



## Grantová služba LČR

### Nabídka na řešení výzkumného projektu

#### 1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název tématu:</b> (Musí se shodovat s vyhlášenými tematickými okruhy LČR.)	Metodologie vyhodnocování simulovaných pěstebních zásahů ve 3D
--	--

<b>Název projektu:</b> (Název /stručný/ by měl vystihovat Váš projekt.)	Metodologie vyhodnocování simulovaných pěstebních zásahů ve 3D
--	--

#### 2. PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU

<b>Představení řešení projektu:</b> (Popis problému, způsob a principy řešení, originalita apod.)	<p>Cvičné probírky na předem změřených a zmapovaných plochách patří už ke klasickým výukovým metodám pěstování lesů, ať už byly prováděny zaškrtáváním stromů na papírové mapě, nebo v novějším hávu v tabletové aplikaci, jak to umožňuje mezinárodní síť cvičných ploch Marteloscope. Nevýhodou všech v současnosti dostupných řešení je však jejich striktní 2D pojetí. Chybějí jakékoliv údaje o velikosti, tvaru a postavení korun jednotlivých stromů, vzájemné poloze korun sousedních stromů, celkovém vyplnění korunového prostoru porostu, jeho sdílení různými dřevinami apod. Jsou to přitom pro současné a budoucí lesnictví naprosto klíčové údaje.</p> <p>Cílem projektu je proto vyvinout a odzkoušet nové, trojdimenzionální řešení, založené na úplném realistickém 3D modelu lesa (tzv. digitální kopii – „digital twin“), získaném pomocí pozemního laserového skenování.</p> <p>Za tímto účelem proto bude pozemním laserovým skenerem naskenován cvičný polygon na ŠLP Křtiny – Masarykův les (spolunavrhovatel projektu) a min. jedna plocha sítě Marteloscope v gesci LČR. Ze získaných mračen bodů budou vytvořeny digitální 3D modely porostů a na těchto modelech budou vyvíjeny a testovány algoritmy pro vyhodnocování simulovaných pěstebních zásahů ve 3D.</p> <p>Pokud je nám známo, žádné podobné trojdimenzionální řešení ve světě dosud neexistuje.</p>
--	--

### 3. PŘEDSTAVENÍ TÝMU

<p><b>Organizace řešitelského týmu:</b> (Název, statutární orgány, právní forma, IČ, DIČ, adresa, bankovní a telefonické spojení řešitelské organizace apod.)</p>	<p><b>Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.</b> Květnové náměstí 391 Průhonice 252 43 Česká republika</p> <p>Statutární orgán – Ředitel Ing. Libor Hort</p> <p><b>Telefon:</b> [REDACTED] <b>Fax:</b> [REDACTED] <b>IČ:</b> 00027073 <b>DIČ:</b> CZ00027073 <b>ID datové schránky:</b> 69gngc7 <b>číslo účtu:</b> 23937111/0100</p> <p>Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. je zapsán v rejstříku veřejných výzkumných institucí</p>
---	---

<p><b>Odpovědný řešitel:</b> (Jméno, funkce, kontakty /tel., mobil., e-mail/ apod.)</p>	<p>[REDACTED] [REDACTED] VÚKOZ v.v.i. <b>e-mail:</b> [REDACTED] <b>Telefon:</b> [REDACTED]</p>
---	--

<p><b>Ostatní osoby:</b> (Jména, role, organizace, kontakty apod.)</p>	<p>[REDACTED] [REDACTED] VÚKOZ v.v.i. <b>e-mail:</b> [REDACTED] <b>Telefon:</b> [REDACTED]</p> <p>[REDACTED] [REDACTED] VÚKOZ v.v.i. <b>e-mail:</b> m[REDACTED] <b>Telefon:</b> + [REDACTED]</p> <p>[REDACTED] [REDACTED] VÚKOZ v.v.i.</p> <p>[REDACTED] [REDACTED] VÚKOZ v.v.i.</p> <p>[REDACTED] [REDACTED] VÚKOZ v.v.i.</p> <p>[REDACTED] z [REDACTED] Masarykův les, Mendelova univerzita v Brně (subdodávka).</p>
--	--



