

Posudek disertační práce

Autor práce: Ing. Martin Hejl
Název práce: Optimalizace výstavby zelených střech
Studijní obor: P3607 Stavební inženýrství

Oponent: Ing. David Bečkovský, Ph.D.
VUT v Brně, Fakulta stavební, beckovsky.d@fce.vutbr.cz

Datum zadání posudku: 31.8.2021

Úvod

Dne 7. 9. 2021 jsem obdržel dopisem děkana Fakulty stavební, Vysokého učení technického v Brně, prof. Ing. Miroslavem Bajerem, CSc. ze dne 31.8.2021 ve smyslu ustanovení čl. 46 odst. Studijního a zkušebního řádu VUT jmenování oponentem doktorské disertační práce **Ing. Martina Hejla** zpracované na téma **Optimalizace výstavby zelených střech** v doktorském studijním programu P3607 Stavební inženýrství.

K posouzení a vypracování posudku byla předána disertační práce a teze disertační práce. Vlastní disertační práce o rozsahu 131 stran je uspořádána do devíti kapitol. Součástí práce je rovněž abstrakt v českém a anglickém jazyce, seznam použité literatury a zdrojů, ze kterých bylo při zpracování práce čerpáno (32 ks) a seznam publikací autora. Seznam grafik, seznam tabulek ani seznam použitých zkratk, symbolů a veličin s jednotkami text disertační práce neobsahuje.

Aktuálnost tématu disertační práce

V současné době díky aktuálním výzvám snižování produkce emisí oxidů uhlíků, výzvy GREEN DEAL a dalších výzev spojených s eliminací klimatických změn je téma výstavby zelených střech aktuální. A to jak z pohledu realizace, tak především v rámci vedení kvalitního mezioborového dialogu stavebních a zahradních inženýrů. Většina evropských zemí má minimálně jednu národní organizaci zabývající se vegetačními konstrukcemi. Poznatky jsou pak dále sdíleny napříč Evropou například i díky European Federation of Green Roof & Living Wall Associations – EFB.

Hodnocení:

☐ vynikající	☐ nadprůměrné	☒ průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
-------------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------------------

Splnění cílů disertační práce

Autor definoval ve své disertační práci dva hlavní cíle:

1. návrh technologického předpisu procesu výstavby ploché vegetační střechy s využitím nových postupů,
2. konstrukční návrh předpěstovaného panelu pro vegetační střechy, použitelného i pro stávající ploché střechy.

A současně v práci uvádí dalších 5 dílčích cílů na straně 44 (analýza konstrukce zelené střechy, analýza jednotlivých stavebních procesů výstavby zelených střech se zaměřením na jejich optimalizaci, analýza spotřeby času pro realizaci zelené střechy s přihlédnutím na problematiku umístění a složitost konstrukce v rámci stavby, vliv technologií na provádění vegetačních střech a možnost využití mechanizace pro výstavbu vegetačních střech, pilotní ověření prototypu panelu na experimentální střeše vyrobené a navržené pro tento účel).

Naplnění Cíle č. 1 je přímo řešeno v kapitole 6.7.1 Technologický předpis pro výstavbu zelené střechy s použitím nového typu předpěstovaných panelů na 121. straně. Naplnění cíle č. 2 je popsáno v kapitole 6.5 Konstrukční návrh předpěstovaného panelu pro vegetační střechy, použitelného i pro stávající ploché střechy a v dílčích kapitolách.

Obecně lze hodnotit, že způsob splnění cílů je pouze na průměrné úrovni. Zcela v práci postrádám aspoň základní porovnání „nového předpěstovaného panelu“ s výrobky, které jsou na trhu běžně několik let dostupné jako je například ECOSEDUM®PACK, M-Tray®, LiveRoof®, PlanterCell® případně InstaGreen GT-4.

