Správa z výskumného testu týkajúceho sa analýzy znečistenia ovzdušia s využitím bioindikácie (Kežmarok)

Odborný dohľad:

Dr Katarzyna Łuszczyńska

1. *Výskumný plán obsahujúci priebeh výskumu s rozdelením na terénne a laboratórne/ kancelárske práce, spolu s uvedením jednotlivých krokov priebehu výskumných prác*

Terénne práce:

- vymedzenie výskumného územia,
- výber vhodných stromov na odber dendrochronologických vzoriek,
- odber vzoriek zo stromov pomocou Presslerovho nebožieca,
- zabalenie jadier do špeciálne pripravených škatúľ a ich označenie,
- dokumentácia stanoviska,
- opis morfologických znakov stromu,
- zaznamenanie GPS polohy každého stromu.

Kancelárske/laboratórne práce:

- vlepenie jadier do špeciálne pripravených drevených líšt,
- brúsenie jadier pomocou brúsnych papierov s granuláciou 100, 250, 500 a 1000,
- meranie ročných prírastkov pomocou prístroja LinTab so softvérom TSAPWin Professional 4.65 s presnosťou 0,01 mm,
- analýza pomocou skeleton plotu a eliminácia chýbajúcich a falošných prírastkov,

- datovanie epizód znečistenia ovzdušia identifikáciou redukcií ročných prírastkov,
- určenie rokov s redukciou ročných prírastkov na základe súhrnného grafu znázorňujúceho percento alebo počet stromov zaznamenávajúcich znečistenie ovzdušia v jednotlivých *rokoch.*

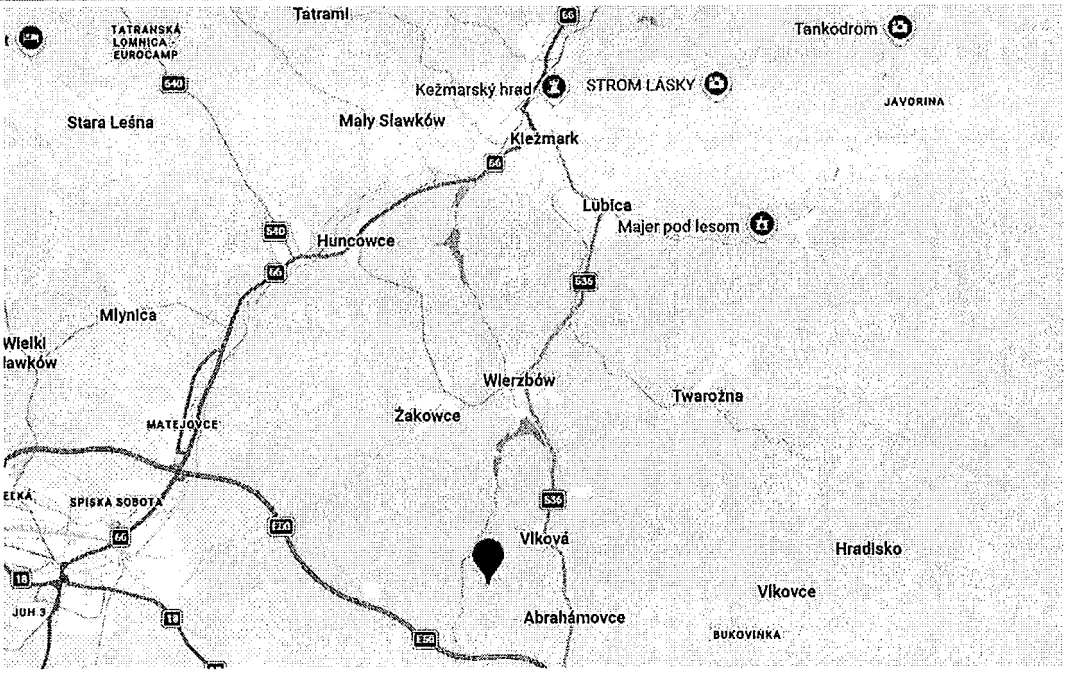
2. Opis priebehu výskumných prác so zohľadnením teoretických východísk, opisu metódy, prípadného odberu vzoriek v teréne a následných krokov laboratórnych prác.

