

4. konferenca z mednarodno udeležbo
Konferenca VIVUS – s področja kmetijstva, naravovarstva, hortikulture in floristike ter živilstva in prehrane
»Z znanjem in izkušnjami v nove podjetniške priložnosti«
20. in 21. april 2016, Biotehniški center Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenija

4th Conference with International Participation

Conference VIVUS – on Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition

»With Knowledge and Experience to New Entrepreneurial Opportunities«

20th and 21st April 2016, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia

Zelene strehe in njihovi gradniki

Lucija Kolar

Complementarium, Inštitut za raziskave narave in razvoj okoljskih tehnologij; Biotehniški center
Naklo, Slovenija, lucija@complementarium.si

Anja Bubik

Visoka šola za varstvo okolja Velenje, Slovenija, anjabubik.vsvo@gmail.com

Izvleček

Zelene strehe so v slovenskem prostoru še vedno redkost. Predvsem je v Sloveniji problem povsem praktične narave – strehe so ponavadi pod prevelikim naklonom, hkrati pa je raven ozavešanja prednosti takšne strehe še vedno precej nizka in cenovno sorazmerno neugodna (subvencij ni na voljo). Z našim delom smo želeli predstaviti prednosti ozelenjevanja streh in predvsem primerjati sestavo različnih podlag-substratov, na katerih temeljijo takšne kompozicije. Primerjava rasti je pokazala boljše lastnosti substrata B, medtem ko je spremljanje fizikalno kemijskih lastnosti pokazalo najizrazitejše vplive na spreminjanje pH vrednosti obeh substratov, ki so povezani z letnim časom. Povprečna pH vrednost substrata B med eksperimentom je bila 7,974, substrata A pa 8,113, kjer so višja nihanja zabeležena v primeru substrata B. Izdelali smo tudi prenosni model, ki omogoča nazoren uvid v plasti in primernost izbora rastlin v takšne namene. Delo je delno potekalo pod pokroviteljstvom večjega evropskega projekta in bilo predstavljeno že na več javnih dogodkih, kjer je bilo sprejeto z velikim zanimanjem.

Ključne besede: zelene strehe, različna sestava, prenosni model, prednosti, trajnost

Green roofs and their composition

Abstract

Green roofs are still quite rare in Slovene environment. There is one very practical reason for that – the traditional angle of Slovene roofs and still quite low awareness of benefits of such roofing. In our paper we will present advantages of green roofing and also compare two different substrates, needed for extensive greening. Comparative growth of both substrates showed better characteristics of substrate B, whereas continuous physical-chemical observation parameters gave most evident results regarding pH measurements. Average pH value of substrate B was 7.974 and for substrate A 8.113, where higher fluctuation was monitored in a case of substrate B. Our work includes a portable model, which enables clear presentation of layers used and vegetation planted. The work was partly developed under bigger European project tender and was already presented at different events, where it got a lot of positive fit backs.

Key words: green roofs, different composition, portable model, advantages, sustainability

1 Uvod

Zgodovina zelenih streh sega vsaj nekaj tisočletij nazaj in sicer različno skozi drugačne kulture. Uporaba zelenih rešitev včasih in danes zelo dobro odraža motive za gradnjo nekoč in razumevanje uporabe v današnjih časih. Ko je zelena streha enkrat »definirana«, sta funkcija in pozitivne dobrobiti stare ideje z novo tehnologijo v bistvu zelo uporabni. Predvsem zelena streha govori v prid zaščite pred neurji, ohranja konstantno temperaturo stavb in celo manjših mest, povečuje biodiverzitetu ter nudi očitne ekološke, sociološke in ekonomske prednosti (Peck, 1999).

Čeprav je malo obstoječih dokazov za npr. strešne vrtove, je zelo znano dejstvo, da so z njimi okraševali mavzoleje rimskih vodij npr. Avgusta in Adriana; Rimljani so radi ozelenili z drevesi tudi različne institucije (Osmundsen, 1999). V Rusiji so se zeleni strešni vrtovi pojavili prvič v 17. stoletju. Vsekakor pa so v Evropi bolj znani po uporabi zelenih streh predvsem Skandinavci, zaradi pomanjkanja drugih naravnih virov so namreč učinkovito izkoriščali šoto in mah, ki sta služila kot podlaga drugim rastlinam pri nastanku učinkovite zelene kritine.

