



# Преглед на съществуващото състояние за регулиращи екосистемни услуги в урбанизирани екосистеми

Доклад за междинен резултат Д5.1.2

2 март 2023

Автори:

Ваня Стойчева, Стоян Недков

- INES -

Интегрирана оценка и картиране на свързани с водите  
екосистемни услуги подпомагащи природно-базирани решения  
в управлението на речните басейни

**Разработен по проект финансиран от Фонд за научни изследвания–МОН**  
Договор № КП-06-Н-54/4  
Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2021

Проект: **Интегрирана оценка и картиране на свързани с водите екосистемни услуги подпомагащи природно-базирани решения в управлението на речните басейни (INES)**  
Начало: 16 ноември 2021 г.  
Продължителност: 36 месеца  
Ръководител: Проф. д-р Стоян Недков  
Уебсайт: <https://inesproject.com/bg/>

Заглавие на доклада: **Преглед на съществуващото състояние за регулиращи екосистемни услуги в урбанизирани екосистеми**  
Индекс на доклада: Д5.1.2  
Вид на доклада: Научна публикация  
Ниво на разпространение: Обществен  
Отговорен РП: РП5

Цитиране Бълг.: Стойчева В, Недков С (2023) Преглед на съществуващото състояние за регулиращи екосистемни услуги в урбанизирани екосистеми. Доклад Д5.1.2. Проект INES, 11 с.

Цитиране Англ.: Stoycheva V, Nedkov S (2023) A state-of-the-art review for regulating ecosystem services in urban ecosystems. Deliverable D5.1.2. INES project, 11 p.

Срок за предаване: Месец 9  
Предаден: Месец 16

Състояние на доклада:

Версия	Състояние	Дата	Автор(и)
1.0	Чернова	10 юни 2022	Стойчева В
1.1	Чернова	31 август 2022	Стойчева В, Недков С
1.2	Белова	25 февруари 2023	Стойчева В, Недков С
2.0	Публикуван	2 март 2023	Стойчева В, Недков С

## Съдържание

1. Въведение .....	4
2. Преглед на научни публикации за регулиращите екосистемни услуги в урбанизирани екосистеми .....	5
2.1. Методика за литературен преглед.....	5
2.2. Систематизирана информация за публикациите, разглеждащи регулиращите екосистемни услуги .....	5
3. Регулиращи екосистемни услуги в урбанизирани екосистеми.....	7
4. Резюме на научната публикация .....	8
4.1. Въведение .....	8
4.2. Методология .....	8
4.3. Резултати .....	8
4.4. Дискусия .....	9
4.5. Заключение .....	9
5. Пълен текст на научната публикация.....	10
Литература .....	10

# 1. Въведение

Оценката и картирането на екосистемните услуги са заложили като важен елемент в Европейската стратегия за биоразнообразие и се координират от създадената за нейното изпълнение работна група MAES към Европейската комисия. Създадената от групата методическа рамка е развита за България под формата на девет методики, покриващи деветте основни екосистемни типа. Чрез проект INES се развива тематиката за свързаните с водите екосистемни услуги, която досега не е разработвана в цялост за България. Основната цел на проекта е разработване на методическа рамка за картиране, моделиране и оценка на свързаните с водите екосистемни услуги (СВЕУ) с оглед прилагането на природно-базирани решения в дейностите свързани с управлението на водите. С реализирането на този проект, посредством интегриране на елементи от методиките за картиране и оценка на деветте отделни екосистемни типа и доразвиването им в частите, свързани с регулацията на хидроложки рискове и качество на водите, ще се разработи гъвкава методика, базирана на приложение на съвременни подходи за пространствени анализи и моделиране. Тази методика ще даде възможност да се оцени количествено прилагането на природно-базирани решения (NbS) за дейности като управлението на риска от наводнения, ерозия, смекчаване на последствията от климатичните промени и адаптиране към тях, смекчаване на влиянието на горещите вълни и на „островите на топлина“ в градската среда, и др.

Настоящият доклад представя част от резултатите, получени в Дейност 5.1. по преглед и анализ на съществуващото състояние. Основният продукт по Резултат 5.1.2. представлява научна публикация (Stoycheva and Geneletti, 2023), която е публикувана на английски език в списание “Journal of the Bulgarian Geographical Society” (вж. гл. 5). Резюме на статията е представено в гл. 4 на настоящия доклад.

Непрекъснатото развитие на урбанизираните територии и съпътстващото го нарастване на населението в тях предопределят увеличаващия екологичен риск върху екосистемите и услугите, които те осигуряват.

Терминът екосистемни услуги (ЕУ) насочва към всички ползи, които обществото получава от екосистемите и използва за своето физическо, социално и икономическо благосъстояние (Costanza et al. 1997; Daily 1997; MEA 2005). Регулиращите ЕУ (РЕУ), като категория ЕУ, обединяват всички функции, чрез които екосистемите и живите организми, които ги обитават, въздействат върху средата, която хората обитават (Haines-Young and Potschin 2013; Haines-Young and Potschin 2018). РЕУ, като съставна и най-разпространена част от ЕУ в урбанизираните екосистеми, предопределя нарастващия интерес и необходимост от тяхното изучаване. Особеностите на урбанизираните територии предполагат изучаване на ЕУ, свързани с качеството на въздуха, регулиране на температурата и влажността (охлаждащ ефект), шумовото замърсяване, предотвратяването на разпространението на болести и регулиране на наводненията.

## 2. Преглед на научните публикации за регулиращите екосистемни услуги в урбанизирани екосистеми

### 2.1. Методика за литературен преглед

Работата по настоящия работен пакет стартира с провеждане на литературен преглед на наличните научни публикации за регулиращите екосистемни услуги. Той се състои от пет етапа: 1) подбор на ключови думи; 2) търсене на публикации; 3) селекция на публикациите по предварително зададени критерии; 4) разработване на темплейт за оценка на публикациите; 5) преглед и оценяване на публикациите.

Използваните ключови думи включват различни комбинации от свързани с РЕУ термини като “regulating ecosystem service”, “local climate regulation”, “air quality regulation”, “flood regulation”, “heat island regulation”, “urban planning” и “green infrastructure”.

Търсенето на публикациите беше проведено в платформите Scopus и Web of Science, отчитайки техния интердисциплинарен литературен архив. За търсенето на публикации не бяха поставени времеви ограничения, поради което всички източници, публикувани до 10.02.2022 г. са включени в търсенето. В настоящия литературен преглед са разгледани само публикации на английски език.

Прегледът на литературата беше осъществен посредством оценка по предварително съставен темплейт за оценяване на публикациите в MS Excel. Темплейтът за оценка се състои от две основни групи данни: метаданни и данни за основните характеристики на публикациите. Някои от категориите данни се оценяват по предварителен списък с възможности, докато при други, се отбелязват индивидуалните особености на публикацията. Метаданните обхващат видът на публикацията, година на публикуване, автор(и), заглавие, DOI номер, издател или списание.

Данните за основните характеристики на публикациите включват: вид и мащаб на изследваната територия, наличие и мащаб на пространствените единици на осигуряване и потребление на ЕУ; методи за оценка на ЕУ; оценявани РЕУ; разглеждане на градското планиране и зелената инфраструктура.

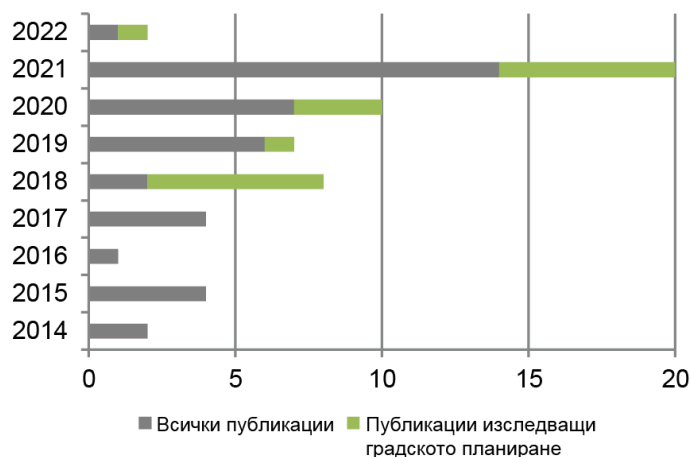
Литературният преглед беше проведен с 201 публикации, от които при етапа на селекция са изключени публикации, неотговарящи на вторичното търсене на ключови думи и техни комбинации, както и оценка на абстрактите. Финалният брой на публикации, обект на преглед и оценка наброява 58.

### 2.2. Систематизирана информация за публикациите, разглеждащи регулиращите екосистемни услуги

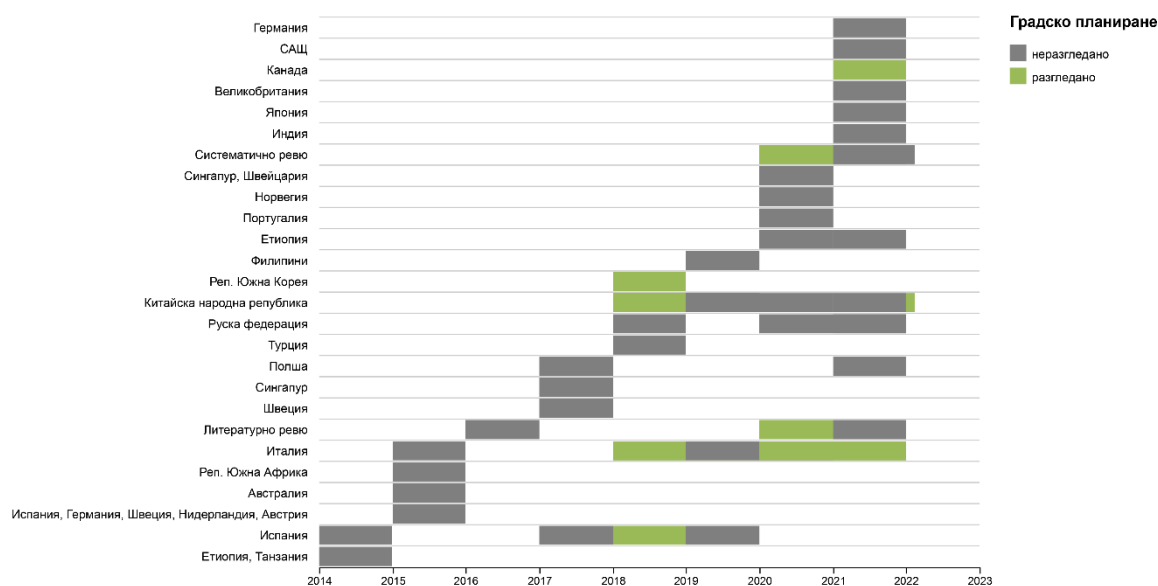
Литературният преглед установи увеличаване на употребата на концепцията за ЕУ и на прилагането на РЕУ в урбанизирани екосистеми за целите на градското планиране. Изследваните 58 публикации обхващат периода от 2014 до 2022 г. (10.02.2022 г.), като изразена времева тенденция не може да бъде посочена, но се отчита плавно увеличаване на броя на публикациите (Фиг. 1). В периода след 2019 г. са публикувани значителна част от публикациите (64%), като само през 2021 г. са публикувани 20 статии.

Публикациите, в които се изучава градското планиране представляват 29,3% от всички публикации (17), като те не следват ясна тенденция. Най-голям

брой статии са публикувани между 2018 и 2021 г. Разпределението по държави, в които оценявани ключовите участъци е представено на Фиг. 2, като единствено изследванията в Италия отчитат използване и прилагане на концепцията за градско планиране. Държавите с най-голям брой публикации за регулиращите ЕУ в урбанизирани екосистеми са Италия (9 статии), Китай (8), Испания (5), и Русия (4). Географското разпространение на изследваните публикации отчита неравномерно разпределение по държави и континенти. РЕУ са най-слабо изучени в Северна и Южна Америка, Азия (без Източна) и Африка.

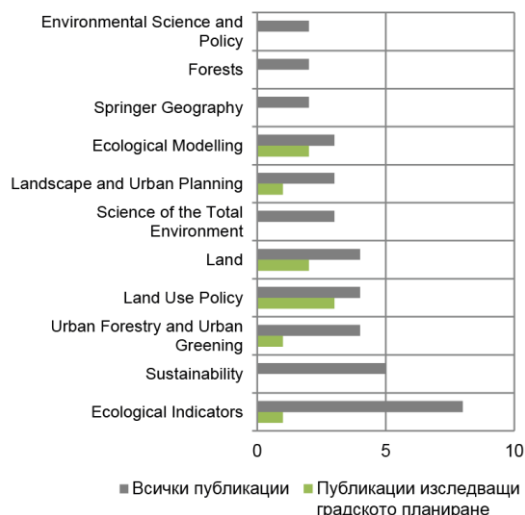


**Фигура 1.** Времево разпределение на изследваните публикации.



**Фигура 2.** Времево разпределение на публикациите по страна на разглеждания ключов участък и изучаване на градското планиране.

Разглежданите 58 изследвания са публикувани в 29 издания, като само 11 от тях се отличават с повече от две публикации (Фиг. 3).



**Фигура 3.** Списания с повече от две публикации участващи в литературния преглед.

Списанията с най-голям брой публикувани статии са *Ecological Indicators* (8 статии; 27,5%), *Sustainability* (5; 17%); *Land and Land Use Policy* (всяко с по четири статии; 13,8%). Статиите, които разглеждат градско планиране, са публикувани в следните списания: *Land Use Policy* (3), *Land* (2) и *Ecological Modelling* (2).

### 3. Регулиращи екосистемни услуги в урбанизирани екосистеми

Регулиращите ЕУ обхващат всички функции, чрез които екосистемите и живите организми, които ги обитават, повлияват върху заобикалящата човека околна среда, така че да осигуряват здравословно състояние, комфорт и благополучие (Haines-Young & Potschin, 2013; Haines-Young & Potschin, 2018).

РЕУ са изучени в редица публикации, включително и литературни прегледи (Haase et al. 2014; Luederitz et al. 2015; du Toit et al. 2018; Mengist et al. 2020; Amorim et al. 2021). Преобладаващото множество от публикации на литературни прегледи, изучаващи ЕУ, изследват РЕУ, които се осигуряват от урбанизираните екосистеми (Weber 2013; Minixhofer and Stangl 2021; Veerkamp et al. 2021).

Основополагащо изследване на ЕУ в урбанизираните екосистеми е публикацията на Haase et al. (2014), в която е изготвена детайлна оценка на всички ЕУ, тяхното осигуряване и нужда, както и използваните методи и индикатори за анализ на взаимодействията между засегнатите заинтересовани страни.

Mengist et al (2020) изучава РЕУ в световен мащаб и оценява използваните подходи за оценка на ЕУ, разграничаването на индикатори и екосистемите, използвани в отделните изследвания.

Друго значимо изследване на ЕУ (регулиращи и материални) в урбанизираните екосистеми, предоставяни от зелената инфраструктура (ЗИ), е публикацията на Amorim et al. (2021). Изследването проследява взаимодействията между различните ЕУ, осигурявани от ЗИ и подчертава необходимостта от интердисциплинарни изследвания на ЗИ и ЕУ в



урбанизираните екосистеми, включително синергии и потенциалните негативни въздействия на ЗИ.

## 4. Резюме на научната публикация

### 4.1. Въведение

Устойчивото използване и опазване на екосистемите и предоставяните от тях ЕУ е сред основните цели пред развитието на съвременното ни общество. Управлението на разрастващите се градски територии и адаптиране към екологичните предизвикателства са основен приоритет в градското планиране (ГП). Това поражда необходимостта от систематизирана информация за най-разпространените ЕУ в урбанизираните екосистеми – регулиращите ЕУ (РЕУ). Научната публикация идентифицира връзката между РЕУ, ГП, ЗИ, и анализира методите, използвани за оценка на РЕУ, както и систематизира информацията за тях.

### 4.2. Методология

Проведеният литературен преглед в рамките на научната публикация се състои от шест етапа, които включват: избор на ключови думи, първоначална селекция на публикациите, определяне на индикатори и създаване на темплейт за оценка на публикациите.

Разбирането на връзката между РЕУ, ГП и ЗИ е сред основните отправни точки за бъдещи изследвания на ключови РЕУ в урбанизираните екосистеми, което предопределя тяхното разглеждане в публикацията. За по-доброто разбиране на РЕУ е извършен детайлен преглед на използваните методи за оценка на ЕУ, които включват три основни категории – биофизични, социални и икономически. За целите на изследването, Общата международна класификация на ЕУ (CICES V5.1) е използвана за класифициране на РЕУ.

### 4.3. Резултати

РЕУ, които са разглеждани в най-голям дял от публикациите, участващи в литературния преглед са три от биотичните ЕУ. Най-използваните РЕУ, в настоящото изследване, са две ЕУ за регулиране на климата на локално и регионално ниво, както и РЕУ, свързана с водите: регулиране на химичния състав на атмосферата и океаните (2.2.6.1, CICES; 76%), регулиране на температурата и влажността, включително вентилация и транспирация (2.2.6.2; 71%), и регулиране на хидроложкия цикъл и водните потоци (вкл. регулация на наводнения и защита на крайбрежията) (2.2.1.3; 62%).

Зависимост се установява при публикациите, които изследват едновременно трите РЕУ на ниво „град“ с резолюция 30 m и повече, докато РЕУ 2.2.6.1 се изследва предимно на ниво „градски район/периферия“, а РЕУ 2.2.6.2 се изучава основно на ниво „град“ в пространствени единици на земеползване/земно покритие с резолюция 10-30 m.

Изследванията на регулирането на химичния състав на атмосферата се провежда предимно самостоятелно на ниво „град“, като пространствените единици за оценка са земно покритие, земеползване и земеползване/земно покритие (LULC) с резолюция между 10-30 m за публикациите, използващи деривати от Landsat, и с резолюция 0,5-10 m за публикациите използващи данни от директни измервания или данни с висока разделителна способност от локални източници, като административни единици и др.



В изследваните публикации, при свързаните с ГП статии, се отчита тенденция за използване на директни методи за измерване, в комбинация с предлагане на добри практики за прилагане на ГП, както и за принципите на териториално планиране. Въпреки че статиите, разглеждащи ГП са 29% от всички разглеждани публикации, се отчита, че ГП се изучава в комбинация с РЕУ за атмосферния състав и условия, регулация на водните потоци и екстремните събития, както и за поддържане на жизнения цикъл и хабитатите (2.2.6.1, 2.2.6.2, 2.2.1.3, 2.2.2.3, 2.1.2.2, 2.2.1.2, виж CICES 5.1.).

#### 4.4. Дискусия

Резултатите от ревюто не показват силна зависимост между изучаваните РЕУ и използваните за тяхната оценка модели. Въпреки това, най-използваните методи/подходи за моделиране са използването на ГИС базирано моделиране и методът SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number). Използваните методи за оценяване на трите най-разглеждани РЕУ се различават. ЕУ, свързани с регулирането на водния кръговрат и предотвратяването на наводнения се характеризират с използване на моделите i-Tree Eco, метод на най-малките квадрати (OLS), обобщен линеен модел (GLM), модел на пространствено забавяне (SLAG), LUSD-urban, HYDRUS и др. За разлика от тях, регулирането на химичния състав на атмосферата се оценява чрез моделите InVEST (с двата модула – Carbon Storage and Sequestration и Urban Cooling), i-Tree Eco, ENVI-MET, CityTree и др.

Установената връзка между РЕУ, градското планиране и зелената инфраструктура е следствие от приложението на РЕУ в градското планиране чрез зелената инфраструктура като елемент на урбанизираните екосистеми. Градското планиране е разгледано в 29% от изследваните публикации, което по същество представлява недостатъчна развитост на темата и възможност за бъдещо развитие. Подобряването на изучеността може да бъде осъществено чрез съвместното провеждане на оценка на ЕУ и определяне на приложенията на тези резултати за целите на градското планиране.

#### 4.5. Заключение

Изследването на РЕУ в урбанизираните екосистеми нараства след 2014 г., особено през 2021 г. и в началото на 2022 г. Идентифицираните най-широко изучавани РЕУ са пряко свързани с поддържането на високо качеството на живот (физическо и психическо благополучие) на населението в урбанизираните екосистеми.

Зелената инфраструктура е друг елемент на урбанизираните екосистема, които се използва за прилагане на целите за устойчиво градско планиране. Основната част от публикациите изследващи РЕУ, разглеждат ЗИ като пространствена единица за осигуряване или потребление на ЕУ (Spatial providing areas (SPAs)/spatial providing units (SPUs) и Spatial benefiting areas (SBAs)/spatial benefiting units (SBUs). Най-използваните елементи на ЗИ са парковете и зелените пространства, чрез които се осъществява връзка с т.нар. сива инфраструктура. Сходно е приложението на елементите на ЗИ в публикациите, които разглеждат градско планиране. В тези публикации, най-използваните елементи за прилагане на природно-базираните решения са площите с тревна растителност, парковете и зоните за рекреация.

Биофизичните методи намират широко приложение за оценката на РЕУ в урбанизираните екосистеми. Икономическите и социалните методи също се използват самостоятелно, или в комбинация с биофизичните методи, но

техния дял в разглежданите публикации е сравнително малък. Разпределението между отделните подгрупи биофизични методи е сходно. Дистанционните изследвания са най-предпочитани от авторите, като те предоставят емпирични резултати на изследването и осигуряват възможност за съпоставяне с резултати от изследвания, използващи същите или сходни източници на данни.

Литературният преглед идентифицира някои от научните пропуски, които могат да използвани като основа за бъдеще проучвания. Пропуск в по-голямата част от публикациите е липсата на разглеждане на екосистемните услуги в тяхната цялост (в т.ч. компромис и синергия), включително отчитането на отрицателните въздействия, които някои от тях могат да предизвикат в определен момент и за определена екосистема или краен потребител на ЕУ (най-често населението).

## 5. Пълнен текст на научната публикация

Пълният текст на научната публикация може да бъде достъпен на адрес: <https://jbgis.arphahub.com/article/93499/>.

## Литература

- Amorim JH, Engardt M, Johansson C, Ribeiro I, Sannebro M (2021) Regulating and Cultural Ecosystem Services of Urban Green Infrastructure in the Nordic Countries: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (3): 1219. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031219>
- Costanza R, d'Arge R, De Groot R et al (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Daily G, Postel S, Bawa K, Kaufman L (1997) *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC. 392 pp.
- du Toit MJ, Cilliers SS, Dallimer M, Goddard M, Guenat S, Cornelius SF (2018) Urban green infrastructure and ecosystem services in sub-Saharan Africa. *Landscape and Urban Planning* 180: 249-261. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.06.001>
- Haase D, Larondelle N, Andersson E et al (2014) A Quantitative Review of Urban Ecosystem Service Assessments: Concepts, Models, and Implementation. *AMBIO* 43: 413–433. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0>
- Haines-Young R, Potschin M (2013) Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003. [www.cices.eu](http://www.cices.eu)
- Haines-Young R, Potschin MB (2018) Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. [www.cices.eu](http://www.cices.eu)
- Luederitz C, Brink E, Gralla F, Hermelingmeier V, Meyer M, Niven L, Panzer L, Partelow S, Rau A-L, Sasaki R, Abson DJ, Lang DJ, Wamsler C, von Wehrden H (2015) A review of urban ecosystem services: six key challenges

for future research. *Ecosystem Services* 14: 98-112.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.05.001>

Mengist W, Soromessa T, Feyisa GL (2020) A global view of regulatory ecosystem services: existed knowledge, trends, and research gaps. *Ecological Processes* 9: 40. <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00241-w>

Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005) *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment, World Resources Institute. Washington, DC

Minixhofer P, Stangl R (2021) Green Infrastructures and the Consideration of Their Soil-Related Ecosystem Services in Urban Areas—A Systematic Literature Review. *Sustainability* 13 (6): 3322. <https://doi.org/10.3390/su13063322>

Stoycheva V, Geneletti D (2023) A review of regulating ecosystem services in the context of urban planning. *Journal of the Bulgarian Geographical Society* 48: 27-42. <https://doi.org/10.3897/jbgs.e93499>

Veerkamp CJ, Schipper AM, Hedlund K, Lazarova T, Nordin A, Hanson HI (2021) A review of studies assessing ecosystem services provided by urban green and blue infrastructure. *Ecosystem Services* 52: 101367.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101367>

Weber C (2013) *Ecosystem Services Provided by Urban Vegetation: A Literature Review*. In Rauch S, Morrison G, Norra S, Schleicher N (Eds) *Urban Environment*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7756-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7756-9_10)

