

Ročná správa o riešení projektu za rok 2015

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-0429-12****Mapovanie fytotoxických ozónových dávok v lesnom prostredí Vysokých Tatier**Zodpovedný riešiteľ **Ing. Hana Pavlendová, PhD.,
v zastúpení spracovala Ing. Zuzana Sitková, PhD.**Príjemca **Národné lesnícke centrum**Začiatok riešenia projektu **10/13**Koniec riešenia projektu **03/17**

ROZBOR RIEŠENIA PROJEKTU (max. 10 strán)

Uvedte podľa nasledujúcej záväznej osnovy:

- 1. Postup prác pri riešení projektu u príjemcu, ako aj spolupríjemcu podpory APVV vzhľadom na harmonogram riešenia projektu**
- 2. Rozbor výsledkov riešenia vzhľadom na stanovené ciele**
- 3. Zoznam výstupov a prínosov projektu za posledný rok – uvedte v prílohe – formulár Výstupy a prínosy projektu za rok/obdobie (priložte kópie deklarovanych výstupov)**
- 4. Upresnenie harmonogramu prác a cieľov na nasledujúci rok**

↓↓

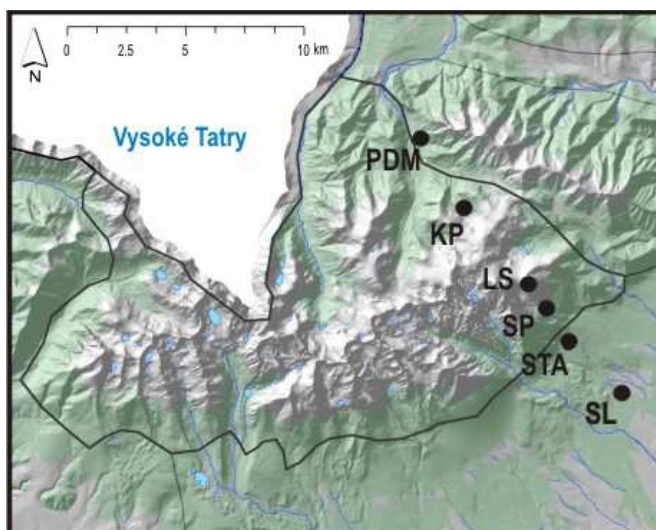
1. Postup prác pri riešení projektu u príjemcu, ako aj spolupríjemcu podpory APVV vzhľadom na harmonogram riešenia projektu

V roku 2015 sa v súlade s plánovaným harmonogramom riešenia projektu realizovali činnosti prevažne v rámci etapy 2 a 3, začali sa tiež aktivity v rámci etapy 4.

Etapa 2 (03/2014 – 10/2016)

Realizácia terénnych zisťovaní a lokálna parametrizácia modelu DO₃SE

Vo vegetačnom období roku 2015 (máj až november) pokračovali v rámci etapy E2 kontinuálne merania koncentrácií prízemného ozónu, vybraných meteorologických parametrov (teplota, vlhkosť a tlak vzduchu, smer a rýchlosť vetra, globálna radiácia, úhrn zrážok) a vodného pôdneho potenciálu (SWP) a to na všetkých výskumných plochách využívaných v projekte a založených v južnom a severnom výškovom tranzekte v modelovom území Vysokých Tatier: Stará Lesná, Štart, Skalnaté pleso, Kolové pleso, Tatranská Javorina – Podmuráň. Na lokalite Lomnický štít prebiehalo kontinuálne meranie ozónu a meteorologických parametrov na doplnenie výškového profilu (obr. 1).



Obr. 1 Výškové tranzekty výskumných plôch založených v projekte (severný: PDM – Podmuráň, KP – Kolové pleso; južný: SL – Stará lesná, STA – Štart, SP – Skalnaté Pleso, LS – Lomnický štít)

V pravidelných intervaloch prebiehala kontrola a údržba meracích zariadení, vykonávalo sa sťahovanie a predbežná validácia nameraných údajov. Všetky údaje boli priebežne archivované v zdieľanej projektovej databáze pre potreby modelového výpočtu DO₃SE.

Na jeseň roku 2015 sa uskutočnili profesionálne kalibrácie všetkých ozónových analyzátorov využívaných v projekte s cieľom zabezpečiť kvalitu, presnosť a vzájomnú kompatibilitu meraní. V závere vegetačnej sezóny sme pristúpili k zazimovaniu výskumných plôch. Boli odpojené datalogery z meraní vodného potenciálu pôdy a prenosné ozónové analyzátory s akumulátormi na lokalitách Štart a Kolové pleso. V zimných mesiacoch bude na týchto prístrojoch vykonaná základná údržba (výmena batérií, vzduchových púmp a pod.). Na lokalitách, kde to podmienky dovoľujú, prebiehajú merania ozónu a meteorologických parametrov aj počas zimných mesiacov.

Na výskumných plochách južnej časti tranzektu boli popísané pôdne profily a vykonané odbery pôdnych vzoriek určených na ďalšie laboratórne analýzy.

Na vyznačenom súbore jedincov borovice horskej kosodreviny (*Pinus mugo* Turra) boli za rôznych meteorologických situácií zrealizované opakované meracie kampane fyziologických parametrov - stomatálnej vodivosti a fotosyntetickej aktivity. Výsledky meraní budú po spracovaní použité na parametrizáciu stomatálnych tokov kosodreviny pre model DO₃SE.

Na výskumnej lokalite Stará Lesná boli za účelom vykonania dendrochronologických analýz odobrané vzorky vývrtov z troch druhov lesných drevín (smrek, borovica, smrekovec) s cieľom štatisticky vyhodnotiť vzťah medzi prírastkom drevín a koncentraciami prízemného ozónu dlhodobo monitorovaných na EMEP stanici v Starej Lesnej (roky 1992 – 2015).

Etapa 3 (10/2014 – 03/2017)

Analýza údajov, realizácia modelových výpočtov na základe všeobecnej a lokálnej parametrizácie

V rámci tejto etapy pokračovalo priebežné spracovávanie rôznych druhov údajov: meteorologických prvkov, vlhkosti pôdy, koncentrácií ozónu meraných analyzátormi ako aj vyhodnotenie výsledkov indigovej metódy merania ozónu pasívnymi meračmi. Spresnené boli viaceré vstupy do modelu za účelom lokálnej parametrizácie modelu pri výpočte stomatálnych tokov na drevinách v záujmovom území. Spracované tiež boli protokoly laboratórných meraní vlastností pôd na základe vzoriek odobraných v roku 2014 a 2015 na jednotlivých výskumných plochách. V priebehu roku 2015 boli podrobnejšie analyzované najmä údaje koncentrácií ozónu za rok 2014, boli tiež zrealizované modelové výpočty fyto toxických ozónových dávok na jednotlivých lokalitách, a výsledky boli priebežne publikované na odborných podujatiach (viď zoznam výstupov vo VPP formulári).

Údaje za rok 2015 mohli byť skompletizované až koncom roku 2015, príp. až začiatkom roku 2016, nakoľko posledné stiahnutie terénnych dát a zazimovanie výskumných plôch prebehlo až koncom novembra

2015, v prípade niektorých typov dát až k dátumu 31.12.2015. Predbežné výsledky analýzy dát za rok 2015 uvádzame v časti 2 tejto správy. Podrobnejšie sa analýzám jednotlivých údajov za kompletný a ukončený rok 2015 a parametrizácii modelov budú riešitelia venovať v priebehu roku 2016 a formou publikačných výstupov priebežne propagovať čiastkové výsledky riešenia.

Etapa 4 (01/2015 – 03/2017)

Návrh systému dlhodobého hodnotenia POD

Začiatkom roku 2015 sa začali realizovať činnosti v rámci etapy 4 – Návrh systému dlhodobého hodnotenia fytotoxických ozónových dávok (POD). Výstup bude urobený formou užívateľsky prístupnej aplikácie, dostupnej na webovej stránke projektu. Systém dlhodobého hodnotenia POD bude vychádzať z pôvodného algoritmu pre výpočet POD_y , pričom bude zohľadnená lokálna parametrizácia modelu. Pre lokálnu parametrizáciu modelu a aj vzhľadom na výsledky, ktoré poukazujú na prekročenie POD_y je však potrebné získať dlhší časový rad meraní a ďalej pokračovať v monitoringu koncentrácií O_3 a ďalších vstupných parametrov pre modelový výpočet POD_y na vybraných plochách. Naďalej je potrebné venovať pozornosť meraniam fyziologických parametrov na ihličnatých drevinách. K spresneniu vstupov a pre rozšírenie meraní v horizontálnom i vertikálnom profile môže prispieť aj inovácia metódy pasívnymi meračmi. Na základe širšej databázy meraných údajov bude možné vhodnou geointerpretačnou metódou v priestore ilustrovať mieru fytotoxického pôsobenia ozónu na lesnú vegetáciu vo Vysokých Tatrách. Systém hodnotenia POD bude navrhnutý najmä na plochách, kde je predpoklad dlhodobej udržateľnosti meraní.

2. Rozbor výsledkov riešenia vzhľadom na stanovené ciele

Hlavným cieľom projektu je zistiť hodnoty fytotoxických ozónových dávok (POD), posúdiť riziká sekundárneho znečistenia ovzdušia prostredníctvom vyhodnotenia prekročovania kritických úrovní ozónu pre lesné ekosystémy a vytvoriť návrh systému dlhodobého hodnotenia POD v oblasti Vysokých Tatier.

Počas roku 2015 prebiehalo kontinuálne meranie koncentrácií ozónu, vybraných meteorologických parametrov a vodného potenciálu pôdy na výskumných plochách na vertikálnom a priestorovom transekte vo Vysokých Tatrách a hodnotenie ostatných parametrov prostredia. Realizované boli opakované kampane fyziologických meraní na kosodrevine a odbery a spracovanie vzoriek na denrochronologické analýzy. Predbežné a prvotné spracovanie údajov za rok 2015 uvádzame v nasledovných častiach 2.1 až 2.5. Komplexnejšie spracovanie údajov nameraných v roku 2015 vrátane modelových výpočtov bude publikované a prezentované na vedeckých podujatiach v priebehu roku 2016.

2.1 Výsledky meteorologických meraní a meraní pôdnej vlhkosti v roku 2015

Spracovanie **meteorologických údajov** v roku 2015 preukázalo na všetkých monitorovaných plochách výrazne nadpriemerné hodnoty teplôt vzduchu a mierne podnormálové úhrny zrážok v porovnaní s dlhodobým priemerom. Potvrďuje to vývoj mesačných odchýlok teplôt vzduchu a zrážok v roku 2015 od normálových hodnôt v období referenčnej klímy (1961 – 1991) zobrazený na príklade staníc Skalnaté Pleso a Stará Lesná (obr. 2). Vidíme, že teploty vzduchu boli celý rok nad dlhodobým priemerom (v lete až o 5.4 °C na Skalnatom Plese a 4.3 °C v Starej Lesnej). Podľa údajov SHMÚ bol rok 2015 z hľadiska priemernej ročnej teploty vzduchu na Lomnickom štíte druhý najteplejší od roku 1961 (po roku 2014).

