirBaltic Terminal at Riga Airport, exterior. [Online 18.06.2011.] <http://www.kokkugia.com/>
- 2.71. AirBaltic Terminal at Riga Airport, interior. [Online 18.06.2011.] <http://www.kokkugia.com/>
- 2.72. Rotermanni kvartāls. [Online 18.06.2011.] <http://www.rotermannikvartal.ee/index2.html#2>
- 2.73. Uushoonestus Rotermanni kvartālis. [Online 18.06.2011.] <http://www.kosmoses.ee/100000.html>
- 2.74. Inglise kolledži spordihoone trūgib kanāļgel tānavale. [Online 18.06.2011.] <http://static.epl.ee/pildid/2007/normal/107123.jpg>
- 2.75. Tallinn English College in Tallinn, Sports house and pool. [Online 18.06.2011.] <http://www.koko.ee/pics.php?kat=1&obj=009&pilt=0390>
- 2.76. Roseni 7, Tallinn. [Online 18.06.2011.] <http://www.solness.ee/maja/static/newspaper/1041.5.jpg>
- 2.78. Guggenheim Vilnius museum. [Online 18.06.2011.] <http://artobserved.com/artimages/2008/06/guggenheim-2-vilnius-earchitects.jpg>
- 2.79. Guggenheim Vilnius museum. [Online 18.06.2011.] <http://artobserved.com/artimages/2008/06/guggenheim-vilnius-e-architect.jpg>
- 2.80. Guggenheim Vilnius museum interior. [Online 18.06.2011.] <http://s3.amazonaws.com:/memebox/uploads/606/guggenheim-hermitage-museum-vilnius07.jpg>

- 3.1. **Pisca Nick, Mah Jayson, Knight Hunter**, Fleshology Studio Final Animation 2005. [Online 15.02.2011.] <http://www.youtube.com/watch?v=TaFEU1x2tH0>
- 3.31. **Fairs Marcus**, Thames Gateway project. [Online 10.06.2009.] <http://zahahadidblog.com/movies/2007/06/22/121>
- 3.32. Zaha Hadid Architects, Kartal – Pendik Masterplan. [Online 15.04.2010.] http://www.arcspace.com/architects/hadid/kartal_pendik/3Kartal_Pendik.jpg
- 3.33. Experiments in Associative Urbanism. [Online 15.04.2010.] http://shiftboston.blogspot.com/2009/07/Experiments_in_Associative_Urbanism.jpg
- 3.34. Experiments in Associative Urbanism. [Online 15.04.2010.] http://shiftboston.blogspot.com/2009/07/Experiments_in_Associative_Urbanism2.jpg
- 3.35. Tower study from fluxi-z – an aadr team from the Parametric Urbanism 3 program. [Online 29.05.2010.] <http://ds13.uforg.net/wp-content/uploads/2009/10/phasedone.jpg>
- 3.41. **Österlund Toni, Lundén Eero**, L-systems code for Ligna pavilion. [Online 31.10.2009.] http://loark.fi/01_kuvitus/Ligna/Ligna_2.jpg
- 3.42. **Österlund Toni, Lundén Eero**, One of the 19 trees in the structure of the Ligna pavilion. [Online 31.10.2009.] http://loark.fi/01_kuvitus/Ligna/Ligna_3.jpg
- 3.43. **Österlund Toni, Lundén Eero**, Plan, roof view and section of Ligna pavilion. [Online 31.10.2009.] http://loark.fi/01_kuvitus/Ligna/Ligna_6.jpg
- 3.45. The Generate pavilion in University of Oulu. [Online 04.11.2009.] http://www.generate.fi/images/gallery/img_4373.jpg
- 3.46. Interactive multimedia installation inside of the Generate pavilion. [Online 04.11.2009.] http://www.generate.fi/images/gallery/img_4543.jpg
- 3.47. **Estévez Alberto**, Pollen microscopic photo at 1500x and 20000x, FEI Quanta 200 scanning electron microscope. [Online 19.03.2011.] <http://www.facebook.com/photo.php?fbid=102056879837807&set=a.102001506510011.1149.100001004858609&type=1>
- 3.48. **Davis Joshua**, Stereographic projection onto Cartesian plane, made using Rhinoceros plug-in Mathematica 6.0.1.0. [Online 27.05.2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:CartesianStereoProj.png>
- 3.49. **Bueno Ernesto**, Construction of the hexagonal tessellation from the division points of a spheroid (left) and of the transformed stereographic sphere (right). International Journal of Architectural Computing. Liverpool: University of Liverpool, 2010, Issue 04, Volume 07, p. 682.
- 3.50. **Bueno Ernesto**, Visualization of a single Radiolarian/pollen component generated from the six vertices of a unit of the tessellation. International Journal of Architectural Computing. Liverpool: University of Liverpool, 2010, Issue 04, Volume 07, p. 683.

- 3.51. **Bueno Ernesto**, Script-generated surfaces as three-dimensional plots of the initial sine wave function (left) and the adapted one (right). *International Journal of Architectural Computing*. Liverpool: University of Liverpool, 2010, Issue 04, Volume 07, p. 685.
- 3.52. **Bueno Ernesto**, The complete Radiolarian/pollen script applied on a flat surface to validate the sine wave pattern for scaling holes. *International Journal of Architectural Computing*. Liverpool: University of Liverpool, 2010, Issue 04, Volume 07, p. 686.
- 3.53. **Estévez Alberto**, Barcelona Biodigital Pavilion, ESARQ. [Online 19.03.2010.] <http://www.facebook.com/photo.php?fbid=100777419961216&set=a.100776729961285.1529.100000868754538&type=1>
- 4.2. **Neergaard Claus**, L-system 1.1. [Online 16.03.2011.] http://clausneergaard.files.wordpress.com/2009/11/l-system_t20rd20_large.jpg
- 4.3. CVs shape the control lattice that defines the NURBS curve. [Online 15.04.2011.] http://www.kxcad.net/autodesk/3ds_max/Autodesk_3ds_Max_9_Reference/graphics/il_nurbs_cvcurve.jpg

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac
 v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac
 v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac
 v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
 arne@hybridspace.eu
 Do not use without permission
 Created in Free PDF Mac

Šis promocijas darbs ir pieejams internetā
This Doctoral Thesis is available in internet
<http://issuu.com/hybridSPACE/docs/phd>

© Arne Riekstiņš

ame@hybridSPACE.eu

Do not use without permission

Created in Free PDF Mac

v. 2011-10-16



© Arne Riekstiņš
ame@hybridSPACE.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16

© Arne Riekstiņš
ame@hybridSPACE.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac
v. 2011-10-16



Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā
“Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai”.

This work has been supported by the European Social Fund within the project
“Support for the implementation of doctoral studies at Riga Technical University”.

© Arne Riekstiņš
ame@hybridSPACE.eu
Do not use without permission
Created in Free PDF Mac