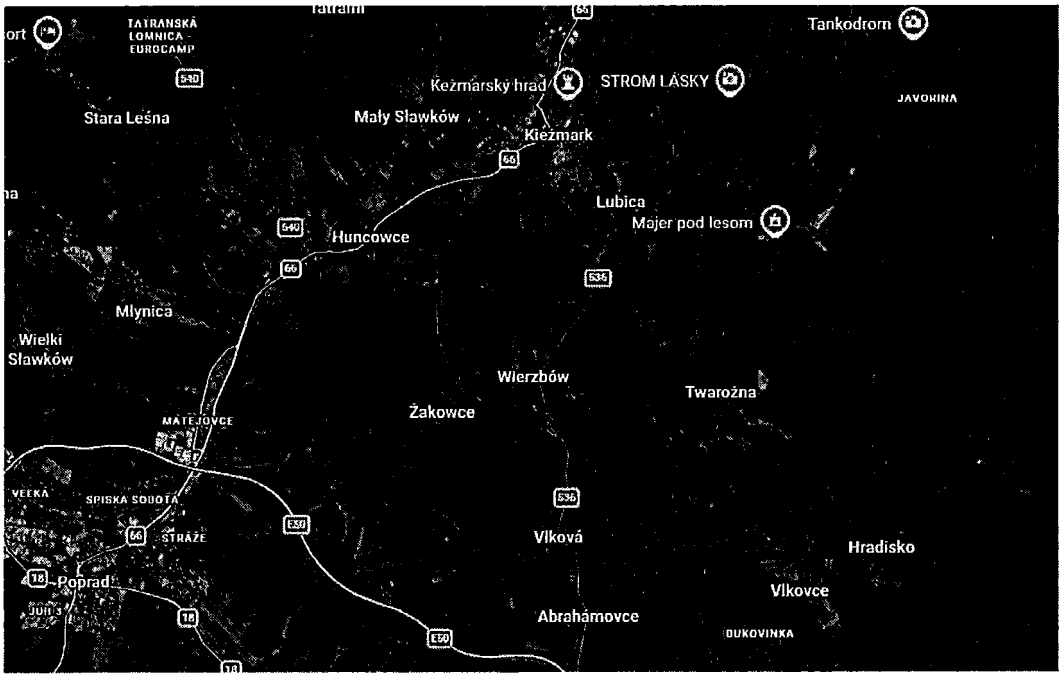
Výskumná metóda

Výskumný test bol vykonaný na základe analýzy 25 prírastkových jadier odobratých z borovíc rastúcich približne 7 km južne od centra mesta Kežmarok (Obrázok 1). Výskumná lokalita bola vybraná s cieľom minimalizovať vplyv priamych antropogénnych zásahov a zároveň umožniť hodnotenie zmien rastových prírastkov stromov v súvislosti s pôsobením znečistenia ovzdušia. Vybrané územie sa vyznačovalo relatívne homogénnymi stanovištnými podmienkami, čo umožnilo presnejšie sledovanie reakcie stromov na environmentálne stresové faktory. Okrem toho lokalita nebola bezprostredne ovplyvnená intenzívnou lesohospodárskou činnosťou, ktorá by mohla skresliť výsledky dendrochronologických analýz. Pred samotným odberom vrtov bolo realizované detailné vizuálne hodnotenie porastu. Posudzoval sa najmä zdravotný stav stromov, výskyt mechanických poškodení, deformácií kmeňov, úroveň defoliácie a celková vitalita jednotlivých jedincov. Z ďalšieho spracovania boli vyradené stromy vykazujúce zjavné príznaky chorôb, prítomnosť parazitov alebo poškodenia, ktoré mohli negatívne ovplyvniť pravidelnosť tvorby ročných prírastkov. Výber vhodných stromov bol dôležitý pre zabezpečenie čo najvyššej spoľahlivosti výsledkov a elimináciu možných rušivých faktorov.
Prírastkové jadrá boli získané pomocou Presslerovho nebožieca vo výške prsnej výšky, teda približne 1,3 m nad úrovňou terénu, pričom z každého stromu bol odobratý jeden vrt (Obrázok 2). Počas odberu sa dbalo na zachovanie správnej orientácie vrtu a zároveň sa vyhýbalo miestam s viditeľnými deformáciami drevnej hmoty. Každé odobraté jadro bolo označené identifikačným číslom a bezpečne uložené na transport z terénu do laboratória. Získané vzorky boli následne