--	--

<b>Technické a materiální vybavení:</b> (Vybavení, zajištění, zázemí apod.)	Uchazeč má rozsáhlé zkušenosti s analýzou a kvantifikací 3D prostorové struktury lesa pomocí dat laserového skenování. K tomu disponuje veškerým potřebným know-how a hardwarovým i softwarovým vybavením, např. pozemními skenery Leica RTC360, ScanStation P20 a také UAV DJI Matrice 300 vybavené skenerem Zenmuse L1. Uchazeč dlouhodobě vyvíjí i vlastní software 3D Forest ( <a href="https://www.3dforest.eu/">https://www.3dforest.eu/</a> ), který umožňuje základní zpracování a segmentaci dat TLS a ULS.
--	--

#### 4. PLÁN PROJEKTU

<b>Metodika řešení:</b> (Podrobný popis řešení projektu, uplatněné metody, časový postup /harmonogram/, kvantifikace objemu prováděných prací /např. odběrů, rozborů/, možné kontrolní dny a ně navázané výstupy /min. 1x ročně/, ostatní informace apod.)	<p>Skenování bude provedeno v bezlistém stavu (u opadavých a smíšených porostů) pro lepší penetraci laserovým paprskem za použití výkonného pozemního laserového skeneru Leica RTC 360 v quasi-pravidelné síti 5-10m (podle hustoty porostu), což podle zkušenosti bezpečně pokryje skenovaný prostor a minimalizuje výskyt slepých míst.</p> <p>Primární zpracování bude probíhat dle osvědčených postupů [redacted] (2017) a [redacted] l. (2019, 2020).</p> <p>Hodnocené proměnné stromů budou zahrnovat DBH, výšku, objem hroubí, výšku nasazení koruny, výšku a šířku koruny, objem koruny, těžiště koruny a identifikaci a kvantifikaci korunového prostoru, který cílové stromy zaujímají a který sdílí se svými sousedy (formou detailního tabelárního i přehledného grafického výstupu).</p> <p>Hodnocené parametry porostů budou zahrnovat počet stromů, výčetní základnu a objem hroubí, objem obsazeného korunového prostoru celkem a jednotlivými druhy stromů v závislosti na výšce nad terénem, objem nadzemního prostoru sdíleného více než jedním stromem (při zachování rozlišení dřeviny). To vše pro jednotlivé stromy i porost ve volitelném prostorovém rozlišení na základě voxelového 3D gridu (pro velikost voxelu v rozsahu min 0,2 - 2m) a před i po provedeném simulovaném výchovném zásahu. Budou navrženy i specifické postupy pro vyhodnocení síly provedeného výchovného zásahu nejenom tradičně ve vztahu ke kruhové výčetní základně a hroubí jednotlivých dřevin ale i ve vztahu k uvolněnému korunovému prostoru na úrovni porostu i jednotlivých (cílových) stromů. Součástí vyhodnocení provedeného zásahu bude i porovnání parametrů kmenů a korun ponechaných vs. simulovaně odstraněných stromů.</p> <p>Pro výpočty budou vyvíjeny vlastní algoritmy vycházející z prací řešitelského týmu ([redacted] et al. 2017, [redacted] et al. 2019, 2020), popřípadě adoptovány a optimalizovány publikované algoritmy pro zpracování mračen bodů, např. [redacted] l et al. (2021) [redacted] et al.</p>
---	--

Pro implementaci algoritmů bude použit jazyk C++, který byl vybrán zejména s ohledem na výpočetní rychlost, dostupnost a množství open-source knihoven použitelných pro vývoj a snadné multiplatformní použití. Jazyk C++ je jediným vyšším programovacím jazykem, který má stejnou rychlost ve výpočtech jako jazyk Fortran a je tak často využíván v oblasti High-Performance Computing (HPC). Implementace kódu bude zajištěna na pracovišti řešitele ve spolupráci se seniorním C++ programátorem.

Dílčí cíle:

1. Pozemním laserovým skenerem naskenovat minimálně 2 pěstební trénovací plochy (u opadavých dřevin v bezlistém stavu);
2. Vytvořit jejich 3D model (tzv. digitální kopii);
3. Vyvinout a otestovat algoritmy automatizovaného vyhodnocení simulovaného pěstebního zásahu ve 3D.

Časový postup:

Cvičné plochy budou naskenovány neprodleně po zahájení projektu (III/ 2024); bude následovat post-processing - spojení a georeferencování mračen, segmentace terénu a jednotlivých stromů, klasifikace mračen a výpočet parametrů jednotlivých stromů (IV – XII 2024).