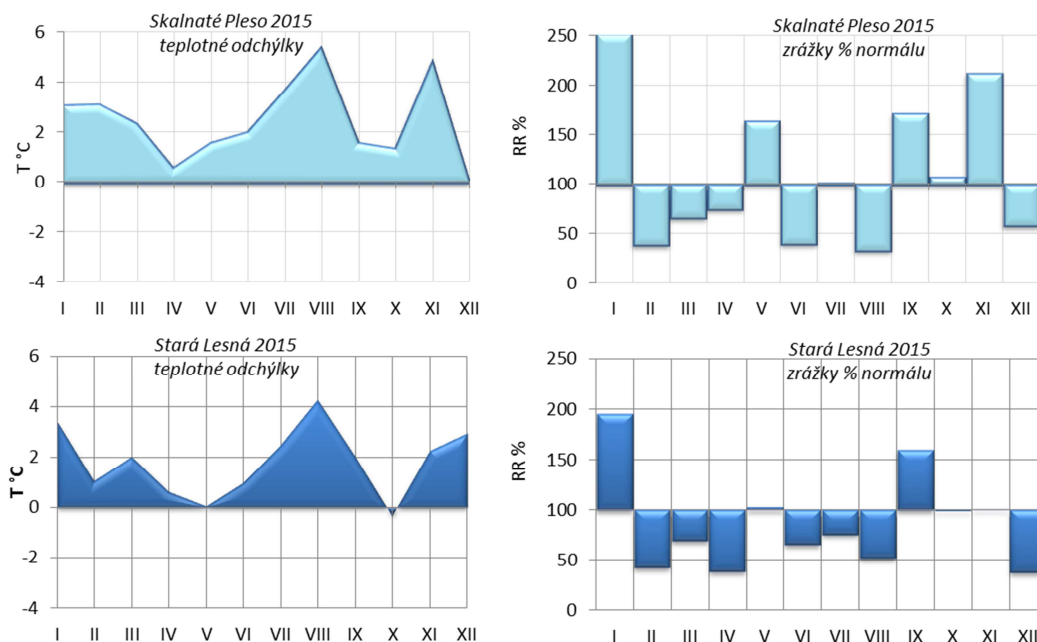
Úhrny zrážok boli deficitné najmä v mesiaci august, kedy dosiahli len 34 % normálu na Skalnatom Plese a v apríli v Starej Lesnej (38 % RR). Naopak najvyšší úhrn zrážok bol na oboch staniciach zaznamenaný v januári 2015, kedy na stanici Skalnaté Pleso bolo dosiahnuté vysoké % normálu zrážok (RR% až 251) a v Starej Lesnej 195 RR%. Pre porovnanie, údaje publikované v Bulletin SHMÚ uvádzajú pre január 2015 podobné hodnoty pre blízke stanice Štrbské Pleso (126 RR%) a pre Lomnický štít dokonca 381 RR%.

Ročný priemer, minimum a maximum teplôt vzduchu a ročný úhrn zrážok v roku 2015 pre výskumné plochy s celoročným záznamom údajov je uvedený v tab.1. Na základe hodnotenia hodinových dát bolo teplotné minimum (-20,7 °C) počas roku zaznamenané na stanici v T.Javorine dňa 6.1.2015 a naopak teplotné maximum v Starej Lesnej (31,8 °C) dňa 30.8.2015 o 12:00 h. Ročný úhrn zrážok bol najvyšší na Skalnatom plese (1257 mm). Na lokalite Kolové pleso a Tatr. Javorina –Podmuráň sú štatistiky údajov uvedené len od 1.1. do 31.10.2015.

Tab. 1 Ročné teploty vzduchu (min, max, avg) a úhrn zrážok na vybraných výskumných plochách

Rok 2015	Stará Lesná	Štart	Skal. Pleso	Tatr. Javorina*	Kolové pleso*
úhrn zrážok (mm)	621	870	1257	1027	1103
T_avg (°C)	7.2	6.1	3.9	5.7	4.6
T_min (°C)	-19.2	-15.3	-16.1	-20.7	-18.0
T_max (°C)	31.8	29.5	23.1	29.9	27.3

*pozn. – štatistiky uvedené len do 31.10.2015

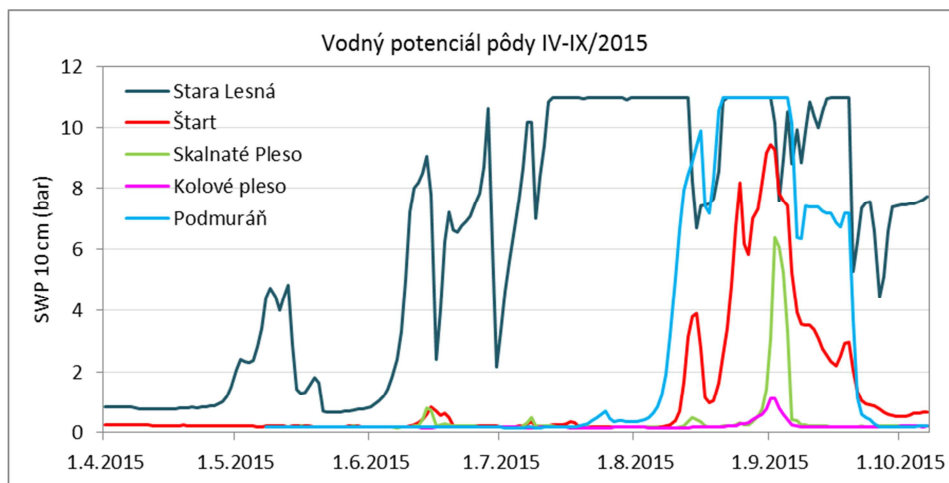


Obr. 2 Vývoj mesačných odchýlok teplôt vzduchu (°C) a percento normálu zrážok (RR%) od referenčných hodnôt v období 1961 – 1990 na príklade staníc južného transektu Skalnate Pleso a Stará Lesná

Vlhkostné podmienky pôdy hodnotené na základe merania **vodného potenciálu pôdy** (SWP, v baroch) boli počas celej vegetačnej sezóny roku 2015 priaznivé najmä na lokalitách Kolové pleso a Skalnate pleso, kde nedošlo ani v letných mesiacoch k presychaniu horných 10 cm pôdy (obr. 3). Priemerná denná hodnota pôdneho potenciálu dosiahla na Kolovom plese hodnotu len 0,22 barov, resp. 0,40 barov na Skalnatom Plese (tab. 2). Naopak výraznejší pokles vlhkosti bol zistený počas takmer celej vegetačnej sezóny na ploche v Starej Lesnej (zmiešaný porast sm, bo jx), kde medián denných priemerov dosiahol hodnotu 7,4 barov (tab. 2) a z priebehu hodnôt SWP na obr. 3 je zrejme nastupujúce obdobie sucha už v máji a pretrvávajúce prakticky celé leto (11 barov). Náhly pokles SWP na tejto lokalite južného transektu bol zaregistrovaný po výdatných zrážkových úhrnoch nameraných napríklad dňa 29. júna (22,8 mm) a tiež v polovici augusta 14.8. (17,7 mm). Deficit vlhkosti vo vrchných 10 cm pôdy sa na výskumných plochách Podmuráň a Štart prejavil najmä koncom augusta a v septembri.

Tab. 2 Základná štatistika hodnôt vodného potenciálu pôdy (SWP, bar) nameraného na výskumných plochách vo vegetačnom období roku 2015 (IV–IX)

Statistika	Stará Lesná 810 m n. m.	Štart 1150 m n. m.	Skalnate Pleso 1770 m n. m.	Kolové pleso 1550 m n. m.	Tatr. Javorina 1100 m n. m.
N	190	190	145	120	153
Priemer	6.27	1.17	0.40	0.22	2.65
Medián	7.37	0.24	0.20	0.18	0.20
SmOdch	4.08	2.05	0.89	0.16	3.99
Min	0.67	0.19	0.17	0.16	0.16
Max	11.00	9.43	6.40	1.12	11.00



Obr. 3 Priebeh priemerných denných hodnôt vodného potenciálu pôdy v hĺbke 10 cm (SWP, bar) nameraného na výskumných plochách vo vegetačnom období 2015 (IV–IX)

2.2 Vyhodnotenie meraní koncentrácií ozónu (merania O_3 analyzátormi)

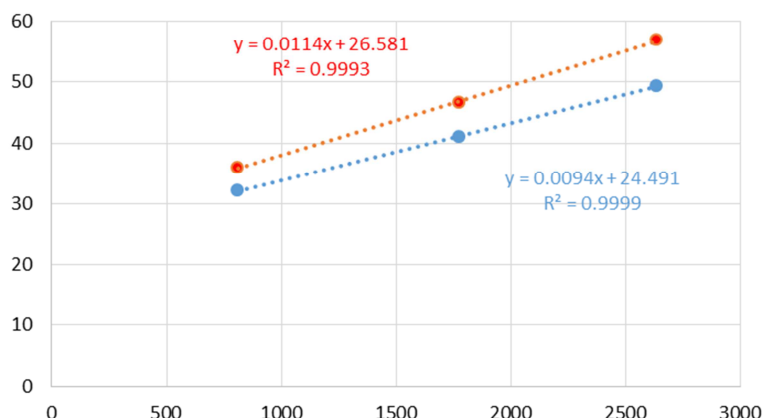
Kontinuálne merania koncentrácií O_3 realizované pomocou automatizovaných ozónových analyzátorov v priebehu celého roka 2015 na výskumných plochách S. Lesná, Skalnaté Pleso, Lomnický štít a T. Javorina-Podmuráň priniesli celkovo konzistentný časový rad údajov, bez významnejších výpadkov v hlavnej vegetačnej sezóne. Prípadne chýbajúce údaje, spôsobené napríklad výpadkom elektrického prúdu alebo z iných objektívnych dôvodov boli doplnené podľa okolitých staníc. Zo zaznamenaných hodinových údajov v roku 2015 boli vypočítané základné štatistické charakteristiky (tab. 3), a to pre plochy s celoročným záznamom údajov (bez plôch Štart a Kolové Pleso, kde sa meralo len počas vegetačnej sezóny). Priemerné hodinové hodnoty sa na týchto lokalitách v roku 2015 pohybovali v rozsahu od 32,0 do 49,3 ppb. Hodinové maximum bolo zaznamenané na Lomnickom štíte dňa 12.8.2015 (89,7 ppb).

Na stanicích výškového profilu s južnou expozíciou (Stará Lesná, Skalnaté Pleso, Lomnický štít) bol zistený lineárny nárast koncentrácie O_3 s nadmorskou výškou v roku aj v lete (obr. 4). Veľmi blízke priemerné hodnoty boli zistené pre stanice Stará Lesná a T. Javorina-Podmuráň, ktoré majú odlišnú expozíciu i nadmorskú výšku. Vyššie položená severne exponovaná experimentálna plocha v T. Javorine má podobné koncentrácie O_3 ako o takmer 300 m nižšie situovaná stanica S. Lesná s južnou expozíciou.

Tab.3 Štatistické charakteristiky z meraných hodinových údajov koncentrácií ozónu (ppb) v roku 2015 pre plochy s celoročným záznamom údajov

Hodinové dáta/ rok 2015	SL_ ppb	SP_ ppb	Ls_ ppb	TJ_ ppb
No. of observations	8761	8761	8761	8761
Minimum	2.5	14.4	17.9	2.3
Maximum	73.6	78.8	89.7	82.0
1st Quartile	22.4	35.3	42.6	21.6
Median	31.9	41.1	48.0	32.0
3rd Quartile	40.9	47.1	54.8	41.7
Mean	32.1	41.3	49.3	32.0
Variance (n-1)	160.5	72.9	94.1	186.9
Standard deviation (n-1)	12.7	8.5	9.7	13.7

Nárast koncentrácie O₃ s nadmorskou výškou
(južná expozícia: St.Lesná, Skal.Pleso, Lomnický štít)



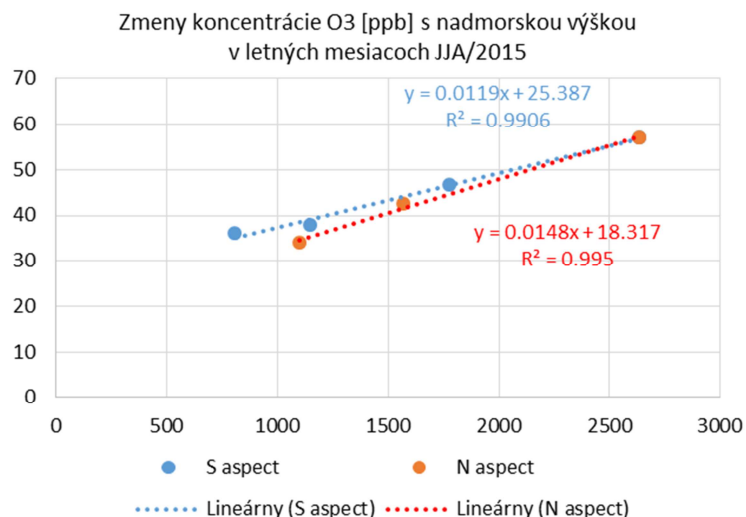
Obr. 4 Zmeny priemerných koncentrácií ozónu počas roka 2015 (modrá čiara) a v letných mesiacoch JJA (červená čiara) v závislosti od nadmorskej výšky na južnom tranzekte v modelovom území Tatier

Na experimentálnych plochách Štart a v Kolovej doline sa O₃ meria pomocou prenosných analyzátorov O₃ (2B Technologies), ktoré na svoj chod využívajú slnečnú energiu. Začiatok a koniec merania je teda závislý jednak od prístupnosti terénu ako aj dostatku využiteľnej slnečnej energie. Najkompaktnejšie údaje na týchto plochách boli zaznamenané v letných mesiacoch jún, júl, august (JJA). Štatistické charakteristiky údajov nameraných na všetkých experimentálnych plochách pre toto obdobie sú uvedené v tab. 4.

Podľa predpokladov, priemerné hodnoty O₃ pre obdobie JJA/2015 boli vyššie ako priemerné ročné hodnoty a pohybujú sa v rozsahu od 33.9 do 56.9 ppb. Maximá zhodné pre ročnú a JJA štatistiku potvrdzujú výskyt najvyšších koncentrácií v letnom období. Mierne vyššie sú hodnoty pre S. Lesnú v porovnaní s T. Javorinou. V letnom období možno predpokladať na južných svahoch priaznivejšie podmienky pre fotochemickú tvorbu O₃. Zmeny koncentrácie O₃ s nadmorskou výškou majú podobný priebeh s ohľadom na expozíciu experimentálnych plôch (obr. 5). Vysoký korelačný koeficient bol zistený aj pre závislosť medzi O₃ (priemerné hodnoty JJA/2015) a nadmorskou výškou bez ohľadu na expozíciu.

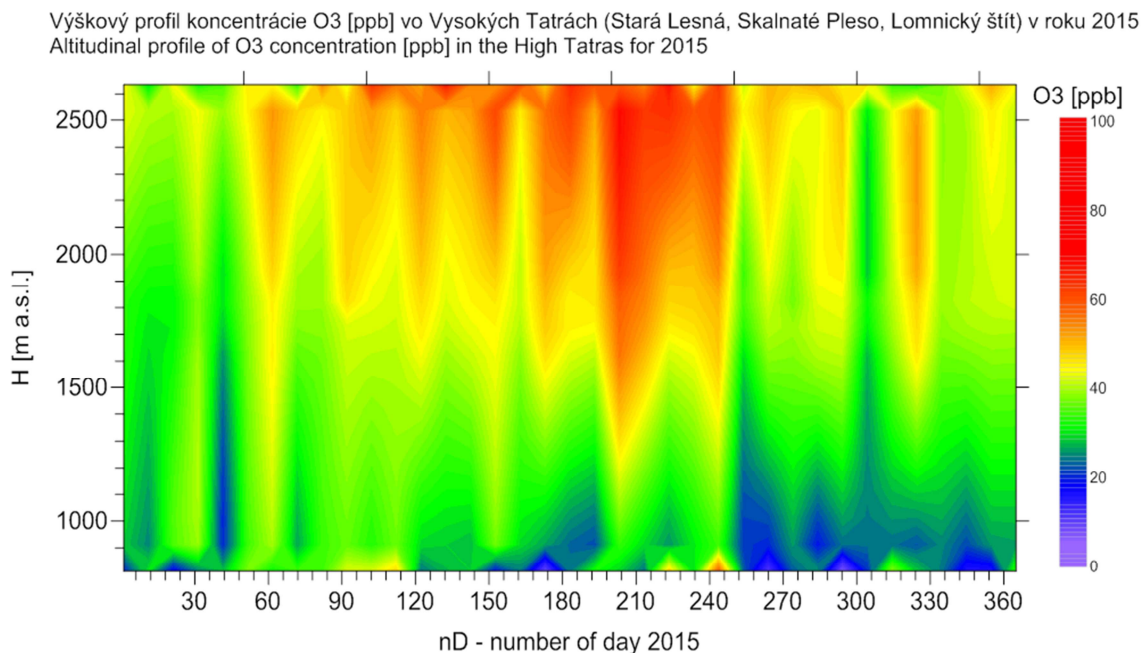
Tab. 4 Štatistické charakteristiky z meraných hodinových údajov koncentrácií ozónu (ppb) v letných mesiacoch 2015 (JJA) pre všetky monitorované plochy

Hodinové dáta/ JJA 2015	SL_ppb	SP_ppb	Ls_ppb	TJ_ppb	Start_ppb	Kolove_ppb
No. of observations	2208	2208	2208	2208	2208	2208
Minimum	7.0	15.0	34.0	4.9	9.1	6.2
Maximum	73.6	78.8	89.7	82.0	76.1	83.0
1st Quartile	25.2	39.9	49.2	18.5	29.0	34.7
Median	36.0	45.6	56.0	34.0	36.9	41.7
3rd Quartile	45.7	52.3	64.1	47.0	45.7	49.9
Mean	36.0	46.6	56.9	33.9	37.8	42.4
Variance (n-1)	190.0	79.3	93.6	282.7	160.4	135.1
Standard deviation (n-1)	13.8	8.9	9.7	16.8	12.7	11.6

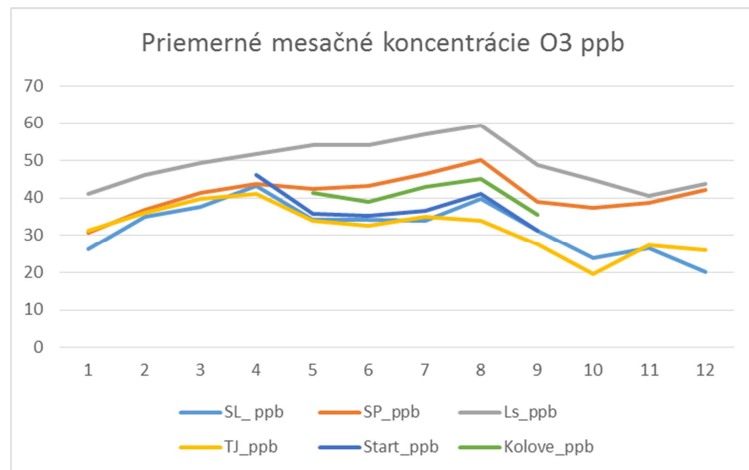


Obr. 5 Zmeny priemerných koncentrácií ozónu v letných mesiacoch (JJA) v závislosti od nadmorskej výšky na severnom a južnom tranzekte v modelovom území Vysokých Tatier

Na základe meraní na staniách Stará Lesná, Skalnaté Pleso, Lomnický štít bol pomocou priestorovej interpolačnej techniky Kriging (Surfer, Golden software) vytvorený výškový profil koncentrácie O₃, ktorý ilustruje zmeny koncentrácie O₃ v priebehu roku 2015 (obr. 6). Výškový profil poukazuje na prienik O₃ znečistenia z vyšších hladín do nižších vrstiev (asi do výšky 1000 m n.m.). Tvorba prízemného O₃ z lokálnych zdrojov spolu s prenosom O₃ z vyšších vrstiev mohli ovplyvniť výskyt vysokých koncentrácií O₃ (40-80 ppb) aj v nižších polohách najmä na jeho začiatku (apríl) a v letných mesiacoch (júl, august). Útlm tvorby O₃ (20 ppb) sa prejavil v nižších nadmorských výškach najmä v nočných hodinách a v chladnejších mesiacoch (jesen/zima). Vo vyšších vrstvách atmosféry v letných mesiacoch boli aj nočné hodnoty stále vysoké. Potvrdzujú to aj výsledky spracovania dát do mesačných priemerov na jednotlivých výskumných plochách, v ktorých vrcholová lokalita oboch tranzektov, Lomnický štít, dosahuje celoročne najvyššie hodnoty koncentrácií ozónu (obr. 7.)



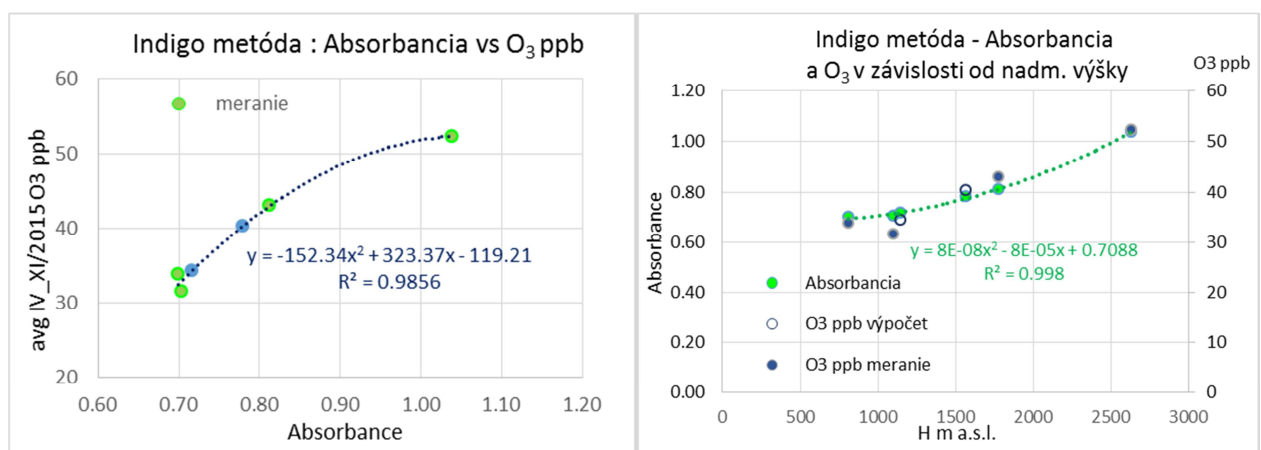
Obr. 6 Výškový profil priestorovej zmeny koncentrácie O₃ v roku 2015 – výsledok interpolácie



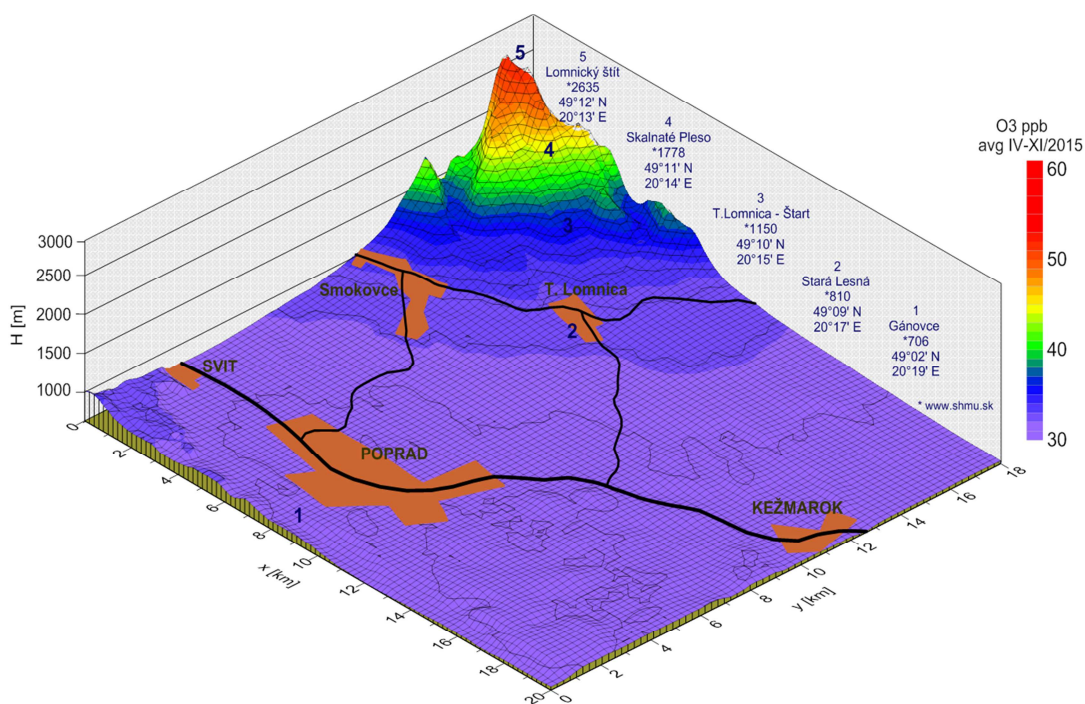
Obr. 7 Priemerné mesačné koncentrácie ozónu na lokalitách Stará Lesná (SL), Štart, Skalnaté pleso (SP), Lomnický štít (Ls), Kolové pleso a Tatranská Javorina– Podmuráň (TJ) v roku 2015

2.3 Vyhodnotenie meraní koncentrácií ozónu (pasívnymi snímačmi O₃)

Wernerova metóda je založená na selektívnej reakcii O₃ s indigom, pričom dochádza k vzniku izatínu sprevádzanému farebnou zmenou z modrej na žltú. Filtračný papier impregnovaný indigom je umiestnený do vzorkovacej nádoby vlozenej do ochranného obalu (ochrana pred dažďom a silným vetrom) a inštalovanej na výskumných plochách. Expozícia v teréne prebiehala v období vegetačnej sezóny (1. apríl az 19. november 2015) na experimentálnych plochách s kontinuálnym meraním koncentrácií O₃ analyzátormi, aby bolo možné vzájomné porovnanie. Počas expozície bola vizuálne sledovaná farebná zmena, vzorky odobrané na konci vegetačného obdobia boli následne zaslané na laboratórnu analýzu. Exponované vzorky boli vylúhované v etanole, po filtrácii pripravené na stanovenie absorbancie (fotometer pFotoFlex) pri 436 nm. Výsledné hodnoty merania sú zobrazené na grafoch, kde môžeme sledovať vysokú mieru korelácie medzi nameranými hodnotami absorbancie (získané pasívnymi meračmi) a priemernou koncentráciou O₃ nameranou ozónovými analyzátormi ($R^2=0.99$) na všetkých lokalitách (obr. 8a) ako aj tesnú závislosť hodnôt absorbancie a priemerných koncentrácií zaznamenanými analyzátormi od nadmorskej výšky (obr. 8b). Získané závislosti bolo možné následne použiť na priestorovú interpoláciu priemerných koncentrácií O₃ (obr. 9) vo výškovom profile záujmového územia.



Obr. 8 Korelácia medzi priemernými koncentraciami O₃ (ppb) získaných analyzátormi od koncentrácií ozónu nameranými pasívnymi snímačmi impregnovanými indigom (a – vľavo) a vzťah absorbancie, nameraných koncentrácií ozónu (O₃, ppb) a nadmorskej výšky lokalít (b – vpravo) pre obdobie IV-XI/2015



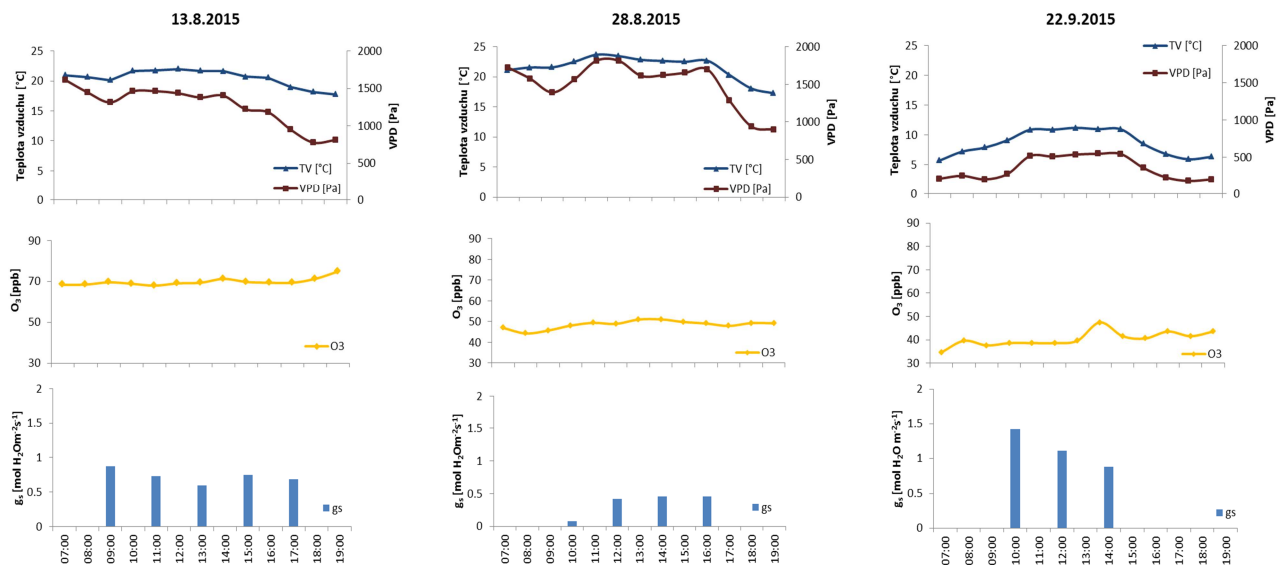
Obr. 9 Priestorová interpolácia priemerných koncentrácií O₃ (ppb) pre obdobie IV-XI/2015 na základe vyhodnotenia pasívnych snímačov impregnovaných indigom (Wernerova metóda) na výskumných plochách

2.4 Výsledky meraní fyziologických parametrov na kosodrevine

Počas vegetačného obdobia 2015 boli realizované merania fyziologickej odozvy (rýchlosť asimilácie CO₂ a prieduchová vodivosť) borovice horskej v meniacich sa podmienkach prostredia. Merania fotosyntetickej reakcie asimilačných orgánov kosodreviny boli realizované in-situ na výskumnej ploche Skalnaté pleso (1778 m n. m.). Rýchlosť asimilácie CO₂ a prieduchová vodivosť boli merané pomocou prenosného gazometrického systému Li-6400XT (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA) s použitím komory určenej pre ihličnany (6400-22 Opaque Conifer Chamber). Fyziologické merania na ploche prebiehali na náhodne vybraných 15 jedincoch (jeden tohoročný výhonok), opakované na tom istom výhonku 4–5 krát za deň. Fotosyntetická reakcia vybraných jedincov kosodreviny bola v roku 2015 pozorovaná v šiestich termínoch, v auguste (3 merania: 13.8., 28.8., 31.8.), v septembri (1 meranie: 22.9.) a v októbri (2 merania: 27.10., 28.10.).

Meranie prebiehalo za nasledovných podmienok: intenzita fotosynteticky aktívneho žiarenia FAR $1500 \pm 5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, prietok 400, koncentrácia CO₂ $390 \pm 10 \mu\text{mol mol}^{-1}$. Teplota v komore bola nastavená na aktuálnu hodnotu teploty vzduchu. Meranie prebehlo po krátkej adaptácii potom, čo sa hodnoty fotosyntézy a prieduchovej vodivosti ustálili. Po poslednom meraní boli odoberané sledované výhonky, na ktorých bola stanovená listová plocha „leaf area“. Následne boli namerané fyziologické parametre jednotlivých meraných jedincov prepočítané na stanovenú listovú plochu.