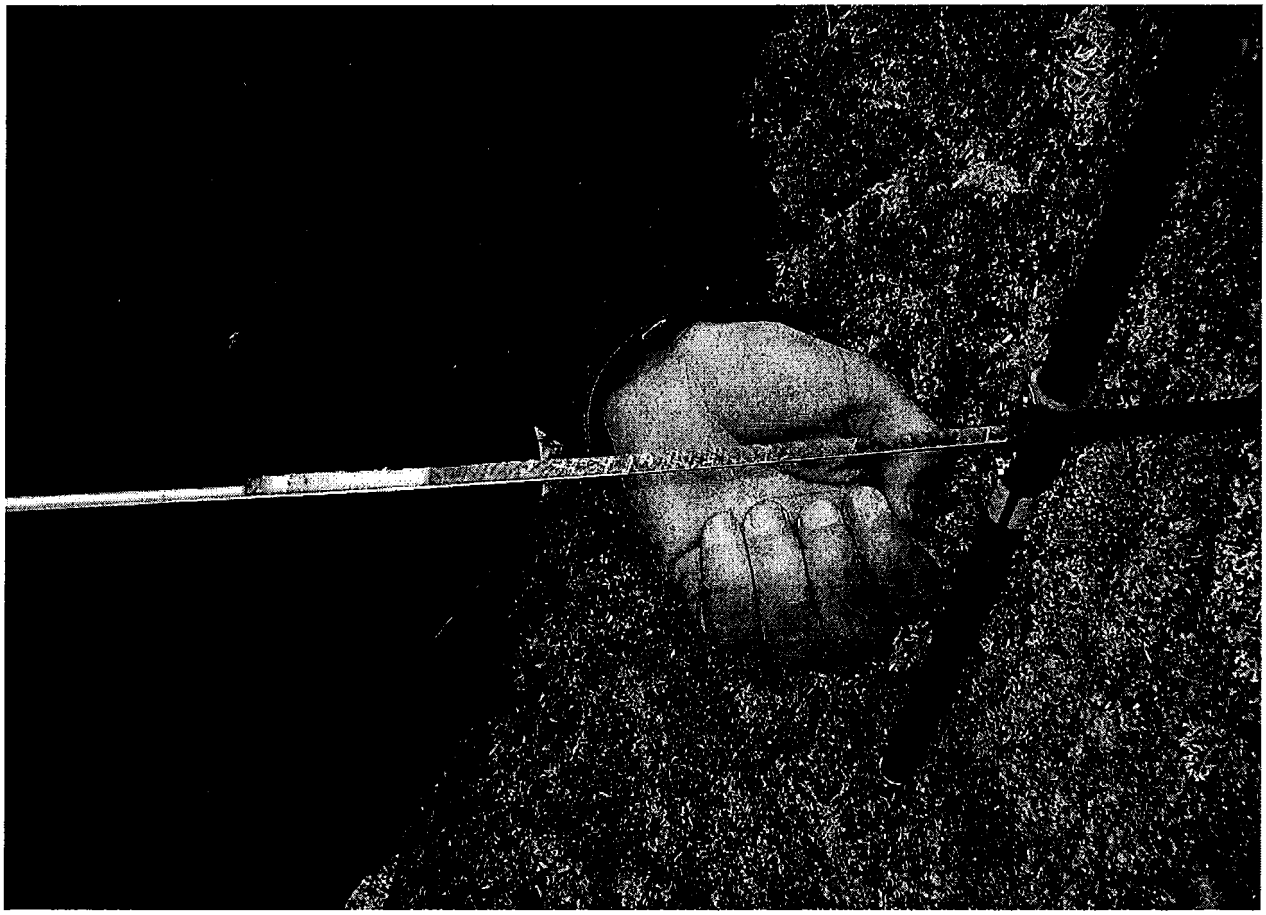
upevnené do špeciálne pripravených drevených líšt (Obrázok 3), čo zabezpečilo ich stabilitu počas ďalšieho spracovania. Takto pripravený materiál umožnil vykonanie presných laboratórnych analýz bez rizika poškodenia vzoriek. V ďalšej etape boli jadrá brúsené pomocou brúsnych papierov s postupne sa zvyšujúcou zrnitosťou – 100, 250 a 500. V prípadoch, keď hranice letokruhov zostávali nedostatočne čitateľné, bol dodatočne použitý aj papier so zrnitosťou 1000. Cieľom tejto úpravy bolo dosiahnuť čo najlepšiu viditeľnosť anatomických štruktúr dreva a umožniť presné rozlíšenie jednotlivých ročných prírastkov. Kvalitná príprava povrchu vzoriek bola nevyhnutná pre správne datovanie letokruhov a následnú interpretáciu výsledkov.

V prvej fáze laboratórnych analýz boli pre každú vzorku vytvorené skeleton ploty, ktoré umožnili identifikáciu charakteristických rastových sekvencií a rokov spojených s redukciou radiálneho rastu. Táto metóda zároveň poskytla možnosť porovnania rastových zmien medzi jednotlivými stromami a pomohla odhaliť potenciálne rastové anomálie alebo chýbajúce letokruhy. Následne boli realizované detailné merania šírky ročných prírastkov pomocou špecializovaného dendrochronologického zariadenia a bola zostavená lokálna chronológia prírastkov pre skúmané stanovisko (Obrázok 4). Výsledná chronológia umožnila sledovať dlhodobú dynamiku rastu stromov a identifikovať obdobia zvýšeného stresu. Identifikované redukcie prírastkov boli rozdelené na slabé a silné. Za obdobie redukcie sa považoval výskyt najmenej troch po sebe nasledujúcich prírastkov so zmenšenou šírkou v porovnaní s predchádzajúcou rastovou sekvenciou. Silná redukcia bola definovaná ako séria prírastkov, pri ktorej priemerná šírka prírastku predstavovala 50 % alebo menej priemernej šírky troch prírastkov bezprostredne predchádzajúcich obdobiu redukcie. Slabá redukcia bola určená analogickým spôsobom, pričom šírka jednotlivých prírastkov v období redukcie dosahovala 30–50 % priemernej hodnoty predchádzajúceho obdobia. Získané sekvencie redukcií boli následne porovnané s vytvorenými skeleton plotmi s cieľom identifikovať potenciálne chýbajúce letokruhy a odstrániť prípadné chyby datovania. Tento postup výrazne prispel k zvýšeniu presnosti a spoľahlivosti získaných výsledkov. Súčasne umožnil detailnejšie určiť obdobia, počas ktorých mohlo dochádzať k intenzívnejšiemu pôsobeniu znečistenia ovzdušia alebo iných stresových faktorov na skúmaný lesný porast.