Hodnocení:

☐ vynikající	☐ nadprůměrné	☒ průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
-------------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------------------

Postup řešení problému – metody zpracování

Při zpracování disertační práce doktorand použil dvě metody zpracování, tj. teoretický rozbor a experimentální měření. V teoretickém rozboru se autor zaměřil na literární rešerši, analýzu realizací zelených ve stavební praxi včetně analýzy jednotlivých variant. Pro experimentální řešení bylo zvoleno ověření náročností realizace jednotlivých variant zelených střech a provedení analýzy odtokové charakteristiky vybrané střechy s novým prefabrikovaným panelem. Práce neobsahuje v příloze a ani neodkazuje na zdrojové soubory technických dat ze kterých vychází jednotlivé dílčí kapitoly. Pokud se jedná pouze o vytvoření závěrů na základě pozorování 2 realizací zelených střech, lze považovat přístup k této části problematiky za velice podprůměrný. Velmi pozitivně hodnotím aktivní přístup autora k realizaci autorského experimentu.

Hodnocení:

☐ vynikající	☐ nadprůměrné	☒ průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
-------------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------------------

Význam disertační práce pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

V současné době intenzita realizací a návrhů v oblasti vegetačních konstrukcí zejména vegetačních střech je velmi vysoká. Pokud by autor ve své práci získané poznatky prezentoval vhodnějším způsobem, lze hodnotit přínos jako velmi aktuální tedy nadprůměrný. Avšak vzhledem k přístupu autora k rešeršní činnosti, analýze dat a způsobu prezentace získaných poznatků, lze práci hodnotit pouze jako podprůměrnou. V práci pro hodnocení tématu disertační práce jako mezioborového tématu zcela postrádám základní multikriteriální analýzu.

Hodnocení:

☐ vynikající	☐ nadprůměrné	☐ průměrné	☒ podprůměrné	☐ slabé
-------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---	--------------------------------

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Grafická a formální úroveň disertační práce je na podprůměrné úrovni. Text je nevhodně členěn do kapitol až se čtyřmi úrovněmi (např. 6.6.4.1), pro přehlednost a vzhledem k rozsahu lze konstatovat, že kapitoly s maximálně třemi úrovněmi jsou dostačující. Pro přehlednost je vhodné kapitoly nejvyšší úrovně (1. řádu) začínat vždy na nové straně. Použití několika druhů fontů a velikostí je pro tento typ práce přímo nevhodný, obdobně jako barevné texty záhlaví a barevně značené hypertextové odkazy. K některým obrázkům a grafům mohl být vysvětlující popis jednoznačnější, přesnější nebo výstižnější možná i obsáhlejší. Zejména pak autorské grafy jsou v různém formátu zobrazení ačkoli se vždy jedná o obdobné grafy sloupcové (např. graf 12. a 13.). Některé z grafů nemají čitelné hodnoty na osách. Text závěrečné práce se doporučuje psát v trpném rodě (např. bylo provedeno), případně v první osobě množného čísla (tzv. autorský plurál), v minulém nebo přítomném čase. Formální úprava popisů tabulek, grafů a obrázků, včetně citace zdrojů nejsou v souladu se základními pravidly a ČSN ISO 690. Jelikož se jedná o závěrečnou vysokoškolskou práci doktorského studia, tedy práci disertační, lze předloženou práci hodnotit z pohledu formální a jazykové úpravy pouze jako podprůměrnou.

Hodnocení:

☐ vynikající	☐ nadprůměrná	☐ průměrná	☒ podprůměrná	☐ slabá
-------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---	--------------------------------

Hodnocení publikační a jiné činnosti doktoranda

Doktorand zpracováním disertační práce prokázal základní schopnost používat metody teoretického rozboru a experimentální činnosti, z nichž dokázal vytvořit doporučení své práce. Doktorand prokázal průměrnou schopnost orientovat se v české odborné literatuře a schopnost provést také „in-situ“ šetření.

Je autorem nebo spoluautorem 11 publikací, z toho v 10 případech se jedná o publikace tuzemské případně na Slovensku a 1 publikace je zahraniční. Tři konferenční příspěvky jsou uvedeny v databázi SCOPUS.

Dále je spoluautorem dvou užitečných vzorů, podílel se také na dvou projektech specifického vysokoškolského výzkumu jak v pozici řešitele tak spoluřešitele.

Publikační činnost doktoranda a jeho další tvůrčí aktivity je možné hodnotit jako průměrné.

Hodnocení:

☐ vynikající	☐ nadprůměrná	☒ průměrná	☐ podprůměrná	☐ slabá
-------------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------------------

Poznámky a připomínky k textu práce

K disertační práci mám tyto připomínky a dotazy, které by měl doktorand v rámci diskuse zodpovědět.

Připomínky a dotazy:

1. Text disertační práce neobsahuje kapitolu shrnutí současného stavu problematiky v evropském ani světovém měřítku.
2. V rámci zpracování textu disertační práce bylo použito podle citovaných odkazů 32 zdrojů literatury. Z 32 zdrojů je pouze 5 zdrojů odkazujících na zahraniční publikace. Uvedený počet zdrojů je velmi malý a nemůže zpracovateli dát ucelený pohled na řešenou problematiku. Pravděpodobně i z tohoto důvodu nebyla zpracována kapitola dle připomínky P.1, která by shrnula současný stav poznání ohledně výstavby zelených střech v ČR i ve světě se zaměřením se na definované cíle disertační práce. Kolik autorů se řešenou problematikou zabývá v rámci ČR, Evropy a ve světě? Které předpěstované panely jsou nejvíce rozšířeny ve střední Evropě?
3. Z jakého důvodu nejsou v práci u kapitoly popisující konstrukce vegetačních souvrství a popis jednotlivých klíčových materiálů žádné ilustrace a grafiky?
4. Jaké jsou klíčové faktory ovlivňující volbu způsobu realizace vegetační konstrukce a její návrh.

5. V kapitole 6.1. Analýza konstrukce zelené střechy na stranách 46 až 56 autor přebírá většinu textu z publikace [28] a pouze doplňuje o vlastní fotografie vegetace.
6. Autor při grafickém procentuálním znázornění uvádí hmotnostní analýzu jednotlivých materiálů vegetačních střech. Z práce není patrné, o jaké materiály se jedná. Například u nopových fólií lze odlišným výběrem volit plošnou hmotnost od 600 g/m^2 do 1500 g/m^2 . Dále autor uvádí, že materiály jsou uvedeny v nenasyceném stavu, pokud není uvedeno jinak. Jaká je zde uvažovaná hmotnost substrátu v nenasyceném stavu, resp. při jaké hmotnostní či objemové vlhkosti?
7. Autor na straně 71 chybně uvádí: „Střechy s menší únosností by neměly být přitěžovány nevhodně zvoleným substrátem a měly by využívat lehké substráty s objemovou hmotností do $1\,000$ až $1\,100 \text{ kg/m}^3$ v plně nasyceném stavu. V těchto případech je vhodné volit extenzivní variantu zelených střech s výškou substrátu do 50 až 60 mm . U substrátu je potřeba zohlednit jeho kyselost a zásaditost pomocí pH faktoru a zvolit správnou skladbu substrátu vhodnou pro ten typ rostlin, které se na střeše budou vyskytovat.“. Nevhodně jsou zmíněny parametry v m^3 , charakteristika vegetační střechy je vždy uváděna v plošné hmotnosti vztahované na m^2 .
Návrh vegetační střechy, resp. vegetačního souvrství musí vždy vycházet z okrajových podmínek statika. S tím souvisí návrh nejen substrátu tak i vegetace a technických vrstev.
8. Vysvětlete, jakým způsobem ovlivní volba substrátu a dalších technických vrstev statické posouzení vegetační střechy.
9. Autor v práci neuvádí číslování vztahů, ale v samotném textu se odkazuje na čísla jednotlivých vzorců. Toto je velmi nepřehledné. U jednotlivých proměnných neuvádí žádné jednotky.
10. V kapitole 6.5.1 autor uvádí, že základě provedené rešerše a stavebně fyzikálních výpočtů byly stanoveny dva rozměrové typy pro prefabrikované panely. Uveďte, o jaké stavebně fyzikální výpočty se jednalo a co bylo vstupními parametry.
11. Experimentální realizaci zelené střechy autor v obou případech provedl na zkušební stoličce v Centru AdMaS. Jakým způsobem ovlivní dobu realizace 1 m^2 situace, že střecha by se nacházela ve výšce $+5 \text{ m}$ nad úrovní zpevněného terénu a musela by být použita mechanizace pro dopravu a nebyla by možná realizace střechy v úrovni lidského pasu?
12. Při experimentech stanovení charakteristiky odtoku autor uvádí čas v sekundách, avšak v práci nejsou uvedeny parametry objemová či hmotnostní procenta vlhkosti substrátu. Jedná se o parametry, které mají zásadní vliv na charakteristiku odtoku.
Jaká je vlhkost substrátu vegetačních střech v průběhu roku?
Jaká je vlhkost substrátu při realizaci vegetační střechy.
13. Autor na straně 95 popisuje, že dosavadní předpěstované panely jsou na bázi plastu a tudíž neekologické. Proto přistoupil k vlastní konstrukci předpěstovaného panelu. Uveďte porovnání, jakou ekologickou stopu má panel např. ECOSDUM Pack z plastu či recyklovaného plastu realizovaného vstřikoliséem a autorský panel (strana 104) s nosnou vrstvou z desky XPS 100 mm , a materiálem RETEX. Do porovnání uveďte hmotnostní zastoupení plastů v 1 m^2 pro obě varianty řešení.
14. Uveďte porovnání množství m^2 realizace vegetačního souvrství střechy z jedné EURO palety, jedné tuny či jakékoliv jiné měrné paletové jednotky související s dopravou u prefa panelů na stavbu.
15. Uveďte cenové porovnání 1 m^2 vegetační střechy z běžně dostupných panelů prefabrikovaných vegetačních střech a autorské řešení uvedené v disertační práci (pouze materiálové řešení).
16. Jaký je rozdíl mezi předpisy 6.2.2.1 REALIZACE ZELENÉ STŘECHY – OBECNÝ PROCES VÝSTAVBY, TECHNOLOGICKÝ PŘEDPIS A BEZPEČNOSTNÍ ZÁSADY a předpisem 6.7 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO PŘEDPISU PROCESU VÝSTAVBY PLOCHÉ VEGETAČNÍ STŘECHY S VYUŽITÍM NOVÝCH POSTUPŮ? Které části jsou inovativní tak jak bylo vytyčeno v cílech práce.

17. Jaký vliv má použití autorského vegetačního panelu při dodatečné realizaci zelené střechy na tepelně vlhkostní procesy v konstrukci střechy.
18. Autor v kapitole 7. ZÁVĚR A VYHODNOCENÍ PRÁCE uvádí, že hlavním cílem disertační práce bylo nalézt způsob, jak rozšířit a zjednodušit výstavbu vegetačních střech. Uvedte, jakým způsobem byly analyzovány váhy jednotlivých překážek rozvoje vegetačních střech. Na základě, jaké analýzy bylo potvrzeno konstatování „Po provedení analýzy zelených střech se ukázalo, že jedním z hlavních problémů zelených střech je doba jejich výstavby a nutnost optimalizace celého stavebního procesu.“. V práci toto není uvedeno a podloženo daty, ani formou citace na publikaci.
19. Uvedte hlavní problémy
20. Na konci práce chybí jednoznačné vyhodnocení jednotlivých cílů práce.
21. Uvedte, kde spatřujete konkrétní možnosti dalšího výzkumu a vývoje.

Závěr

Práce se zabývá aktuální celosvětově řešenou problematikou vegetačních souvrství střech, jakožto jedním z nástrojů pro snižování uhlíkové stopy a emisí ve stavebnictví.

Uchazeč zpracováním disertační práce prokázal i přes výše uvedené připomínky způsobilost k samostatné tvůrčí vědecké práci ve smyslu § 47 zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a změnách a doplnění dalších zákonů.

I přes uvedené připomínky a dotazy doporučuji, aby disertační práce **byla přijata k obhajobě** a aby v případě jejího úspěšného obhájení byl

Ing. Martinu Hejlovi

udělen akademický titul „doktor“ (ve zkratce „Ph.D.“ uváděné za jménem). /

Datum: 27. října 2021

Podpis oponenta: