Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

УДК: 72
ДОИ: https://doi.org/10.24867/36FA14Petkovic

Анализа утицаја распореда дрвећа на осунчаност пешачких стаза у парку у Новом Саду

Analysis of the Impact of Tree Arrangement on the Insolation of Pedestrian Paths in a Park in Novi Sad

Јелена Петковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Студијски програм – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – *У раду је приказана анализа утицаја распореда дрвећа на степен директне осунчаности пешачких стаза у парку северно од Ранжиране улице и Улице Радомира Раше Радујкова у Новом Саду. Истраживање је засновано на параметарском моделовању у окружењу Rhinoceros/Grasshopper и симулацији директне осунчаности применом Ladybug алата. Поређено је постојеће стање са више параметарски генерисаних варијанти распореда дрвећа, уз задржавање истог броја стабала. Резултати указују да промена просторне организације дрвећа може довести до мерљивог смањења директне осунчаности стаза, без повећања количине зеленила.*
Кључне речи: *осунчаност, дрвеће, пешачке стазе, параметарско моделовање, Ladybug*

Abstract – *The paper presents an analysis of the impact of tree arrangement on direct sun exposure of pedestrian paths in a park located north of Ranžirna Street and Radomir Raša Radujkov Street in Novi Sad. The research is based on parametric modelling in Rhinoceros/Grasshopper and direct sun hours simulation using Ladybug Tools. The existing condition is compared with several parametrically generated tree arrangement scenarios, while keeping the number of trees unchanged. The results show that spatial redistribution of trees can measurably reduce direct sun exposure of pedestrian paths without increasing the amount of vegetation.*

Keywords: *insolation, trees, pedestrian paths, parametric modelling, ladybug*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Ивана Бајшански, ванр. проф.

1. УВОД

Квалитет отворених јавних простора зависи од више просторних, функционалних и климатских фактора, међу којима осунчаност има посебан значај. У парковским просторима се често претпоставља да присуство зеленила аутоматски обезбеђује повољне услове боравка, али стварни ефекат сенке зависи не само од броја стабала већ и од њихове позиције, међусобног односа и положаја у односу на пешачке токове. Због тога се дрвеће у урбанистичком планирању може посматрати као активан просторни елемент који обликује услове коришћења простора.

1.1. Предмет и значај истраживања

Предмет истраживања је анализа утицаја распореда дрвећа на осунчаност пешачких стаза у парку северно од Ранжиране улице и Улице Радомира Раше Радујкова у Новом Саду.



Слика 1. Положај анализиране локације у Новом Саду

1.2. Циљ истраживања

Циљ рада је да се испита у којој мери различите конфигурације истог броја стабала могу утицати на смањење директне осунчаности и да се издвоје повољније варијанте распореда. Полазиште рада је став да је распоред дрвећа важан пројектантски параметар, јер иста количина вегетације може имати различит ефекат у зависности од позиције у простору.

1.3. Преглед досадашњих истраживања у области

У претходним истраживањима указано је да распоред стабала може бити предмет алгоритамске и параметарске анализе. Бајшански и сарадници су показали да позиција стабала утиче на смањење инсолације паркинг површина [1], као и да растојање између стабала у уличним профилима може утицати на осунчаност фасада и пешачких површина [2]. Савремени радови о примени Ladybug Tools-а потврђују значај симулационих алата у процени спољашњег термалног комфора и урбаног сенчења [3].

Овај рад се надовезује на наведени приступ, али се фокусира на конкретан локални парковски простор и на пешачке стазе као површине свакодневног кретања. Истраживање је усмерено на питање да ли се повољнији режим осунчаности може постићи прерасподелом стабала, без повећања њиховог броја.

2. ПАРАМЕТАРСКИ МОДЕЛ И СИМУЛАЦИЈА ОСУНЧАНОСТИ

Истраживање је спроведено кроз три међусобно повезане фазе: израду геометријског модела, генерисање варијанти распореда дрвећа и симулацију директне осунчаности.

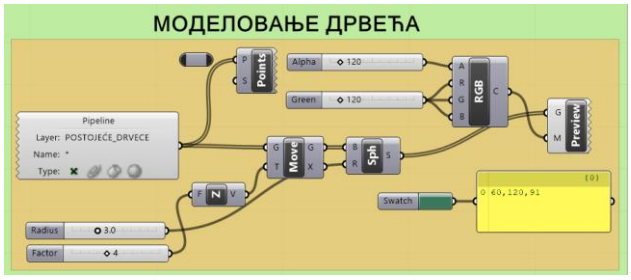
2.1. Геометријски модел парка

Геометријски модел парка формиран је у софтверу Rhinoceros на основу доступне подлоге, при чему су издвојени елементи релевантни за анализу: граница обухвата, пешачке стазе, постојеће дрвеће, зоне за распоређивање стабала и контекстуални елементи који могу утицати на сенку.