Paralelně budou laděny existující algoritmy na segmentaci jednotlivých stromů, výpočet parametrů jednotlivých stromů a tvorbu jejich QSM (quantitative structure model) reprezentací (IV – XII 2024).

Druhý rok řešení projektu bude věnován vývoji a testování algoritmů pro vyhodnocování simulovaných pěstebních zásahů ve 3D a tvorbě 3D modelu ploch (I – XII 2025).

I-II 2026 – závěrečná zpráva, předání digitálních modelů a algoritmů zadavateli k užívání. Komunikace a součinnost se zadavatelem bude probíhat průběžně

Prováděné práce jsou odhadovány zhruba v následujícím objemu (průměrné úvazky během 2 let řešení):

technik/ technička (20 % - jen 1. rok řešení), pozemní laserové skenování ploch, post-processing, manuální editace v případě potřeby.

+ ŠLP Křtiny (subdodávka) - optimalizace funkcionalit z pohledu uživatele, terénní podpora a součinnost.

Možné kontrolní dny a na ně navázané výstupy:

1) prosinec 2024 (po 10 měsících řešení) s kontrolovatelnými dosaženými milníky:

- spojená a georeferencovaná mračna bodů cvičných pěstebních ploch;

- segmentovaná mračna na terén a jednotlivé stromy;

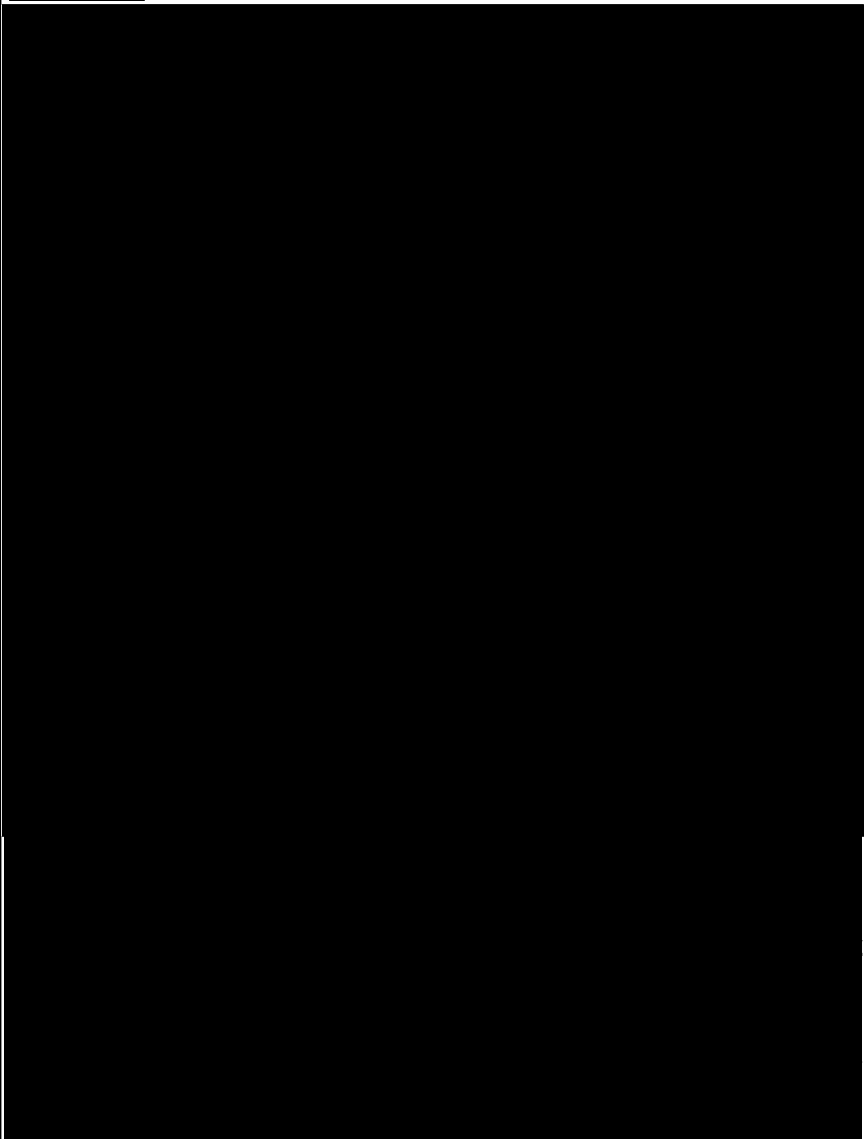
- odvozené detailní parametry jednotlivých stromů včetně korun;

2) prosinec 2025 s kontrolovatelnými dosaženými milníky:

- funkční algoritmy pro vyhodnocování simulovaných pěstebních zásahů ve 3D;

- 3D model (tzv. digitální kopie) dvou pěstebních trénovacích ploch ve formě QSM jednotlivých stromů.