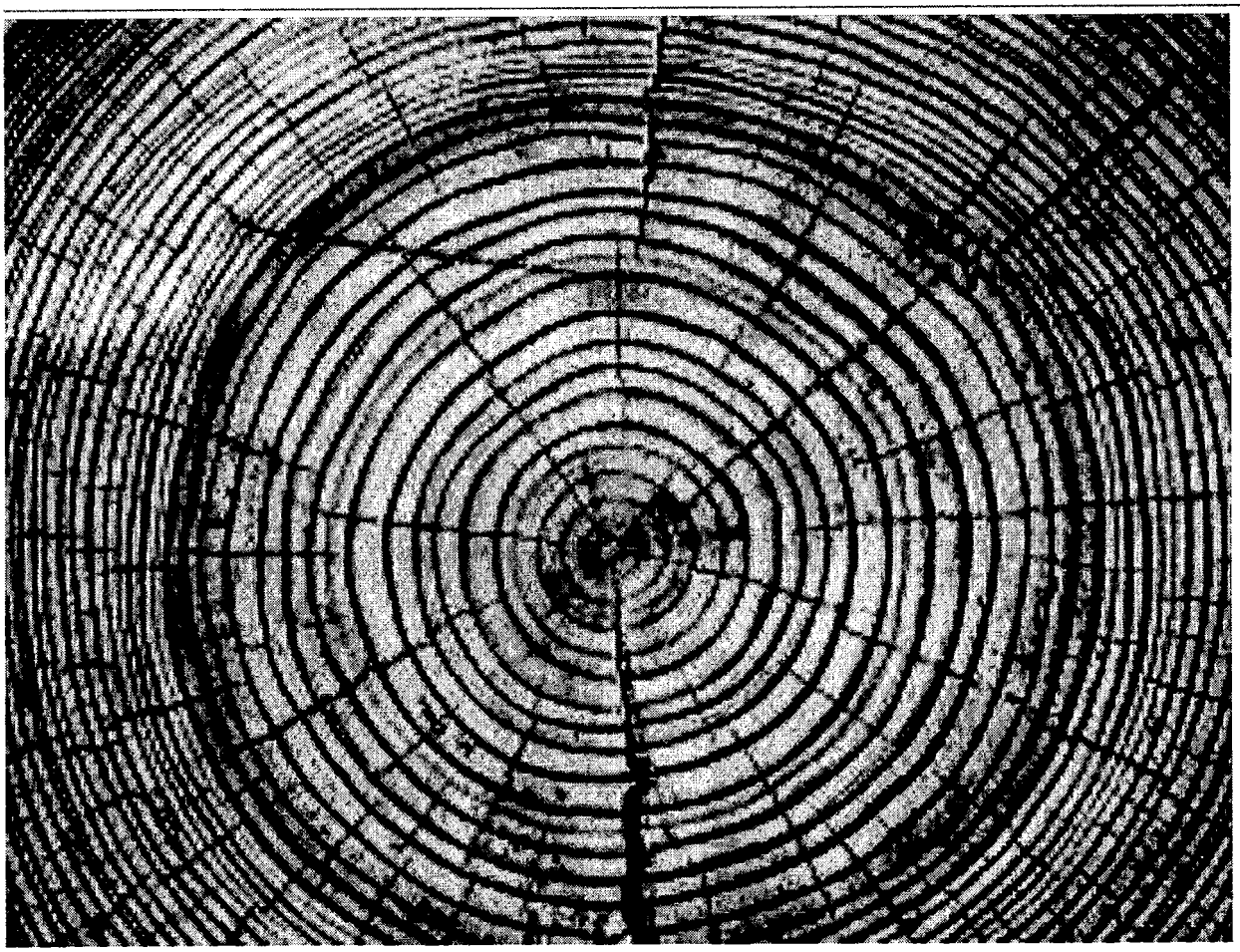




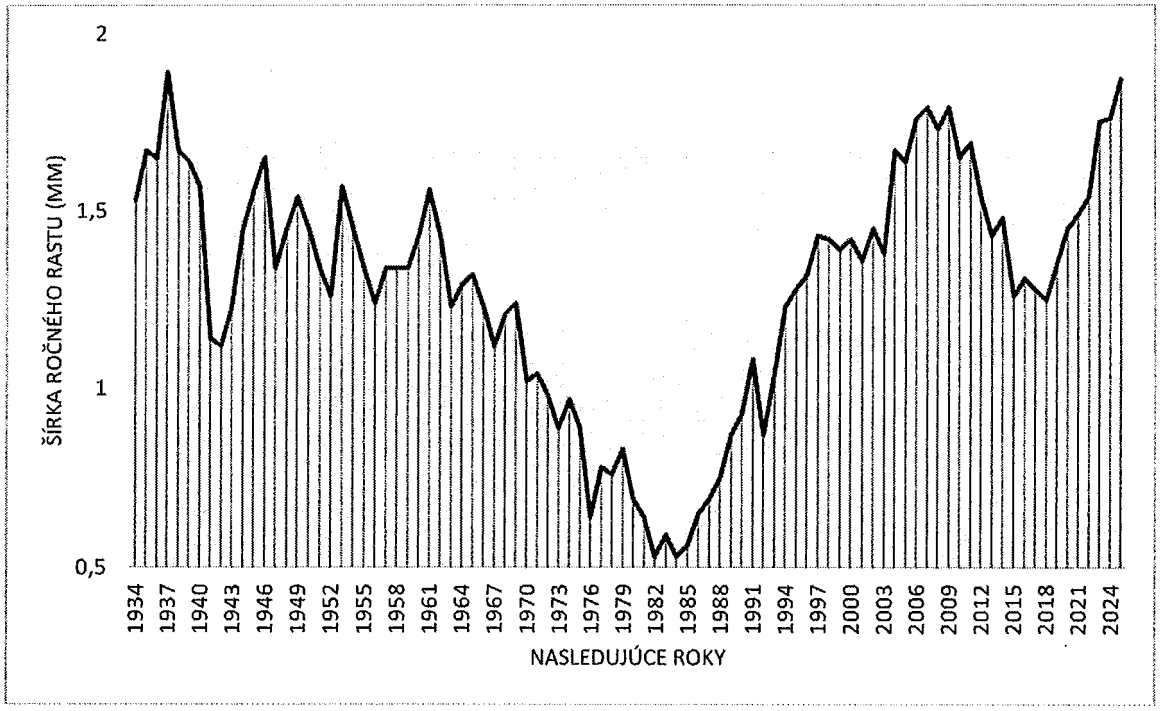
Obrázok 1. Miesta odberu vzoriek zo stromov vyznačené na topografickej mape (horná mapa) a na ortofotomape (spodná mapa).



Obrázok 2. Presslerov nebožiec na odber vzoriek zo stromov.



Obrázok 3. Prierez kmeňa stromu s viditeľnou redukciou ročných prírastkov označenou červeným úsekom.



Obrázok 4. Chronológia vytvorená pre všetky vzorkované stromy počas výskumného testu.

3. *Výsledky výskumu v podobe výpočtov a nevyhnutnej dokumentácie vo forme tabuliek, grafov a obrázkov*

Najsilnejšie a zároveň najdlhšie pretrvávajúce redukcie ročných prírastkov skúmaných borovíc boli zaznamenané v období rokov 1968–1993. V tomto období dosahovala šírka ročných prírastkov mimoriadne nízke hodnoty v rozmedzí od 0,5 do 1 mm. Tak výrazné obmedzenie rastu poukazuje na pôsobenie veľmi silného stresového faktora, ktorý významne ovplyvňoval fungovanie a celkový zdravotný stav skúmaných stromov. Vzhľadom na rozsah znečistenia ovzdušia v Európe v druhej polovici 20. storočia možno predpokladať, že hlavnou príčinou redukcie prírastkov bola prítomnosť plynov a prachových častíc emitovaných rozvíjajúcim sa ťažkým priemyslom a energetikou založenou na spaľovaní fosílnych palív. Mnohé výskumy realizované v Európe preukázali, že atmosférické znečistenie mohlo byť prenášané na veľmi veľké vzdialenosti a ovplyvňovalo aj oblasti vzdialené od hlavných priemyselných centier. Dôsledkom bolo oslabenie vitality stromov a

zaznamenanie týchto zmien vo forme výrazných redukcií ročných prírastkov. Odborná literatúra z tohto obdobia opisuje početné prípady hlbokých redukcií radiálneho rastu, ako aj lokálne epizódy rozsiahleho odumierania lesných porastov. Mimoriadne nebezpečné boli najmä zlúčeniny síry a priemyselné prachové častice, ktoré spôsobovali okysľovanie prostredia a poškodzovanie asimilačných orgánov stromov.

Druhým obdobím, počas ktorého bolo zaznamenané výrazné obmedzenie šírky ročných prírastkov, boli roky 2013–2022. V tomto období dosahovala šírka prírastkov v priemere približne 1,25 mm, čo taktiež naznačuje výskyt silného environmentálneho stresu pôsobiaceho na skúmané borovice. Existujú predpoklady naznačujúce, že jedným z hlavných faktorov zodpovedných za tento stav mohlo byť znečistenie ovzdušia súvisiace s problémom tzv. nízkych emisií, ktoré boli v posledných rokoch pozorované na území Slovenska. Znečistenie malo prevažne lokálny charakter a bolo spojené s emisiami plynov a prachových častíc pochádzajúcich z individuálnych vykurovacích systémov a domácich pecí. Mimoriadne nepriaznivý vplyv mohli mať suspendované prachové častice, ktoré sa usadzovali na povrchu ihličia, obmedzovali výmenu plynov a mohli viesť k upchávaniu prieduchov stromov. V dôsledku toho dochádzalo k zníženiu intenzity fotosyntézy a poklesu produkcie biomasy, čo sa priamo prejavilo zmenšením šírky ročných prírastkov. Nemožno však jednoznačne potvrdiť, že redukcie prírastkov v tomto období boli spôsobené výlučne znečistením ovzdušia. Významnú úlohu mohli zohrávať aj ďalšie environmentálne faktory, ako napríklad čoraz častejšie obdobia sucha, vysoké teploty alebo gradácie lesných škodcov.

V praxi veľmi často dochádza k súčasnému pôsobeniu viacerých stresových faktorov, ktoré navzájom zosilňujú svoje negatívne účinky. Kombinácia dlhodobého sucha a zvýšenej úrovne znečistenia ovzdušia predstavuje pre lesné porasty mimoriadne silnú záťaž a môže viesť k výskytu hlbokých a dlhodobých redukcií radiálneho rastu. Na jednoznačné určenie príčin redukcií ročných prírastkov pozorovaných v rokoch 2013–2022 by bolo potrebné vykonať doplňujúce výskumy v rôznych lokalitách. Mimoriadne cenné by bolo porovnanie výsledkov získaných v blízkosti obytnej zástavby s výsledkami z oblastí vzdialenejších od potenciálnych zdrojov emisií. Takéto analýzy by mohli umožniť presnejšie určenie vplyvu lokálneho znečistenia ovzdušia na zdravotný stav skúmaných lesných porastov.

Literatura

Danek M. 2007. The influence of industry on scots pine stands in the south-eastern part of the Silesia–Kraków Upland (Poland) on the basis of dendrochronological analysis. Water, Air and Soil Pollution 185: 265–277.

Dębski B., Olecka A., Bebkiewicz K., Kargulewicz I., Rutkowski J., Zasina D., Zimakowska - Laskowska M., Żaczek M. 2015. Krajowy Bilans Emisji SO2, NOx, CO, NH3, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy. Warszawa.

Elling, W., Dittmar, Ch, Pfaffelmoser, K., Rotzer, T. 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (Abies alba Mill.) in Southern Germany. Forest Ecology and Management 25: 1175–1187.

Malik I., Danek M., Marchwińska-Wyrwał E., Danek T., Wistuba M., Krąpiec M. 2012. Scots Pine (Pinus sylvestris L.) Growth Suppression and Adverse Effects on Human Health Due to Air Pollution in the Upper Silesian Industrial District (USID), Southern Poland. Water and Soil Pollution 223: 3345–3364.

Michalik P. 2009. Niska emisja-świadomość zagrożenia z niej wynikających wśród różnych grup społecznych na przykładzie rolników z powiatu płockiego i sierpeckiego. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 40: 617–622.

Sensuła B., Wilczyński S., Opała M. 2015. Tree Growth and Climate Relationship: Dynamics of Scots Pine (Pinus Sylvestris L.) Growing in the Near-Source Region of the Combined Heat and Power Plant During the Development of the Pro-Ecological Strategy in Poland. Water Air Soil Pollution 226: 220–237.

Starzyk J.R., Grodzki W., Capecki Z. 2005. Występowanie kornika drukarza Ips typographus (L.) w lasach zagospodarowanych i objętych statusem ochronnym w Gorcach. Leśne Prace Badawcze 1: 7–30.

4. *Závery z vykonaného výskumu vo forme spracovania obsahujúceho podrobné analýzy spolu s odhadom rizika vyskytujúceho sa na skúmanom území (zosuvného, povodňového alebo súvisiaceho so znečistením ovzdušia v závislosti od typu výskumného testu).*

Analýza redukcií ročných prírastkov borovíc rastúcich 7 km južne od centra mesta Kežmarok preukázala výskyt dvoch výrazných období silného obmedzenia radiálneho rastu stromov. Prvé z nich zahŕňalo roky 1968–1993, zatiaľ čo druhé pripadlo na obdobie 2013–2022. V prípade prvého obdobia redukcie existujú veľmi silné dôkazy naznačujúce, že hlavnou príčinou zhoršenia zdravotného stavu stromov bolo znečistenie ovzdušia. Išlo o obdobie intenzívneho rozvoja ťažkého priemyslu a energetiky založenej na spaľovaní fosílnych palív, keď emisie plynov a prachových častíc do atmosféry dosahovali veľmi vysoké hodnoty. V tom istom období boli na území celej Európy pozorované výrazné obmedzenia radiálneho rastu stromov a početné vedecké štúdie potvrdili ich priamu súvislosť s pôsobením atmosférického znečistenia.

Znečisťujúce látky emitované priemyslom boli prenášané na veľké vzdialenosti a ovplyvňovali aj oblasti vzdialené od hlavných zdrojov emisií. Mimoriadne nebezpečné boli zlúčeniny síry a priemyselné prachové častice, ktoré spôsobovali okysľovanie prostredia a poškodzovanie asimilačných orgánov stromov. V dôsledku toho dochádzalo k oslabeniu fotosyntetických procesov, zhoršeniu zdravotného stavu lesných porastov a vytváraniu charakteristických sekvencií veľmi úzkych letokruhov. V mnohých regiónoch Európy boli v tom období zaznamenané aj prípady masového odumierania ihličnatých lesov, najmä borovicových porastov.

Druhé obdobie redukcie prírastkov, pripadajúce na roky 2013–2022, môže súvisieť s problémom tzv. nízkych emisií, ktoré vznikajú najmä spaľovaním nekvalitných palív v individuálnych vykurovacích systémoch. V posledných rokoch bol tento problém obzvlášť výrazný vo viacerých regiónoch strednej Európy vrátane južného Poľska a Slovenska. Emisie pochádzajúce z domácich kúrenísk mohli spôsobovať lokálne zhoršenie kvality ovzdušia a prispievať k oslabeniu rastu skúmaných stromov. Nemožno však jednoznačne potvrdiť, že práve znečistenie ovzdušia bolo hlavnou príčinou pozorovaných redukcií radiálneho rastu v tomto období. Existuje totiž možnosť, že obmedzenie rastu stromov bolo spôsobené aj ďalšími environmentálnymi faktormi, ktoré v posledných rokoch čoraz intenzívnejšie pôsobili na lesné ekosystémy. Mimoriadne významnú úlohu mohli zohrávať dlhodobé suchá, vysoké teploty a gradácie hmyzu. V súčasnosti sa predpokladá, že práve nedostatok vody patrí medzi hlavné faktory zodpovedné za zhoršovanie

zdravotného stavu a odumieranie ihličnatých drevín. Zároveň nemožno vylúčiť, že nízke emisie dodatočne oslabovali stromy a zvyšovali ich citlivosť na pôsobenie ďalších stresových faktorov.

Na jednoznačné určenie príčin redukcií ročných prírastkov zaznamenaných v rokoch 2013–2022 by bolo potrebné rozšíriť výskum aj na ďalšie susedné oblasti. Mimoriadne dôležité by bolo porovnanie reakcie stromov rastúcich v blízkosti súvislej obytnej zástavby so stromami nachádzajúcimi sa vo väčšej vzdialenosti od potenciálnych zdrojov emisií. Takéto analýzy by mohli umožniť presnejšie rozlíšenie vplyvu atmosférického znečistenia od pôsobenia klimatických a biologických faktorov. V kontexte zdravotného ohrozenia lesných porastov aj obyvateľov regiónu je potrebné zdôrazniť, že približne od roku 2020 sa pozoruje postupné zväčšovanie šírky ročných prírastkov skúmaných stromov. Tento jav môže naznačovať oslabenie alebo odstránenie stresového faktora, ktorý v predchádzajúcich rokoch negatívne ovplyvňoval zdravotný stav porastov. Jedným z najpravdepodobnejších dôvodov zlepšenia situácie je postupná výmena starých vykurovacích kotlov. Tieto opatrenia mohli prispieť k zlepšeniu kvality ovzdušia a k čiastočnému obmedzeniu negatívneho vplyvu nízkych emisií na prírodné prostredie.

PREZES ZARZĄDU
Oddział Górnośląski, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi
Katowice, 22.04.2020
dr hab. Jerzy Cabała
Dr hab. Jerzy Cabała