Ozelenjevanje stavb ima v sodobnem času vedno večjo veljavo, novejši začetki segajo nazaj v osemdeseta, ko so se Nemčiji pojavile slabe vremenske razmere in je bilo potrebno razmišljati o alternativni zaščiti predvsem streh. Nastalo je tudi gibanje z motom »back to nature«, ki je temeljilo ravno na t.i. zeleni arhitekturi. Vsled tega so ustanovili zavod, kjer so med drugim izdelali delovna ter vzpostavili tudi tehnična navodila, ki so še danes merilo za izdelavo zelenih streh – gre za nekakšen dokument kakovosti pri proizvajalcih in izvajalcih zelenih storitev (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL)) (<http://www.fll.de/>). Tako imajo danes v Nemčiji nekje 14 % ravnih zelenih streh (Getter, 2006).

V praksi ločimo več tipov zelenih streh, tudi te so nastajale skozi čas. Obstajata dve osnovni vrsti zelenih streh s številnimi izvedbenimi kombinacijami (ekstenzivna in intenzivna), ter tretja, t.i. biotopska ozelenitev. Različni tipi ozelenitve, zahtevajo različno vegetacijo in tudi različne globine rastnega medija (Banting et al., 2005). Raziskovalci so odkrili, da je za posajene rastline, ki jih uporabljamo pri ozelenitvi, pomembno sledeče: da so dobro prilagodljive in se hitro razmnožujejo; da so nižje rasti in imajo razvejan koreninski sistem; listi so zadebeljeni in sposobni zadrževanja vode (MacIvor in Lundholm, 2011; Li in Yeung, 2014). Ekstenzivna ozelenitev strehe je preprosta, z nizko višino substrata, konstrukcijsko lažja in je tako primerna za vse že obstoječe objekte kot tudi za novo grajene. Druga vrsta je intenzivna ozelenitev strehe, ki v bistvu predstavlja strešni vrt. Takšne strehe zahtevajo večjo nosilnost, več vnaprejšnjega načrtovanja in so v bistvu nadomestek za klasični vrt ob hiši – predstavljajo nov prostor, oziroma obogatitev v urbanem okolju. Samo vzdrževanje pa je odvisno od oblikovanja in izbire materialov ter rastlin. Intenzivna ozelenitev povečuje tudi biodiverzitetu, saj (lahko) predstavlja dom različnim žuželkam. Biotopska ozelenitev je redkejša – prevladovala je v časih brez tehnologije, saj predstavlja zasaditev avtohtonih vrst s samoraslo vegetacijo. Primerna je tako za ravne strehe, kot tudi strehe v naklonu. Biotopska ozelenitev je zelo nezahtevna, saj vegetacijsko plast zasejemo z mešanico semen avtohtonih rastlin. Ker se uporabljajo avtohtone vrste vegetacije, je le-ta prilagojena klimatskim razmeram območja, kjer objekt stoji. Najprimernejša vegetacija je zato trava ter razni mahovi, ki so odporni na veter in mraz (Brunšek, 2010).

Raziskovalna vprašanja so obsegala sledeča predvidevanja:

1. Uspešnost ekstenzivne ozelenitve je odvisna od sestave substrata.
2. Dejavniki zunanjega okolja vplivajo na rast rastlin in odzivnost substrata/zemlje.
3. Izdelava praktičnega modela neposredno prikazuje uspešnost principa ekstenzivne ozelenitve v urbanem okolju.

V prispevku bomo prikazali izsledke dolgotrajnega poskusa (od septembra 2015 – februarja 2016) ekstenzivne ozelenitve, kjer bomo najprej predstavili nastanek modela, nato pripravo dveh različnih substratov z definiranimi plastmi ter na koncu vpliv zunanjih dejavnikov na izpostavljenih modela ter rezultate meritev fizikalno – kemijskih parametrov.

2 Materiali in metode

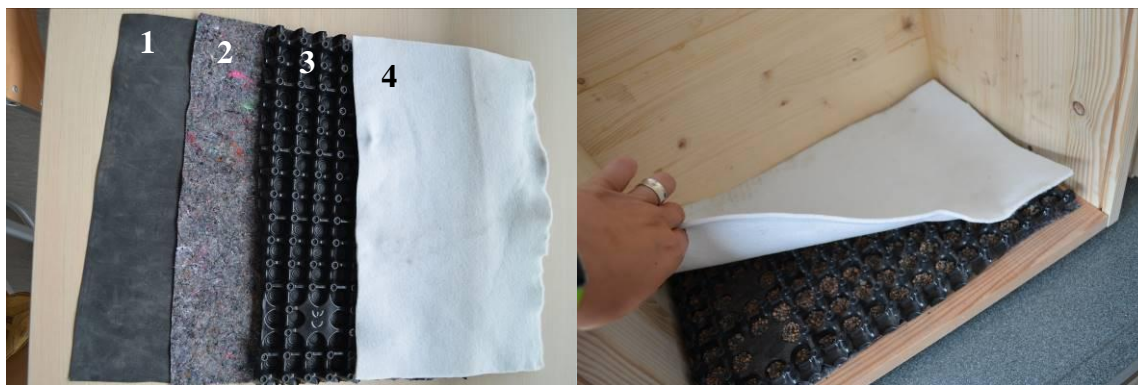


Slika 1: Priprava lesenega ogrodja, s stekleno steno, kjer vidimo različne plasti

Vir: osebni arhiv

V leseni praktični model smo namestili naslednje sloje: (1) protikoreninsko, (2) zaščitno, (3) drenažno in na vrhu (4) filtrirno plast (Slika 2, levo). Protikoreninska plast ščiti modelno konstrukcijo pred poškodbami koreninskih sistemov nasajenih raslin, kar bi lahko vodilo do zamakanje modela. Drenažna predstavlja vodo zadrževalno plast, ki uravnava distribucijo vode v modelu. Drenažni sloj smo napolnili z mineralno mešanico z namenom preprečevanja izpiranje substrata in hkrati omogočanja prehoda vode nanj položili še filtrirno plast (Slika 2, desno).

Substrata A in B smo v višini 5-10 cm nasuli na sestavljen sloj (Slika 1, desno), kamor smo nato zasadili izbrane rastline.



Slika 2: Zaporedje slojev v praktičnem modelu (levo) in njihova končna postavitvev (desno). Pri izvedbi zelenih streh je pomembno, da sloje čim bolj približamo zaporedju plasti, kot jih najdemo v naravi.

Vir: osebni arhiv

Izbor rastlin: V model smo nasadili homulico (*Sedum album* "Murale"), netresk (*Sempurirum tectorum*) in modro zeleni šaš (*Carex flacca*) (Slika 3). Ovrednotili smo učinkovitost dveh različnih substratov ter ocenili pomen in uporabo ekstenzivnega principa ozelenitve v urbanem okolju. Oba modela ravne zelene strehe smo postavili na prosto in 8 mesecev (menjava letnih časov) spremljali ozelenitvi ter merili osnovne fizikalno – kemijske parametre.



Slika 3: Prikaz obeh modelov z različnima substratoma
Vir: osebni arhiv

3 Rezultati

Pri rezultatih smo ovrednotili učinkovitost dveh različnih substratov ter ocenili pomen in uporabo ekstenzivnega principa ozelenitve v urbanem okolju. Ob primerjavi rasti na obeh substratih smo opazili, da je rast v modelu B boljša in da rastline uspevajo hitreje. Gostota rastočih rastlin oziroma zaraslost testne površine je v primeru substrata B večja (Slika 4). Če primerjamo prilagoditev in rast posameznih rastlin v modelu, opazimo, da se je najslabše razmeram zaenkrat prilagodil modro zeleni šaš. Netresk raste uspešno, najbolj izrazita pa je rast homulice. Bolj natančno oceno bomo naredili ob končanih letnih opazanjih, saj je lahko modro zeleni šaš le bolj občutljiv na hladnejše podnebne razmere (jesen-zima) (Slika 4).

Podatki spremljanja temperature in vlage glede na zunanje pogoje kažeta nihanja tudi v dejanskih meritvah fizikalno-kemijskih parametrov obeh substratov. Temperatura obeh substratov niha sorazmerno s temperaturo zraka in je v povprečju za 3,2 °C (37,1 %) nižja od temperature ozračja pri obeh substratih (Tabela 1, $\Delta T_{\%}$).

