



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0387

Modely biomasy (uhlíka) na úrovni stromu a porastu pre mladé bučiny a smrečiny pochádzajúce z umelej výsadby

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Jozef Pajtík, PhD.**

Príjemca **Národné lesnícke centrum**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Národné lesnícke centrum Zvolen

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

- 1.) Česká zemědělská univerzita Praha, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha, Česká republika,
- 2.) University of Reading, School of Agriculture, Policy and Development, Reading, Velká Británie.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Takéto výstupy sme v projekte neplánovali.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Desať najvýznamnejších prác v medzinárodných časopisoch s impakt faktorom (roky 2021-2024):

- Konôpka, B., Pajtík, J., Šebeň, V., Surový, P., Merganičová, K., 2021: Woody and Foliage Biomass, Foliage Traits and Growth Efficiency in Young Tress of Four Broadleaved Tree Species in a Temperate Forest. *Plants*, 10:2155.
- Konôpka, B., Pajtík, J., Šebeň, V., Surový, P., Merganičová, K., 2021: Young silver birch grows faster and allocates higher portion of biomass into stem than Norway spruce, a case study from a post-disturbance forest. *Forests*, 12:433.
- Máliš, F., Konôpka, B., Šebeň, V., Pajtík, J., Merganičová, K., 2021: Short-Term Dynamics of Vegetation Diversity and Aboveground Biomass of *Picea abies* (L.) H. Karst. Forests after Heavy Windstorm Disturbance. *Forests*, 12:97.
- Pajtík, J., Konôpka, B., Šebeň, V., 2022: Allometric models for estimating aboveground biomass of young Norway spruce trees in the Western Carpathians, Slovakia. *Central European Forestry Journal*, 68:154-162.
- Konôpka, B., Šebeň, V., Pajtík, J., Shipley, L.A., 2022: Influence of Tree Species and Size on Bark Browsing by Large Wild Herbivores. *Plants*, 11:2925.
- Pajtík, J., Sitková, Z., Marčíš, P., Bošela, M., Pavlenda, P., Konôpka, B., 2022: Radial increment and defoliation of *Pinus sylvestris* (L.) on sandy soils relate to summer temperatures and ground water level. *Central European Forestry Journal*, 68:78-90.

Konôpka, B., Šebeň, V., Pajtík, J., 2023: What have we learnt from the stand level estimates on stem bark browsing by large wild herbivores? Central European Forestry Journal, 69:21-30.

Konôpka, B., Murgaš, V., Pajtík, J., Šebeň, V., Barka, I., 2023: Tree Biomass and Leaf Area Allometric Relations for *Betula pendula* Roth Based on Samplings in the Western Carpathians. Plants, 12:1607.

Konôpka, B., Murgaš, V., Šebeň, V., Pajtík, J., Merganičová, 2023: Stand-Level Biomass and Leaf Trait Models for Young Naturally Regenerated Forests of European Hornbeam. Forests, 14:1084.

Konôpka, B., Pajtík, J., Šebeň, V., Lukac, M., 2024: Decadal forest mensuration cycle significantly underestimates net primary production in dense young beech stands. Forest Ecology and Management, 255:121711.

Uplatnenie výsledkov projektu

Na úvod chceme zdôrazniť, že ukončený projekt mal charakter základného výskumu. Riešením jeho plánovaných úloh sa nadobudlo veľké množstvo nových teoretických poznatkov týkajúcich sa najmä oblasti produkcie lesa, čiastočne produkčnej ekológie lesných drevín. Pritom okrem teoretických výstupov projektu sa získali aj poznatky prakticky využiteľné v lesníckej prevádzke, prípadne v agrolesníctve (kontext zalesnenia pôvodných pôdohospodárskych plôch, resp. paralelné pestovanie lesných drevín a poľnohospodárskych plodín na identickom území).

Musíme si uvedomiť, že lesné ekosystémy sú dôležitým príjemcom a „fixátorom“ uhlíka. Táto funkcia lesa je významná najmä z dôvodu prebiehajúcej klimatickej zmeny a s ňou spojenou nevyhnutnosťou redukovať koncentráciu CO₂ z atmosféry. Pritom dôležitým spôsobom redukcie CO₂ z atmosféry je výsadba lesov na pôvodne nelesných pôdach, resp. ich rýchla obnova po zničení veľkoplošnými disturbanciami (v súčasnosti ide najmä o vetrové kalamity, či odumieranie lesných komplexov spôsobených podkôrnym hmyzom, prípadne suchom). Napriek mimoriadnej aktuálnosti tejto problematiky, neboli dostupné žiadne modely pre odhad produkcie biomasy, teda aj pre kvantifikáciu sekvestrácie uhlíka v mladých rastových štádiu (de facto vekovo do cca 15 rokov, resp. pre strednú porastovú hrúbku do 7 cm). Všetky predošlé modely, a to nielen na Slovensku ale aj v zahraničí, boli vytvorené pre staršie vývojové štádiu lesa. Dôvodom bolo, že mladé lesné porasty nie sú z produkčného hľadiska zaujímavé. Preto naša snaha doplniť poznatky o modeloch pre odhad zásoby či produkciu biomasy v mladých lesných porastoch mala priniesť nielen teoretické poznatky, ale aj praktické výstupy. Pritom sa vybrali dve, na Slovensku najrozšírenejšie lesné dreviny, konkrétne buk lesný a smrek obyčajný. Ide o jedného predstaviteľa opadavého druhu a jedného zástupcu neopadavého druhu. Pritom práve rôzna životnosť asimilačných orgánov buka (jedno vegetačné obdobie) a smreka (približne päť rokov) by mala spôsobiť kontrastné režimy viazania a obehu uhlíka.