Слика 2. Просторни модел парка са поједностављеним моделима стабала

Grasshopper је коришћен као параметарско окружење за повезивање геометрије, контролу улазних параметара и генерисање различитих просторних конфигурација [4]. Постојећи број стабала задржан је у свим варијантама, док је променом *seed* параметра мењан њихов просторни распоред у оквиру дефинисаних зона. На овај начин као главна промењљива посматрана је просторна позиција дрвећа, а не његова количина. Такав поступак омогућава да се ефекат распореда издвоји као посебан фактор у анализи.

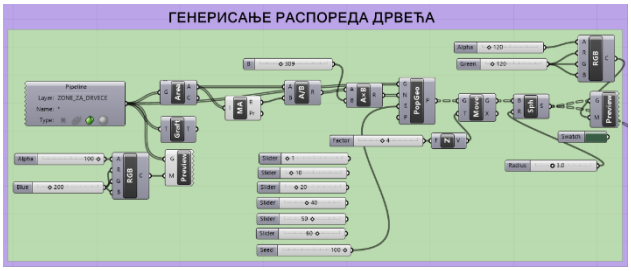


Слика 3. Grasshopper дефиниција за моделовање дрвећа

Крошње дрвећа су у моделу третиране као поједностављене геометријске форме, јер је циљ рада био праћење утицаја распореда, а не анализа ботаничких карактеристика појединачних врста. Овакво поједностављење омогућава да се јасније прати однос између позиције стабала, стаза и резултата осунчаности.

2.2. Генерисање распореда дрвећа

Параметарска дефиниција за генерисање распореда дрвећа заснива се на примени компоненте *Populate Geometry*, која омогућава распоређивање тачака унутар претходно дефинисаних зона за дрвеће. Број тачака које се генеришу одређен је постојећим бројем стабала у анализираном парку, тако да свака тачка представља позицију једног стабла. Генерисане тачке служе као основа за постављање поједностављених модела дрвећа, који се користе у даљој симулацији директне осунчаности пешачких стаза.

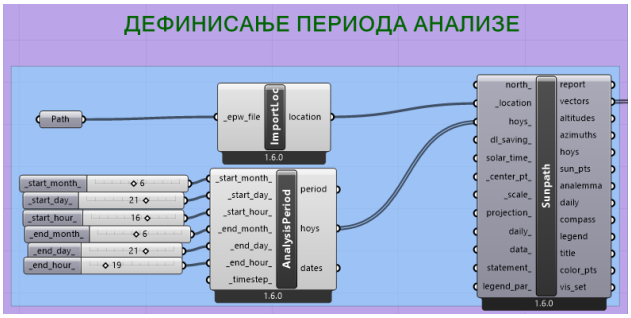


Слика 4. Grasshopper дефиниција за генерисање варијанти распореда дрвећа

У свим сценаријима задржан је исти број стабала, док је њихов распоред мењан променом seed параметра. Анализирано је постојеће стање и варијанте *SEED 1*, 10, 20, 40, 50, 60 и 100.

2.3. Поставка симулације осунчаности

Симулација директне осунчаности спроведена је алатом *Ladybug*, односно кроз компоненту *Direct Sun Hours*.



Слика 5. Дефинисање временског периода анализе у Grasshopper окружењу

Анализа је рађена за летњи солстицијум, 21. јун, у временским интервалима 08–12 h, 12–16 h и 16–20 h. Летњи солстицијум је изабран као референтни датум анализе јер представља дан са најдужим трајањем дневне светлости и израженом осунчаношћу, што омогућава проверу утицаја распореда дрвећа у једном од најкритичнијих летњих услова [5]. Као показатељ је коришћен просечан број сати директне осунчаности пешачких стаза. Подела дана на три интервала омогућава да се резултати не посматрају само као један дневни просек. Положај Сунца и правац сенке мењају се током дана, стога је распоред који је повољан у јутарњем периоду не мора нужно бити најповољнији и у поподневном периоду.



Слика 6. Grasshopper поставка анализе директне осунчаности

Симулација директне осунчаности заснована је на компоненти *Direct Sun Hours*, која повезује податке о положају Сунца, анализираној геометрији, контекстуалним елементима и параметрима мреже анализе. Као резултат симулације за сваку анализирану тачку добија се број сати директне изложености сунчевом зрачењу у оквиру одабраног временског интервала, што омогућава просторно и квантитативно поређење различитих варијанти распореда дрвећа.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

3.1. Упоредни приказ резултата

Упоредни резултати показују да све анализиране варијанте распореда дрвећа имају ниже вредности директне осунчаности у односу на постојеће стање. Најповољнија укупна варијанта је *SEED 1*, са просечном вредношћу од 2,604 h, што представља смањење од 22,57% у односу на постојеће стање.

Табела 1. Процентуално смањење укупне осунчаности у односу на постојеће стање

Варијанта	Смањење укупног просека
SEED 1	22,57%
SEED 10	21,89%
SEED 20	20,19%
SEED 40	21,47%
SEED 50	20,95%
SEED 60	21,59%
SEED 100	18,26%

3.2. Анализа по временским интервалима

Табела 2. Просечан број осунчаних сати за постојеће стање и генерисане варијанте распореда дрвећа

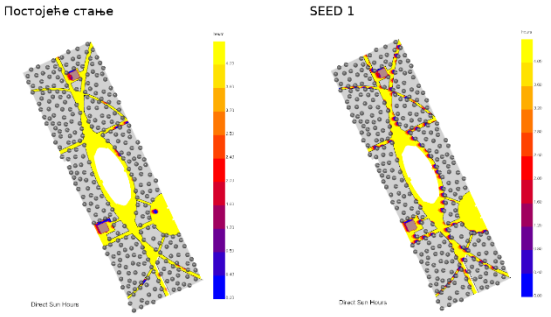
Позиција дрвећа	08-12 h	12-16 h	16-20 h	Просек
Постојеће стање	3,787	3,799	2,503	3,363
SEED 1	3,114	3,070	1,627	2,604
SEED 10	3,125	3,124	1,631	2,627
SEED 20	3,195	3,191	1,667	2,684
SEED 40	3,129	3,129	1,665	2,641
SEED 50	3,135	3,153	1,689	2,659
SEED 60	3,161	3,137	1,612	2,637
SEED 100	3,242	3,267	1,737	2,749

Посматрано по интервалима, *SEED 1* даје најниже вредности у јутарњем и подневном периоду, док је у интервалу 16–20 h најповољнија варијанта *SEED 60*. Ова разлика показује да избор варијанте зависи од доба дана и пројектантског приоритета. Уколико је циљ укупно смањење осунчаности, предност има *SEED 1*, док је за поподневни период значајнија варијанта *SEED 60*.

3.3. Просторно тумачење резултата

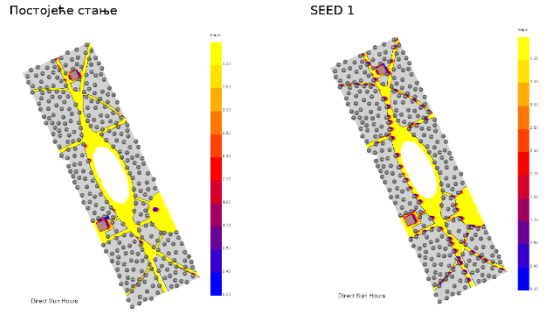
Просторна анализа резултата извршена је кроз поређење постојећег стања са варијантама које су у појединачним временским интервалима показале најповољније вредности. На овај начин резултати нису тумачени само као просечне бројчане вредности, већ и кроз распоред зона веће и мање директне осунчаности на самим пешачким стазама.

У интервалу 08–12 h постојеће стање показује изражену осунчаност већег дела главних пешачких праваца. Варијанта *SEED 1* у истом периоду задржава исти број стабала, али њихов другачији распоред формира више локалних зона сенке дуж стаза, што се одражава на нижу просечну вредност осунчаности.



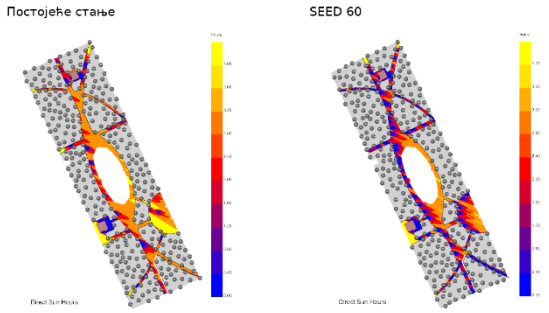
Слика 7. Просторно поређење директне осунчаности у интервалу 08–12 h: постојеће стање и најповољнија варијанта SEED 1

У интервалу 12–16 h осунчаност је и даље изражена, јер се ради о делу дана са високим положајем Сунца. Поређење постојећег стања и варијанте *SEED 1* показује да се променом просторног распореда стабала могу добити континуалније зоне засенчења уз поједине пешачке правце.



Слика 8. Просторно поређење директне осунчаности у интервалу 12–16 h: постојеће стање и најповољнија варијанта SEED 1

У интервалу 16–20 h издвојена је варијанта *SEED 60*, јер у поподневном периоду остварује најнижу вредност директне осунчаности.



Слика 9. Просторно поређење директне осунчаности у интервалу 16–20 h: постојеће стање и варијанта SEED 60

Овакво просторно читање резултата допуњује табеларну анализу, јер омогућава да се уочи где се засенчење заиста формира и да ли је оно распоређено дуж главних праваца кретања. Због тога избор најповољније варијанте не треба заснивати само на укупном просеку, већ и на просторном положају зона сенке у односу на начин коришћења парка.

4. ЗАКЉУЧАК

Истраживање је показало да распоред дрвећа представља значајан параметар у планирању и унапређењу урбаних парковских простора. Промена просторне организације стабала, чак и без повећања њиховог броја, може довести до мерљивог смањења директне осунчаности пешачких стаза.

На основу резултата могу се издвојити две врсте закључака. Најповољнија варијанта према укупном просеку је *SEED 1*, док је *SEED 60* посебно значајан за поподневни период. Ово показује да оптимално решење не мора бити исто за све делове дана, већ зависи од начина коришћења простора и пројектантског циља. Уколико је потребно равномерно смањење осунчаности, предност има укупно најповољнија варијанта, а ако је приоритет касни поподневни период, могуће је издвојити другачији распоред.

Практичан значај оваквог приступа огледа се у могућности да се различита решења провере пре реализације интервенција у простору. Уместо да се квалитет сенчења процењује само на основу броја стабала или визуелног утиска, параметарски модел омогућава поређење више сценарија на основу мерљивих показатеља.

Ограничење рада представља поједностављен модел крошњи и усмереност анализе на директну осунчаност. Даља истраживања могу укључити различиту густину крошњи, сезонске промене, материјализацију површина и сложеније индексе термалног комфора. Ипак, добијени резултати јасно потврђују да и сама прерасподела постојећег броја стабала може побољшати услове кретања у парку.

У практичном смислу, овакав поступак може бити користан приликом новог пројектовања, али и реконструкције постојећих парковских површина. Уместо да се интервенција заснива искључиво на додавању нових стабала, могуће је прво проверити како постојећи или планирани број стабала функционише у више просторних конфигурација. На тај начин се одлуке о садњи могу засновати на мерљивим резултатима, а не само на визуелном утиску.

Методолошки допринос рада огледа се у повезивању параметарског моделовања и симулације осунчаности у један радни ток. Такав приступ омогућава брзо испитивање већег броја варијанти и може се применити и на друге типове отворених простора, као што су школска дворишта, тргови, пешачке зоне и улични профили.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] И. Бајшански, В. Стојаковић и Д. Јовановић, “Effect of tree location on mitigating parking lot insolation,” Computers, Environment and Urban Systems, vol. 56, pp. 59–67, 2016.

[2] И. Бајшански, В. Стојаковић и Д. Милошевић, “Optimizing Trees Distances in Urban Streets for Insolation Mitigation,” Geographica Pannonica, vol. 23, no. 4, pp. 329–336, 2019.

[3] S. Nicholson, M. Nikolopoulou, R. Watkins, M. Löve and C. Ratti, “Data driven design for urban street shading: Validation and application of Ladybug Tools as a design tool for outdoor thermal comfort,” Urban Climate, vol. 56, article 102041, 2024.

[4] R. Woodbury, Elements of Parametric Design. London: Routledge, 2010.

[5] S. V. Szokolay, Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design. Oxford: Architectural Press, 2014.

Кратка биографија:



Јелена Петковић рођена је у Фочи 1991. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области архитектуре и урбанизма – Дигиталне технике, дизајн и продукција одбранила је 2026. године.

Контакт: jelena.petkovic8888@gmail.com