Literatura:



--	--

<b>Doba řešení:</b> (Datum zahájení řešení a ukončení řešení. Komentář k době řešení.)	2 roky (1. 3. 2024 – 28. 2. 2026)
---	-----------------------------------

<b>Předpokládané výsledky:</b> (Uveďte předpokládané výsledky projektu.)	<p>O - výzkumná zpráva;</p> <p>O - georeferencovaná, segmentovaná a klasifikovaná mračna bodů pozemního laserového skenování dvou pěstebních trénovacích ploch;</p> <p>O - 3D model (tzv. digitální kopie) dvou pěstebních trénovacích ploch ve formě QSM jednotlivých stromů;</p> <p>O - soubor algoritmů automatizovaného vyhodnocení simulovaného pěstebního zásahu ve 3D ve formě softwarového kódu.</p>
---	--

<b>Realizační výstupy:</b> (Uveďte realizační výstupy - dílčí realizační výstupy v členění dle jednotlivých let a souhrnný realizační výstup, případně dílčí cíle a jejich formy.)	<p>2024:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• spojená a georeferencovaná mračna bodů cvičných pěstebních ploch;</li> <li>• segmentovaná mračna na terén a jednotlivé stromy;</li> <li>• odvozené detailní parametry jednotlivých stromů včetně korun;</li> </ul> <p>2025:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• algoritmy pro vyhodnocování simulovaných pěstebních zásahů ve 3D (ve formě kódu);</li> <li>• 3D model (tzv. digitální kopie) dvou pěstebních trénovacích ploch ve formě QSM jednotlivých stromů.</li> </ul> <p>2026:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• závěrečná zpráva, předání a prezentace výsledků.</li> </ul>
---	--

<b>Přínos projektu:</b> (Praktický / provozní/ přínos; kvantifikace očekávaných ekonomických přínosů.)	<p>Z povahy řešeného tématu je zřejmé, že se nejedná o projekt s okamžitým ekonomickým přínosem. Střednědobý přínos ve formě kvalitně odborně proškoleného personálu a dlouhodobý přínos ve formě lépe prováděných výchovných zásahů v lesních porostech LČR ale může být značný a celkem jistě se v dlouhodobém horizontu vyplatí.</p> <p>Navrhovaný projekt přináší zcela novou možnost simulovat pěstební zásahy na realistickém digitálním 3D modelu trénovacích pěstebních polygonů (tzv. digitální kopie porostu). Díky kompletní metodologii a algoritmům, které budou v rámci projektu vyvinuty a otestovány, budou mít lesníci poprvé možnost nejen objektivně hodnotit charakteristiky korun (hloubka, šířka, objem, těžiště, tvar) uvolňovaných i</p>
---	--

	odstraňovaných stromů ale i jejich vzájemný prostorový vztah (průnik/ sousedství). Zejména ale bude možné hodnotit i sílu provedeného výchovného zásahu nejenom tradičně ve vztahu ke kruhové výčetní základně a hroubí jednotlivých dřevin ale i ve vztahu k uvolněnému korunovému prostoru na úrovni porostu i jednotlivých (cílových) stromů. Konečným přínosem tedy bude přidaná kvalita tímto způsobem prováděných školení a v důsledku i lépe a s větším porozuměním prováděné výchovné zásahy novým způsobem školeného personálu.
--	--

<b>Součinnost zadavatele:</b> (Uveďte případnou požadovanou součinnost se zadavatelem - LČR.)	Při řešení projektu bude potřebná součinnost mezi zpracovatelem (VÚKOZ) a zadavatelem (LČR) ve formě zpřístupnění a doprovodu na trénovací plochu Marteloscope a poskytnutí dostupných údajů o porostu a jednotlivých stromech, v případě potřeby též jejich přeznačení barvou v terénu. Přínosné by byly i konzultace během projektu pro získání zpětné vazby od potenciálního uživatele.
--	--

<b>Řízení rizik:</b> (Identifikace případných rizik pro dosažení cílů projektu, analýza a určení míry rizik a stupně dopadu, doporučení a ošetření rizik.) Určení stupně dopadu (nevýznamný, málo významný, významný, velmi významný, kritický). Pravděpodobnost výskytu (téměř nemožné, výjimečně nemožné, běžně možné, pravděpodobné, hraničící s jistotou.)	Identifikovány byly následující rizika: 1) Nevhodné povětrnostní podmínky pro skenování: Stupeň dopadu – významný (vliv na zpoždění projektu); Pravděpodobnost výskytu - téměř nemožné. Navrhovatel disponuje vlastním hardwarovým vybavením a v pozemním skenování je proto velmi operativní (v případě nutnosti včetně víkendů). Provedeným opatřením bylo pořízení vysoce výkonného skeneru, se kterým je naskenování jedné plochy otázkou nižších jednotek dní. Proto lze oprávněně předpokládat, že takové okno příznivého počasí bude během cca 2 měsíců k dispozici a plochy budou naskenovány včas.  2) Změny v řešitelském týmu: Stupeň dopadu – významný (vliv na zpoždění projektu); Pravděpodobnost výskytu - výjimečně možné. Složení řešitelského týmu je dosti stabilní již několik let a má za sebou několik úspěšně řešených projektů. Opatření - v několika členném týmu je jistá zastupitelnost. V případě potřeby by byla co nejdříve draftována náhrada z okruhu známých spolupracovníků.
--	---

## 5. FINAČNÍ PLÁN

<b>Finanční náklady:</b> (Uveďte celkové náklady /cena projektu bez DPH a včetně DPH/, plátce či neplátce; roční náklady.)	Celkové náklady projektu jsou 1 999 780 Kč bez DPH. Celkové náklady projektu jsou 2 419 733,80 Kč včetně DPH. Uchazeč je plátce DPH.  Roční náklady: 2024 – 885 545 Kč bez DPH 2025 – 1 002 083 Kč bez DPH 2026 – 112 152 Kč bez DPH
---	---



<b>Nákladová tabulka:</b> (Uveďte náklady /tabulku/ v členění dle hlavních položek a let; strukturu jednotlivých plánovaných - uplatnitelných nákladových položek; jiné finanční zdroje.)	<b>Nákladová položka</b>	<b>Částka celkem</b>
	<b>Osobní náklady</b>	
<i>Mzdy</i>		979 521 Kč
<i>Odvody</i>		350 668 Kč
<b>Ostatní přímé náklady</b>		<b>249 000 Kč</b>
<i>Subdodávky</i>		220 000 Kč
<i>Zboží a služby</i>		9 000 Kč
<i>Cestovné</i>		20 000 Kč
<b>Nepřímé náklady</b>		<b>420 591 Kč</b>
Celkové náklady projektu bez DPH		1 999 780 Kč
DPH 21 %		419 953,80 Kč
<b>CELKOVÉ náklady projektu včetně DPH</b>		<b>2 419 733, 80 Kč</b>

<b>Komentář k nákladům:</b> (Uveďte souhrnný komentář k nákladům /odůvodnění ceny/.)	<b>Osobní náklady</b>	
	<i>Mzdy</i>	Mzdy jednotlivých osob podílejících se na řešení projektu. Plánovaná náplň práce a úvazek na projektu je uveden výše v návrhu.
<i>Odvody</i>	Povinné zákonné odvody na sociální a zdravotní pojištění a FKSP.	
<b>Ostatní přímé náklady</b>		
<i>Subdodávky</i>	Vyhodnocování zásahů z pěstebního hlediska, optimalizace funkcionalit z pohledu uživatele, terénní podpora a součinnost – předpokládá se zapojení dvou až tří pracovníků ŠLP Křtiny – Masarykův les (Mendelu) na drobný úvazek ve výši plnění.	
<i>Zboží a služby</i>	Značení ploch, drobný spotřební materiál	
<i>Cestovné</i>	Naskenování a změření ploch, optimalizace vyhodnocování v terénu – spolupráce se ŠLP s LČR	
<b>Nepřímé náklady</b>	Nepřímé náklady jsou vypočteny metodou full-cost.	
Celkové náklady bez DPH	Celkové náklady projektu bez DPH.	
DPH 21 %	21 % z celkových nákladů projektu	
<b>CELKOVÉ náklady včetně DPH</b>		Celkové náklady projektu včetně DPH.

Datum: 24. 11. 2023 Jméno: 

Podpis a razítko:

(zástupce navrhovatele)