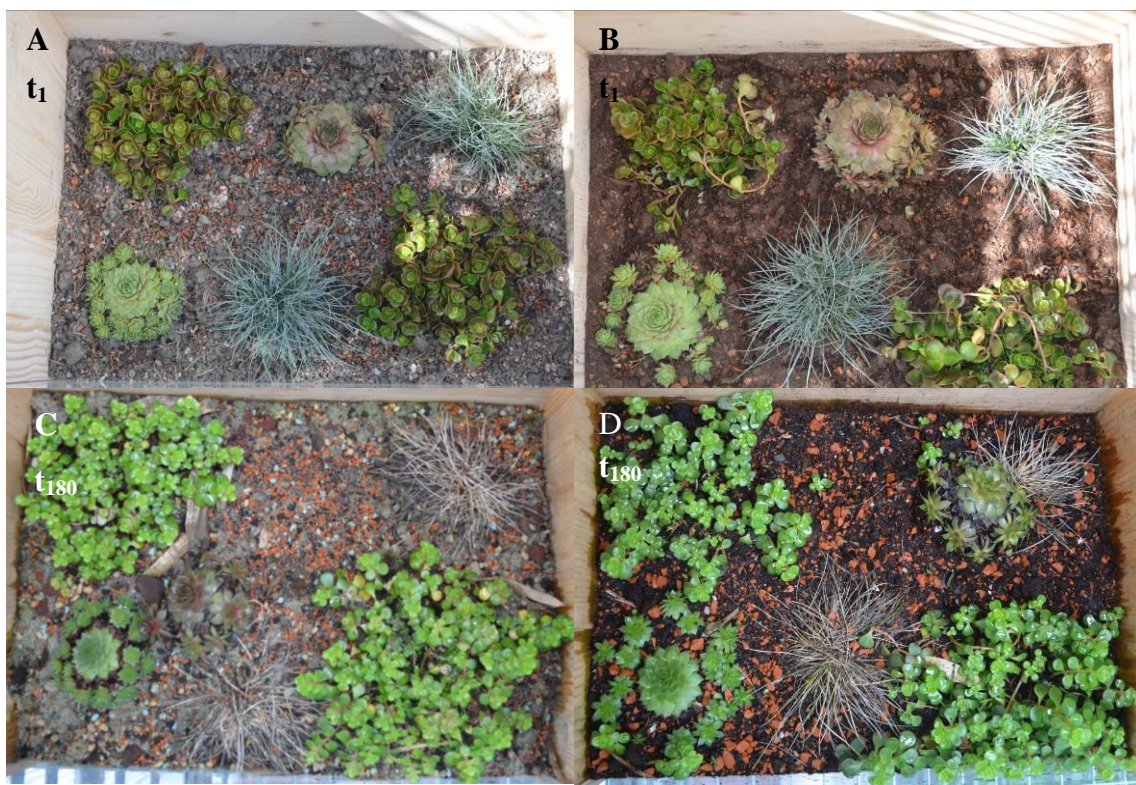
Substrat B je pokazal večjo občutljivost na temperaturne spremembe oziroma vremenske razmere v prvih 3 mesecih merjenj, saj se njegova vrednost pH bistveno bolj spreminjala kot pri substratu A. Meritve so se v primeru substrata B tekom poskusa spreminjale kar za 20,1 %, povprečna vrednost je odstopala od začetne za 6,3 %; medtem ko so bile spremembe pH vrednosti v primeru substrata A skoraj neopazne (8,6 % nihanja vrednosti), povprečna vrednost pH med meritvami pa je odstopala od začetne samo za 0,02 % (Tabela 1).

Po 6-mesečnem sledenju sprememb pa smo opazili, da sta trenda sprememb postala zelo podobna, a obratna; pri substratu A zaznamo znižanje povprečne pH vrednosti, pri B pa povišanje glede na začetno pH vrednost posameznih substratov. Začetni pH vrednosti obeh substratov sta bili pred zasaditvijo rahlo bazični, 8,214 za substrat A in 7,864 za substrat B. V primeru substrata A se je pH vrednost med poskusom spreminjala za 10,15 % in zaznali smo znižanje povprečne pH vrednosti; tako povprečna pH vrednost tekom merjenj trenutno znaša 8,113 in se od začetne razlikuje za 19,9 %. Povprečna pH vrednost substrata B med eksperimentom je bila 7,974, kar je 10,97 % višje kot začetna vrednost. V testnem obdobju pa se je vrednost pH spreminjala rahlo izraziteje kot v primeru substrata A; to je 21,2 % (Tabela 1).

Lahko bi zaključili, da hladnejša mikroklima (december 2015-februar 2016) bistveno bolj vpliva na lastnosti substrata A, saj so spremembe in nihanja fizikalno – kemijskih parametrov pri substratu B ostala podobna kot v prvem trimesečju (september 2015 – november 2015), medtem ko so se pri substratu A močno spremenile.

Tabela 1: Spremljanje pomembnih fizikalno-kemijskih parametrov dveh substratov v obdobju 6 mesecev (september 2015- februar 2016).

Dan	Temperatura zraka (°C)	Temperatura substrata A (°C)	Temperatura substrata B (°C)	ΔT zrak-substrat	ΔT %	pH A	pH B
0	26					8.214	7.864
1	26	23	23	3.0	11.5	8.249	7.571
12	16	9.5	10	6.3	39.1	8.108	8.131
23	25	18	19	6.5	26.0	8.325	8.004
34	12	8.5	11	2.3	18.8	8.224	7.403
43	14	12.5	13	1.3	8.9	8.469	8.052
55	12	6	5	6.5	54.2	8.218	8.064
75	17	10	10	7.0	41.2	8.276	8.091
96	6	3	3	3.0	50.0	8.048	8.134
106	1	0.5	0	0.8	75.0	7.805	7.860
117	4.5	2	1	3.0	66.7	7.758	8.058
124	3	2	1.5	1.3	41.7	7.825	8.003
138	12	11	10.5	1.3	10.4	8.087	8.136
152	3	0.5	0.5	2.5	83.3	8.062	7.986
166	10	8.5	8.05	1.7	17.3	8.097	8.091
180	9.5	8.5	8	1.3	13.2	8.137	8.022
POVPREČJE	11.4	8.2	8.2	3.2	0.4	8.113	7.974
ST. DEV.						0.199	0.212
ST. DEV. %						19.9 %	21.2 %



Slika 4: Primerjava rasti rastlin v času 0 (t_1) in času 180 dni (t_{180}) v praktičnem modelu z uporabo dveh različnih substratov. Sliki A in C prikazujeta rast na substratu A ter sliki B in D na substratu B
Vir: osebni arhiv

4 Razprava

Vsekakor so zelene strehe in na splošno ozelenjevanje stavb eno izmed pomembnejših orodij v boju proti klimatskim spremembam in pomemben doprinos k moderni, nizkoogljični družbi. Še vedno je problematično sorazmerno cenovno visoko investiranje v takšen projekt in kasneje tudi vzdrževanje – predvsem pri intenzivni pozelenitvi.

Na splošno pa so pozitivni doprinosi pri ekstenzivni ozelenitvi naslednji:

Podvoji se življenjska doba hidroizolacije in s tem same strehe; ni pregrevanja poleti (hladiti je trikrat dražje kot ogrevati) – na bitumenski hidroizolaciji imamo poleti 85-90 stopinj, ko pripeka sonce, na zeleni strehi pa 35 ali 40 stopinj, če je zunaj 40 stopinj, več pa nikoli (Žnidaršič, 2015). Ekstenzivna pozelenitev ne potrebuje toliko vzdrževanja – rastlin ni potrebno pogosto gnojiti (največkrat dvakrat letno), nikoli pa jih ni potrebno kositi; je pa dobro preveriti odtoke, zaradi možnosti zamašitve zlasti pri obilnejših deževjih. Najboljše rezultate glede rastlin in ekstenzivne pozelenitve dajejo sedumi, ostale rastline niso toliko primerne – to je potrdil tudi naš model. Danes so najbolj uporabljane kar t.i. preproge, v katerih je seme rastlin že vstavljeno – počaka se na kalitev in potem sledi polaganje na izbrano podlago. Ena od pomembnejših prednosti je tudi ta, da zelena streha tudi pozimi nudi toplotno zaščito objekta. Prav tako je objekt s takšno streho lepši in bolj trajnosten, zlasti je to očitno pri objektih v urbanem okolju, kjer je običajno več betonskih zgradb kot na obrobju mest ali na podeželju. Predvsem pa je zelena streha z ekstenzivno ozelenitvijo tista, ki predstavlja rešitev onesnaženosti s prašnimi delci iz zraka, saj jih uspešno zadržuje. Rastline seveda sodelujejo pri izmenjavi kisika in ogljikovega dioksida in s tem doprinesejo k manjši

onesnaženosti zraka. Takšna naložba je še vedno sorazmerno draga: cene ozelenitve se gibljejo med 30 in 50 evri/m²; gre za dodaten strošek, saj je funkcija strehe že vzpostavljena (Žnidaršič, 2015).

V okviru evropskega projekta »Climate KIC« (<http://www.climate-kic.org/>) smo v mesecu oktobru leta 2015, izpeljali prvo okroglo mizo in oblikovali iniciativo za približevanje poznavanja prednosti uporabe zelenih rešitev z namenom širitve podpore in spodbujanja sprememb pri pozidavah v urbanem okolju v smislu ohranjanja naravnega okolja. Slednja je naletela na dober odziv pri vseh deležnikih v procesu (ministrstvo, raziskovalne inštitucije, izobraževalne inštitucije, lokalno skupnost, investitorje / uporabnike objektov in ponudnike / izvajalce rešitev), zato v bodoče upamo na bolj pospešeno reševanje, predvsem pa vpeljevanje celostnih zelenih rešitev tudi na področju gradbeništva.

Naša raziskovalna vprašanja so s preliminarnimi rezultati pokazala, da sestava substrata vpliva na uspešnost ozelenitve, da zunanji dejavniki okolja pomembno vplivajo na rast rastlin in odzivnost substrata in da je bila izdelava modela dobra odločitev, saj nam le-ta s svojo prenosnostjo omogoča dober vpogled v uspešnost ekstenzivne ozelenitve v urbanem okolju in hkrati omogoča dolgotrajno spremljanje sprememb pod različnimi pogoji. S prispevkom smo tako osvetlili nekatere pomembne mejnike v zgodovini nastanka zelenih streh, v splošnem smo predstavili prednosti ozelenitve in naš poskus, ki še vedno poteka. V prihodnosti načrtujemo tudi izvedbo poskusa na dejanski strehi, kjer bomo primerjali predvsem temperaturne spremembe in učinke glede sposobnosti zadrževanja vode, na različnih podlagah.

Literatura in viri

Banting, D., Doshi, H.H., Li, J., Missios, P. (2005). Report on the Environmental Benefits and Costs of Green roof technology for the city of Toronto. City of Toronto and Ontario Centres for Excellence - Earth and Environmental Technologies, Toronto. Medmrežje: http://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1132&context=gs_rp (18. 2. 2016)

Peck, S., Callaghan, C., Kuhn, M., & Bass, B. (1999). Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canada. Canada Mortgage and Housing Corporation, 11-12.

Simpson, (1999). A reinterpretation of the great pit in Hofstathir Iceland. *Geoarcheology: An International Journal*, 14(6), 511-530.

Getter, K. and Rowe, B. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. *Horticulture Science*, 41(5), 1276-1285.

Li, W.C, Yeung K.K.A. (2014). A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3, 127–134.

Maclvor, J.S., Lundholm, J., (2011). Performance evaluation of native plants suited to extensive green roof conditions in a maritime climate. *Ecological Engineering*, 37, 407–417.

Brunšek, G. (2010). Zelene strehe: prispevek k ekološki in trajnostni gradnji. *Strehe & kritine: ekologija*, št. 4. str. 24–25. Medmrežje: http://www.ravago.si/documents/Zelene_strehe_clanek.pdf (18.2. 2016)

Žnidaršič, B. (2015). Osebna komunikacija z gospodom Kavčičem, intervju. Rezultati Strokovnega posveta »Ozelenjevanje stavb v boju proti klimatskim spremembam« Naklo, 24. 9. 2015.