

Poznatky z diverzity a dynamiky lesných ekosystémov na základe opakovaného výskumu na typologických reprezentatívnych plochách

Jozef Vladovič¹, František Máliš², Ján Merganič³

¹Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav, T.G. Masaryka 22, SK - 96092 Zvolen, Slovensko, *e-mail: vladovic@nlcsk.org*

²Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav, T.G. Masaryka 22, SK - 96092 Zvolen, Slovensko, *e-mail: malis@nlcsk.org*

³FORIM, Výskum, inventarizácia a monitoring lesných ekosystémov, Kpt. Nálepku 277/11, SK - 073 01 Sobrance, Slovensko, *e-mail: j.merganic@forim.sk*

Abstrakt

Práca uvádza poznatky z výskumu diverzity a dynamiky lesných ekosystémov Slovenska na báze opakovaných zisťovaní na typologických reprezentatívnych výskumných plochách (TRP) v celom spektre typologických jednotiek lesov Slovenska vyjadrených ekologickou mriežkou. Počas rokov 2005 – 2007 bolo obnovených celkom 2305 identických dvojíc TRP s časovým odstupom 50 až 30 rokov. Prezentujú sa výsledky ekoanalýzy, korigovanej ekoanalýzy a gradientových analýz na príklade analýzy empirického materiálu jedľovo-bukového vegetačného stupňa a podrobnejšie v skupine lesných typov *Fageto-Aceretum inferiora* (FAC nst). Zavedením metódy tzv. korigovanej ekoanalýzy s uplatnením lineárnych regresných modelov sa eliminuje vplyv externých nežiaducich faktorov medzi opakovanými zisťovaniami. Čiastkové výsledky korigovanej ekoanalýzy naznačujú štatisticky významné zmeny pri vybraných faktoroch „Reakcia“, „Svetlo“, „Teplota“ a „Vlhkosť“. Čiastkové výsledky gradientových analýz poukazujú na zmeny a hlavné gradienty v diverzite druhovej skladby. Poukazuje sa tiež na potrebu typologickej reklasifikácie vybraných spoločností. Materiál výskumných plôch je súčasťou informačného systému (IS) projektu s využitím GIS, pričom vytváraná banka údajov je naviazaná na centrálnu geodatabázu.

Kľúčové slová: typologická reprezentatívna plocha, fytoocenologický zápis, korigovaná ekoanalýza, gradientové analýzy, dynamika, diverzita, ekologická mriežka, informačný systém

Úvod a rozbor problematiky

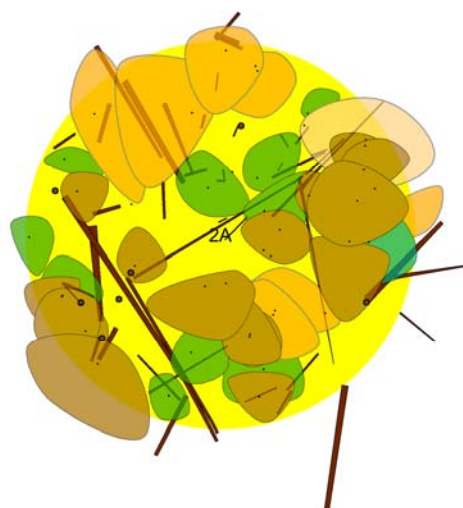
Štúdium vplyvu klimatických zmien na druhovú diverzitu fytoocenózy naberá v súčasnej dobe pomerne veľký význam, s čím súvisí aj množstvo kvantifikačných matematicko-štatistických metód. Medzi veľmi často používané metódy pri výskume dopadu klimaticko - antropogénnych vplyvov na lesné ekosystémy patria bioindikačné metódy založené na ekologických nárokoch jednotlivých rastlinných druhov. Takúto metodiku navrhol aj ELLENBERG (1979, 1992), ktorý definoval pre väčšinu rastlinných druhov ich ekologické nároky vo vzťahu k šiestim najdôležitejším ekologickým faktorom: svetlo, teplota, kontinentalita, vlhkosť, reakcia na pH a dusík. Analýza spočíva na fytoocenologickej analýze spoločností v určitej oblasti (fytoocenologickom zápise) a následnom priradení Ellenbergových ekohodnôt každému rastlinnému druhu. Po spracovaní takéhoto fytozáznamu je možné indikovať vplyv prevládajúceho faktora v hodnotenej oblasti. V prípade, že sú k dispozícii opakované merania, teda časové rady, môže byť analýza rozšírená na kvantifikáciu predpokladaných klimaticko – antropogénnych vplyvov. Z výsledkov takýchto štúdií vyplýva, že naozaj dochádza k zmene druhového zloženia, resp. pokryvnosti (kvantitatívneho podielu) rastlinných druhov, čo indikuje zmenu ekologických podmienok (MARKERT et al. 2003). Prevažná väčšina autorov konštatuje tieto zmeny v súvislosti s depozíciou dusíka a zakysľovaním (PITCAIRN et al. 2003, LING 2003, BOHLING 2003, ABOLINA et al. 2001, SORENSEN & TYBIRK 2001, BRUNET et al. 2000, OREDBSSON 1999, DIEKMANN 1999, TYLER & OLSSON 1997, DIEKMANN et al. 1998, RODER et al. 1996). Čiastočným metodickým nedostatkom je spôsob, akým sa výsledky zhodnocujú. Vo väčšine prípadov sa počíta vážený alebo aritmetický priemer z ekočísel pre konkrétny faktor napriek tomu, že Ellenbergove ekočísla sú kategorické veličiny. Z pohľadu matematicko –

štatistického zhodnotenia to nie je správny postup, k čomu sa prikláňajú aj PIGNATTI et al. (2001). Ďalším závažným problémom pri interpretácii výsledkov hodnotenia je to, že bylinná vrstva pomerne silne reaguje aj na zmeny štruktúry lesného porastu. Nový návrh je postavený na korektnejšom matematicko – štatistickom vyhodnotení a uvažuje aj s korekciou vzhľadom na zmenu stavu stromovej vrstvy a ďalších vedľajších faktorov (MERGANIČ 2007). Výhodou tohto postupu je jednoznačnejšia interpretácia dosiahnutých výsledkov.

Empirický materiál

Empirický materiál predstavujú údaje získané z obnovy typologických reprezentatívnych plôch (TRP), ktoré boli zakladané v rámci všeobecného (1951-1955) a podrobného (1956 - 1977) typologického prieskumu a v súčasnosti sú obnovované v rámci projektu Reakcia diverzity lesných fytoocenóz na zmenu edaficko–klimatických podmienok Slovenska (VLADOVIČ, MERGANIČ et al. 2005 - 2007) na celom území Slovenska. Zabezpečené sú identické dvojice zápisov z terénneho výskumu: údaje pôvodné a údaje po obnove TRP s časovým odstupom 50 až 30 rokov. Počas riešenia sa v teréne znovu obnovilo 2305 TRP, z toho 200 TRP s podrobnými dendrometrickými meraniami vrátane stojaceho a ležiaceho mŕtveho dreva technológiou FieldMap (Obr. 1,2,3). Na vybraných obnovených TRP sa celkom odobralo a analyzovalo 1772 pôdnych vzoriek a vzoriek pokryvného humusu. Vzorky sa odoberali z identických hĺbok ako v minulosti, podľa možnosti aj z identických pôdnych sond. Plochy sa obnovili v celom spektre typologických jednotiek podľa ekologickej mriežky lesov Slovenska (Tab.1). Získal sa tak rozsiahly materiál z opakovaného zisťovania na dvojiciach identických výskumných plôch, ktorý umožňuje posúdenie vývoja lesných fytoocenóz, drevinovej štruktúry, diverzity a vybraných pôdnych parametrov lesných pôd s odstupom 50 až 30 rokov, čo je základnou podmienkou obnovy TRP. Dizajn obnovených plôch je v prevažnej miere kruhový prípadne štvorcový so štandardizovanou výmerou 1000 m² (dendrozložka) a 500 m² (zápis bylinnej synúzie). Plochy sa lokalizovali prostredníctvom GPS, vybrané sa vizualizovali v systéme Stand Visualization System (SVS; MCGAUGHEY 2002) a vyhotovila sa digitálna fotodokumentácia.

Informačné spektrum pozostáva zo základných údajov: Lesná oblasť (VLADOVIČ et al. 1994), jednotka priestorového rozdelenia lesa (JPRL) a i.; stanovištných a terénnych charakteristík: lesný typ (lt) (HANČINSKÝ 1972), skupina lesných typov (slt) a novšie zaradenie podľa ZLATNÍKA (1976), pôdny predstaviteľ, reliéf terénu, nadmorská výška, expozícia a sklon; porastových charakteristík: zastúpenie dreviny, vek, zakmenenie, zápoj; fytoocenologických charakteristík: pokryvnosť druhov podľa Zlatníkovej kombinovanej stupnice abundancie a dominancie; pedologické charakteristiky a odbery pôdnych vzoriek. Z biometrických veličín stromovej etáže sa na plochách zisťovali: výška stromu, hrúbka stromu, nasadenie koruny, korunová projekcia, druh dreviny, poškodenie stromu, parametre stojaceho a ležiaceho dreva. Pre ilustráciu uplatnenia ekoanalýzy a korigovanej ekoanalýzy sa z uvedeného súboru TRP vybrali plochy reprezentujúce 5. jedľovo-bukový vegetačný stupeň, slt *Fageto-Aceretum inferiora* (FAC nst), s obnovenými 90 TRP.



Obr. 1 Vizualizácia TRP v systéme Stand Visualisation System (SVS); TRP 2A – NPR Pod Latiborskou hoľou, Nízke Tatry; slt *Fageto-Aceretum inferiora*

Obr. 2, 3 TRP 2A – NPR Pod Latiborskou hoľou hemisferické foto plochy; Zobrazenie korunových projekcií drevín a ležiaceho mŕtveho drevna na TRP – meranie v systéme FieldMap;

Tab. 1 Ekologická mriežka lesov Slovenska (Výmery slt; početnosti obnovených TRP)

Vegetačné stupne	Spolu ha	Edaficko-trofické rady a medzirdy, skupiny lesných typov (*SLT)					
		A rad oligotrofný	A/B medzird prechodný	B rad mezotrofný	B/C medzird prechodný	C rad nitrofilný	D rad alkalofilný
1. dubový	83 384	PiQ 2 985 ha 19 TRP		CQ 59 942 ha 56 / 4 TRP	CQ ac 3 305 ha 1 TRP	CAC nst 69 ha	CoQ 462 ha
		Q 9 017 ha 20TRP					CoQ pub 5354 ha
							CoQ car 2 142 ha
2. bukovo-dubový	264 119	Fq nst 5 896 ha 23 / 1 TRP		FQ 238 784 ha 285 / 22 TRP	FQ ac 10 099 ha 9 / 4TRP	CAC vst 2 850 ha 4 TRP	CoQ fag 4 497 ha
							FQ de 1 930 ha 1 TRP
							Pide nst 63 ha
3. dubovo-bukový	438 794	Fq vst 10 564 ha 31 / 4 TRP		QF 226 140 ha 230 / 14TRP	QF til 22 606 ha 22/2 TRP	TAC nst 9 904 ha 12 / 4 TRP	CoF 3 073 ha
		QP i nst 115 ha		Fp nst 159 056 ha 184 / 14 TRP			QF de 4 915 ha 5 TRP

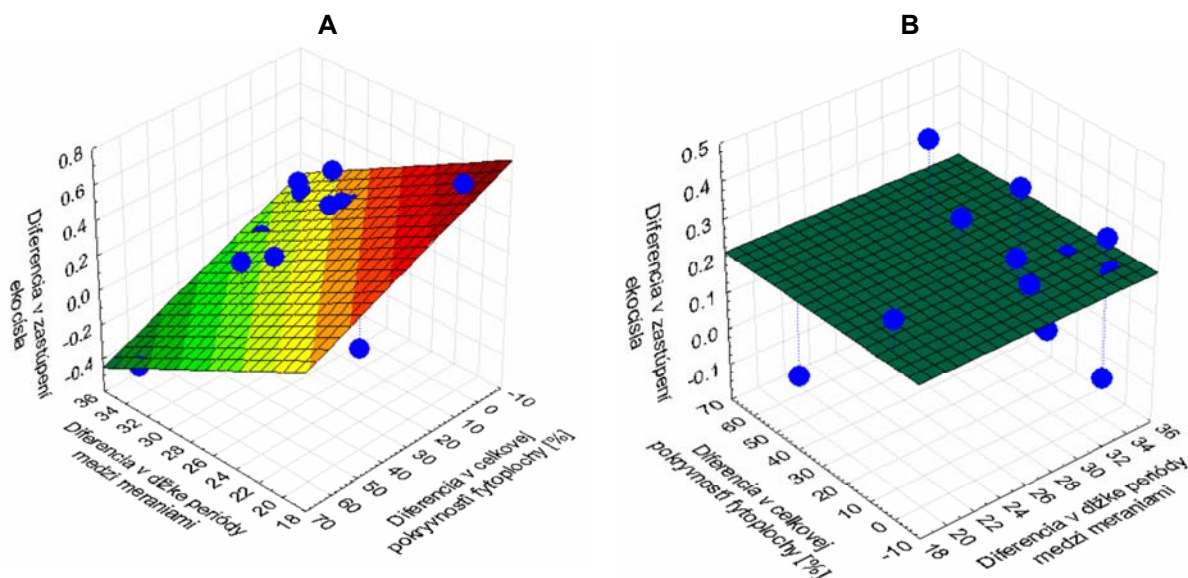
Vegetačné stupne	Spolu ha	Edaficko-trofické rady a medzirdy, skupiny lesných typov (*SLT)						
		A rad oligotrofný	A/B medzirat prechodný	B rad mezotrofný	B/C medzirat prechodný	C rad nitrofilný	D rad alkalofilný	
				PPI nst 723 ha			Pide vst 1 698 ha 3 TRP	
4. bukový	379 355	QPi vst 318 ha	AQF 2 890 ha 2 / 1 TRP	Fp vst 126 659 ha 116 / 5 TRP	F til 36 939 ha 67 / 4 TRP	TAc vst 10 063 ha 24 / 4 TRP	Fde nst 16 262 ha 47 / 3 TRP	
		Fqa 9 412 ha 13 TRP		Ft 166 003 ha 121 / 8 TRP				
		Fa 4 362 ha 14 / 2 TRP		PPI vst 2 553 ha	AQ til 1 217 ha			
		Aq 125 ha		AQ 2 551 ha				
5. jedľovo-bukový	397 875	Fap nst 23 786 ha 28 / 2 TRP	FA nst 125 495 ha 77 / 4 TRP	AF nst 156 648 ha 133 / 12 TRP	FAC nst 40 552 ha 90 / 10 TRP	FrAc nst 5 687 ha 20 / 2 TRP	Fde vst 27 159 ha 81 / 2 TRP	
		PiP nst 5 828 ha			PA nst 6 619 ha			AAc nst 288 ha
		Pa nst 3 180 ha 8 TRP	F hum nst 477 ha	AcA nst 1 033 ha	FAC hum nst 1 970 ha 1 TRP			Pac 89 ha
		F acid nst 136 ha						
6. smrekovo-bukovo-jedľový	176 594	Fap vst 25 039 ha 46 / 11 TRP	FA vst 62 554 ha 70 / 7 TRP	AF vst 23 416 ha 55 / 12 TRP	FAC vst 19 056 ha 65 / 7 TRP	FrAc vst 2 282 ha 9 TRP	FP nst 12 203 ha 22 / 1 TRP	
		Fap hum 2 969 ha 4 TRP			FAC hum vst 5 116 ha 20 / 3 TRP			
		PiP vst 81 ha 1 TRP	PA vst 9 441 ha 6 TRP					AcA vst 382 ha
		Pa vst 9 311 ha 28 / 2 TRP	F hum vst 2 204 ha 16 TRP	AcP nst 31 ha				
		F acid vst 97 ha			PiL nst 1 386 ha 5 TRP			
		LP nst 2 116 ha						
7. smrekový	30 419	SP 14 285 ha 90 / 10 TRP			AcP vst 8 561 ha 24 / 2 TRP	FP vst 2 509 ha 5 / 3 TRP		
		LP vst 3 702 ha 12 / 2 TRP	PiL vst 283 ha					
		CP 1 079 ha 8 / 1 TRP						
8. kosodrevinový	19 206	M 11 994 ha 4 TRP			RM 611 ha 2 TRP	Mc 948 ha 1 TRP		
		PM 2 868 ha 1 TRP						
		CM 2 785 ha 1 TRP						
Spolu (ha)	1 812 056	160 055	204 559	1 178 866	146 207	31 728	90 640	

*skratky SLT (ZLATNÍK 1959)

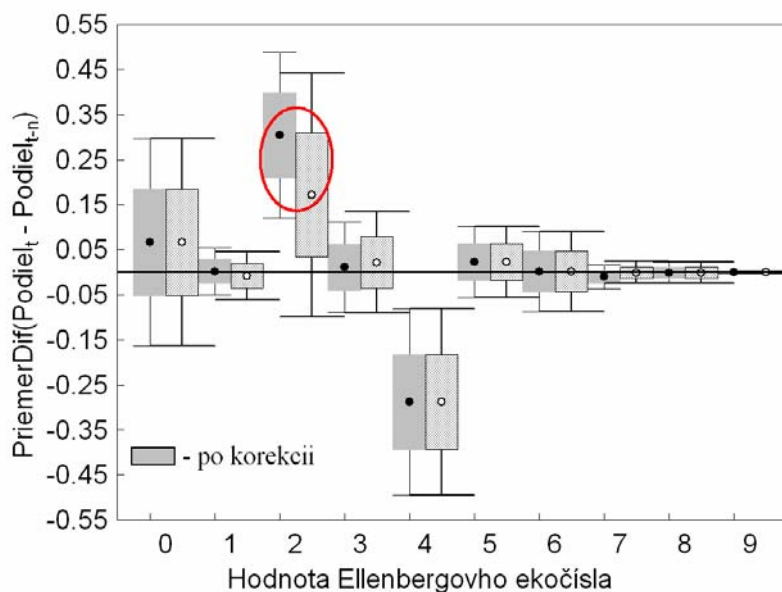
súbor „a“	8 558	BQ 2 586ha 15 TRP	BAI 1 874 ha 6 TRP	AP 3 607 ha 15 / 1 TRP	Pil 491 ha 3 TRP			
súbor „c“	36 227	FrAl 4 949 ha 7 / 1 TRP	Ali 1 568 ha 1 TRP	SAI 2 781 ha	QFr 4 095 ha	Ufrp 4 165 ha 1 TRP	Ufrc 17 493 ha 10 TRP	U 1 021 ha
Spolu (ha)	44 785							

Metodika

Ekoanalýza reakcie bylinnej vrstvy na vplyv edaficko – klimatických zmien spočíva v štatistickom teste priemernej zmeny frekvencie alebo podielu ekočísła konkrétneho ekofaktora v rámci určitej vopred definovanej kategorizačnej jednotky, napr. v skupine lesných typov (MERGANIČ 2007). Zmena ekočísła je definovaná ako diferenciacia hodnôt frekvencie (výskyt indikujúcich druhov) alebo podielu (pokryvnosť indikujúcich druhov) ekočísła v čase t_2 a t_1 . V druhom kroku prebieha eliminácia vplyvu externých nežiaducich faktorov ako veku porastu, zápoja, celkovej pokryvnosti a dĺžky periódy (intervalu) medzi opakovaným meraním v situácii, ak sa ich vplyv potvrdil štatisticky významne (korigovaná ekoanalýza). V takom prípade sú priemerné hodnoty diferencií korigované jednoduchým resp. viacnásobným lineárnym regresným modelom, ktorý je výsledkom optimalizácie pre všetky možné kombinácie nežiaducich faktorov (15 lineárnych modelov) a má najtesnejší vzťah k hodnotenej zmene. Korekcia je zameraná na vynulovanie resp. minimalizáciu vplyvu nežiaducich faktorov. Na obrázkoch 4 a 5 uvádzame ukážku korekcie ako aj výsledku takejto analýzy pre faktor reakcia na pH.



Obr. 4 Ukážka princípu korekcie v prípade, že na zastúpenie ekočísła vplyvajú dva nežiaduce faktory (dĺžka periódy medzi meraniami a celková pokryvnosť fytoplochy).
A – pred korekciou, silný vplyv nežiaducich faktorov na zmenu v zastúpení ekočísła
B – po korekcii, je odstránená závislosť zmeny v zastúpení ekočísła od nežiaducich faktorov



Obr. 5 Názorná ukážka korekcie t.j. očistenia priemernej diferencie zastúpenia ekočísła od vplyvu nežiaducich faktorov a jej vplyv na interpretáciu výsledku (hodnotený faktor reakcia na pH)

Pre ďalšie práce s fytoocenologickými dátami a stanovenie percentuálnej konštantnosti bol použitý program Juice (TICHÝ 2002). Hodnoty priemerneho ekočísła použité v ordinačných analýzach boli vypočítané tiež v programe Juice, a teda síce z hodnôt pre jednotlivé druhy v zmysle práce ELLENBERG et al.(1992), ale spôsobom bez zohľadnenia pokryvnosti druhov. Gradientové analýzy a Monte Carlo permutačný test boli realizované v programe Canoco (TER BRAAK, SMILAUER 2006) a keďže boli zamerané na diverzitu a zmeny v bylinnej synúzii, druhy drevín a krov boli z údajov vstupujúcich do analýz odstránené. Nomenklatúra taxónov je uvádzaná podľa Zoznamu vyšších a nižších rastlín Slovenska (MARHOLD, HINDÁK 1998).

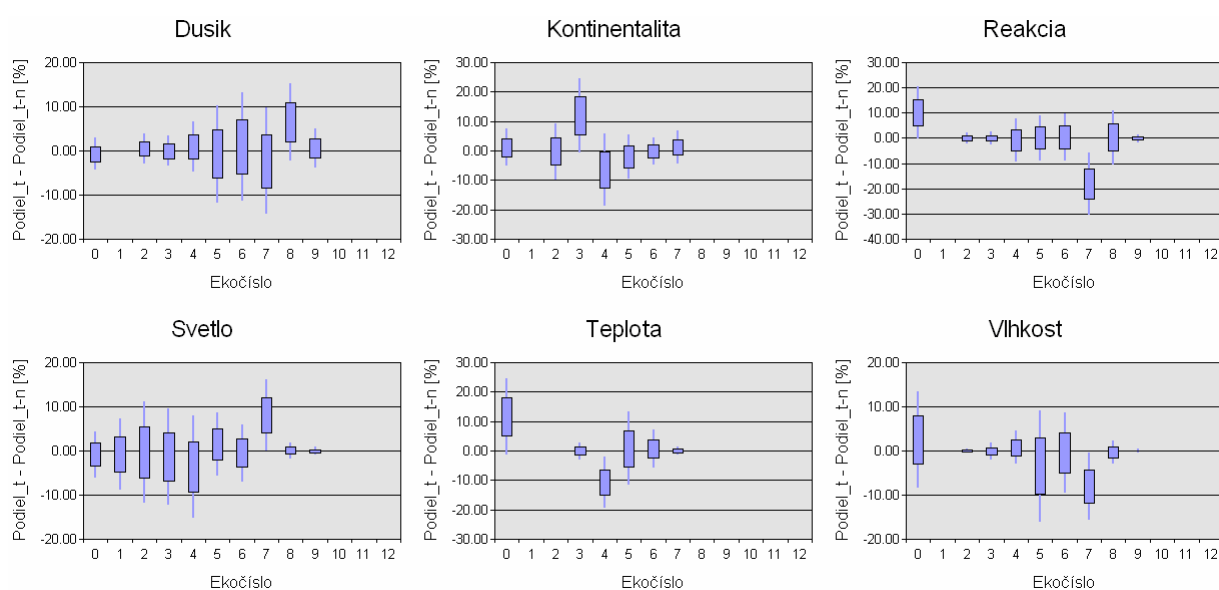
Výsledky a diskusia

Ekoanalýzy

Z výsledkov korigovanej ekoanalýzy posudzovanej slt vyplýva, že za hodnotené obdobie došlo k niekoľkým štatisticky významným zmenám. Signifikantné zmeny na 95% spoľahlivosti sme zaznamenali pri faktoroch „Reakcia“, „Svetlo“, „Teplota“ a „Vlhkosť“. Z analýzy vyplýva, že za sledované obdobie 39 rokov (aritmetický priemer) došlo k významnému nárastu výskytu a pokryvnosti druhov indiferentných k reakcii pôdy a naopak k ústupu výskytu a pokryvnosti druhov neutrálnych pôd. Obdobné konštatovanie platí aj pre faktor „Teplota“, kde sme zaznamenali pokles výskytu a pokryvnosti druhov indikujúcich chlad až mierne teplo (vysokohorské až horské druhy) na úkor druhov indiferentných. Pri faktore „Vlhkosť“ sme zaznamenali významný úbytok výskytu a pokryvnosti druhov vlhkých pôd. Pri faktore „Svetlo“ dochádza k posunu spektra výskytu a pokryvnosti druhov k druhom svetlomilným. Zmeny pri faktore „Dusík“ naznačujú pribúdanie výskytu a pokryvnosti druhov bohatých až veľmi bohatých pôd. Faktor „Kontinentalita“ naznačuje pribúdanie oceánických druhov resp. ich pokryvnosti.

Tab. 2 Aritmetický priemer diferencie podielu ekočísła (*IS 68%, **IS 95%) v rámci slt FAc nst

Faktor	Dusík	Kontinentalita	Reakcia	Svetlo	Teplota	Vlhkosť
0	-0.70	1.09	10.19**	-0.84	11.60*	2.49
1				-0.82		
2	0.51	-0.23	-0.02	-0.35		0.01
3	-0.10	11.94*	0.05	-1.45	-0.09	-0.11
4	0.86	-6.48*	-0.81	-3.64	-10.77**	0.69
5	-0.72	-2.13	0.03	1.51	0.82	-3.43
6	0.94	-0.14	0.46	-0.51	0.64	-0.45
7	-2.29	1.22	-18.24**	8.04**	0.00	-8.00**
8	6.52*		0.34	0.08		-0.35
9	0.59		-0.17	-0.01		0.00

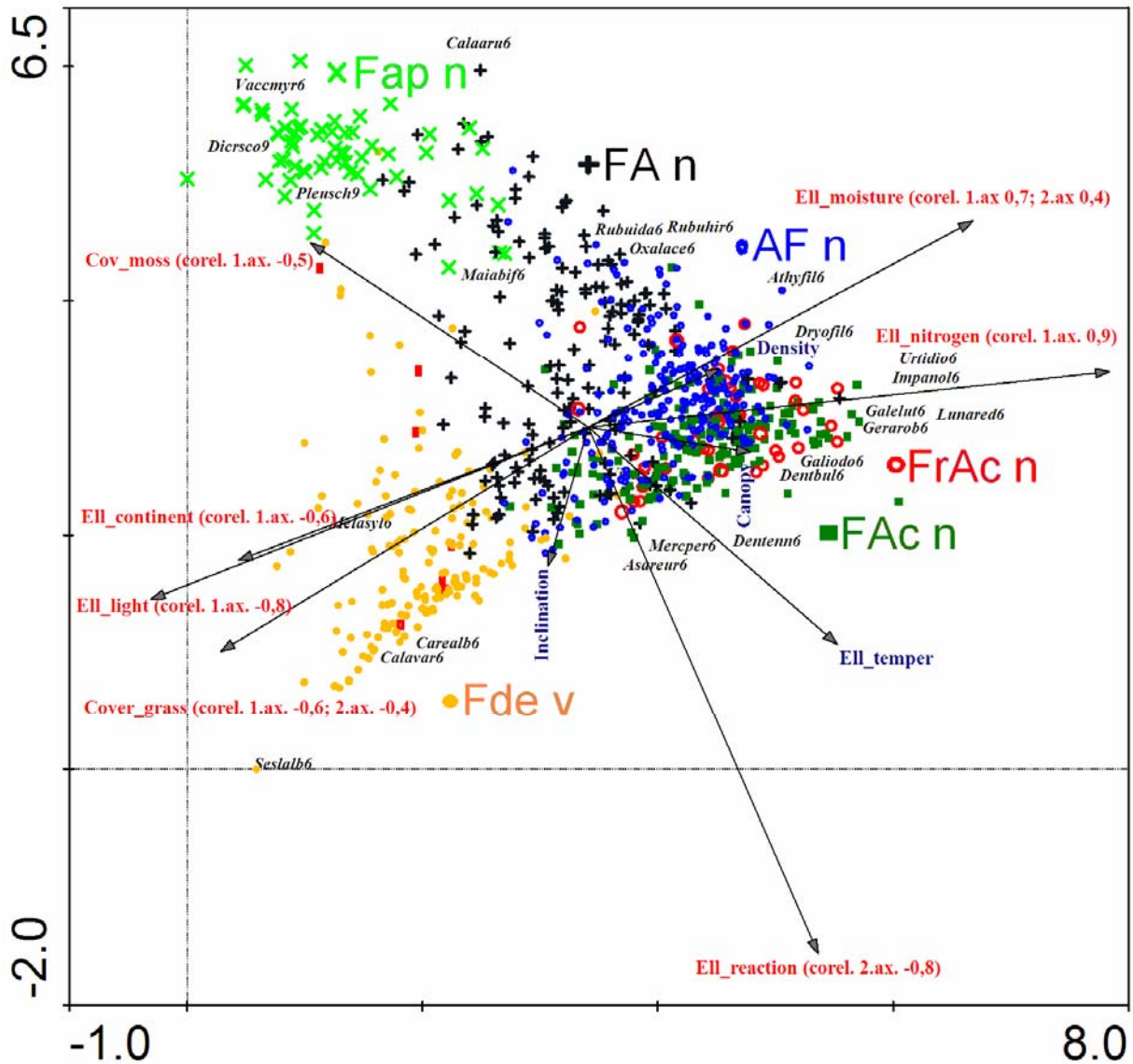


Obr. 6 Priebeh aritmetického priemeru diferencií podielu ekočísel v rámci jednotlivých ekofaktorov pri slt FAc nst s 95 a 68% rámcom spoľahlivosti priemernej hodnoty

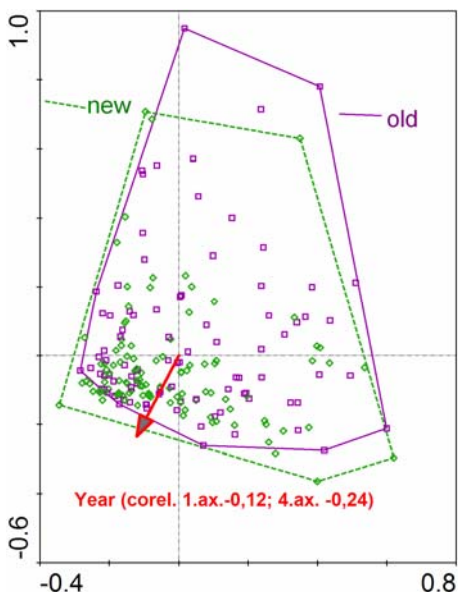
Gradientové analýzy

Analyzovaný empirický fytoocenologický materiál reprezentuje široké spektrum ekologických podmienok celého jedľovo-bukového vegetačného stupňa a to v rozsahu celého územia Slovenska. Vzhľadom k takejto veľkej variabilite dát (dĺžka gradientu bola 6,04) bola použitá nepriama analýza DCA. Prvé dve ordinačné osi vysvetlili spolu síce len 6 % z celkovej variability bylinnej synúzie, ale napriek tomu sú v prezentovanom ordinačnom grafe (Obr. 7) zrejme jasné gradienty, ktoré dobre vystihujú variabilitu nielen vegetácie ale aj stanovištných podmienok. Interpretácia týchto gradientov je podporená aj zobrazenými pasívnymi premennými, z ktorých niektoré výrazne korelovali s hlavnými osami ordinácie (významnejšie hodnoty korelačných koeficientov sú zobrazené v grafe priamo pri premenných). Jednotlivé body grafu, teda fytoocenologické zápisy sú znakovito odlišené na základe príslušnosti k skupinám lesných typov. V ľavej hornej časti grafu sa nachádzajú spoločenstvá oligotrofného radu A, smrekové jedľobučiny (Fap-Fagetum abietino-piceosum), v ľavej dolnej časti sú alkalofilné vápencové bučiny radu D (Fde-Fagetum dealpinum). Smerom vpravo od týchto dvoch ekologicky najvyhranenejších skupín lesných typov sa so zbiehajúcou tendenciou ordinačného priestoru nachádzajú bukové jedliny (FA-Fageto-Abietum) prechodného hemioligotrofného radu A/B, ďalej jedľové bučiny (AF-Abieto-

Fagetum) mezotrofného radu B s postupným prelínaním sa s bukovými javorinami (FAC-*Fageto-Aceretum*) prechodného heminitrofilného radu B/C s ťažiskom v pravej dolnej časti priestoru. Azonálna povaha jaseňových javorín (FrAc-*Fraxineto-Aceretum*) nitrofilného radu C sčasti vysvetľuje ich mierne rozptýlenú polohu. Najvýznamnejšími faktormi, ktoré ovplyvňujú diverzitu bylinnej synúzie, sú vlhkosť a svetelné pomery, živnosť stanovišťa a pôdna reakcia, nepriamo indikované vegetáciou prostredníctvom ekočísiel. Zaujímavým výsledkom je aj potvrdenie zvyšujúcej sa pokryvnosti machorastov smerom ku acidofilným a oligotrofným spoločenstvám a takisto zvýšenej pokryvnosti trávovitých druhov vo fytocenózach viazaných na karbonátové horniny. Zo vzájomných korelácií uvádzaných premenných majú vyššie hodnoty korelácie faktory priemerného ekočísla pre faktor dusík a svetlo (záporný koeficient s hodnotou -0,79, teda čím viac svetlomilných druhov, tým menej nitrofilných druhov) a pre faktor vlhkosť a dusík (pozitívny koeficient 0,77 signalizuje koexistenciu vlhkomilných a nitrofilných druhov). Výskyt zápisov bukových jedlín, jedľových bučín a bukových javorín v zóne prechodu od nitrofilných ku alkalofilným spoločenstvám, pričom tieto sú radené do edaficko-trofických radov a medziradov A/B a B, čiastočne aj B/C, je spôsobený zaraďovaním lesných typov týchto spoločenstiev na karbonátových horninách do uvádzaných radov. Toto zatriedenie je sporné a riešenie tohto problému je možné aj na základe práce ZLATNÍK (1976), v ktorej autor navrhol klasifikáciu fytocenóz obsahujúcu aj prechodné edaficko-trofické rady B/D a C/D, ktoré typologický systém zaužívaný na Slovensku neobsahuje. Opodstatnenosť takejto reklasifikácie bude ale potrebné overiť ďalšími analýzami.



Obr. 7 DCA analýza spoločenstiev jedľovo-bukového vegetačného stupňa (Fap n-Fagetum abietino-piceosum nižší stupeň, FA n-Fageto-Abietum nižší stupeň, AF n-Abieto-Fagetum nižší stupeň, FrAc n-Fraxineto-Aceretum nižší stupeň, FAc n-Fageto-Aceretum nižší stupeň, Fde v-Fagetum dealpinum vyšší stupeň, predpona Eil znamená priemerné Ellenbergove ekočíslo pre jednotlivé faktory, cov_moss, resp. cov_grass – pokryvnosť machov, resp. trávovitých druhov, corel. 1.ax – hodnota korelačného koeficientu premennej s príslušnou ordinačnou osou)

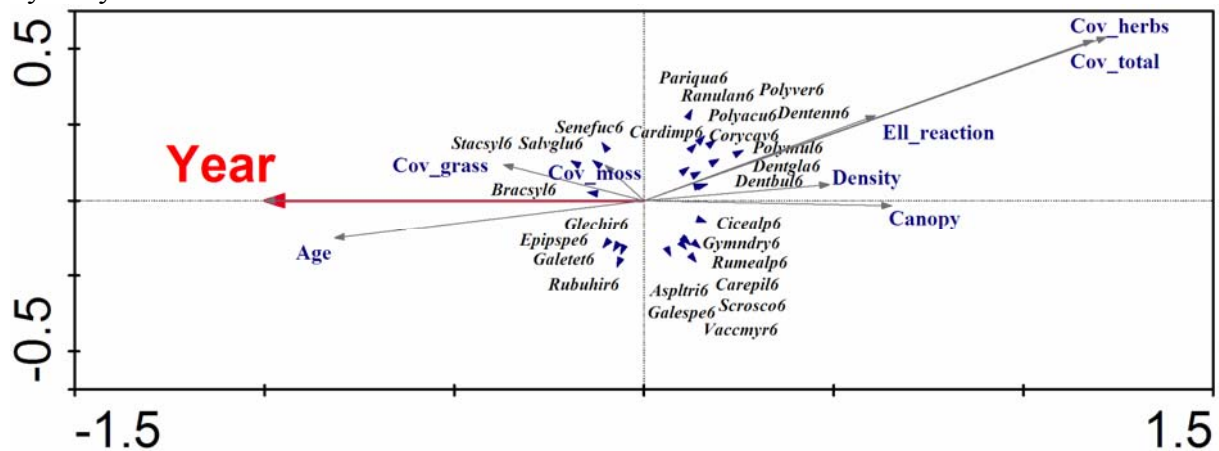


Zmeny v diverzite bylinnej synúzie boli sledované v spoločenstvách bukových javorín jedľovo-bukového vegetačného stupňa (FAc nst. - Fageto-Aceretum nižší stupeň). Grafické znázornenie nepriamej gradientovej analýzy PCA (Obr. 8) vyjadruje rozdelením zápisov na „staré“ (obdobie zakladania plochy) a „nové“ (obdobie obnovy plochy) rozdielnosť floristického zloženia bylinnej synúzie v rámci týchto dvoch období. Je zreteľné, že vplyvom časovej zmeny nedošlo k výraznému odchýleniu sa od pôvodného stavu.

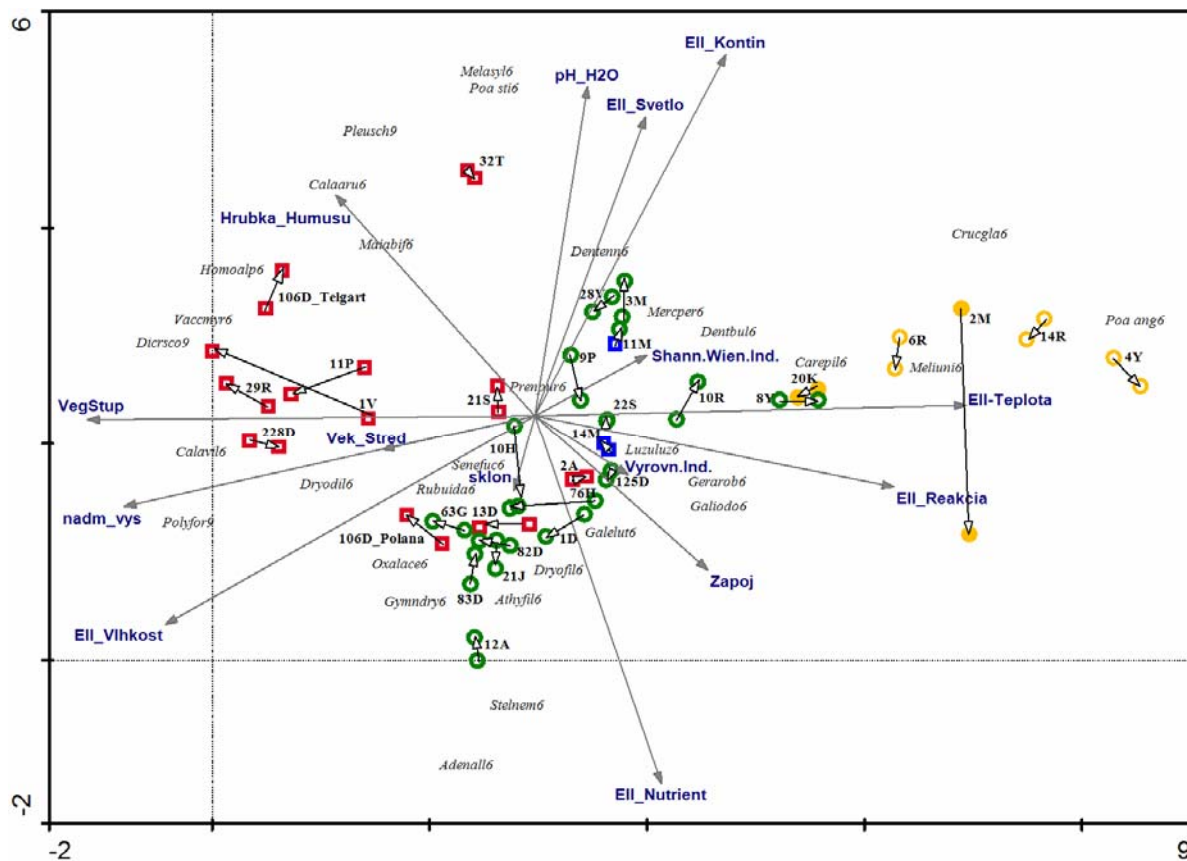
Obr. 8 PCA analýza zameraná na vzťah medzi druhovou skladbou bylinnej synúzie a roka

Vplyv roku, a teda aj vplyv času na zmeny v druhovej skladbe bylinnej vrstvy bol zisťovaný aj priamou gradientovou analýzou RDA (Obr. 9) a zároveň testovaný Monte Carlo permutačným testom, pričom bola preukázaná signifikantnosť vplyvu (p hodnota = 0.016). V priebehu uplynulých rokov sa prejavil v bukových javorinách najmä nárast pokryvnosti trávovitých druhov a pokles pokryvnosti bylinných druhov a celkovej pokryvnosti bylinnej synúzie. Zároveň poklesla hodnota priemerného ekočísła pre faktor reakcia, čo potvrdzuje aj výsledok korigovanej ekoanalýzy. Keďže plochy boli v minulosti zakladané prevažne v štádiách optima, je prirodzené, že so zvyšujúcim vekom porastov sa znížil aj ich zápoj a zakmenenie.

Okrem grafického znázornenia zmien v zastúpení bylinných druhov prostredníctvom ordinačného grafu sú tieto zmeny vyjadrené aj rozdielom percentuálnej konštantnosti druhov v minulom a súčasnom období, ktorý vyjadruje Tab. 3. Obidvoma prístupmi bol potvrdený ústup druhov *Dentaria enneaphyllos*, *Polystichum aculeatum*, *Polygonatum verticillatum*, *Ranunculus lanuginosus*, *Dentaria bulbifera*, *Paris quadrifolia* a *Dentaria glandulosa*. Nárast bol zaznamenaný pri druhoch *Brachypodium sylvaticum* a *Stachys sylvatica*. Ústup jarých efemerodiov môže byť spôsobený aj rozdielnosťou periódy v rámci vegetačného obdobia, kedy boli realizované fytocenologické zápisy, napriek tomu, že na základe pracovných postupov projektu, bola snaha obnovovať plochy v rovnakej perióde vegetačného obdobia. Okrem ústupu bylinných druhov je zaujímavý pomerne výrazný pokles *Abies alba* vo všetkých stromových vrstvách a nárast zmladenia *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus exelsior*, *Acer platanoides* a *Ulmus glabra* vo vrstve krov. Keďže bol znížený aj zápoj a zakmenenie porastov, je pravdepodobné, že to bolo spôsobené práve odumretím starších jedincov *Abies alba* a na priaznivejšie svetelné pomery zareagovali listnaté dreviny výrazným zmladením.



Obr. 9 RDA analýza vplyvu roku (času) na zmeny v druhovej skladbe bylinnej vrstvy



Obr. 10 DCA analýza plôch so zobrazením zmeny bylinnej synúzie plôch a faktorov prostredia, žltý prázdny kruh – dominancia *Quercus cerris*, žltý bod – dom. *Quercus petraea* agg., zelený kruh – dom. *Fagus sylvatica*, červený štvorec – dom. *Picea abies*, modrý štvorec – dom. *Abies alba*

Jedným z cieľov riešeného projektu bolo aj prispieť k objasneniu vplyvu predpokladaných edaficko-klimatických zmien na diverzitu fytocenóz. Čiastočne bola táto problematika riešená DCA analýzou, ktorú prezentuje graf (Obr. 10). Bolo vybraných 31 plôch, na ktorých nedošlo počas obdobia medzi založením a obnovou plochy k žiadnym hospodárskym zásahom. Plochy sa nachádzajú v prírodných rezerváciách a z hľadiska prirodzenosti porastov sú veľmi zachovalé a hodnotné. Ich lokalizácia reprezentuje široké spektrum prírodných stanovištných podmienok, nachádzajú sa od 1. až po 7. vegetačný stupeň v rôznych edaficko-trofických radoch s výnimkou alkalofilného radu D. S prvou ordinačnou osou najvýznamnejšie korelujú faktory vegetačný stupeň, priemerné ekočíslo pre teplotu, nadmorská výška a priemerné ekočíslo pre vlhkosť a pôdnu reakciu (hodnoty korelačného koeficientu od 0,75 do 0,95). Druhá ordinačná os koreluje s jednotlivými faktormi menej významne, najvyššie hodnoty (od 0,51 do 0,63) dosahujú faktory priemerné ekočíslo pre kontinentalitu, živnosť a svetlo, aktívna pôdna reakcia. Reálne zmeny v skladbe bylinnej synúzie najvernejšie reprezentujú faktory priemerných ekočísiel a indexy diverzity, pretože tieto sú počítané priamo a výlučne z bylinných druhov, avšak hodnoty korelačných koeficientov indexov diverzity s ordinačnými osami sú pomerne nízke (od 0,08 do 0,24). Ako dôsledok globálnej klimatickej zmeny (GKZ) sa očakáva posun klimatických podmienok v rámci nadmorskej výšky. Faktor nadmorskej výšky v gradientovej analýze veľmi silno koreluje s faktormi priemerného ekočísla pre teplotu a vlhkosť (0,91 a 0,75). Sledovanie zmien práve týchto charakteristík fytocenóz sa môže uplatniť pri hodnotení zmien vegetácie vplyvom pôsobenia GKZ. Hlavná ordinačná os je najlepšie charakterizovaná práve týmito tromi faktormi a tak ak by sa mala potvrdiť hypotéza zmeny fytocenóz vplyvom GKZ, museli by nastať posuny plôch práve pozdĺž hlavnej osy (smerom doprava). Takýto charakter majú

zmeny ale iba výnimočne. Podľa smerov šípok faktorov a šípok zmeny plôch je možná dedukcia, ktorý z faktorov mal vplyv na zmenu. Bylinná skladba na plochách s dominanciou duba (*Quercus sp.*) sa zmenila podobným spôsobom, prevažne v smere zvýšenia podielu nitrofilných a vlhkomilných druhov a zníženia svetlomilných druhov. Zmena v spoločenstvách s prevahou buka (*Fagus sylvatica*), smreka (*Picea abies*), príp. jedle (*Abies alba*) sa najčastejšie prejavuje znížením podielu termofilných a nitrofilných druhov, zvýšením podielu vlhkomilných druhov a poklesom hodnôt indexov druhovej diverzity. Pri vyjadrení rozdielov v priemeroch priemerných ekočísiel pre všetky analyzované plochy boli zaznamenané najväčšie zmeny vo faktore reakcia (pokles), vlhkosť (nárast) a teplo (pokles), avšak tieto zmeny sú pomerne nevýrazné.

Tab. 3 Rozdiel percentuálnej konštantnosti druhov v minulom a súčasnom období

Species	Layer	Percentage constancy		
		Old value	New value	Difference
<i>Dentaria enneaphyllos</i>	6 - Herb	47	24	-23
<i>Abies alba</i>	1 - Tree (high)	61	43	-18
<i>Abies alba</i>	2 - Tree (middle)	34	16	-18
<i>Abies alba</i>	3 - Tree (low)	32	14	-18
<i>Polystichum aculeatum</i>	6 - Herb	28	12	-16
<i>Polygonatum verticillatum</i>	6 - Herb	60	46	-14
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	6 - Herb	25	13	-12
<i>Symphytum tuberosum agg.</i>	6 - Herb	20	8	-12
<i>Anemone nemorosa</i>	6 - Herb	16	4	-12
<i>Dentaria bulbifera</i>	6 - Herb	68	57	-11
<i>Actaea spicata</i>	6 - Herb	62	52	-10
<i>Valeriana tripteris</i>	6 - Herb	14	4	-10
<i>Corydalis cava</i>	6 - Herb	10	0	-10
<i>Paris quadrifolia</i>	6 - Herb	43	34	-9
<i>Dentaria glandulosa</i>	6 - Herb	17	8	-9
<i>Isopyrum thalictroides</i>	6 - Herb	13	4	-9
<i>Prenanthes purpurea</i>	6 - Herb	59	68	9
<i>Sambucus nigra</i>	4 - Shrub (high)	14	23	9
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	6 - Herb	12	22	10
<i>Galium odoratum</i>	6 - Herb	84	96	12
<i>Bromus benekenii</i>	6 - Herb	11	23	12
<i>Ulmus glabra</i>	4 - Shrub (high)	14	27	13
<i>Viola reichenbachiana</i>	6 - Herb	43	57	14
<i>Stachys sylvatica</i>	6 - Herb	24	38	14
<i>Acer platanoides</i>	4 - Shrub (high)	5	20	15
<i>Stellaria nemorum agg.</i>	6 - Herb	23	39	16
<i>Sanicula europaea</i>	6 - Herb	33	50	17
<i>Fraxinus excelsior</i>	4 - Shrub (high)	18	37	19
<i>Hordelymus europaeus</i>	6 - Herb	9	33	24
<i>Acer pseudoplatanus</i>	4 - Shrub (high)	32	59	27
<i>Fagus sylvatica</i>	4 - Shrub (high)	44	77	33

Záver

Materiál výskumných plôch je súčasťou informačného systému (IS) projektu s využitím GIS, ktorý obsahuje systém informačných vrstiev, okrem iného Digitálnu ortofotomapu Slovenska („Ortofotomapa © Geodis Slovakia, s.r.o. 2002–2003“, „Letecké snímkovanie a Digitálna ortofotomapa © Eurosense, s.r.o. 2002–2003), digitálny model terénu, bodovú vrstvu lokalizácie typologických reprezentatívnych plôch (TRP) a výskumných plôch z prípravných prác, s priradenými informáciami. Polygónovú vrstvu lesných oblastí, podoblastí a častí a hlavnú klimatickú rozdeľovaciu čiaru Slovenska podľa Zlatníka (VLADOVIČ et al. 1994, Lesoprojekt Zvolen). Porastovú vrstvu jednotiek priestorového rozdelenia lesa (JPRL) s vybranými informáciami. Masku lesa a aktuálne drevinové zloženie odvodené z klasifikácií diaľkového prieskumu Zeme (BUCHA et al. 1996). Systém obsahuje aj digitálnu vrstvu typologických máp Slovenska (NLC Zvolen, 2006). Vrstvu maloplošných a veľkoplošných chránených území SR, území európskeho významu a chránených vtáčích území (SOP SR,

2007). Do GIS sú zahrnuté sú aj lokalizácie vybraných kalamitných a bezbukových území. Databáza sa kompletizuje v softvérových aplikáciách v prostredí MS Access, pričom sa zabezpečujú relačné vzťahy, dotazy na informácie, napojenie na GIS vrstvu TRP a vytváraná banka údajov je naviazaná na centrálnu geodatabázu.

Práca prináša základné informácie o projekte, ktorý rieši problematiku kvantifikácie zmien v diverzite a dynamike lesných ekosystémov na Slovensku. Sme presvedčení, že pri realizovanej obnove a spracovaní 2305 TRP počas uplynulého trojročného trvania projektu, prinesieme užitočné poznatky z oblasti hodnotenia stavu a vývoja lesných ekosystémov Slovenska. Po kompletizácii výsledkov riešenia projektu, tieto môžu nájsť širšie využitie ako v pôdohospodárstve, tak i v životnom prostredí. Spolu s obsahovo kompatibilnou údajovou základňou plôch Národnej inventarizácie a monitoringu lesov Slovenska (NIML) zabezpečujeme rozsiahly a objektívny argumentačný materiál z takmer 4000 výskumných plôch, ktorý môže významnou mierou prispieť k poznaniu stavu, vývoja a ochrany lesných ekosystémov Slovenska.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVT-27-009304. This work was supported by Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVT-27-009304.

Literatúra

- Abolina-A; Jermacane-S; Laivins-M, 2001: Post-drainage dynamics of the ground vegetation in a transitional mire. *Baltic Forestry*. 2001, 7: 1, 19-28
- Bohling-N, 2003: Investigations of permanent plots in an oak-hornbeam woodland in the foothills of the Swabian mountains (SW Germany), 1978-2001: decline of *Scilla bifolia* and the invasion of *Allium ursinum*.
- Brunet-J; Oheimb-G-von; Diekmann-M; von-Oheimb-G, 2000: Factors influencing vegetation gradients across ancient-recent woodland borderlines in southern Sweden. *Journal of Vegetation Science*. 2000, 11: 4, 515-524
- Diekmann-M; Brunet-J; Ruhling-A; Falkengren-Grerup-U, 1999: Effects of nitrogen deposition: results of a temporal-spatial analysis of deciduous forests in South Sweden. *Plant-Biology*. 1999, 1: 4, 471-481
- Diekmann-M; Falkengren-Grerup-U, 1998: A new species index for forest vascular plants: development of functional indices based on mineralization rates of various forms of soil nitrogen. *Journal of Ecology Oxford*. 1998, 86: 2, 269-283
- Ellenberg, H. 1979: *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. *Scripta geobotanica* 9. Goltze, Göttingen, 1-122
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, W., WERNER, W., PAULIBEN, D., 1992: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*, Ed. 2., *Scripta Geobotanica*, Göttingen, 18: 1 – 258.
- Ling-KAU, 2003: Using environmental and growth characteristics of plants to detect long-term changes in response to atmospheric pollution: some examples from British beechwoods. *Science of the Total Environment*. 2003, 310: 1-3, 203-210.
- MARHOLD, K., HINDÁK, F. (eds.), 1998: *Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska*, Veda, Bratislava, 687 pp.
- Markert-BA; Breure-AM; Zechmeister-HG, 2003: Plant biodiversity and environmental stress. In: Markert-BA; Breure-AM (eds.); Zechmeister-HG: *Bioindicators-and-biomonitoring-principles,-concepts-and-applications*. 2003, 501-525
- Merganič, J. 2007: Bioindikácia ekologických podmienok v lesných ekosystémoch. In: Rizman, I. (ed.) 2007: *Lesnícka typológia a zisťovanie stavu lesa vo väzbe na trvalo udržateľné obhospodarovanie lesov*, NLC Zvolen, ISBN: 978-80-8093-033-2

- Oredsson-A, 1999: Recent changes in the flora of northern Scania, Sweden. OT: Nutida forändringar av floran i norra Skåne. Svensk-Botanisk-Tidskrift. 1999, 93: 5-6, 303-317
- Pitcairn-CER; Fowler-D; Leith-ID; Sheppard-LJ; Sutton-MA; Kennedy-V; Okello-E, 2003: Bioindicators of enhanced nitrogen deposition. In: Krupa-S; Ahmad-KJ; Tripathi-RD (eds.); Kulshreshtha-K: Second International Conference on Plants and Environmental Pollution (ICPEP-2), Lucknow, India, 4-9 February 2002. 2003, 126: 3, 353-361
- Roder-H; Fischer-A; Klock-W, 1996: Forest development on quasi-permanent plots of Luzulo-Fagetum on Bunter sandstone (Department of Forestry, Mittelsinn) from 1950 to 1990. OT: Waldentwicklung auf Quasi-Dauerflächen im Luzulo-Fagetum der Buntsandsteinrhön (Forstamt Mittelsinn) zwischen 1950 und 1990. Forstwissenschaftliches Centralblatt. 1996, 115: 6, 321-335
- Sorensen-MM; Tybirk-K, 2001: Vegetation analysis along a successional gradient from heath to oak forest. Nordic Journal of Botany. 2000, publ. 2001, 20: 5, 537-546
- TER BRAAK C.J.F., SMILAUER. P., 2006: Canoco for Windows Version 4.54, Biometris – Plant Research International, Wageningen
- TICHÝ, L., 2002: JUICE, software for vegetation classification, Journal of Vegetation Science, Opulus Press Uppsala, Uppsala, 13: 451 – 453.
- Tyler-T; Olsson-KA, 1997: Changes in the flora of Scania during the period 1938-1996 - a statistical analysis of the results of two surveys. OT: Förändringar i Skånes flora under perioden 1938-1996 - statistisk analys av resultat från två inventeringar. Svensk-Botanisk-Tidskrift. 1997, 91: 3, 143-185
- VLADOVIČ, J. et al., 1994: Lesné oblasti Slovenska. Lesoprojekt Zvolen, 500 s.
- VLADOVIČ, J., MERGANIČ, J. et al., 2006: Reakcia diverzity lesných fytoocenóz na zmenu edaficko-klimatických podmienok Slovenska. Ročná správa APVV-27-009304 + CD. Zvolen: NLC-LVÚ, 85 s.
- VLADOVIČ, J., MERGANIČ, J. et al., 2005: Reakcia diverzity lesných fytoocenóz na zmenu edaficko-klimatických podmienok Slovenska. Ročná správa APVV-27-009304 + CD. Zvolen: NLC-LVÚ, 84 s.
- ZLATNÍK, A., 1959: Přehled slovenských lesů podle skupin lesních typů. LF – VŠZ Brno, 92 s., přílohy 195 s.
- ZLATNÍK, A., 1959: Skupiny lesných typov Slovenska. In: RANDUŠKA, D. et al.: Prehľad stanovištných pomerov lesov Slovenska, SVPL Bratislava, s. 100–145