

Merganič J., 2010: Monitorovacie systémy s dôrazom na hodnotenie ekologických parametrov lesných ekosystémov In: Scheer L., Merganič J. 2010: Biometria, informatika, inventarizácia, modelovanie lesa - základ pre precízne lesníctvo. Zborník referátov, TU Zvolen, 30.03.2010 , s. 85-96, ISBN:978-80-228-2158-2

MONITOROVACIE SYSTÉMY S DÔRAZOM NA HODNOTENIE EKOLOGICKÝCH PARAMETROV LESNÝCH EKOSYSTÉMOV

Ján MERGANIČ

*Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene,
T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, E-mail: merganic@vsld.tuzvo.sk*

Abstract

Forest inventory and monitoring has a tradition several centuries long. Its goal is to provide us with objective information about the condition and the changes of forest ecosystems. The presented paper suggests that the development and the proposal of sampling designs should integrate several concepts of data gathering to ensure their multifunctional utilisation. An efficient way is to apply stratified sampling, or its various combinations, which should also include the stratification along main ecological gradients. An advantage of such a design is that the information is recorded along the whole gradient of a factor or factors, which is not negligible in ecological studies. In addition, the obtained data are also an appropriate basis for specific analyses, and the possibility to characterise and generalise the information over the area as one unit is not lost either. Several projects based on these principles have already been realised. The paper presents an approach and results of the proposal of the monitoring system of forest biotopes, as well as partial results of the condition of forest biotopes in forest management unit Jasenie. EU member states are obliged to monitor the conditions of forest biotopes once every 6 years, to prepare assessment reports about the conditions of biotopes and present them to central administrations within a specified time frame. The proposal and the practical application of monitoring have documented the possibilities of its application also in other areas of European and national significance.

Abstrakt

Inventarizácia a monitoring lesa má už niekoľko storočnú tradíciu, ktorých cieľom je poskytovať objektívne informácie o stave a zmenách lesných ekosystémov. V príspevku sa vyslovuje názor, že tvorba a návrh výberových dizajnov by mala integrovať viaceré koncepty získavania údajov tak, aby mali multifunkčné využitie. Efektívnym spôsobom je aplikácia stratifikovaného výberu resp. jeho rôznych modifikácií, ktorý by mal zahŕňať aj stratifikáciu v smere hlavných ekologických gradientov. Výhodou takéhoto dizajnu je zachytenie informácií pozdĺž celého gradientu faktora-rov, čo pri ekologických štúdiách nie je zanedbateľné a zároveň získané údaje sú vhodným podkladom pre špeciálne analýzy. Nestráca sa možnosť aj charakterizovať a zovšeobecniť informácie na územie ako celok. Uplatňovaním týchto princípov bolo realizovaných už viacero projektov. Príspevok prezentuje vybrané postupy a výsledky z návrhu monitorovacieho systému lesných biotopov a čiastkové výsledky stavu lesných biotopov na LHC Jasenie. Povinnosťou členských štátov EU je monitorovať stav lesných biotopov každých 6 rokov, v stanovených termínoch vypracúvať hodnotiace správy o stave biotopov a predkladať ich príslušným ústredným orgánom. Návrh i praktická realizácia monitoringu ukázala možnosti širokého uplatnenia aj v iných územiach európskeho i národného významu.

Kľúčové slová: Monitoring, inventarizácia, výberové metódy, výberový dizajn, kvantifikátor, NATURA 2000, biotop

Keywords: monitoring, forest inventory, sampling methods, sampling design, quantificator, NATURA 2000, biotope

Úvod

Inventarizácia a monitoring lesa má už niekoľko storočnú tradíciu, ktorých cieľom je poskytnúť objektívne informácie o stave a zmenách lesných ekosystémov. Rozvoj týchto metód na báze štatistických princípov začína v 20. rokoch minulého storočia v škandinávskych krajinách, kde vo Fínsku v roku 1921 realizovali prvú národnú inventarizáciu lesa (KANGAS, MALTAMO 2006). O niečo neskôr v 60. rokoch zaznamenávame rozvoj monitorovacích metód, ktorý prichádza z USA (SCOTT 1947) a pre európske pomery ho dobre rozpracovali a aplikovali vo Švajčiarsku (SCHMID 1963, 1967, ŠMELKO 1985). Rozvoj týchto metód rýchlo napreduje z dôvodu čoraz väčšieho záujmu o aktuálne a objektívne informácie prevažne o produkcii lesov. Zhruba od 80. rokov sa verejnosť zaujíma nielen o produkčnú stránku lesov, ale do popredia sa začínajú dostávať aj ďalšie dôležité informácie o ekológii lesných ekosystémov a dochádza k rozširovaniu informačného spektra pri inventarizačných a monitorovacích zisťovaniach. Dopyt po väčšom počte informácií súvisí aj s rozvojom ekologicko-produkčného výskumu a hlavne modelovania.

Cieľom mnohých výberových dizajnov je dostatočne presne charakterizovať záujmové územie z pohľadu stavu resp. vývoja hlavných veličín. Iným variantom výberových dizajnov môže byť snaha získať reprezentatívne údaje ako podklad pre špeciálne analýzy a modelovanie. Obe koncepcie majú svoje výhody i nevýhody. V prvom prípade získame údaje, ktoré reprezentujú výskyt prevládajúcich ekologických foriem na danom území, na strane druhej ich využitie pre špeciálne účely napr. modelovanie, nemusí byť vhodným podkladom, pretože nevystihuje plnú šírku skúmaného ekologického gradientu. V druhom prípade máme relatívne homogénne údaje popisujúce stav resp. zmeny veličín pozdĺž nejakého ekologického gradientu, ale stráca sa možnosť zovšeobecnenia informácií za hodnotené územie. Z viacerých hľadísk sa preto javí potreba integrácie uvedených konceptov a výberové dizajny pripravovať tak, aby spĺňali viacerozmerné využitie. Efektívnym spôsobom je aplikácia stratifikovaného výberu resp. jeho rôznych modifikácií. Základným predpokladom tohto výberu je, že základný súbor sa rozdelí na menšie homogénne subpopulácie (sub-jednotky), ktoré sa nazývajú stratá. Tieto stratá sa navzájom neprekrývajú a teda ich suma predstavuje základný súbor. Následne sa v každom strate robí samostatný výber, t.j. každé stratum predstavuje nový základný súbor, ktorý sa hodnotí zvlášť. Výhodou stratifikovaného výberu je, že sa oproti jednoduchému výberu zníži stredná výberová chyba. Navyše sa takýmto spôsobom získajú odhady pre každé stratum ako aj pre celý základný súbor. Stratifikáciu je možné robiť viacerými spôsobmi (priamo pomocou hodnotenej veličiny, pomocou indikačných veličín, prostriedkami DPZ a GIS, v teréne a pod.) a môžeme k tomu využiť rôzne zdroje, ktoré budú zahŕňať aj stratifikáciu v smere hlavných ekologických gradientov, ako sú teplota, zrážky a pod.. Výhodou je, ak je vypovedacia schopnosť strát približne rovnaká, čo môžeme zabezpečiť kombináciou viacerých monitorovacích systémov diferencovaných podľa veľkosti a charakteru strát. Čo je taktiež dôležité, výberová jednotka napr. skusná plocha by mala mať homogénny charakter, t.j. mala by plne reprezentovať vylíšené stratum. Výhodou takéhoto dizajnu je zachytenie informácií pozdĺž celého gradientu faktora (ov), čo pri ekologických štúdiách nie je zanedbateľné a zároveň sú získané údaje vhodným podkladom pre špeciálne analýzy. Zároveň nestrácame možnosť charakterizovať a zovšeobecniť informácie na územie ako celok. Nevýhodou je potreba detailnej analýzy hlavných ekologických faktorov, ktoré ovplyvňujú produkciu, zdravotný stav i ekológiu lesných ekosystémov a zároveň je potrebné poznať podiel jednotlivých strát.

Uvedená filozofia bola aplikovaná už vo viacerých projektoch v roku 2003 pri monitoringu diverzity horských lesov severnej Oravy (MERGANIČ et al. 2003), v roku 2008 pri monitorovaní stavu lesných biotopov európskeho významu v š.p. Lesy SR (MERGANIČ, ŠMELKO 2008a, 2008b, 2009) a v roku 2009 pri návrhu komplexného nepeňažného a ekonomického ohodnotenia biodiverzity ako základného potenciálu funkcií lesa (MARUŠÁK et al. 2009). Z uvedených prác je projekt monitorovania stavu lesných biotopov spoločnou prácou s prof. Šmelkom, preto sa v ďalšej časti príspevku podrobnejšie rozoberie táto problematika.

Všetky členské krajiny Európskej únie majú za povinnosť v rámci svojich záväzkov v oblasti ochrany prírody podieľať sa na projekte NATURA 2000, ktorý je zameraný na ochranu najvzácnejších a najohrozenejších druhov rastlín a živočíchov a vybraných biotopov na území celej EÚ. Vytvorenie NATURA 2000 je jedným zo základných záväzkov členských štátov voči EÚ v oblasti ochrany prírody. Sústava NATURA 2000 je sieť chránených území krajín Európskej únie, ktoré boli vyhlásené na základe jednej z dvoch európskych smerníc: Smernici o vtákoch (Birds Directive) z roku 1979 (79/409/EEC) a Smernici o biotopoch (Habitats Directive) z roku 1992 (92/43/EEC). Sústava NATURA 2000 sa tak skladá z osobitne chránených území (Special Protection Areas) pre vtáky a z území osobitnej ochrany (Special Areas of Conservation), ktoré sú zamerané na iné druhy a biotopy. V zmysle prístupovej zmluvy medzi členskými štátmi EÚ a SR predložila Slovenská republika Európskej komisii dňa 28. apríla 2004 národný zoznam navrhovaných chránených vtáčích území (uznesenie vlády SR č. 636 z 9. júla 2003) a národný zoznam navrhovaných území európskeho významu (uznesenie vlády SR č. 239 zo 17. marca 2004). V súčasnosti zaberajú územia zahrnuté do NATURY 2000 približne 20 % z celkovej rozlohy Európy.

Schválením Národného zoznamu navrhovaných Území európskeho významu (ÚEV) uznesením vlády SR č. 239/2004 zo dňa 17.3.2004 a jeho následným vydaním Výnosom MŽP SR č. 3/2004-5.1 zo 14. júla 2004 začala na území SR vznikať nová sieť chránených území. Zoznam obsahuje 382 navrhnutých ÚEV o celkovej výmere 573 690 ha (MŽP SR, 2007). Tieto územia sa z 86% prekrývajú s už existujúcou sústavou národných chránených území a ich stupeň ochrany sa zatiaľ nemenil. Zvyšných 14%, na zatiaľ nechránených pozemkoch, sa dostalo pod predbežnú ochranu s druhým stupňom ochrany (www.forestportal.sk).

V zmysle § 2 ods. 2 zákona č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon“) sú definované biotopy európskeho a národného významu nasledovne:

- biotop európskeho významu je biotop, ktorý je v Európe ohrozený vymiznutím alebo má malý prirodzený areál, alebo predstavuje typické ukážky jednej alebo viacerých biogeografických oblastí Európy (§ 2 ods. 2 písm. s/ zákona)
- biotop národného významu je biotop, ktorý nie je biotopom európskeho významu, ale je v Slovenskej republike ohrozený vymiznutím alebo má malý prirodzený areál, alebo predstavuje typické ukážky biogeografických oblastí Slovenskej republiky (§ 2 ods. 2 písm. s/ zákona).

Príloha č. 1 vyhlášky MŽP SR č. 24/2003 Z.z., ktorou sa vykonáva zákon č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny obsahuje 86 biotopov európskeho významu a 25 biotopov národného významu.

Z uvedeného počtu bolo na Slovensku do sústavy chránených území európskeho významu začlenených 19 lesných biotopov, z ktorých 8 je prioritných. Ich celková rozloha je okolo 940 tisíc ha (STANOVÁ, VALACHOVIČ 2002, VICENÍKOVÁ, POLÁK 2003). Výmera jednotlivých biotopov značne kolíše, rádovo od 30 do niekoľko tisíc hektárov. Vybraté biotopy sa vyskytujú po celom území SR. Niektoré z nich sú viac-menej kompaktné, ale väčšina sa nachádza na viacerých lokalitách, ktorých počet dosahuje až niekoľko desiatok.

Merganič J., 2010: Monitorovacie systémy s dôrazom na hodnotenie ekologických parametrov lesných ekosystémov In: Scheer L., Merganič J. 2010: Biometria, informatika, inventarizácia, modelovanie lesa - základ pre precízne lesníctvo. Zborník referátov, TU Zvolen, 30.03.2010, s. 85-96, ISBN:978-80-228-2158-2

Zákon č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny zároveň ukladá monitorovať stav biotopov každých 6 rokov, v stanovených termínoch vypracúvať hodnotiace správy o stave biotopov a predkladať ich príslušným ústredným orgánom.

Od vzniku programu NATURA 2000 sa v celoeurópskom meradle uskutočnil celý rad aktivít na jeho rozpracovanie a postupnú realizáciu. Pre SR bol cenným prínosom projekt DANCEE, v rámci ktorého sa v expertnej skupine pre lesné biotopy spracovali definície priaznivého stavu zachovania jednotlivých biotopov (FCS - favourable conservation status), základné princípy hodnotenia zadefinovaných stavov, ako aj všeobecné zásady manažmentu v týchto biotopoch. Výsledky sú podrobne zdokumentované v knižnej publikácii POLÁK, SAXA (2005) "Priaznivý stav biotopov a druhov európskeho významu", ktorú vydala ŠOP SR v Banskej Bystrici. V rámci uvedeného projektu boli zadefinované aj kritériá a indikátory pre hodnotenie priaznivého stavu biotopu. Smernica o biotopoch požaduje zachovanie alebo znovuobnovenie priaznivého stavu zachovania druhov a biotopov v sieti NATURA 2000. Definícia priaznivého stavu ochrany biotopu (t.j. situácia, kedy biotop alebo druh prosperuje), kritériá a indikátory, ktorými sa má tento stav v konkrétnom biotope posudzovať, sú v základnej štruktúre doporučené dokumentmi NATURA 2000, ale jednotlivé krajiny EU si ich do určitej miery prispôsobujú domácim podmienkam. Na Slovensku boli sformulované širším kolektívom odborníkov z bývalého Lesprojektu Zvolen, LVÚ Zvolen, EFRA Zvolen a ŠOP B. Bystrica v rámci spomínaného projektu DANCEE v pracovnej skupine WG-2 pre lesné biotopy. Výsledkom je súbor tabuliek s kritériami a indikátormi priaznivého stavu ochrany (FCS) osobitne pre každý "slovenský" lesný biotop európskeho významu. Uplatnením hodnotiacej tabuľky vznikne pre každý hodnotený biotop alebo jeho menšiu časť (lokalitu, priestorovú jednotku) kvalitatívne ohodnotenie minimálne troch kritérií alebo aj všetkých 9 indikátorov. Pre komplexné zhodnotenie celkového stavu biotopu bol pre lesné biotopy na Slovensku prijatý kvantifikátor Q (ŠMELKO 2005), ktorý vychádza z teórie EMDS ((Ecomanagement Decision Support System – systém pre podporu rozhodovania v ekologickom manažmente) a kombinuje operátor AND pre kritériá a operátor OR pre indikátory.

V roku 2008 sa riešila úloha pre š.p. Lesy SR – Banská Bystrica, ktorej cieľom bola implementácia Smernice o biotopoch 92/43/EHS pri obhospodarovaní štátnych lesov SR na modelovom území „Jasenie“ (MERGANIČ, ŠMELKO 2008a, 2008b, 2009). Cieľom tohto príspevku je prezentovať vybrané postupy a výsledky z návrhu monitorovacieho systému lesných biotopov a čiastkové výsledky stavu lesných biotopov na LHC Jasenie.

Materiál a metódy

Za experimentálny objekt, na ktorom sa mala overiť metodika mapovania a monitorovania lesných biotopov NATURA 2000, sa zvolilo územie "Jasenie". Tvorí ho prevažná časť lesného hospodárskeho celku Jasenie o celkovej rozlohe 5636 ha. Pre overovacie účely je dané územie veľmi vhodné. Na pomerne malej ploche je dostatočne veľká heterogenita prírodných a porastových podmienok. Na 76.6% výmery záujmového územia sa nachádzajú lesné biotopy v prírode blízkom až prechodnom stave. Na zostávajúcej výmere t.j. 23.4% boli biotopy posúdené ako zmenené a tieto plochy budú z dlhodobého monitoringu vylúčené. Na obrázku 1 je znázornená priestorová lokalizácia stavu biotopov na LHC Jasenie. Na podklade výsledkov terénneho zisťovania bolo na LHC Jasenie jednoznačne vylíšených 9 lesných biotopov. Na ôsmich z nich sa aplikoval monitoring na báze štatistického výberu (Kr 10, Ls4, Ls5.1, Ls5.2, Ls5.3, Ls5.4, Ls9.1 a Ls8) a ďalšom maličkom biotope (Ls1.4) sa hodnotilo metódou „celoplošnej terénnej pochôdzky“. Pri hodnotení ich stavu bol aplikovaný stratifikovaný systematický výber. Uvedeným výberovým systémom sa sledovalo dosiahnutie

vyrovnaného dizajnu t.j. v každom biotope bol založený približne rovnaký počet monitorovacích plôch čím sa zabezpečí približne rovnaká presnosť kvantifikátora Q .

V zmysle metodických pokynov pre terénny zber údajov (MERGANIČ, ŠMELKO 2008b) sa pri každom indikátore $j = 1-5$ v rámci kritérií $k = a - c$ odhadli relatívne miery ($Q_{kj}\%$) priblíženia sa stavu indikátora k modelu lesa, ktorý reprezentuje vývoj lesa bez antropogénneho vplyvu (prales, prírodný les). Miera priblíženia sa indikátorov k modelu je špecifická pre každý biotop a kritériá pre jej posudzovanie sa nachádzajú v práci POLÁK, SAXA (2005). Na záver sa komplexným posúdením určila celková relatívna hodnota FCS kvantifikátora ($Q_{CEL}\%$) stavu biotopu na každej monitorovacej ploche, a to dvojako – odhadom $Q^O_{CEL}\%$ a výpočtom $Q^V_{CEL}\%$, pričom sa zohľadnili váhy indikátorov a kritérií w_{kj} pre príslušný biotop.

Relatívna miera priblíženia sa stavu lesného porastu na monitorovacej ploche k modelu za kritérium ako celok ($Q_k\%$) ($k = a -$ typické druhy, $b -$ štruktúra biotopu, $c -$ negatívne vplyvy) sa vypočítala podľa vzťahu

$$Q_k\% = \frac{\sum_{j=1}^{m_j} Q_{kj}\% \cdot w_{kj}}{\sum_{j=1}^{m_j} w_{kj}} \quad (1)$$

Celková odhadnutá relatívna hodnota FCS kvantifikátora ($Q^O_{CEL}\%$) stavu celého biotopu na monitorovacej ploche sa určila z kvantifikátorov jednotlivých indikátorov $Q_{kj}\%$ resp. z kvantifikátorov jednotlivých kritérií $Q_k\%$ a ich váh w_{kj} resp. w_k nasledovne

$$Q^O_{CEL}\% = \sum_{k=1}^{m_k} \sum_{j=1}^{m_j} Q_{kj}\% \cdot w_{kj} = \sum_{k=1}^{m_k} Q_k\% \cdot w_k \quad (2)$$

Celková vypočítaná relatívna hodnota FCS kvantifikátora ($Q^V_{CEL}\%$) stavu celého biotopu na monitorovacej ploche sa odvodila podľa metodiky zohľadňujúcej princípy EDSS (Ecomanagement Decision Support System – systém pre podporu rozhodovania v ekologickom manažmente, ŠMELKO (2005)) podľa tohto vzťahu

$$Q^V_{CEL}\% = \frac{\min(Q_k) + [AVG(Q_k) - \min(Q_k)] * [\min(Q_k) + 1] / 2}{Q_{max}} * 100 \quad (3)$$

kde:

k – kritérium (napr. a – typické druhy, b – štruktúra biotopu, c – negatívne vplyvy)

j – indikátor (napr. $a1$ - dreviny, $a2$ - byliny a kry, $b1$ - veková štruktúra, $b2$ - prirodzené zmladenie drevín, $b3$ - priestorová štruktúra, $b4$ - hrubé a zvlášť cenné stromy, $b5$ - hrubé mŕtve drevo, $c1$ - zdravotný stav, $c2$ - širšie priestorové súvislosti)

m_k – počet kritérií (3)

m_j – počet indikátorov (2, 5 a 2)

$Q_{kj}\%$ – kvantifikátor j -teho indikátora v kritériu k

$Q_k\%$ – kvantifikátor k -teho kritéria

w_{kj} – váha indikátora podľa POLÁK, SAXA (2005), resp. pri Ls8 priemerná váha (ŠMELKO 2005)

$w_k = \sum_{j=1}^{m_j} w_{kj}$ - súčet váh všetkých indikátorov v rámci kritéria k

Vo vzorci (3) je $Q_k = \sum_{j=1}^{m_j} Q_{kj}\% \cdot w_{kj} / 100$, Q_{max} je hodnota čitateľa vyčíslená pre optimálny

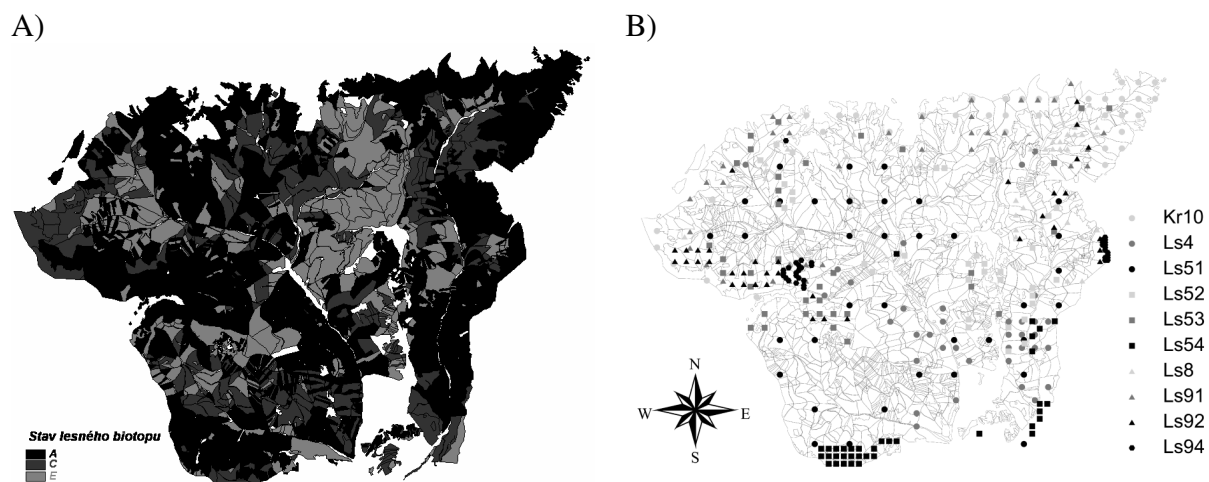
(najpriaznivejší) stav biotopu, keď všetky hodnoty $Q_{kj} = 100\%$.

Vo veľkých biotopoch pri stanovenej presnosti výberového výsledku na úrovni $E(Q) = \pm 5\%$ a predpokladanej variabilite kvantifikátora Q 15% je počet monitorovacích plôch v každom biotope $n = 36$ (MERGANIČ, ŠMELKO 2008a). Hustota (sieť) monitorovacích plôch je v každom biotope rozdielna v závislosti od jeho výmery (P).

Základnou výberovou jednotkou je monitorovacia plocha (MP), na ktorej sa zisťovali všetky monitorované veličiny a tvorí ju:

- plocha A - veľký konštantný kruh s polomerom $r = 25$ m a výmerou $p = \text{cca } 2000 \text{ m}^2$, alebo štvorec rovnakej výmery pre hodnotenie stanovišťa a porastu a
- plocha B - menší kruh buď relaskopický alebo klasický s variabilným (optimálnym) polomerom, prípadne štvorec s rovnakou výmerou pre meranie veličín stromovej zložky.

Obidve plochy A aj B sa zakladajú okolo spoločného stredu v mieste bodu vygenerovanej monitorovacej siete. V teréne sa na miesto založenia naviguje pomocou GPS prístroja. V prípade, že stred MP padol na okraj (hranicu) lesa alebo miesto, ktoré nie je dostupné, alebo bod nereprezentoval príslušný biotop, posunul sa v najkratšom smere na nové miesto a do poznámky sa uviedla informácia o tejto skutočnosti. Informačné spektrum zisťovaných veličín tvorili základné a všeobecné informácie a informácie dôležité pre kvantifikáciu kritérií a indikátorov priaznivého stavu biotopov (FCS) a zisťované sú dvojako: odhadom a priamym meraním.



Obr. 1 Priestorová lokalizácia stavu lesných biotopov A) na podklade terénneho mapovania pracovníkmi NLC Zvolen (A – prírode blízky, C – prechodný, E - zmenený) a návrh monitorovacej siete pre hodnotenie lesných biotopov na LHC Jasenie B)

Výsledky

Kvantifikátor $Q_a\%$ hodnotí priblíženie sa stavu dvoch znakov biotopu – drevinového zloženia (indikátora a1) a fytoocenózy (indikátora a2) v porovnaní s modelovým stavom prirodzeného a prírodného lesa. Je priemerom kvantifikátorov a1 a a2 s ohľadom na ich váhy. Tieto kvantifikátory nadobúdajú v jednotlivých biotopoch hodnoty v širokom rozpätí od 17 do 100%. Priemerné hodnoty sú pomerne vysoké, kolíšu v rozmedzí 67 – 94 %, z čoho vyplýva, že typické druhy monitorovaných biotopov dosť dobre korešponujú s modelovou predstavou. Variabilita jednotlivých hodnôt kvantifikátora okolo priemeru kolíše v jednotlivých biotopoch od 8 do 34%. Hodnoty výberovej chyby (2 – 9 %) naznačujú, že odhad skutočného stavu druhového zloženia v biotopoch bol aj napriek malému rozsahu

výberu ($n = 36$) uspokojivý. Porovnanie medzi biotopmi (obr. 2) ukazuje, že rozdiely v $Q_a\%$ skutočne existujú. Za rovnocenné (homogénne) z hľadiska typických druhov možno považovať tieto biotopy: a) s vyššou úrovňou priblíženia sa k modelu Kr10, Ls5.3, Ls9.1, Ls8 a Ls1.4, b) s nižšou úrovňou priblíženia sa k modelu Ls4, Ls5.1, Ls5.2 a Ls5.4. Ako vyplýva z obrázku 2 najvyššiu hodnotu kvantifikátora sme zistili v biotope Ls9.1 (Smrekové lesy čučoriedkové) a najnižšiu v biotope Ls5.4 (Vápnomilné bukové lesy).

Kritérium b sumarizuje stav až piatich indikátorov zohľadňujúcich rôznymi váhami vekovú štruktúru (b1), obnovu (b2), vertikálnu a horizontálnu štruktúru (b3) ako aj výskyt hrubých a cenných stromov (b4) a hrubého odumretého dreva (b5) v biotope. Kvantifikátory majú v podstate podobné biometrické vlastnosti ako predošlé kritérium a. Priemery výsledného $Q_b\%$ sú však o niečo nižšie (63 – 91 %) a variabilita jednotlivých hodnôt v rámci biotopov je vyrovnanjšia (14 - 29 %). Najvyššiu hodnotu dosahuje kvantifikátor v v maličkom biotope Ls1.4 (Horské jelšové lužné lesy) a najnižšiu hodnotu v biotope Ls8 (Jedľové a jedľovo-smrekové lesy). Hodnota kvantifikátora v uvedenom biotope sa štatisticky významne líši od vyšších hodnôt ostatných biotopov.

Kritérium c zahŕňa iba dva znaky biotopu – zdravotný stav (c1) a vonkajšie negatívne vplyvy (c2). Kvantifikátory tohto kritéria, sú tiež premenlivé, ale v porovnaní s predchádzajúcimi majú menšie variačné rozpätie hodnôt. Priemer $Q_c\%$ dosahuje hodnoty v rozpätí 82 – 100 %, čo je viac ako pri kritériu a, b. Variabilita jednotlivých hodnôt $Q_c\%$ v rámci biotopov je tiež relatívne menšia a pohybuje sa od 6 do 19%. To znamená, že stav kritéria c v monitorovaných biotopoch je relatívne najlepší. Obdobne ako v predošlom prípade najvyššiu hodnotu kvantifikátora sme zistili v biotope Ls1.4 a najnižšiu hodnotu sme zaznamenali v biotope Ls9.1 (Smrekové lesy čučoriedkové). Ako rovnocenné s lepším priblížením sa k modelu môžeme vytvoriť skupinu biotopov Ls1.4, Kr10, Ls4, Ls5.1, Ls5.3 a Ls8, a skupinu s horším priblížením sa k modelu s biotopmi Ls5.2, Ls5.4 a Ls9.1.

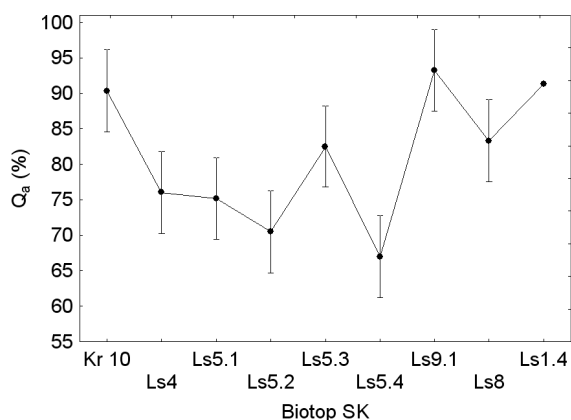
Celkový kvantifikátor indikuje stav celého biotopu v porovnaní s modelom a odvodený je z jednotlivých kritérií jednak ako $Q_{CEL}^O\%$ - vážený priemer odhadov $Q_{kj}\%$, jednak ako $Q_{CEL}^V\%$ - zhodnotenie týchto odhadov metódou EMDS. V prvom prípade sa indikátory a kritériá považujú za vzájomne zastupiteľné (ak sa nesplní požiadavka na jeden indikátor alebo kritérium, môže sa nahradiť iným). V druhom prípade sú zastupiteľné iba indikátory v rámci príslušného kritéria, ale zastupiteľnosť kritérií sa vylučuje. Kvantifikátory $Q_{CEL}\%$ jednotlivých biotopov nadobúdajú vyrovnanjšie hodnoty ako kvantifikátory kritérií $Q_k\%$, čo je vzhľadom na ich charakter celkom pochopiteľné, a to v rozpätí 75-96 % a aj ich vnútorná variabilita je podstatne menšia (8-21 %). Keď pomocou nich zhodnotíme všetky monitorované biotopy, vidíme aj tu dve skupiny s odlišnými hodnotami $Q_{CEL}^V\%$: a) biotopy s vyššou úrovňou priblíženia sa k modelu Kr10, Ls4, Ls5.1 a Ls5.3, b) biotopy s nižšou úrovňou priblíženia sa k modelu Ls5.2, Ls5.4, Ls9.1 a Ls8. Biotop Ls1.4, ktorý kvôli veľmi malej výmere bol monitorovaný celoplošne patrí podľa svojej hodnoty $Q_{CEL}\% = 95,5\%$ do skupiny a). V celkovom hodnotení sa najlepšie prirodzenému stavu približuje biotop Ls1.4 (Horské jelšové lužné lesy) a relatívne najhorší je stav v biotope Ls5.4 (Vápnomilné bukové lesy).

Pre všetky biotopy monitorované v rámci LHC hodnoty kvantifikátora $Q_{CEL}\%$ kolísali v pomerne úzkom rozpätí 75-88 % a ich priemerná hodnota a smerodajná odchýlka medzi jednotlivými biotopmi bola $83,7 \pm 4,4\%$. Výberová chyba priemeru bola $\pm 1,3\%$ a 95 % interval spoľahlivosti sa rovnal $83,7 \pm 1,3\%$, t.j. 82,4 až 85,0 %.

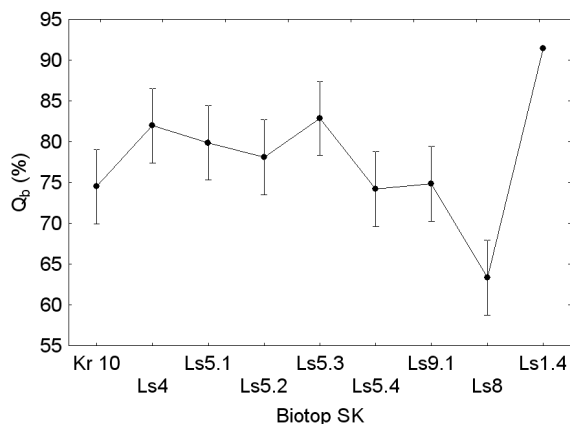
Ako vidieť, v celom súbore biotopov na LHC je veľmi dobrý stav FCS a presnosť jeho zistenia je vysoká. Skutočná chyba monitorovania s 95 % pravdepodobnosťou neprekročí hranicu $\pm 1,3\%$, čo je zhruba 3 krát lepší výsledok ako pri jednotlivých biotopoch. Zvýšená

presnosť výsledku sa dosiahla vďaka tomu, že sa aplikoval výhodný stratifikovaný výber a počet založených monitorovacích plôch bol v celom LHC dostatočne veľký (n=289).

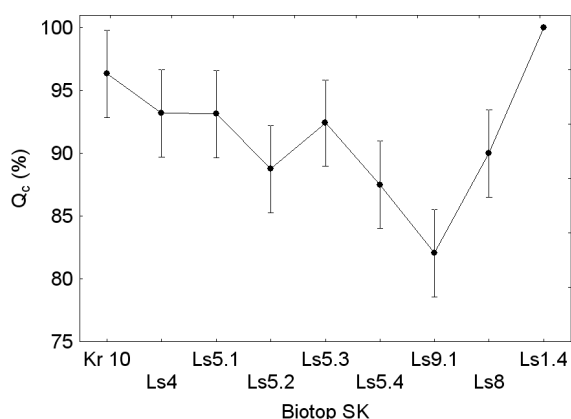
A) Typické druhy



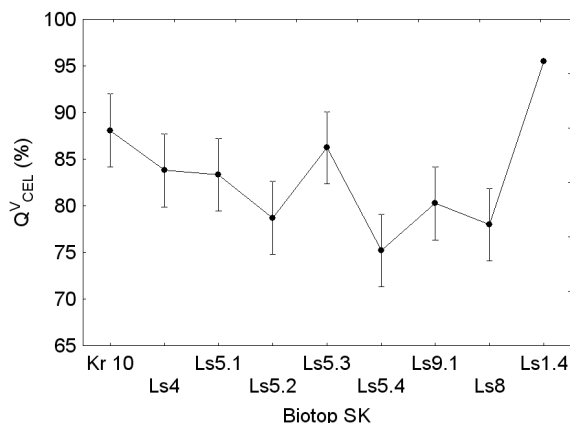
B) Štruktúra biotopu



C) Negatívne vplyvy



D) Celkový kvantifikátor (Q_{CEL}^V %)



Obr. 2 Priemerné hodnoty kvantifikátorov v jednotlivých biotopoch pre kritériá a-c a celkový kvantifikátor Q_{CEL}^V % (● priemer, \square 95% IS)

Záver

Program NATURA 2000 sa stal jedným z dôležitých dokumentov, ktorý sú členské krajiny EÚ povinné naplňať a postupne implementovať. Zákon č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny ukladá povinnosť monitorovať stav biotopov každých 6 rokov, v stanovených termínoch vypracúvať hodnotiace správy o stave biotopov a predkladať ich príslušným ústredným orgánom. Na základe uvedeného je veľmi dôležité mať vypracovanú objektívnu metódu, pomocou ktorej budú verejnosti poskytnuté relevantné a pravdivé informácie. Realizácia úlohy prináša veľmi zaujímavé a inovatívne poznatky z oblasti monitorovania stavu lesných biotopov. Veľkým prínosom tejto práce je skutočnosť, že teoretické poznatky a rozboru boli prakticky preskúšané. V rámci úlohy bolo navrhnutých viacero monitorovacích systémov diferencovaných podľa veľkosti a charakteru lesných biotopov a podľa spôsobu zisťovania veličín potrebných na hodnotenie ich stavu. Na pomerne veľkom počte monitorovacích plôch (289), ktorých rozmiestnenie sledovalo princípy stratifikovaného výberu, t.j. v každom biotope bol založený približne rovnaký počet monitorovacích plôch, boli hodnoty zisťovaných veličín odhadované a merané priamo v teréne. Získali sa tak objektívne informácie o stave jednotlivých lesných biotopov, ktorých vypovedacia schopnosť

Merganič J., 2010: Monitorovacie systémy s dôrazom na hodnotenie ekologických parametrov lesných ekosystémov In: Scheer L., Merganič J. 2010: Biometria, informatika, inventarizácia, modelovanie lesa - základ pre precízne lesníctvo. Zborník referátov, TU Zvolen, 30.03.2010, s. 85-96, ISBN:978-80-228-2158-2

rešpektuje štatistické zákonitosti. Návrh i praktická realizácia monitoringu ukázala možnosti širokého uplatnenia aj v iných územiach európskeho i národného významu.

Použitá literatúra

- KANGAS, A., MALTAMO, M., 2006: Forest Inventory – Methodology and Applications. Springer, Netherlands, 363 p.
- MARUŠÁK R., MERGANIČ J., ŠIŠÁK L., ZÁHRADNÍK D., URBÁNEK V., ŠÁLEK L., KOUBA J., TURČÁNI M., KULLA L., 2009: Komplexní nepenežní a ekonomické ohodnocení biodiverzity jako základního potenciálu funkcí lesa. BIODĚKONOM-Neperiodická zpráva za rok 2009. ČZU 71 s.
- MERGANIČ J., VORČÁK J., MERGANIČOVÁ K., ĎURSKÝ J., MIKOVÁ A., ŠKVARENINA J., TUČEK J., MINĎÁŠ J., 2003: Monitoring diverzity horských lesov severnej Oravy. EFRA Zvolen, Tvrdošín 200 s., Accessed online 17.06.2010: www.forim.sk
- MERGANIČ, J., ŠMELKO, Š. 2008a: Monitorovanie stavu lesných biotopov európskeho významu v š.p. Lesy SR. Základná koncepcia a metodika terénneho zberu údajov. Čiastková správa projektu 563/NLC/2007, FORIM, Zvolen, 33s., Accessed online 17.06.2010: www.forim.sk
- MERGANIČ, J., ŠMELKO, Š. 2008b: Monitorovanie stavu lesných biotopov európskeho významu v š.p. Lesy SR. Metodika terénneho zberu a spracovania údajov pri jednofázovom a dvojfázovom terestrickom výverovom dizajne. Čiastková správa projektu 563/NLC/2007, FORIM, Zvolen, 66s., Accessed online 17.06.2010: www.forim.sk
- MERGANIČ, J., ŠMELKO, Š., 2009: Monitorovanie stavu lesných biotopov európskeho významu v š.p. Lesy SR. Biometrická charakteristika a zhodnotenie stavu lesných biotopov. Čiastková správa projektu 563/NLC/2007. FORIM 51 s., Accessed online 17.06.2010: www.forim.sk
- POLÁK, P., SAXA, A., (eds.), 2005: Priaznivý stav biotopov a druhov európskeho významu. ŠOP SR, Banská Bystrica, 736s.
- SCHMID, P., 1963: Vergleich von Vollkluppierung und Stichprobenaufnahme. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, s. 412-425
- SCHMID, P., 1967: Die Weiterentwicklung der Leistungskontrolle in der Schweiz. Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden, 16, 2, s. 545-549
- STANOVÁ, V., VALACHOVIČ, M., (eds), 2002: Katalóg biotopov Slovenska. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 225 s.
- STOTT, C.B., 1947: Permanent growth and mortality plots in half the time. Journal of Forestry 45:669-673
- ŠMELKO, Š., 1985: Nové smery v metodike a technike inventarizácie lesa. Vedecké a pedagogické aktuality, VŠLD Zvolen, 1985/6, 122s.
- ŠMELKO, Š., 2005: Koncept hodnotenia stavu lesných biotopov v projekte NATURA – 2000 pomocou číselných kvantifikátorov. In: POLÁK, P., SAXA, A., (eds.), 2005, s.138 – 149.
- VICENÍKOVÁ, A., POLÁK, P., (eds), 2003: Európsky významné biotopy na Slovensku. ŠOP SR, Banská Bystrica, 151 s.