Uplatnenie našich výsledkov vidíme v dvoch rovinách: A) vo vedeckej a B) v praktickej. A) V rámci vedeckej oblasti ponúkame modely na odhad celkovej stromovej biomasy, resp. modely pre jednotlivé stromové komponenty (t.j. asimilačné orgány, konáre, kmeň – v členení drevo a kôra, ako aj koreňový systém). Tieto modely, odborne nazývané alometrické rovnice, môžu využiť vedecí pracovníci, najmä z oblasti lesnej produkcie a produkčnej ekológie, resp. v širšom ponímaní odborníci, ktorí potrebujú kvantifikovať zásobu alebo produkciu, prípadne alokáciu biomasy na úrovni jedinca. Týmto sme vyplnili poznatkovú medzeru a kompletizovali modely, ktoré existovali pre väčšie/staršie jedince buka alebo smreka. Ďalšie naše modely – konštruované pre úroveň porastu, vytvárajú podmienky pre uplatnenie vo výpočtoch zásoby či produkcie na báze základnej mernej (spravidla hektár) alebo porastovej (napr. dielec) jednotky. Modely na úrovni porastu sa dajú využiť pre uhlíkové bilancie v bučinách alebo smrečinách, resp. v ich zmesiach.

B) V oblasti praktickej sa vytvoril nástroj na zhodnotenie množstva biomasy (uhlíka) vyprodukovanej za určitú časovú jednotku (napr. od založenie porastu do 10 rokov). Naše modely s pomocou základných vstupných údajov (vek či stredná hrúbka, resp. stredná výška porastu spolu s počtom stromov) dokážu kvantifikovať množstvo uhlíka sekvestrovaného vysadenými lesnými porastami. Takto vznikol relevantný a relatívne presný nástroj, ktorý by sa mohol po širšom otestovaní v rastových podmienkach Slovenska a odbornej akceptácii, použiť pri nárokovanií platieb v rámci obchodu s uhlíkovými kreditmi. Niektoré z týchto praktických poznatkov budeme ďalej popularizovať - konkrétne

prezentovať na konferenciách „Aktuálne problémy v ochrane lesa“ a „Aktuálne problémy v pestovaní lesa“, pričom obe tieto akcie sú určené pre širokú lesnícku odbornú komunitu. Pritom pôjde nielen o prednášky, ale aj referáty do sprievodných zborníkov. Zároveň plánujeme naše výsledky spopularizovať a „vnieť do života“ formou článku v odbornom časopise Les a Letokruhy.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Primárnym poslaním projektu bolo vytvoriť modely biomasy na úrovni stromu a porastu pre dreviny buk lesný a smrek obyčajný s použitím ľahko merateľných prediktorov, t.j. prostredníctvom hrúbky kmeňa a/alebo výšky stromu. Toto sa zabezpečilo pomocou približne 250 vzorníkových stromov. Ďalej sa založilo 30 výskumných objektov – rovnako po 15 pre buk a smrek, ktoré predstavovali mladé výsadby s vekom do 10 rokov. Každý výskumný objekt obsahoval tri plochy s minimálne 30 stromami. Všetky stromy sa každoročne merali – konkrétne ich výška a hrúbka kmeňa. Kombinácia alometrických vzťahov a meraní na úrovni plôch poslúžila na odhad aktuálnej zásoby stromovej biomasy a ročnej produkcie stromovej biomasy.

Naše analýzy ukázali, že hrúbka kmeňa (resp. stredná hrúbka porastu) je najvhodnejšia nezávislá premenná pre odhad biomasy stromu, eventuálne porastovej zásoby. Výška (či už na úrovni stromu alebo stredná hodnota na úrovni porastu) bola menej presný prediktor, ale stále použiteľný. Podobná situácia sa zistila aj v prípade modelovania produkcie biomasy/fixácie uhlíka.

Môžeme konštatovať, že sme splnili všetky hlavné ciele projektu. To znamená, že sme skonštruovali užívateľsky relatívne jednoduché a zároveň dostatočne presné matematické modely pre buk a smrek zahŕňajúc úroveň stromu a porastu. Modely sa týkajú jednak zásoby biomasy, ako aj jej produkcie. Pritom tieto modely vychádzajú z jednoducho zistiteľných, resp. rýchle merateľných charakteristík. Ďalším prediktorom bol vek lesného porastu, keďže je dôležitý najmä pre potenciálne využitie modelov ako nástroja pri odhade množstva uhlíka fixovaného za určité obdobie (optimálne počas 10 rokov).

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The primary mission of the project was to create biomass models at the tree and stand levels for European beech and Norway spruce using easily measurable predictors, i.e., through stem diameter and/or tree height. This was accomplished using approximately 250 sample trees. Additionally, 30 research sites were established: 15 each for beech and spruce, representing young plantings up to 10 years old. Each research site contained three plots with at least 30 trees. All trees were measured annually, specifically their height and stem diameter. A combination of allometric relationships and plot-level measurements was used to estimate the current stock of tree biomass and the annual production of tree biomass (alternatively carbon).

Our analyses showed that stem diameter (or the mean stand diameter) is the most suitable independent variable for estimating tree biomass or stand biomass stock. Height (either at the tree level or the mean the stand level) was a less accurate predictor but still usable. A similar situation was found in the modeling of biomass production (carbon fixation).

We can conclude that we have achieved all the main objectives of the project. This means that we constructed relatively simple yet sufficiently accurate mathematical models for beech and spruce, including both tree and stand levels. The models pertain to both biomass stock and production. Moreover, these models are based on easily obtainable or quickly measurable characteristics. Another predictor was the age of the forest stand, which is especially important for the potential use of models as a tool for estimating the amount of carbon fixed over a certain period (optimally over 10 years).