Najvyššie hodnoty rýchlosti asimilácie CO₂ (P_N) a prieduchovej vodivosti (g.) boli zistené v priebehu dňa, kedy boli zaznamenané nižšie hodnoty teploty vzduchu, sýtostného doplnku ako aj úrovne O₃. Naopak najnižšie hodnoty stomatálnej vodivosti boli zaznamenané v dňoch, kedy boli vyššie hodnoty teploty vzduchu, sýtostného doplnku a nižšie úrovne O₃. Na grafoch (obr. 10) uvádzame prvotne namerané údaje stomatálnej vodivosti, ktorých hodnoty sú rozdielne z hľadiska nameranej teploty vzduchu, hodnoty VPD a úrovne O₃. Ako uvádza Dittmar et al. (2005), toky O₃ narastajú s nadmorskou výškou a dosahujú vysoké hodnoty za podmienok, keď je teplé, suché a snečné počasie, čo potvrdili aj výsledky našich meraní.



Obr. 10 Porovnanie denného priebehu stomatálnej vodivosti meranej na jednom výhonku počas vybraných troch dní 13. 8., 28. 8., 22. 9. 2015, počas ktorých boli namerané rozdielne hodnoty teploty vzduchu, VPD a úrovne O_3 .

2.5 Zhodnotenie analýz pôdnych vzoriek na výskumných lokalitách

Analýzy odobratých pôdnych vzoriek na jednotlivých výskumných lokalitách oboch transektov boli zamerané hlavne na texturálne charakteristiky, vstupujúce do modelu, ale aj na všeobecnú charakteristiku pôd. V južnej časti transektu s nadmorskou výškou stúpa podiel pôdneho skeletu a pieskovej frakcie v jemnozemi a charakter pôd zodpovedá vertikálnej zonalite vysokých pohorí. V severnej časti transektu sú pôdne pomery pestrejšie, čo je dané geologickým podkladom (rozhranie Belianskych a Vysokých Tatier) i reliéfom. Na lokalite Kolové pleso je pôda pomerne jemnozrnná (prachovito-hlinitá), keďže na tvorbe pôdotvorného materiálu ľadovcového karu sa podieľali aj jemnejšie častice sedimentov plesa. Na lokalite Podmuráň je pôdotvorný substrát mimoriadne pestrý a zvrstvený, čo sa prejavuje prítomnosťou veľmi rôznorodých hornín v pôdnom skelete, ale aj stavom chemických vlastností jemnozeme. Hodnota aktívnej reakcie pri povrchu je 4,23, ale v hĺbke 50 – 60 cm až 6,21.

3. Zoznam výstupov a prínosov projektu za rok 2015

Výstupy z projektu za rok 2015 boli realizované plne v súlade so schváleným plánom. V roku 2015 boli plánované nasledovné počty výstupov v jednotlivých kategóriách:

Kategória I – Publikácie a citácie

- Vedecké práce publikované v recenzovaných vedeckých časopisoch – plán 0 výstupov / zrealizovaný 1 výstup, publikácia v zahraničnom časopise
- Vedecké práce publikované v nerecenzovaných časopisoch alebo zborníkoch – plán 3 výstupy / zrealizovaných 7 výstupov

Kategória IV – Výstupy do vzdelávania a popularizácie vedy

- Popularizačné aktivity – plán 2 výstupy / zrealizované 4 výstupy

Kategória V – Ostatné výsledky

- Elektronické dokumenty - plán 0 výstupov / publikované boli 2 elektronické výstupy
- Usporiadanie, zorganizovanie konferencie – plán 1 výstup / zrealizované 2 podujatia

Kompletný a podrobnejší zoznam publikácií a ostatných zrealizovaných výstupov za rok 2015 je uvedený v samostatnej prílohe vo formulári VPP.

4. Upresnenie harmonogramu prác na rok 2016

V roku 2016 bude pokračovať riešenie etapy E02 (Realizácia terénnych zisťovaní a lokálna parametrizácia modelu DO₃SE) a po skončení vegetačnej sezóny etapa E03 (Analýza údajov, realizácia modelových výpočtov na základe všeobecnej a lokálnej parametrizácie). Pokračovať bude tiež riešenie etapy E04 (Návrh systému dlhodobého hodnotenia POD), ktorej zámerom je tvorba softvérovej aplikácie na výpočet stomatálnych tokov a hodnotenie POD v modelovom území Vysokých Tatier.

V roku 2016 je plánovaná realizácia nasledovných činností:

- V rámci realizácie terénnych zisťovaní v etape E02 sa od začiatku vegetačnej sezóny 2016 zameriame na pokračovanie v kontinuálnych meraniach koncentrácií ozónu, meteorologických a pôdných charakteristík na všetkých výskumných plochách (teplota, vlhkosť a tlak vzduchu, smer a rýchlosť vetra, globálna radiácia, vodný potenciál pôdy),
- V roku 2016 budeme pokračovať v testovaní meraní koncentrácií ozónu pasívnymi metódami, bude potrebné urobiť určité modifikácie a pokusy (vylepšiť ochranný kryt, umiestnenie impregnovaných filtračných papierov do nádoby s difúzorom, laboratórne testovanie s kontrolovaným prívodom ozónu - O₃ generátor a pod.). Plánované je zakúpenie fotometra PhotoFlex pre meranie absorbancie. Zámer je pripraviť taký vzorkovač s impregnovanou aktívnou látkou (indigo), ktorý by bol exponovaný počas celej vegetačnej sezóny
- Pre spresnenie vstupných údajov do modelu budú opäť realizované opakované merania fyziologických parametrov na borovici horskej,
- V rámci možností sa plánujú uskutočniť dendrochronologické analýzy na borovici horskej na Skalnatom plese vo vzťahu ku klíme a dlhodobým koncentráciám ozónu
- Pokračovať bude aktualizácia databáz z výskumných plôch, t.j. priebežná kontrola, archivácia, spracovanie a analýza údajov (v rámci E03),
- Postupne bude finalizovaná tvorba užívateľského prostredia - aplikácie a programovanie nástroja na dlhodobé hodnotenie fytotoxických ozónových dávok (E04)
- Priebežné publikovanie získaných poznatkov a iná propagácia výsledkov projektu v súlade s plánom popularizačných aktivít.

Potvrdzujeme, že údaje uvedené v správe a jej prílohách sú pravdivé a úplné.

Zodpovedný riešiteľ

Ing. Hana Pavlendová, PhD.
v z. Ing. Zuzana Sitková, PhD.

V o Zvolene 27.01.2016

Štatutárny zástupca príjemcu

Ing. Ľuboš Németh

V o Zvolene 27.01.2016

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu