

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí  
Program Ekologie a ochrana prostředí, obor Ochrana životního prostředí

Bakalářská práce

**Čo vypovedajú letecké snímky o stave biotopov v  
Národnom parku Šumava?**

**What aerial photographs can reveal about the state of  
habitats in Šumava National Park?**

Mário Hamarčák



**Vedúci práce:** RNDr. Zdeňka Křenová, Ph.D.

Praha, Júl 2013

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že bakalářskou práci s názvem „Co vypovídají letecké snímky o stavu biotopů v Národním parku Šumava?“ jsem vypracoval sám na základě uvedené literatury a vlastních znalostí.

V Praze dne:

.....

Mário Hamarčák

Podakovanie:

Týmto by som chcel poďakovať mojej školiteľke RNDr. Zdeňke Křenové, Ph.D. za odborné vedenie, ochotu a trpezlivosť pri tvorbe tejto práce.

## **Abstrakt**

Využívanie metód diaľkového prieskumu zeme v oblasti ochrany prírody a krajiny zaznamenáva v poslednej dobe veľký rozmach. Možnosť implementácie dát získaných na základe DPZ do prostredia GIS z nich vytvára čoraz silnejší nástroj aj pre samotné vytváranie managementu v zvlášť chránených územiach. Práca sa zaoberá stručným prehľadom metód DPZ, projektov, ktoré využívajú tieto aplikácie a možnosťou ich aplikácie do praxe. Jej súčasťou sú príklady jednotlivých výskumných aktivít v oblasti diaľkového prieskumu zameraných hlavne na ochranu a monitoring stavu lesných porastov. Podáva aj návrh metodiky k analýze zmien stavu biotopov v záujmovom území, ktorým je Národný park Šumava.

**Kľúčové slová:** Biotopy, Management chránených území, Biotopy sústavy Natura 2000, GIS, Letecké snímky, DPZ

## **Summary**

The utilization of remote sensing in the field of nature conservation and landscape management has recently increased tremendously. Possibility of implementing data obtained by remote sensing in GIS has created an increasingly powerful tool also for appropriate management of protected areas. This bachelor thesis delivers a brief overview of remote sensing methods, projects that use these applications and the possibility of their application in practice. Also examples of research activities in the field of remote sensing aimed primarily at protecting and monitoring the state of forests are presented. Finally, a draft methodology for the analysis of changes in habitat qualities in the area of interest, the Šumava National Park, is proposed.

**Keywords:** Habitats, Management of protected areas, Habitats for Natura 2000, GIS, Aerial photographs, Remote sensing

# Obsah

<b>Zoznam skratiek a značiek</b> .....	6
<b>1. Úvod</b> .....	7
1.1 Moderné národné parky .....	8
1.2 Národný park Šumava .....	14
1.3 Natura 2000 .....	24
<b>2. Možnosti hodnotenia stavu ekosystémov</b> .....	27
2.1 Mapovanie biotopov pozemným prieskumom .....	27
2.2 Metódy DPZ (remote sensing) .....	28
2.2.1 Príklady významných projektov využívajúcich DPZ .....	35
2.2.2 DPZ a ochrana lesov .....	38
2.3 Letecké snímkovanie .....	40
2.4 GIS .....	44
<b>3. Navrhnutie metodiky s využitím leteckých snímok a mapovania Natura 2000</b> .....	49
3.1 Metodika analýzy zmien stavu biotopov v Národnom parku Šumava .....	49
<b>4. Záver</b> .....	51
<b>5. Zoznam použitej literatúry</b> .....	54

## **Zoznam skratiek a značiek**

AOPK – Agentúra ochrany prírody a krajiny  
BWNP – Bayerischer Wald National park  
CGSM - Crop Growth Monitoring System  
CLC – Corine land cover  
DMC – digital mapping camera  
DMR – Digitálny model reliéfu  
DPZ – Diaľkový prieskum zeme  
EU – Európska únia  
EVL – Európsky významná lokalita  
FIRS – Fire information with Remote sensing  
GIS – Geographic information systém  
Hz - Hertz  
CHKO – Chránená krajinná oblasť  
IR – Infra red  
IUCN - International Union for Conservation of Nature  
LMS – Letecká meračská snímka  
MARS – Monitoring agriculture with Remote sensing  
NP – Národný park  
NPŠ – Národný park Šumava  
RSS – Remote sensing  
SCI – Sites of community importance  
SPA – Special protected areas  
TANABBO – Tatra National Park Bark Beetle Outbreak  
TANAP – Tatranský národný park  
TMP – Trvalá monitorovacia plocha  
WFP – Wildland fire protection  
WFRB – Wildland fires for resource benefit

# 1. ÚVOD

Príroda v minulých dobách, tak ako aj v súčasnosti, bola často postihovaná najrôznejšími druhmi disturbancií spôsobenými abiotickými a biotickými činiteľmi. Medzi abiotické faktory s najväčším vplyvom, čo sa krajinných zmien vrámci Európy týka, možno zaradiť požiare, ktoré za obdobie od 1961 – 2000 zničili v priemere 213 000 ha lesa ročne, teda asi 0,15 % z celkovej rozlohy lesného pokryvu v Európe (SCHELHAASE et al. 2003). Ďalej sneh a veterné polomy dosť významne podmieňujú zmeny krajinej pokrývky, ktorá predstavuje fyzický stav súčasnej krajiny, reprezentovaný tak prírodnými, ako aj človekom modifikovanými a vytvorenými objektmi. Za zmienku stojí napríklad vetrová kalamita z 19. novembra 2004, ktorá postihla najmä stred a sever Slovenska a spôsobila kalamitu na výmere takmer 330 tis. ha lesa (ZÚBRIK & KUNCA 2006). Paralelne s týmito vplyvmi pôsobia faktory biotické, čiže určitý typ škodcu, ktorý podmieňuje disturbance hlavne negatívneho charakteru. Napríklad horské smrečiny na českej ale aj bavorskej strane Šumavy od polovice 90. rokov zasiahol výrazný rozmach lykožrúta smrekového (*Ips typographus*) (MATĚJKOVÁ & JONÁŠOVÁ 2004). Prírodné zmeny sú kľúčovými faktormi dynamiky lesného ekosystému. Disturbancie, ako je požiar, víchrica a populačná gradácia hmyzu, výrazne ovplyvňujú štruktúru a zloženie lesa. Taktiež hrajú významnú úlohu pri udržiavaní biodiverzity (LINDENMAYER et al. 2006).

Pre lepšie poznanie a racionálne využívanie krajiny a prírodných zdrojov je potrebné mať prehľad o stave prírody a taktiež získavať podrobné informácie o všetkých týchto zmenách prebiehajúcich v krajine. Mapovanie jednotlivých krajinných biotopov nesúvisí iba s prírodnými disturbanciami, ale ako už bolo spomenuté, hrá dôležitú úlohu pre samotné obhospodarovanie krajiny a tvorbu jednotlivých hospodárskych plánov. Takto získané poznatky slúžia aj ako podkladové materiály pre formovanie managementov v rámci národných parkov a ostatných chránených území. Zásadný monitoring stavu prírodných biotopov prebehol na území celej Českej republiky v súvislosti s prípravami na vstup do Európskej únie. V období rokov 2000 až 2004 došlo k mapovaniu biotopov v zmysle vytvorenia odborného podkladu pre navrhovanie európskych významných lokalít EVL v rámci sústavy Natura 2000. Tento prieskum zaštila AOPK ČR (HARTEL et al. 2009, LUSTYK & OUŠKOVÁ 2011).

Mapovanie daného územia sa v minulosti uskutočňovalo hlavne na základe pozemného prieskumu. Táto metóda bola použitá aj pri spomínanom monitoringu na získanie podkladov pre územia sústavy Natura 2000. Pozemný prieskum sa využíva aj v súčasnosti no je metódou pomerne časovo a fyzicky náročnou. Avšak táto metóda je postupne čoraz viac a častejšie nahradzovaná modernými pozorovacími metódami, ako je diaľkový prieskum zeme DPZ inak aj Remote sensing a GIS alebo geografický informačný systém. Materiály DPZ, akými sú letecké či kozmické snímky, nám umožňujú získať informáciu o súčasnom stave využitia krajiny v pomerne krátkom čase s minimálnou potrebou mapovania krajinných štruktúr v teréne.

Táto bakalárska práca je zameraná na hľadanie vhodných metodických postupov využívajúcich nástroje GIS a DPZ na hodnotenie zmien stavu biotopov v záujmovom území, ktorým je plocha NP Šumava. Podáva rešerš hlavných metodík využívaných pri hodnotení stavu biotopov a ekosystémov a stručnú charakteristiku záujmového územia. V poslednej kapitole je predstavený samotný návrh metodiky analýzy zmien stavu biotopov v Národnom parku Šumava zachytených na ortofotomapách z rokov 2004 a 2011. Práca v závere obsahuje zhodnotenie jednotlivých metodík a ich využiteľnosť na území NP Šumava.

## **1.1 Moderné národné parky**

Parky ako také vznikali už od dávna. Príkladom je centrálny Londýn, kde sa nachádzajú viac ako 500-ročné parky, ktoré sú ukážkou ideí a zmien užívania týchto plôch v čase. Všetky parky vytvára spoločnosť s cieľom, ktorý je odlišný v čase ale aj geograficky. S plynutím času inštitúcie v tejto sfére dozreli nadobudnutím dostatku vedomostí, začali napredovať rôzne hodnoty, ktoré mali vplyv na zmenu managementu, vedúceho k akejsi forme ochrany v týchto oblastiach. Jednu z najstarších definícií slova park poskytuje anglický výkladový slovník, ktorý park charakterizuje ako uzavreté územie značného rozsahu neďaleko miest, ktoré je určené na rekreáciu ľudí a kde títo návštevníci majú príležitosť pozorovať zvieratá. Toto chápanie parku postupne expandovalo do celého sveta no počase bolo rozšírené a zmenené v rôznych smeroch. Je zjavné, že tieto oblasti mali slúžiť ľuďom na oddych a na akési napĺňanie ich cieľov. Parky sa stali miestom pre spoločenské aktivity, športové podujatia a iné udalosti podobného charakteru. Aj preto je



nutné, aby manažéri parkov porozumeli zámerom navštevnikov a dokázali vhodne prepojiť záujmy ochrany prírody a rekreačné nároky navštevnikov. Postupom času začala napredovať ochrana geografických prvkov ako napríklad roklín či vodopádov. Začína sa dbať o ekologickú stránku vecí, a to z pohľadu ekologickej produkcie, kde je ako príklad možné uviesť vznik parku Algonquin NP v kanadskej provincii Ontário v roku 1893 s cieľom udržateľnej ťažby a ochrany vôd (EAGLES&MCCOOL 2002).

Už v roku 1872 podpísal americký prezident Grant zákon o vzniku Yellowstonského parku. V histórii však už nešlo o prvé chránené územie. Tým bol NP Yosemite, ktorého ochrana sa datuje od roku 1864. Účelom vyhlásenia tohto národného parku bola ochrana jedinečných krás a pôvodnej prírody severoamerickej divočiny, s cieľom zamedziť osídľovaniu a hospodáreniu na území, a zároveň sprístupniť územie širokej verejnosti (YELLOWSTONE NATIONAL PARK, 2004). Za druhý najstarší národný park v histórii možno považovať Royal National Park v Austrálii z roku 1879. Nasledovali parky v Kanade (NP Banff), Novom Zélande (Tongagiho) a Mexiku. Zaujímavosťou je, že táto vlna vzniku národných parkov ako zákonom chránených oblastí nezasiahla Európu, čo sa často pripisuje inej kultúre no hlavne vedeckému a technickému pokroku, ktorý vtedy v Európe vládol. Prvé národné parky v Európe vznikli vo Švédsku v roku 1909 (až 9 NP napr. Sarek, Stora, Abisko a ďalšie). Štatistická krivka začala od tej doby značne stúpať od niekoľko tuctov parkov na začiatku 20. storočia až po tisíce v osemdesiatych rokoch. Existuje niečo ako Spojené národy parkov CEDIP, stredisko pre dokumentáciu parkov, ktoré registrovalo asi 3000 zo 4500 – 5000 parkov, ktoré na planéte existujú. Ich podrobný zoznam je v databáze IUCN (Medzinárodný zväz pre ochranu prírody a prírodných zdrojov) v Cambridgi (GRAZZINI1991).

Oblasť strednej Európy taktiež nemá núdzu o národné parky, a to aj napriek tomu, že ide o územie človekom obývané už od neolitu a takmer všade možno pozorovať známky ľudskej prítomnosti. Počet národných parkov aj navzdory významnému vplyvu človeka prekračuje päťdesiat. Pás územia medzi Baltským a Jadranským morom zahŕňa okrem morského pobrežia, piesočných dún aj rozľahlé nížiny, horské masívy so strmými skalnatými štípmi (Alpy), hlboké lesy (Sudety, Šumava, Karpaty). Aj keď by sa zdalo, že národné parky chránia iba panenskú prírodu, dva najnázornejšie príklady zo stredu Európy tento mýtus vyvracajú. Konkrétne sa to týka maďarskej pusty a poľsko-slovenských Polonín. Každý zo šiestich štátov strednej Európy, kde patrí Česko, Slovensko, Poľsko, Maďarsko, Rakúsko a Slovinsko sa môže pýšiť národným parkom, pričom najlepšie

z hľadiska početnosti je na tom Poľsko s počtom 23 NP, no z pohľadu rozlohy sú na tom najlepšie Slovensko a Maďarsko, u ktorých podiel národných parkov z celkovej rozlohy presahuje 5 %. Celková rozloha NP v kilometrech štvorcových predstavuje 16 076 čo je asi 2,5 % z celkovej rozlohy územia (ANDĚRA 2008).

Národné parky v strednej Európe ale nie sú obvykle dostatočne veľké a ich fungovanie ako samostatných celkov s funkčnými regulačnými mechanizmami, ktoré prirodzene riadia dynamiku lesných ekosystémov je obtiažné. Dost' často v nich chýbajú veľkí predátori, preto je niekedy potrebné vykonávať časovo obmedzené managementové opatrenia, ktorých cieľom je zaistiť ochranu významných druhov a zachovanie cenných biotopov. Týmito opatreniami sa docieľuje to, že z dlhodobého hľadiska zostanú na území zachované druhy a biotopy významné pre kvalitu NP.

Z hľadiska významu národných parkov v prostredí kultúrnej krajiny v oblasti strednej Európy možno použiť novú definíciu Medzinárodného zväzu ochrany prírody (IUCN): *Chránené územie je „zreteľne vymedzený geografický priestor, rešpektovaný, vyhradený a riadený prostredníctvom právnych a ďalších účinných prostriedkov za účelom dosiahnutia dlhodobej ochrany prírody a s ňou spojených ekosystémových služieb a kultúrnych hodnôt“* (DUDLEY 2008). Geografický priestor tu znamená geograficky vymedzené územie s terestrickými, sladkovodnými alebo morskými ekosystémami. Chránené územie má byť rešpektované, napr. zaradením do svetovej databázy chránených území (WDPA 2012), vyhradené a chránené príslušnými orgánmi a organizáciami ochrany prírody v zmysle medzinárodných dohovorov a domáceho práva. Riadenie a starostlivosť o územie (management) má zabezpečiť účinnú a efektívnu ochranu prírodných a poloprírodných ekosystémov v spolupráci štátnych orgánov, dotknutých obcí, majiteľov a nájomcov pozemkov, mimovládnych organizácií a podnikateľského sektora. Z definície chránených území tiež vyplýva, že okrem prírodných hodnôt sa majú chrániť aj jeho kultúrne hodnoty. K hlavným účelom vyhlasovania chránených území patrí zabezpečenie účinnej právnej ochrany pôvodných ekologických procesov a biodiverzity na všetkých jej úrovniach (t. j. ochrana druhov, spoločenstiev, ekosystémov a genetickej diverzity), pri súčasnom umožnení vedeckého výskumu, ekologickej výchovy, vzdelávania a rekreácie (VOLOŠČUK 2005; DUDLEY 2008).

Pokiaľ ide o národný park, môžeme ho definovať ako územie s veľkoplošne uchovaným prírodným prostredím jedinečnom v národnom alebo nadnárodnom meradle a dlhodobým cieľom je jeho ochrana alebo jej postupná obnova v častiach, kde chýba.

Prevažnú časť tohto územia zaberajú prirodzené a ľudskou činnosťou málo ovplyvnené ekosystémy, v ktorých rastliny, živočíchy a neživá príroda majú mimoriadny vedecký a výchovný význam. Samotné využitie národného parku musí byť podriadené zachovaniu a zlepšeniu prírodných pomerov a v súlade s cieľom sledovaným jeho vyhlásením. Národné parky vyhlasuje parlament (v rámci ČR a SR) zákonom. Sú najcennejšou a najprísnejšie chránenou kategóriou veľkoplošných chránených území. Dôležitým nástrojom ochrany prírody v NP je zonácia, v jednotlivých zónach je odstupňovaná ochrana (VOŽENÍLEK et al. 2002).

Česká republika patrí medzi krajiny s najdlhšou tradíciou ochrany prírody na svete. Samotný pohľad ľudí na poslanie a úlohu ochrany prírody sa vyvíjal a menil od konzervačného prístupu až k modernej, dynamickej ochrane prírody využívajúcej množstvo postupov. Národné parky chránia tie najcennejšie územia so zachovanými prírodnými fenoménmi a s vysokým potenciálom autoregulačných procesov. Vyznačujú sa hojným výskytom vzácnych či ohrozených druhov rastlín a živočíchov, ale aj prítomnosťou ubúdajúcich typov stanovišť. Aj preto je ich územie kostrou vytvárajúcej sústavy EVL, známej ako NATURA 2000. Na území ČR sa rozliehajú 4 národné parky: NP České Švýcarsko, Krkonoše, Podyjí a Šumava. Posledný menovaný je tiež plošne najväčším parkom s celkovou rozlohou 685 km<sup>2</sup>, bol založený v roku 1991 (ANONYMUS 2010). V poslednej dobe narastá tlak na využívanie územia národných parkov a chránených krajinných oblastí aj mimo sféry ochrany prírody. Táto doba je charakteristická hľadaním spôsobu ako zachovať prírodu v týchto oblastiach, a zároveň umožniť ich primerané využívanie.

Napriek rešpektovaniu významu chránených území a narastaniu ich počtu a rozlohy v celosvetovom meradle, existujú medzi nimi veľké rozdiely v kvalite a v spôsobe riadenia a starostlivosti o ne (managementu). Ekosystémy mnohých chránených území ohrozuje fragmentácia a degradácia ich biotopov, znečisťovanie miestnymi zdrojmi aj diaľkovým prenosom znečistenia, klimatická zmena a invázne druhy (UNEP 2012). Tieto procesy a riziká zvyšuje aj nedostatok štátnej a politickej podpory a potrebných finančných prostriedkov na zabezpečenie ochrany aj obnovy ekosystémov, čo znamená, že biodiverzita ani v hraniciach CHÚ nemusí byť primerane chránená (COAD et al. 2008). Pre účinnú ochranu biodiverzity prostredníctvom sústav chránených území je preto dôležité zabezpečiť primeraný management a starostlivosť o územia.

Každé chránené územie nevynímajúc národný park si vyžaduje individuálny plán starostlivosti a ochrany, čo je podmienené hlavne špecifickosťou daného územia. V súčasnej dobe sa správy jednotlivých chránených území čoraz viac musia zaoberať riešením problematiky rôznych kalamít (ako nepriaznivá disturbancia), ktoré tieto územia postihujú a to sa odzrkadľuje aj na samotných hospodárskych plánoch. Tieto nepriaznivé, zvyčajne nečakané zmeny sú často spájané najmä s globálnou klimatickou zmenou. O tom svedčí fakt, že touto problematikou sa aktuálne zaoberá veľké množstvo vedcov a vedeckých prác a taktiež správy NP po celom svete. Príkladom z nedávnej minulosti je aj prípad NP Bayerischer Wald, (NP Bavorský les) teda západného suseda NP Šumava. Bavorský les, obdobne ako aj NP Šumava, počas jeho histórie zasiahlo niekoľko polomov spôsobených víchricou a nevyhol sa ani náletom kôrovca (v roku 1985 nálet kôrovca na ležiace drevo z dva roky starých polomových plôch). V rokoch 1995 – 2000 došlo k ďalšiemu jeho premnoženiu rovnako, ako aj na strane Českej. Príčinou bolo teplé a suché obdobie v spojení s narušením koreňových systémov smrekov víchricou z roku 1990 a 1991( víchrica Wiebke). V tomto období došlo k výrazne masívnejšej gradácii ako u predchádzajúcich. Kôrovec napadol celkovo 3345 ha lesa. Rok 2001 priniesol rapidný ústup kôrovcového napadnutia (iba 55 ha z 605 ha v roku 2000). Príčina jeho ústupu zatiaľ nie je úplne objasnená. Zaujímavosťou je, že jeho pokles nekorešponduje s počasím, ktoré mu prialo. Pri vyhodnocovaní leteckých snímok za rok 2001 bol prvýkrát použitý moderný postup, ktorý mal oproti dovtedy aplikovanej metóde väčšiu presnosť. Bolo použité stereoskopické posudzovanie a interpretácia naskenovaných leteckých snímok pomocou 3D okuliarov a počítačového monitoru a následné prenesenie rozpoznaných mŕtvych plôch z počítača do ortofotografií. Management ochrany v NP Bavorský les sa podstatne odlišoval od ochranných krokov vykonávaných na území NP Šumava. Rozdielom bola hlavne otázka budúcnosti lesov napadnutých kôrovcom, kde tzv. Bavorská cesta znamenala ponechať smrčiny „zožrat“ kôrovcom, čo sa po početných, dlhotrvajúcich prieskumoch ukázalo ako správna voľba. Ukázalo sa, že ponechanie vývratov i kôrovcových súší na mieste zabránilo masovému nástupu rôznych druhov tráv a premnoženiu malých hlodavcov. Taktiež došlo k vytvoreniu vhodných podmienok pre prirodzené znovuzmladenie, kde z opadajúcej kôry a vetví postupne vznikala bohatý substrát. Podobné výsledky vykazuje monitoring v bezzásahovej oblasti na Modrava. Naopak v prilahlých častiach NP Šumava, kde sa proti kôrovcovi intenzívne zasahovalo,

vznikli rozsiahle holiny s niekoľkonásobne nižšou početnosťou znovuzmladenia porastov (BLÁHA2003).

V súčasnej dobe NP Bayerischer Wald možno rozčleniť do štyroch zón: prírodná zóna, rozvojová zóna, pufračné pásmo a rekreačná oblasť. Samotná prírodná zóna, s prioritou prírodných procesov bez managementových zásahov predstavuje 55,86 % z celkovej výmery parku. Opakom je pufračné pásmo, v ktorom sa uplatňujú účinné opatrenia na ochranu lesov v susedstve NP. Aktívna ochrana proti lykožrútovi, teda aplikácie bežných lesníckych opatrení, sa trvale uskutočňuje v okrajovej pufračnej zóne a zóne 4, do roku 2027 v zóne 2a, 2b (vo vysokých polohách v rozšírenej časti NP) a v zóne 2c (oblasť medzi oblasťou rozšírenia a pufračnou okrajovou zónou), ktoré sú postupne prevádzané do bezzásahového režimu prírodnej zóny, tzv. Naturzone ([www.nationalpark-bayerischer-wald.de](http://www.nationalpark-bayerischer-wald.de)).

Cieľom NP Bavorský les, stanoveným právnym predpisom, je dosiahnutie 75 % plochy parku, na ktorom sa príroda bude môcť rozvíjať bez zásahu človeka. Na základe výsledkov výskumu v starej časti parku, kde sa lesy na spomínaných troch štvrtinách plochy územia už viac než 20 rokov vyvíjajú bez zásahu, je evidentné, že ide o úspešnú cestu k zmladeniu drevín i k návratu vzácných druhov rastlín a živočíchov. Proti kôrovcovi sa zasahuje iba vo vymedzenej okrajovej zóne, ktorá je minimálne 500 a maximálne 1100 metrov široká. Zasahuje sa trvalo, a teda susedné hospodárske lesy, ktoré sú vo väčšine skromné, sú tak úspešne chránené pred napadnutím. V celom NP nie sú používané pri zásahoch chemické prípravky, napadnuté stromy sú čo najrýchlejšie spracované a odvezené. Správa NP sa snaží tiež zvyšovať podiel odkorenených kmeňov, ktoré zostávajú na území na rozklad. V tomto roku je to cca 20.000 m<sup>3</sup> dreva. Polomy spôsobené snehom na smrekoch sú mimo bezzásahovej zóny preventívne spracovávané, pričom buky, jedle ani ostatné druhy drevín, u ktorých nehrozí napadnutie kôrovcom sa na celom území NP netiažia (LINNER& WANNINGER2010).

Na špecifickosť jednotlivých plánov ochrany a starostlivosti ďalej môžeme poukázať na základe managementu vykonávaného v najstaršom národnom parku Yellowstone, ktorý bol založený v roku 1872. Jednou zo stabilných častí samotného plánu je oblasť management požiarov. Tzv. Wildland Fire Program stanovuje dva základné ciele. V prvom rade sa snaží potlačiť požiare zapríčinené ľudskou činnosťou, alebo tie, ktoré ohrozujú ľudí, majetok a prírodné hodnoty. Zároveň sa snaží docieľiť, aby prirodzene vzniknuté požiare mohli voľne horieť ako súčasť prirodzených procesov ekosystému. Dosiahnutie týchto cieľov si vyžaduje požiarnu pripravenosť, znižovanie

množstva nebezpečného paliva, monitoring prírodných požiarov a ich vplyv na ekosystémy v národnom parku. Tento program je postavený na štyroch základných zložkách, kde okrem hasiacich skupín spadá aj monitoring požiarov a hodnotenie ich vplyvu na prírodné zložky. Ide o pomerne prepracovaný monitorovací systém, pri ktorom po vypuknutí požiaru túto správu dostane dispečing a následne sa začína vyhodnocovanie monitorov, ktoré určia príčinu požiaru. Požiare spôsobené ľudskou činnosťou sú okamžite potlačené, zatiaľ čo u požiarov zapríčinených napríklad bleskom sa necháva voľný priebeh až dovtedy, kým nedôjde k ohrozeniu ľudí alebo majetku. Paralelne s tým monitory zbierajú dôležité informácie, ktoré určia, aké opatrenia na riadenie týchto procesov majú byť prijaté. Tieto požiare sú nazývané Wildland fires for resource benefit (WFRB). Súčasne je monitorované počasie a digitálne snímky mapujú správanie ohňa. Monitory sú schopné posúdiť tiež vývoj požiaru.

Posudzovanie účinkov požiaru sa uskutočňuje na základe satelitných snímok, pričom pre zmyslupnosť satelitnej snímky je potrebná korelácia s podmienkami pozorovanými na zemi, o ktorých informácie zozbieravajú jednotlivé zložky programu WFP (Wildland Fire Program) ([www.nps.gov](http://www.nps.gov)).

## 1.2. Národný Park Šumava

### *História*

Oblasť Šumavy bola už od dávna spájaná s hustým hlbokým lesom, ktorého prítomnosť bola charakteristická natoľko, že sa slovo hvozď/les dlhodobo objavuje v názve pohoria. O tom svedčí aj prvý dochovaný keltský názov – Gabreta – pohorie s hlbokými horskými lesmi, ďalej germánske označenie pohoria Böhmerwald. Zmienky o Šumave v českom jazyku nachádzame až od 17. storočia, kde má základ v praslovanskom slove – šuma – označujúcom taktiež hvozď alebo hustý les. Na prelome letopočtov bola Silva Gabreta súčasťou celku Hercynského lesa, ktorý bol podľa G. J. Caesara dlhý 60 a široký 9 dní pochodu. Jeho hlavným rysom bol však jeho vysoký vek (Plinius).

Počiatky kolonizácie lesa na česko-bavorskom pomedzí siahajú do obdobia 8. – 9. storočia, keď benediktíni z kláštora Nieder Altaich začali spravovať tzv. „Severní les“. Niekoľko storočí potom boli hlavnými organizátormi kolonizácie aj na strane českej. Ľudské potreby a technické vymoženosti po stáročia rástli a paralelne s tým sa kraj

šumavských lesov zmenšoval. Kúsok tejto prírody nakoniec zachránili strategické, no skôr mocenské dôvody. V 20. storočí po vzniku železnej opony, ktorá na desiatky rokov rozdelila Európu a znepríjemnila život mnohým ľuďom, začalo toto územie napriek všetkým týmto problémom profitovať, a to najmä vysídlením pôvodných obyvateľov, striktno regulovanému prístupu a obmedzenému hospodáreniu v krajine hraničného pásma. Práve tieto činitele podmienili vznik výborných podmienok pre prirodzený vývoj v tejto oblasti. Šumava bola krajinou srdca nielen pre Čechy, ale aj pre ich nemeckých susedov, kde rovnako ako na strane českej bola osídlená zo strany nemeckej a tiež rakúskej. Práve obyvatelia z bavorskej strany ako prví pochopili novodobý význam Šumavy a v roku 1970 vyhlásili Národný park Bavorský les. O dvadsať rokov nato, po páde železnej opony vznikol národný park aj na českej strane hraníc.(ŠATRŮČKOVÁ& VRBA 2010).

Novodobá história Národného parku Šumava (NPŠ) sa začala písať dňa 20. 3. 1991, vyhlásením NP nariadením vlády ČR č. 163/1991 Sb (VOŽENÍLEK et al. 2002). S rozlohou 685 km<sup>2</sup> ide o plošne najväčší národný park Českej republiky, zahŕňajúci najcennejšie časti Šumavy na juhozápade Čiech medzi Železnou Rudou a masívom Smrčiny. Patrí k najrozsiahlejším súvislým lesným masívom strednej Európy. Viac než 80% plochy parku tvoria lesy – význam majú hlavne pralesovité zbytky horských zmiešaných lesov so smrekom, bukom jedľou či horských smrečín v najvyšších polohách parku (Plechý 1387 m n.m. zároveň najvyšší vrchol českej časti Šumavy). Typickým znakom sú rozľahlé náhorné plošiny, horské vrchovištia, nivy a mokrade pozdĺž tokov hornej Vltavy a Křemelné. Kedysi prítomný ľadovec zanechal po sebe stopy v podobe jazier v karoch pod vrcholmi Plechého, Plesné a Poledníku (ANONYMUS, 2003).

### *Prírodné pomery*

Z geologického hľadiska oblasť NP Šumava náleží k jadru Českého masívu, ktorého vznik spadá do obdobia na rozhraní prahôr a starohôr. Rozlieha sa v chladnej oblasti mierne chladného pásma, no táto zóna pokrýva iba vrcholové oblasti. Najnižšie oblasti spadajú do mierne teplého pásma s pomerne vysokou vlhkosťou. Klíma je vlhká, oceánskeho charakteru so studeným jarným obdobím a teplou jeseňou.

Pohorie Šumavy je vďaka mnohým prameňom a rašeliniskám hydrologicky veľmi významnou oblasťou, dokonca ho pretína hlavné európske rozvodie medzi Severným morom (povodie Vltavy) a Čiernym morom (povodie Dunaja). Z hydrologickej stránky

majú veľký význam ľadovcové jazerá (Čiernejazero) a rašeliniská (Tříjezerní slat'). V týchto lokalitách bola v roku 1978 vyhlásená chránená oblasť s akumuláciou prírodnej vody (VACEK&PODRÁZSKÝ, 2003).

Pre flóru Šumavy je charakteristická celkovo nižšia druhová diverzita v porovnaní s flórou alpských či karpatských oblastí. Tento fakt podmieňujú jednotvárne geologické a pôdne pomery a súčasne aj prevaha lesnej vegetácie v pohorí, ktorej až na malé ostrovčeky chýba subalpínsky vegetačný stupeň.

Významnú súčasť fauny Šumavy tvoria druhy súvisle sa vyskytujúce v severskej tajge a lesotundre, pričom v južných oblastiach sa vyskytujú iba rozptýlené v podobe malých ostrovčekov. Podobne aj v horských polohách a iných klimaticky vhodných podmienkach (kary šumavských ľadovcových jazier). Z množstva významných zástupcov možno menovať druhy ako *Carabus menetriesi*, vodné ploštice *Notonecta reuteri*, pavúky *Pardosa sphagnicola*, *P. hyperborea* a *Pirata uliginosus*. Tieto druhy sú typické hlavne na rašeliniskách. V lesoch prirodzeného charakteru sa zachovala významná skupina mäkkýšov s vysokou druhovou diverzitou (napr. Stožec – 41 zistených druhov). V bučinách hniezdi d'ateľ bielochrbtý, v klimatických smrečinách zase drozd kolohrivec. Za zmienku stojí aj výskyt výra skalného, bociana čierneho či orla krikľavého. K zástupcom veľkých stavovcov radíme jazveca lesného, srnca lesného a jeleňa lesného. V súčasnosti sa na území parku trvale vyskytuje los. Z veľkých predátorov je zaznamenaný iba výskyt rysa ostrovida.

### *Lesy v NP Šumava*

Vývoj lesa a súčasný stav porastov súvisí s hospodárskym a kultúrnym rozvojom oblasti. Vzhľadom na neskoré osídľovanie oblasti je druhová skladba miestami ešte pomerne blízka pôvodnému zloženiu (smrek, jedľa, buk, klen). Lesy dnes pokrývajú 80 % celkovej rozlohy územia (VOŽENÍLEK 2002, ALBRECHT et al. 2003). V závislosti od zvislej štruktúry prirodzenej vegetácie dominovali v nižších a prechodných polohách acidofilné horské bučiny, zatiaľ čo podmäčené smrečiny, rašeliniská v polohách vyšších až po klimaxové smrekové lesy v najvyšších polohách. Pozdĺž horných a stredných tokov sa rozliehali jelšové lesy. Prirodzená nelesná vegetácia sa na Šumave vyskytuje iba zriedkavo na malých plochách (napr. kary ľadovcových jazier, okraje rašelinísk).



Šumavské vrchoviská reprezentujú najlepšie dochované primárne ekosystémy. V závislosti od pomerov stanoviska sa vyvíjali dva typy vrchovísk: horské a údolné.

Veľká vlna osídlenia a následný výrub v jadrových oblastiach Šumavy nastal v polovici 18. storočia a bol sprevádzaný silným rozvojom sklárstva. Sekundárne dochádzalo k odlesňovaniu vypaľovaním a čistením týchto oblastí. Celková devastácia lesov bola natoľko alarmujúca, že na niektorých miestach plánovaná regenerácia šumavských lesov musela byť realizovaná na začiatku 19. storočia. Keďže tvrdé drevo bolo preferované pri ťažbe od 17. storočia, bučiny a zmiešané lesy ustúpili dávno a druhové zastúpenie sa výrazne zmenilo. Podiel zásob mäkkého dreva predstavuje v NP Šumava 94,6%, skladá sa prevažne zo smreka (85,2%). Buk (3,8%) je hlavnou zložkou zásob tvrdého dreva s podielom 5,4%. V priemere je objem drevnej hmoty na 1 ha 266 m<sup>3</sup> veľkých kmeňov (minimálny horný priemer 7 cm), to je o 16% viac, ako je priemer ČR. Priemerná hustota je 0,86 a priemerný čas rotácie 158 rokov. Priemerná ročná ťažba v poslednom desaťročí tvorí 4,0 m<sup>3</sup>/ha, čo je o 23% menej, ako je priemer Českej republiky (VACEK & PODRÁZSKÝ, 2003).

Zdravotný stav lesných porastov na Šumave je periodicky narušovaný kôrovcovou gradáciou. Tá posledná trvá asi 15 rokov. Počiatky siahajú do roku 1983, keď Národný park Bavorský les vyhlásil prvé bezzásahové územia s rozlohou 5500 ha. Vetrom spôsobené polomy, ktoré neboli spracované, sa stali hlavným faktorom, ktorý zapríčinil rozšírenie tohto škodcu na obe strany hranice v roku 1983 a 1984. V polovici 90. rokov 20. storočia došlo vplyvom klimatických podmienok k silnej gradácii. V NP Šumava sa aplikovali intenzívne opatrenia, hlavne rozšírenie oblastí, kde prebiehal úplný výrub, a od roku 1996 sa používali ako ochrana proti poškodeniu kôrovcom. Od polovice deväťdesiatych rokov cca 4930 ha smrekových porastov bolo postihnutých (3500 ha na bavorskej strane, 1430 ha na českej strane). V NP Bavorský les sa zóny bez zásahu rozkladajú na 75 % plochy. Proti kôrovcovi sa zasahuje iba vo vymedzenej okrajovej zóne, ktorá je minimálne 500 a maximálne 1100 metrov široká. V tejto zóne sa zasahuje trvale, a tak sú okolité hospodárske lesy úspešne chránené pred napadnutím. Rovnaký management platí aj v novej časti národného parku v okolí hory Falkenstein (rozloha 11 000 ha), a teda k trvalým zásahom dochádza iba v tzv. okrajovej zóne (LINNER & WANNINGER 2010).

V Čechách bol výrub uskutočnený najmä pozdĺž bezzásahového územia v oblasti Březníku (nadväzuje na BWNP), kde neprebehli žiadne zásahy proti kôrovci. Na českej strane Šumavy, kde horské smrečiny nie sú ohraničené pásom zmiešaného lesa, pokračoval intenzívny výrub na ploche cca 811 ha v období rokov 1995 – 2001 (VACEK & PODRÁZSKÝ 2003). K razantným zásahom došlo v roku 1996, keď bolo vyťažených rekordných 200 tis. m<sup>3</sup> kôrovcového dreva. Vedľa toho narastali aj plochy odumretých porastov v zónach bez zásahu. Vzápätí došlo aj k strategickým zmenám, obranné opatrenia boli eliminované do oblastí s nižším výskytom lykožrúta smrekového. Zdanlivo sa problém skončil pretože objem vyťaženého dreva poklesol, ale prudko narástla rozloha odumretých porastov. Situácia sa výrazne nezlepšila ani v nasledujúcich rokoch, dokonca je nutné naopak konštatovať, že situácia v rokoch 2009 a 2010 bola najkritickejšia v histórii územia. Orkán Kyrill počiatkom roku 2007 posilnil gradáciu a skomplikoval obranné opatrenia. V súvislosti s počasím tak došlo na rozsiahlom území NPŠ k masívnemu rozvoju populácie lykožrúta smrekového. V roku 2009 bolo v zásahovom území vyťažených 300 tis. m<sup>3</sup>, v roku 2010 až 247 tis. m<sup>3</sup> dreva. Minimálne rovnaký objem zostal neasanovaný v bezzásahovej oblasti. (KREČMER et al. 2011). V súčasnosti k základným opatreniam proti šíreniu lykožrúta smrekového patrí ťažba napadnutých stromov, používanie feromónov a lapákov. Aplikácia obranných opatrení a ich možný efekt silno závisí od populačnej hustoty lykožrúta. Použitie týchto opatrení v klimaxových smrečinách tak totiž môže viesť iba k ďalšiemu rozrastaniu plochy holín a devastácii vzácnych biotopov. Z analýz vplyvu managementu na stav ekosystémov a dynamiky lesov vyplýva, že je nutné postupovať rozličným spôsobom podľa potenciálnej vegetácie. V klimaxových smrečinách nie je v situácii, ktorá je momentálne na Šumave, vhodné proti lykožrútovi zasahovať. Naopak v nižších nadmorských výškach je potrebné brániť jeho šíreniu intenzívne, pretože tam je jeho populačná hustota nižšia. V týchto polohách sú teda potrebné včasné zásahy, ktoré je nutné kombinovať s podporou iných drevín, ako je smrek, a zároveň je nevyhnutné udržiavať akúsi nárazníkovú zónu, kde budú obranné opatrenia silné natoľko, aby sa lykožrút nemohol šíriť z bezzásahových zón do okolia (KINDLMANN et al. 2012).

Pre management lesov v národných parkoch strednej Európy je vhodné zohľadniť, že víchrice, ale aj gradácie kôrovca sú prirodzenou súčasťou dynamiky smrekových lesov a formovali po tisícky rokov vývoj smrečín v strednej Európe. Takmer každé storočie sa týmto územím prehnala víchrica, ktorá spôsobila rozsiahle polomy. Špeciálne pre oblasť

Šumavy je to, že tvorí horský predel tiahnuci sa od severozápadu na juhovýchod naprieč prevládajúcemu smeru vetrov vanúcich z oblasti horného Dunaja. Tento faktor podmieňuje výskyt častých víchric na území Šumavy, ktorým sa za posledných 30 rokov prehnalo asi 20 víchric. Dnes na mnohých miestach Šumavy je možné pozorovať smrečiny obnovujúce sa po narušení. Prírodné narušenie síce rôznym spôsobom poškodilo živé stromy, no jednotlivé organizmy v lese zostali a teraz sa rozvíjajú na „troskách pôvodného lesa“. Toto prostredie je typické množstvom opadu, polámaných a vyvrátených stromov, ktoré sa postupne začínajú rozkladať. Okrem toho, že je rajom pre huby, mikroorganizmy, hmyz a mnohé ďalšie skupiny živočíchov, je aj semennou bankou bylín, tráv a drevín aj „biologické dedičstvo“. Mladým smrekom, ktoré roky preživali v tieni materského porastu, odumretie stromovej vrstvy zaistilo prílev svetla, živín a tie naštartovali svoj rast. Smrekový ekosystém zostal funkčný a plný života, ktorý je omnoho rozmanitejší než v rovnako starom hospodárskom „živom lese“ (JONÁŠOVÁ & PRACH 2004, ŠATRÚČKOVÁ & VRBA 2010, ČÍŽKOVÁ et al. 2011).

#### *Majetkové členenie v rámci NP Šumava*

Pozemky na území národného parku sú vo viacerých vlastníctvach, pričom prevažná plocha parku je vlastníctvom štátu, a preto právo hospodáriť v nej ma Správa NP a CHKO Šumava. V ostatných prípadoch ide o historické majetky miest a obcí (Kašperské Hory, Srní, Kvilda, Hartmanice a ďalšie). Na základe zákona č. 172/1991 Sb. boli na území NP vydané pozemky obciam a mestám. Najväčší podiel bol vydaný mestu Kašperské Hory (4 916 ha). Volary (971 ha) a obci Rejštejnu (379,5 ha). Najpočetnejšiu, ale plošne nevýznamnú skupinu tvoria súkromní vlastníci (zdroj Plán péče o NP Šumava). Strategickým cieľom Správy NP a CHKO je dlhodobý prenájom týchto území s ich následným odkúpením alebo prevedením do správy štátu. Dočasné riešenie je zmluvné zabezpečenie vhodného plánu ochrany v týchto oblastiach, ktorý kladie dôraz na bezzásahovosť s následnými finančnými kompenzáciami. Lesy vo vlastníctve štátu sú rozčlenené do šiestich správnych jednotiek: ÚP Modrava, ÚP Srní, ÚP Prášily, ÚP Stožec, ÚP Borová lada, ÚP České Žleby (KUČERA 2009).

## Zonácia v NPŠ

Prvé rozdelenie národného parku do jednotlivých zón ochrany prírody z medzinárodne akceptovaného vnímania zonácie ako základného nástroja odstupňovania diferenciácie ochrany prírody. Podrobnejšie je toto členenie opísané v právnom predpise: Nariadenie vlády Českej republiky č. 163/1991 Sb. §4 Členenie NP Šumava do zón ochrany prírody: (1) Metódy a spôsoby ochrany v NPŠ sú diferencované na základe rozdelenia územia do troch zón s ohľadom na prírodné hodnoty.

(2) Do 1. zóny sa radí územie s najvýznamnejšími prírodnými hodnotami národného parku. Hlavne ide o prirodzené a málo pozmenené ekosystémy s rýchlou obnovou samoriadenia.

Zonácia NPŠ od jeho založenia v roku 1991 prešla výraznými zmenami. Vymedzenie jednotlivých zón z roku 1991:

I. zóna 15 195 ha – 22%

II. zóna 51 845 ha – 75%

III. zóna 1 990 ha – 3%

I. zóna tvorila 54 súvislých celkov s diferencovaným spôsobom ochrany, pričom existovali aj oblasti striktne bezzásahové, napr. Modravské slatě (1900 ha), Trojmezna (370 ha) a plocha u Prášílského jazera (9 ha) (Nariadenie vlády Českej republiky č. 163/1991). V roku 1995 došlo k zmenám v zonácii po tom, čo sa v roku 1994 zmenilo vedenie NPŠ (FANTA& KŘENOVA 2009). Tá so sebou priniesla aj zmenu koncepcie ochrany v NPŠ, pôvodných 54 celkov I. zóny bolo z dôvodu záujmu výrubu kôrovcom napadnutých stromov a aplikácie ďalších aktívnych managementových opatrení rozdelených do 135 menších častí. Nové vymedzenie vychádzalo predovšetkým z lesníckej typológie, na základe ktorej bola do I. zóny zahrnutá väčšina slatí a starých lesných porastov. U týchto celkov sa predpokladala vysoká ekologická stabilita a odolnosť voči prirodzeným narušeniam. Jednotlivé ostovčeka boli však často také malé, že nemohli umožniť fungovanie prirodzených procesov a navyše mimo prvú zónu zostalo množstvo mozaikovito rozptýlených cenných biotopov, hlavne rašelinných a podmáčaných smrečín. V roku 1998 bola bezzásahovosť I. zóny porušená s cieľom zabrániť šíreniu kôrovca do okolitých lesov v II. zóne. Tento postup kritizovali aj odborníci z nevládných a medzinárodných organizácií ako IUCN či Ramsarský výbor. Vymedzenie I. zóny v roku 1995:

I. zóna 8 840 ha – 13%

II. zóna 56 900 ha – 82%

### III. zóna 3 290 ha – 5%

Po návšteve expertov z IUCN v roku 2002 boli započaté práce s cieľom rozšírenia I. zóny. Jedným z hlavných odporúčaní misie expertov IUCN bolo: „*zjednodušiť a harmonizovať zonáciu (zóny národného parku, bezzásahová zóna, oddychové zóny biosférickej rezervácie a Ramsarská zóna) do jediného a jednotného systému rôznych režimov. Hlavne revidovať zonáciu a režimy managementu za súčasného vymedzenia jadrovej zóny na niekoľko väčších jednotiek s bezzásahovým režimom obklopených nárazníkovou zónou*“ (KŘENOVÁ& HRUŠKA 2011).

Následne v roku 2004 po zmenách vo vedení NP bol vypracovaný nový návrh (59 súvislých celkov). V rámci tohto návrhu sa ale typ hospodárenia nevzťahoval priamo na jednotlivé zóny ochrany prírody. Návrh bol po jeho predstavení obciam NP zamietnutý a v roku 2005 jeho prerokovanie zastavené (MIKO et. al. 2007).

V snahe prispieť k vyriešeniu situácie ohľadom šumavskej zonácie a ochrany územia národného parku bol na prelome rokov 2010 a 2011 pripravený ďalší aktualizovaný návrh, na ktorom sa podieľali odborní pracovníci Správy NP a CHKO Šumava, členovia vedeckej sekcie Rady NP a členovia vedeckého panelu, zostaveného MŽP, zodpovedného za ochranu prírody. Jeho princípy vychádzajú z nasledujúcich predpokladov:

Prvá zóna zahŕňa územie s vysokou koncentráciou prírodných hodnôt a reprezentuje najcennejšie časti národného parku. Ide predovšetkým o celistvé oblasti málo ovplyvnené pôsobením človeka. Hlavným dôvodom vymedzenia prvých zón je ochrana mimoriadne cenných prírodných území, v ktorých prebiehajú samovoľné procesy bez priamych zásahov človeka a ochrana primárnej biodiverzity. Prevažná časť prvej zóny je preto ponechaná samovoľnému vývoju.

Druhá zóna predstavuje prírodne hodnotné územia, ktoré boli v minulosti ovplyvnené činnosťou ľudí a v súčasnej dobe vyžadujúce aktívnu starostlivosť. Managementové opatrenia v lesoch majú za cieľ pripraviť časť plochy na zaradenie do I. zóny. Táto zóna tvorí nárazníkové a ochranné pásmo NP a taktiež zázemie obcí.

Tretiu zónu tvoria intravilány obcí, ich bezprostredné nelesné okolie, kde prevažujú biotopy silno ovplyvnené a pozmenené činnosťou človeka.

Návrh zonácie predpokladá, že obmedzenia vstupu verejnosti mimo vyznačených ciest budú uplatňované iba v časti I. zóny, a to v lokalitách s výskytom zraniteľných biotopov a oblastiach, v ktorých sa vyskytujú živočichy citlivé na rušenie. Správne

pripravená zonácia NP je považovaná za kľúčový nástroj na vhodný spôsob diferencovaného managementu ekosystémov NP Šumava (KŘENOVÁ& HRUŠKA 2011).

#### *Management a ochrana prírody v NP Šumava*

Hlavným cieľom ochrany prírody v lesoch národného parku by mala byť predovšetkým ochrana prírodných procesov a samovoľného vývoja ako najefektívnejšej cesty k ochrane biologickej diverzity (LINDENMAYER et al. 2006). Najlepšia cesta pre zaistenie tohto cieľa je takzvaný bezzásahový režim. Na prevažnej časti lesov v národných parkoch sú ale aplikované štandardné postupy lesníckeho hospodárenia. V posledných rokoch prebieha intenzívna diskusia o tom, akým spôsobom v týchto územiach hospodáriť a čo by malo byť cieľom managementu. Týmto cieľom ochrana prírody. Na otázku, akým spôsobom hospodáriť s ohľadom na tento cieľ ale nie je možné jednoducho odpovedať. To je dané aj historickými súvislosťami, cieľom lesníckeho hospodárenia bol totiž takmer vždy ekonomický zisk a tomu sa prispôbil aj samotný management. Ďalšou rovinou problému je aktuálny stav lesov v týchto oblastiach, kde z veľkej časti ide o lesy v minulosti hospodársky využívané, a preto aj z hľadiska štruktúry a skladby viac či menej pozmenené v porovnaní so stavom prirodzeným.

Podobne aj u NPŠ nie je jednoduché jednoznačne určiť ten najvhodnejší management. Po roku 2007, keď Šumavu postihol orkán Kyrill sa pri riešení následkov jeho pôsobenia začal uplatňovať diferencovaný spôsob spočítavajúci v tom, že v najviac postihnutých lokalitách na základe príkazu riaditeľa NP boli vypracované špeciálne lokálne managementy, ktoré zaisťovali ochranu najcitlivejších typov stanovišť v rámci sústavy Natura 2000. Na ostatnom území a v lesoch štátnej správy boli stanovené tri základné režimy managementu. Tie sa uplatňujú aj v súčasnosti. Ide o režim ponechania samovoľného vývoja, režim prechodne uskutočňovaných zásahov a režim dlhodobopopakovaných zásahov. Tieto základné režimy managementu sú podrobnejšie členené do typov managementu podľa vykonávaných opatrení čo sa týka integrovanej ochrany lesa proti napadnutiu kôrovcom, čo prehľadne dokumentuje managementová mapa (KUČERA 2009).

V prípade, že by sa preventívne a asanačne zasahovalo na veľkej časti plochy NPŠ, dosiahla by suma plôch potrebných zalesnenie takú výšku, že následné opatrenia by neboli ani v silách managementu a ani by neexistoval zdroj vhodného sadobného materiálu. Naopak v prípade ponechania vhodných oblastí samovoľnému vývoju nebude na týchto plochách uskutočňovať žiadne pestovateľské úkony. K dispozícii sú teda dva

zásadné prístupy. Jednak je to tzv. „pasívny management“, teda tvorba území bez zásahu, alebo „aktívny management“. Eliminované by malo byť napríklad použitie insekticídov, no na druhej strane je potreba technológií ako napríklad „lúpanie nastojato“, kde sú napadnuté stromy odkôrňované bez výrubu, pričom drevná hmota nie je z ekosystému odvážaná. A teda proti lykožrútovi je potrebné dôsledne vykonávať zásahy na všetkých ostatných plochách, v zásahovej oblasti NP, ktorá je prednostne smerovaná v oblasti zodpovedajúcej potenciálnym zmiešaným lesom (KINDLMANN et al. 2012). Na riešenie tejto zložitej situácie je v návrhu plánu na ochranu NP pripravená zjednodušená územná stratégia, v ktorej sú uplatňované základné princípy ekosystémového poňatia: ochrana ekosystémov vo všetkých štádiách vývoja, rešpektovanie prírodných procesov a dynamických zmien v ekosystémoch. Územie NPŠ možno z hľadiska zachovalosti lesných porastov rozdeliť na oblasti, kde človek nezasahuje a oblasti s dočasným alebo dlhodobým zásahom. Oblasti bez zásahu sa nachádzajú v centrálnej časti NP a súvisle nadväzujú na obdobné spoločenstvá Nationalpark Bayerischer Wald. Ide prevažne o cenné zonálne smrečiny v mozaike s podmäčnými smrečinami a rašelinnými lesmi či slat'ami. Porasty v podmäčných a polopodmäčných smrečinách, ktoré sa vyvíjajú bez ľudských zásahov, t. j. iba pod vplyvom prírodných disturbancií (kôrovec, veterné polomy, vývraty), vykazujú dobré regeneračné schopnosti vďaka vhodným mikroklimatickým a mikrostanoviskovým podmienkam. Prírodné disturbance navyše prispievajú k vytváraniu diferencovanejších porastov (MATĚJKOVÁ & JONÁŠOVÁ 2004). O tom svedčia aj posledné výskumy, kde sa v prirodzených horských smrečinách vyskytuje dostatok reprodukcie schopných jedincov a rovnako aj vysoký potenciál prirodzenej obnovy, čo umožňuje ponechať tieto ekosystémy samovoľnému vývoju. V oblastiach so zásahom sa vykonávajú pestovateľské opatrenia, ktoré smerujú k obnove pôvodnej druhovej skladby a diverzity. Zároveň sú uskutočňované opatrenia na ochranu lesa pred lykožrútom smrekovým. Cieľom týchto opatrení je ochrana lesných porastov pred veľkoplošným rozpadom lesa spôsobeným premnožením lykožrúta a postupná premena lesov kultúrnych na lesy prírode blízke a druhovo bohaté, ktoré by zodpovedali pôvodným spoločenstvám. Tieto územia taktiež plnia úlohu tzv. „nárazníkových zón“, ktorých úlohou je zmierniť vplyvy na jadrové plochy v NP, ale i na lesy hospodárske patriace iným vlastníkom (FANTA & KŘENOVÁ 2009). Diferencovaný management zohľadňujúci stanoviskové podmienky však nebol po orkáne Kyrill v lesoch obhospodarovaných neštátnymi subjektami (hlavne mestá Kašperské Hory a Volary). Aj napriek tomu, že aj v týchto lesoch sa v dôsledku fragmentovanej zonácie z roku 1995 mimo I. zóny nachádzali cenné

porasty (podmáčané smrečiny, porasty horských smrečín vysokého veku), v týchto oblastiach boli uplatnené klasické asanačné postupy a mnohé cenné plochy boli v uplynulých rokoch vyrúbané.

### 1.3 Natura 2000

Sledovanie stavu biotopov (monitoring) vychádza z európskej Smernice 92/43/EHS o ochrane prírodných stanovišť, voľne žijúcich živočíchov a divo rastúcich rastlín (smernica o stanovištiach. Česká republika, resp. orgán ochrany prírody má za povinnosť (na základe zákona č. 114/1992 Sb. o ochrane prírody a krajiny, § 45f zákona) monitorovať stav európsky významných lokalít (aj vtáčie oblasti), druhov a jednotlivých typov stanovišť. Na základe toho orgán ochrany prírody vypracuje každých 6 rokov správu, ktorá okrem iného hodnotí rozlohu a stav európskych stanovišť, zvlášť sa kladie pozornosť na prioritné typy prírodných stanovišť.

Natura 2000 je sústava chránených oblastí, ktoré na svojom území vytvárajú štáty Európskej únie na základe určených jednotných princípov. Jej hlavným cieľom je zabezpečiť ochranu tých druhov rastlín, živočíchov a typov prírodných stanovišť, ktoré sú z pohľadu Európy najcennejšie, najohrozenejšie či endemické. Samotné vytvorenie Natury 2000 je podložené dvoma najdôležitejšími právnymi predpismi EU na ochranu prírody:

- 1) smernica 2009/147/ES (nahradila smernicu 79/409/EHS) o ochrane voľne žijúcich vtákov
- 2) smernica 92/43/EHS o ochrane prírodných stanovišť, voľne žijúcich živočíchov a voľne rastúcich rastlín

Smernice vo svojich prílohách vymenúvajú, pre ktoré druhy rastlín, živočíchov a typy prírodných stanovišť majú byť lokality sústavy Natura 2000 vymedzené. Tieto druhy môžeme označiť ako „prioritné“. Platia pre nich prísnejšie kritéria ochrany než pre druhy ostatné.

Oba predpisy sú implementované do národnej legislatívy hlavne prostredníctvom zákona č. 114/1992 Sb. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov. Na základe smernice o vtákoch sú vyhlasované vtáčie oblasti s cieľom ochrany vtákov (angl. *Special Protection Areas* – SPA) a podľa smernice o stanovištiach sú to európsky významné



lokality EVL s cieľom ochrany prírodných stanovišť (angl. *Sites of Community Importance* – SCI).

Pretože v rámci sústavy sú chránené druhy a stanovištia, ktoré sú v prírode prítomné len vďaka ľudskej činnosti, nie je cieľom v týchto chránených lokalitách celkom vylúčiť vplyv človeka, ale naopak vhodný management je nutný na ich udržanie. Zaradenie do Natury 2000 umožní finančné zaistenie zo štátneho rozpočtu a niektorých fondov EU na šetrné hospodárenie, ktoré zachová predmet ochrany. Za celkovú prípravu tejto sústavy zodpovedá Ministerstvo životného prostredia, ktoré poverilo Agentúru ochrany prírody a krajiny prípravou odborných podkladov. Vtáčie oblasti a EVL vyhlasuje vláda ČR ([www.nature.cz](http://www.nature.cz)).

#### *Sledovanie stavu biotopov*

Agentura ochrany prírody a krajiny ČR (AOPK ČR), ktorá je organizačnou zložkou štátu, zriadenou Ministerstvom životného prostredia, organizovala v období rokov 2001 – 2005 mapovanie prírodných biotopov, ktoré bolo prvým krokom pre zistenie ich stavu a rozlohy. Výsledkom bola tzv. prvá vrstva mapovania biotopov. Zo získaných dát vypracovala a v júni 2007 odovzdala hodnotiace správy jednotlivých habitatov. Tento reporting sa spracováva pre 60 európsky významných stanovišť, tie sa na území ČR rozdeľujú na 156 biotopov. Hodnotiace správy sú z pohľadu ochrany prírody najdôležitejšou úlohou, ktorou ČR plní svoje povinnosti voči Európskej komisii.

Samotné sledovanie stavu biotopov sa uskutočňuje v dvoch úrovniach. V tej prvej prebieha aktualizácia vrstvy mapovania biotopov (VMB). Ide o dvanásťročný cyklus obnovy pôvodnej vrstvy. Prvý cyklus sa začal v roku 2007. Vďaka pravidelnej aktualizácii VMB môžu získané dáta slúžiť nielen na popis stavu, ale aj trendov vývoja. V druhom kroku ide o monitoring na trvalých monitorovacích plochách (TMP), ktorý sa začal v roku 2009. Jeho cieľom je sledovanie zmien vegetácie v dlhodobých periódach metódou fytoecologických snímok s tým, že nelesné habitaty sa sledujú v šesťročných zatl' čo u habitatov lesných v dvanásťročných cykloch (VYDROVÁ et al. 2011).

#### *Databáza Biotopy ČR*

Databáza biotopov ČR vznikla na základe mapovania podľa katalógu biotopov Českej republiky, ktorý bol vytvorený v rokoch 2001 – 2004 z iniciatívy AOPK ČR. Práve táto štruktúra na území Čiech koordinuje vytváranie sústav zvlášť chránených území Natura 2000. Cieľom katalógu bolo navrhnuť klasifikačný systém biotopov ČR,

ktorý by rešpektoval odborné hľadiská a dal sa ľahko previesť na typy prírodných stanovišť programu Natura 2000, a aby zároveň spĺňal účel klasifikačného systému použiteľného na nasledujúce terénne mapovanie. Následne boli všetky dáta z katalógu Biotopov ČR prevedené do databázy zhodného názvu. Celkovo až 1 143 104 segmentov na ploche o rozlohe 20 766 km<sup>2</sup> prešlo mapovaním, čo je zhruba 26 % rozlohy Českej republiky. Databáza poskytuje informácie o stave a kvalite 141 prírodných biotopov s digitálnou mapovou vrstvou na podklade máp s mierkou 1:10000 pre územie ČR (KUČERA& POJER 2006).

Z celkového počtu biotopov prešlo do Natury 2000 cca. 52 % segmentov (601 960) na rozlohe 9 383 km<sup>2</sup>, čo tvorí asi 45 % celkovej rozlohy biotopov v ČR (GUTH&KUČERA 2005). Databáza je rozčlenená na 9 formačných skupín a 167 pomocných mapových podjednotiek. Vlastné výsledky mapovania biotopov sú využívané na ďalšie účely ochrany prírody a krajiny, ako podklad územných plánov, pre spresňovanie vymedzenia územného systému ekologickej stability, ale aj pri plánovaní a realizácii krajinotvorných programov (KUČERA& POJER 2006).

#### *Natura 2000 na území Českej republiky*

Sústava s celkovou rozlohou 11 059 km<sup>2</sup> pokrýva 14 % rozlohy ČR. Pozostáva zo spomínaných EVL a vtáčích oblastí, ktoré sa prekrývajú na tretine rozlohy sústavy.

Európsky významné lokality sú v ČR vyhlasované na ochranu 105 európsky významných druhov rastlín (40 druhov), živočíchov (65 druhov) a 61 typov prírodných stanovišť, medzi ktoré patrí aj zvonček český, bobor európsky či rašelinné lesy. Celkom 1 082 EVL pokrýva 10 % rozlohy krajiny, prevažná časť je svojou rozlohou menšia než 1 km<sup>2</sup>. Vtáčie oblasti chránia 47 druhov voľne žijúcich vtákov napr. orol morský a bocian biely. Celkom 41 PO pokrýva 9 % rozlohy republiky. Na rozdiel od EVL je prevažná časť vyhlásená na rozlohe viac ako 50 km<sup>2</sup> a žiadna z nich nie je menšia než 1 km<sup>2</sup> ([www.nature.cz](http://www.nature.cz)).

Dňa 8. decembra 2004 nariadením vlády č. 608/2004 došlo k vymedzeniu Vtácej oblasti Šumava. Hlavnými druhmi, predmetmi ochrany sú tetrov hlucháň, tetrov obyčajný, jariabok hôrny, bocian čierny, chrapkáč poľný, kuvik vrabčí, kuvik kapcavý, d'ateľ čierny a d'ateľ trojprstý. Okrem uvedených druhov je na Šumave zaznamenaný výskyt ďalších 20 druhov európsky významných vtákov ako napríklad sokol, včelojed, výr atď. ([www.npsumava.cz](http://www.npsumava.cz)).

## 2. MOŽNOSTI HODNOTENIA STAVU EKOSYSTÉMOV

### 2.1 Mapovanie biotopov pozemným prieskumom

Mapovanie biotopov sa v nedávnej minulosti opieralo hlavne o metódy založené na pozemnom prieskume. Túto skutočnosť potvrdzuje aj fakt, že samotné mapovanie v rámci programu Natura 2000, ktorý bol spomenutý už predchádzajúcej kapitole a o ktorom možno povedať, že je jeden z najvýznamnejších európskych aktov vytvorených na ochranu ohrozených druhov a ich prirodzených stanovišť (smernica 92/43/EHS), bolo vykonané práve na základe týchto metodík. Odborná a technická náročnosť bola v tomto prípade zvolená s ohľadom na predpokladané tempo mapovania (celé územie ČR za 4 roky) a s tým súvisel aj počet mapovateľov a predpokladaný objem financií (HARTELET al. 2008). Najrozsiahléjšie mapovanie stanovišť, ktoré zasiahlo celé územie krajiny v mierke 1:10 000, bolo dokončené v roku 2004, čo v strednej Európe možno považovať za unikátny výsledok.

Hlavným kritickým okamihom tohto monitoringu bolo vytvorenie mapy prírodných stanovišť zmapovaním každej z týchto jednotlivých plôch a zároveň zvolením dostatočne vhodnej stupnice rozlíšenia. To si vyžadovalo nazhromaždiť veľké množstvo terénnych dát zo všetkých biotopov, hlavne ohľadom ich rozloženia a kvalít (GUTH & KUČERA 2005). Mapovanie prebehlo na dvoch úrovniach. Tzv. podrobné mapovanie bolo zamerané na územia s predpokladaným rozsiahlym výskytom prírodných biotopov. Na ostatnom území krajiny prebiehalo iba výberové, tzv. kontextové mapovanie. Okrem zakreslenia výskytu sa zaznamenávali aj potrebné údaje o reprezentatívnosti, zachovalosti a ďalších charakteristikách. Najvyšší dôraz sa kládol na určovanie druhov a neskôr aj na určenie druhov dominantných. Hlavnými krokmi vlastného terénneho mapovania boli určenie biotopu a určenie jeho reprezentatívnosti. Určenie biotopu v sebe zahŕňalo stanovenie jeho hraníc (hranice segmentu), u bodových a líniových segmentov odhadnutie ich rozmerov, zápis prípadných nálezov významných taxónov cievnatých rastlín a zhotovenie fotodokumentácie, poprípade fytoecologických snímok, ak objavený biotop nebol súčasťou katalógu biotopov. Reprezentatívnosťou biotopu sa rozumie vzťah mapovanej jednotky k popisu v Katalógu biotopov, pričom boli definované štyri stupne reprezentatívnosti označené písmenami A – D, kde A znamená úplnú zhodu a stupeň D

značí rozpor mapovanej jednotky oproti jej charakteristike v katalógu. (HARTELET al. 2008).

Výstupy z mapovania obsahovali okrem základnej mapy 1 : 10 000 (čistopis) a priesvitky s načierno zakreslenými hranicami a poradovými číslami segmentov aj databázu formátu DBF v programe NDS, fotodokumentáciu, pamäťový nosič (disketu alebo CD) a záverečnú správu, ktorá obsahovala základné údaje o danom území, diele a jeho autorovi atď. Kvalita jednotlivých diel ale kolísala, no aj napriek tomu, že miera subjektívnych odchýlok nebola spoľahlivo kvantifikovaná a povaha tejto variability nebola sústavne skúmaná, možno tvrdiť, že výsledná mapa biotopov ČR netrpí žiadnou výraznou systémovou chybou (GUTH& KUČERA 2005).

Plynutím času sa začali postupne objavovať nové aplikácie založené práve na tomto biotopovom monitoringu. Napríklad GIS vrstva biotopov, ktorá mala byť do budúcnosti použitá ako silný nástroj na presné priestorové určenie finančnej hodnoty prírody hlavne na lokalitách s menšou rozlohou. Tento a jemu podobné príklady využívania výsledkov monitoringu poukazovali práve na jeho vysoký potenciál z pohľadu ochrany prírody a biodiverzity.

## **2.2 Metódy DPZ (remote sensing)**

Aktuálne s príchodom najnovších technológií v oblasti monitoringu, akými sú GIS a DPZ (diaľkový prieskum zeme, inak aj RSS-remote sensing system), dochádza práve ku kombinácii metód pozemného prieskumu s prieskumom diaľkovým. Svedčí o tom aj výskum JAKUŠA et. al. (2010) zameraný na úmrtnosť stromov zapríčinenú podkôrnym hmyzom, kde dáta z terestrického prieskumu boli nakombinované s RSS. Predpoklad o možnosti integrácie dát získaných pozemným prieskumom a DPZ sa potvrdil a tento krok prepojenia dát sa tak aj do budúcnosti môže stať nástrojom na vytváranie prognóz a managementu pokiaľ ide o problematiku kôrovca (JAKUŠ et. al., 2010).

### *Diaľkový prieskum zeme, hlavné princípy*

DPZ je jednou z moderných geoinformačných technológií. Ide o systém pozostávajúci z dvoch podsystemov, a to podsystem zberu a prenosu dát a podsystem analýzy a interpretácie (DOBROVOLNÝ 1998). Pojem remote sensing, alebo inak aj

dial'kový prieskum zeme, bol po prvýkrát použitý v Spojených štátoch amerických v polovici 50. rokov Evelynou Pruittovou z U.S. Office of Naval Research (<http://earthobservatory.nasa.gov/>). V najširšom zmysle slova dial'kový prieskum (angl. remote sensing, fr. teledetection, nem. fernerkundung) znamená získavanie informácií o objektoch a javoch na diaľku. V súčasnosti je tento pojem bežne používaný na popis vedecko-technického zisťovania, pozorovania a merania predmetov bez priameho kontaktu s nimi. Na to sa využíva detekcia elektromagnetického žiarenia rôznych vlnových dĺžok odrazeného alebo emitovaného od vzdialených objektov a materiálov, následne je možná ich identifikácia, zatriedenie podľa typov, materiálového zloženia a priestorového rozmiestnenia. Systémy pre DPZ sa používajú na uchovávanie, spracovávanie a interpretáciu digitálnych leteckých alebo kozmických snímok. Zariadenia zaznamenávajúce intenzitu žiarenia sú umiestnené na rôznych typoch nosičov. Najčastejšie ide o lietadlá alebo družice (DANEK 2004). Obrazové materiály získané z lietadla alebo družice zaznamenávajú priestorovú informáciu podobne ako topografická či tematická mapa a obsahujú dva druhy informácií. Prvý druh poskytuje poznatky o polohe zobrazeného objektu, jeho veľkosti, tvare a pod. Druhým typom je tzv. tematická informácia, teda napríklad o druhu vegetácie na danej ploche. Na rozdiel od mapy, ktorá je rovinnou prezentáciou časti zemského povrchu a v závislosti od mierky je jej obsah do určitej miery generalizovaný, letecké či družicové snímky predstavujú záznamy úplné, no v dôsledku spôsobu ich získania obsahujú skreslenú informáciu o veľkosti a vzdialenostiach. Toto skreslenie je však možné odstrániť a fotografie alebo obrazové záznamy družíc tak môžu byť významným podkladom pre tvorbu máp. Tieto snímky a záznamy sú schopné v mnohých prípadoch nahrádzať mapy, pretože vo veľmi krátkom okamihu dokážu zachytiť oveľa viac detailov, ktoré sa inak musia získavať zdĺhavým a často náročným terénnym prieskumom. V neposlednom rade je prednosťou metód dial'kového prieskumu to, že poskytujú informácie o množstve javov a procesov, ktoré sú ľudským okom nezistiteľné, napríklad o zdravotnej kondícii vegetačného krytu (DOBROVOLNÝ 1998).

### *Pohľad do histórie*

Počiatky DPZ bez praktického významu spadajú do roku 1858, keď bola z balóna vytvorená snímka Paríža „z vtácej perspektívy“ francúzskym priekopníkom fotografie

Gaspardom Félix Tournachonom (HAIS et al. 2006). K rozšíreniu leteckej fotografie došlo v priebehu prvej svetovej vojny, pri dôležitom prieskume bojiska. Následne získala uplatnenie aj v civilnom sektore, v kartografii. Koncom druhej svetovej vojny sa fotografia dostala aj do kozmu, no masívny rozvoj nastal až v šesťdesiatych rokoch, keď sa vypúšťanie špeciálnych družíc a pilotované kozmické lety stali pomerne bežnou záležitosťou. Počiatky prieskumu zeme siahajú do roku 1972, a to vypustením americkej družice LANDSAT 1 v rámci prvého civilného programu LANDSAT so skenerom vysokého rozlíšenia, vhodným pre DPZ. Tieto družicové systémy pre DPZ využívajú fotografické kamery, multispektrálne skenery a radary. Dnes sa okrem špeciálnych a vojenských družíc vypúšťajú aj také, ktoré plnia komerčné účely. Medzi najdôležitejšie DPZ programy patrí už spomínaný LANDSAT, francúzsky SPOT a kanadský RADARSAT. Postupom času na obežnú dráhu bolo vypustené veľké množstvo satelitov so špecifickou funkciou, rôznym spektrálnym a priestorovým rozlíšením, ktoré získavajú najrozličnejšie typy dát. Zoznam niekoľkých najvýznamnejších: LANDSAT, SPOT, IKONOS, QuickBird, IRS a meteorologické družice (Meteosat, NOAA).

Diaľkový prieskum zeme sa teda stal mohutným zdrojom informácií intenzívne používaných v rozličných odvetviach, akými sú geológia, ekológia, kartografia, lesné a vodné hospodárstvo či poľnohospodárstvo (DANEK 2004).

### *Metódy DPZ*

Diaľkový prieskum poskytuje dáta v dvoch základných formách. Jednak vo forme obrazovej ako snímku určitej oblasti, ale aj vo forme neobrazovej napríklad ako graf zostavený z jednotlivých meraní. Tzv. klasickými, inak aj *konvenčnými*, metódami vznikajú snímky, fotografie daného územia. Ich prednosťou je možnosť zachytiť značný detail, mnohokrát aj objekty okom nepostrehnuteľné, a taktiež možnosť využitia vo fotogrametrii, predovšetkým na konštrukciu presných topografických máp veľkých mierok alebo na zostavovanie digitálneho modelu terénu. Na fotografické snímkovanie sa používajú hlavne lietadlá. V prípade *nekonvenčných* metód vznikajú snímky postupne tzv. riadkovaním za pomoci rádiometrov a skenerov. Tie snímajú zemský povrch postupne v úzkych radoch. Tieto obrazové záznamy sa vyznačujú vo všeobecnosti menším priestorovým detailom v porovnaní s fotografiou, no na druhej strane môžu byť vytvárané

v značne širokej časti elektromagnetického spektra. V súčasnosti sú poskytované v digitálnej podobe, ktorá umožňuje ich automatické spracovanie (DOBROVOLNÝ 1998, RICHARDS 2012).

Metódy DPZ možno ďalej deliť z hľadiska zdroja žiarenia, a to na metódy aktívne a pasívne, ktoré sa ďalej delia na priame a nepriame. U pasívnych priamych metód je zdrojom informácie žiarenie slnka odrazené od zemského povrchu. U nepriamych je zdrojom merania žiarenie objektov na zemskom povrchu alebo v atmosfére. Klasickým príkladom je termovízia. Skupina aktívnych metód predstavuje spôsob vzniku obrazového záznamu, u ktorého zdroj žiarenia nie je prirodzeného pôvodu, ale toto žiarenie je vysielané zo zdroja umiestneného na nosiči. Typickým príkladom v DPZ sú radarové systémy (DANEK 2004, HAIS et al. 2006).

#### *Fyzikálny princíp a oblasti elektromagnetického spektra využiteľné v DPZ*

DPZ získava potrebné informácie o objektoch a javoch prostredníctvom elektromagnetického žiarenia, ktoré sa šíri prostredím v podobe elektromagnetickej vlny. Má dva dôležité parametre, ktoré majú význam pre porozumenie princípu DPZ. Je to vlnová dĺžka  $\lambda$  meraná v metroch a frekvencia  $\nu$ , jednotkou je Hertz (Hz), pričom medzi nimi platí nepriama úmernosť ( $c = \lambda \cdot \nu$ ). Toto žiarenie popisujú dve teórie: vlnová a časticová (Planck). Práve z druhej menovanej vyplýva, že čím je dlhšia vlnová dĺžka, tým nižší obsah energie bude mať žiarenie. Tento fakt je pre DPZ dosť významný. Prirodzene emitované dlhovlnné žiarenie bude ťažšie zistiteľné než energia krátkovlnná. Nízky obsah energie žiarenia totiž znamená, že systémy operujúce v dlhých vlnových dĺžkach musia pri jednom meraní snímať veľké plochy povrchu, aby tak prijali signál, ktorý bude meracia aparatúra schopná zaznamenať. Elektromagnetické žiarenie emitujú alebo odrážajú všetky predmety, ktorých teplota nie je menšia alebo rovná než absolútna nula (-273,15 °C). Množstvo energie vyžiarenej objektom je funkciou jeho teploty. Túto vlastnosť popisuje **Stefan-Boltzmannov zákon**, ktorý poznamenáva, že intenzita vyžarovania telesa je priamo úmerná štvrtjej mocnine jeho teploty (KOLÁŘ et al. 1997) Pre diaľkový prieskum z toho plynie záver; čím vyššia bude teplota telesa, tým viac bude vyžarovať energie s krátkou vlnovou dĺžkou. Horúce objekty budú metódami DPZ dobre detegovateľné, na rozdiel od predmetov chladných. Zároveň platí, že čím je kratšia vlnová dĺžka, tým detailnejšie podchytený terén. Atmosféra dobre prepúšťa dlhovlnné

žiarenie a naopak pohlcuje krátke vlny. Metódami diaľkového prieskumu sa teda zaznamenáva krátkovlnné odrazené žiarenie Slnka a žiarenie dlhovlnné emitované objektmi na zemskom povrchu. Elektromagnetické žiarenie sa môže v prírode vyskytovať v spojitom spektre s rozsahom takmer 20 rádov (od krátkych vlnových dĺžok, kde hodnoty začínajú na hodnotách  $\lambda = 10^{-16}$  metra u gamma a x-žiarenia až po dlhé vlnové žiarenie napríklad mikrovln alebo rádiové vysielanie). Celé spektrum možno podľa vlnovej dĺžky rozdeliť na niekoľko základných oblastí : ultrafialové (400 – 100nm), viditeľné (0.4 – 0.7 $\mu$ m), infračervené (odrazené IR 0.7 – 3 $\mu$ m, a termálne, emitované IR 3 – 100 $\mu$ m), a mikrovlnné žiarenie (1mm – 1m).

UV žiarenie je výrazne pohlcované atmosférou, no niektoré materiály, ako skaly a minerály, vyžarujú viditeľné svetlo po ožiarení UV žiarením. Uplatnenie nachádza v geologických aplikáciách či monitoringu ropných škvŕn.

Viditeľná časť spektra mala veľký význam hlavne v prvých fázach DPZ, keď sa používali iba snímky. Možno ju zachytiť ľudským okom, no je pomerne malá v porovnaní s celou šírkou spektra.

Infračervené žiarenie (infra red IR) odrazené je zaznamenateľné tak konvenčnými fotografickými metódami, ako aj elektronicky, v menšej miere pohlcované atmosférou. Využíva sa pri štúdiu topografie, vegetácie, lesníctva a poľnohospodárstva. Stredné IR je používané pri určovaní druhu a zdravotného stavu vegetácie a tiež pri rozoznávaní snehu a ľadu. Termálne IR je priamo vyžarované Zemou formou tepelného žiarenia, a preto sa uplatňuje pri zisťovaní povrchovej teploty oceánov, tepelného znečistenia riek a lokalizácii lesných požiarov.

Mikrovlny v DPZ využívajú predovšetkým aktívne systémy – radary pri štúdiu reliéfu, no možno nimi získať aj neobrazové dáta – informácie o výškových pomeroch a rade meteorologických prvkov (KOLÁŘ et al. 1997, DOBROVOLNÝ 1998, PAVELKA 1998).

Na charakteristiky elektromagnetického žiarenia výrazne vplýva atmosféra a tieto vplyvy sa menia s dĺžkou dráhy, ktorou toto žiarenie prechádza atmosférou, s veľkosťou emitovaného signálu, atmosférickými podmienkami a vlnovou dĺžkou. Ovplyvňuje teda hlavne intenzitu a spektrálne zloženie žiarenia, ktoré bude zachytené meracím zariadením, a to pohlcovaním a rozptylom. Taktiež zemský povrch dokáže ovplyvňovať toto žiarenie.



Predovšetkým množstvo reflektovanej energie bude odlišné pre rôzne povrchy v závislosti od ich vlastností, a teda aj spektrálne správanie jednotlivých druhov povrchov sa bude líšiť.

### *Spracovanie a analýza snímok*

Detekcia elektromagnetickej energie môže byť vykonaná buď fotograficky, alebo elektronicky (digitálne). Zatiaľ čo fotografický proces na záznam využíva chemickú reakciu na povrchu svetlocitlivého filmu, elektronický záznam využíva senzory zachytávajúce zmeny žiarenia ako matice hodnôt v digitálnej podobe. Obrazový materiál obsahuje dva druhy informácií: topografické – geometrické (vlastnosti objektov ako napríklad poloha, veľkosť či vzdialenosť) a tematické vlastnosti objektov fotointerpretácie. Snímacie senzory pritom zaznamenávajú jednotlivé pásma, ktorým sa tiež hovorí kanály. Veľká časť interpretácie a identifikácie objektov v DPZ na analógových a digitálnych snímkach sa deje vizuálne na základe pohľadu na snímku, nezávisle od typu použitého senzoru. Pri digitálnych dátach sa používa digitálne spracovanie obrazu a analýzy ako napr. automatické rozpoznávanie objektov. Analógový prístup prevažoval hlavne v počiatkoch DPZ a vyžadoval minimálne požiadavky na výbavu, no bol viac subjektívny. Na rozdiel od neho digitálny prístup je mnohonásobne drahší, ale na druhej strane omnoho objektívnejší (analýza viacerých spektrálnych pásem naraz) s viac konzistentným výsledkom. Digitálne spracovanie nadobúda na význame v prvej polovici 70. rokov a súvisí s rozvojom výpočtovej techniky, dostupnosťou primárne digitálnych dát poskytovaných družicami LANDSAT (ORŠULÁK 2010).

Pri vyhodnocovaní snímok sa hodnotia nasledujúce prvky vizuálnej interpretácie:

- *odtieň* (tone), udávajúci relatívny jas objektu na snímke, je hlavným elementom pre rozlišovanie medzi jednotlivými objektami. Rozdiely v odtieni umožňujú identifikáciu tvaru, textúry a štruktúry skúmaného predmetu;
- *tvar* (shape), výrazná pomôcka pri interpretácii – ostré tvary typické pre obývané oblasti, prírodné útvary nepravidelného tvaru ;
- *štruktúra* (pattern), priestorové rozloženie viditeľných objektov;
- *textúra* (texture), rozloženie a frekvencia variácie odtieňov;
- *tieň* (shadow), interpretácia profilu a relatívnej výšky cieľa;

- *asociácia* (association), berie do úvahy objekty v susedstve skúmaného cieľa.

Postup pri spracovávaní digitálnych družicových snímok prebieha v štyroch hlavných krokoch: predspracovanie snímky, zvýraznenie snímky, obrazová transformácia a klasifikácia a analýza.

Predspracovanie snímky (preprocessing) je zodpovedné za opravu radiometrických a geometrických skreslení dát:

- radiometrické korekcie – opravy sezónnych rozdielov, atmosférické korekcie, nepravdivosti senzoru, konverzia dát tak, aby presne reprezentovali odrazené alebo emitované žiarenie merané senzorom.
- geometrické korekcie – opravy skreslenia dát, transformácia dát do mapovej projekcie, porovnanie dvoch či viacerých obrazových záznamov, tvorba ortofotomáp.

Medzi geometrické úpravy patrí georeferencovanie získaných snímok do potrebného súradnicového systému. Na to sa využívajú identické body tzv. ground control points (GCP) so známymi súradnicami, ktorým priradzujeme zodpovedajúce body zo snímky.

Zvýraznenie snímky (image enhancement), obrazu sa používa pre jednoduchšiu vizuálnu interpretáciu a porozumenie fotky, pretože po preprocessingu nemusí byť obraz ideálny na vizuálnu interpretáciu. Veľkou výhodou digitálneho DPZ je možnosť manipulovať s hodnotami jednotlivých pixlov. Základ tvorí porozumenie histogramu obrazu, kde histogram je funkciou jasů. Vyjadruje početnosť bodov s daným jasom, z ktorých sa obraz skladá. Zmenou rozsahu hodnôt jasů obrazu, ktoré sú reprezentované histogramom možno aplikovať viacero vylepšení, inak sa tento proces nazýva ekvalizácia histogramu.

Transformácie obrazu (image transformations), zahŕňajú manipulácie s jednotlivými snímkami. Za ich pomoci vytvárame z dvoch a viac snímok nové snímky vyjadrujúce požadované prvky alebo vlastnosti lepšie než snímky pôvodné. Často sa používa odčítanie snímok na identifikáciu zmien, ku ktorým došlo, a to tak, že pri georeferencovaných snímkach odčítame hodnoty jasů navzájom si zodpovedajúcich buniek, čo možno uplatniť v oblastiach, kde dochádza k odlesňovaniu krajiny. Jednou z najbežnejších transformácií je tzv. spectral rationing.

Pri klasifikácii snímok operátor používa prvky vizuálnej interpretácie, aby identifikoval homogénne skupiny pixlov reprezentujúce typy pôdneho krytu. Cieľom tejto klasifikácie je zaradiť každý pixel snímky do určitej tematickej triedy (napr. voda, ihličnatý les...).

Spracované a vyhodnotené snímky sa ďalej analyzujú pomocou nástrojov GIS. Výsledkom sú totiž dáta, ktoré je možné vizualizovať pomocou digitálnych modelov terénu ((DOBROVOLNÝ 1998, ORŠULÁK 2010).

### **2.2.1 Príklady významných projektov využívajúcich DPZ**

#### *MARS*

V roku 1988 Európska komisia schválila vytvorenie projektu MARS (Monitoring Agriculture with Remote Sensing), ktorého výskum a vývoj trval 10 rokov. Hlavnou náplňou jeho činnosti je kvantitatívny odhad výmery u plôch pokrytých rôznymi druhmi plodín v danom regióne alebo krajine, taktiež monitoring ich stavu alebo aj predpovedanie priemerných výnosov plodín v rámci krajín a rýchly odhad produkcie hlavných druhov plodín v Európskej únii. K hlavným užívateľom patrí Eurostat a EÚ DG VI (European union Directorate General for Agriculture). Jednotlivé aktivity projektu MARS majú za cieľ rozvíjať a prepojiť cca 100 inštitúcií z členských krajín EU. Časť činností, a to najmä v prípade zásoby plodín a odhadov pestovateľských plôch, je funkčná a bola implementovaná do členských štátov. Projekt možno rozdeliť na 5 hlavných aktivít:

- Regionálne zásoby. Ide o posudzovanie výmery území s plodinami využitím DPZ snímok s vysokým rozlíšením (hlavne SPOT a Landsat TM snímky).
- Odhady aktuálne vysadených plôch hlavnými jednoročnými plodinami v porovnaní s predchádzajúcim obdobím.
- Pokročilý poľnohospodársky informačný systém, kombinujúci použitie satelitných indexov nízkeho rozlíšenia (typ NDVI a povrchová teplota vyvodená z NOAAVHRR dát).
- Posudzovanie zahraničnej poľnohospodárskej produkcie.
- Vývoj nových metód a techník na analýzu satelitných snímok a testovanie užitočnosti pre monitoring poľnohospodárskych potrieb (DALLEMAND & PERDIGÃO 1998).

V rámci programu MARS je potrebné spomenúť aj projekt MERA (MARS and Environmental Related Applications), ktorý je zároveň aj súčasťou programu PHARE pre oblasť životného prostredia, kde spadá aj projekt CORINE Land Cover and Biotope. Ten sa týka aj územia Českej republiky, kde v rokoch 1995 – 1996 prebehlo hodnotenie degradácie pôd v rámci programu PHARE MERA Land Degradation Mapping Sub-Project. Jeho cieľom bolo vyvinúť vhodný spôsob výroby máp degradácie pôdy pomocou DPZ dát (DALLEMAND & PERDIGÃO 1998).

#### *CGSM (Crop Growth Monitoring System)*

Crop Growth Monitoring System je jadrom systému MCYFS (MARS Crop Yield Forecast System) v súčasnosti používaného na prognózovanie v Európe. Úlohou CGMS je poskytovať spoľahlivé a včasné priestorové informácie o stave plodín v EU, ktoré môžu byť využité rôznymi štatistickými procedúrami na vytváranie predikácií v tejto oblasti. Možno ho rozdeliť na tri oblasti: monitoring počasia, modelovanie rastu plodín a štatistické metódy. Dnes je tento systém plne funkčný a uplatňuje sa na základe rozhodnutí 1445/2000/ES a 2066/2003/ES o uplatňovaní prieskumu plochy a diaľkového pozorovania v poľnohospodárskych štatistikách v rokoch 1999 až 2007 (<http://mars.jrc.ec.europa.eu/>).

#### *FIRS (Forest Information with Remote Sensing)*

Tento systém je možné nazvať aj „lesnícky informačný systém Európy“. Hlavným cieľom projektu FIRS, ktorý je koordinovaný IRSA (Institute for Remote Sensing Applications), teda organizačnou zložkou European Commission's Joint Research Centre (JRC), je vyvinúť operačnú metodológiu GIS a satelitného DPZ určenú na monitoring a mapovanie lesných ekosystémov Európy. Získané informácie sú následne spracované informačným systémom EFICS (European Forestry Information and Communication System) (McCORMICK et al. 1995). Dáta DPZ predstavujú hlavný zdroj informácií (snímky z družíc NOAA, LANDSAT, SPOT). Mapovanie európskych ekosystémov prebieha v mierke 1 : 1 000 000 a 1 : 100 000, pričom systém poskytuje produkčné aj ekologické

charakteristiky lesných plôch v Európe. Projekt podporuje aj implementáciu dát DPZ do lesníckeho mapovania a štatistiky (McCORMICK et al.1995).

### *Corine land cover*

Corine land cover je program EU, ktorého počiatky siahajú do obdobia rokov 1985 až 1990, keď bol Európskou komisiou realizovaný projekt CORINE (Co-ordination of Information on the Environment). Prvá európska inventarizácia povrchovej pokrývky, tiež označovaná aj CLC 90, bola úspešne realizovaná (až 25 krajín v období od 1986 do 1998), s cieľom poskytnúť konzistentné geografické informácie o povrchovej pokrývke členských štátov Európskeho spoločenstva (KLEESCHULTE & BÜTTNER 2008). Systém užitočný z pohľadu získania informácií ohľadom zmien pokrývky povrchu, ktoré tvoria významné podklady pre politiku životného prostredia. Podklady vzniknutej databázy sú založené na interpretácii družicových snímok (LANDSAT, SPOT) pre roky 1989 a 1990 so 44 typmi krajinnej pokrývky. Mapa s mierkou 1: 100 000 bola vytvorená vo formáte GIS ARC/ (LANDSAT, SPOT). Mapovanie sa dotýkalo územia s rozlohou 2,3 miliónov km<sup>2</sup> (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES 1995). V roku 1999 začala EEA (Európska agentúra ŽP) spolu s JRC pracovať na aktualizácii databázy CLC a vznikli projekty IMAGE2000 a CLC2000. Ako podklad boli opätovne použité snímky družice LANDSAT, následne prebehli aktualizácie aj v rokoch 2006 a 2012 ([www.cenia.cz](http://www.cenia.cz)).

### *MOLAND*

Snahou projektu JRC's MOLAND Project bolo vytvoriť metodiku sledovania dynamiky ľudských sídel v európskom meradle a poskytnúť nástroje na územné plánovanie, a to posúdenie, monitoring a modelovanie vývoja miest a regiónov. Bol začatý v roku 1998 pod názvom MURBANDY (Monitoring Urban Dynamics), no následne bol premenovaný na MOLAND, ktorý bol viac zameraný na posúdenie vplyvu antropogénnych stresových faktorov (rozširovanie osád, doprava a cestovný ruch) v nadväznosti na požiadavky Eurostatu, Európskej agentúry pre životné prostredie atď. Jednotlivé morfológické a štruktúrne zmeny sú sledované a analyzované s úmyslom charakterizovať predchádzajúci a budúci trend mestskej krajiny. Základom realizácie

MOLAND bolo vytvorenie GIS databáz typov využívania územia a dopravných sietí v študovaných oblastiach v mierke 1: 25000. Každá databáza bola vytvorená interpretáciou družicových snímok, najčastejšie z IRS satelitu (Indian Remote Sensing) a v niekoľkých prípadoch zo satelitov SPOT a IKONOS, s informáciami o presnom využívaní pôdy špeciálne v mestských oblastiach, pričom jednotlivé údaje boli získané zo satelitných a leteckých snímok pomocou DPZ a GIS technológie. MOLAND pritom aplikuje legendu z projektu CLC s pokročilou nomenklatúrou pre umelé povrchy. Databáza je základom pre kombinovanie environmentálnych, ekonomických a sociálnych dát, ktoré by malo viesť k lepšiemu porozumeniu dynamiky a charakteristík rastu miest a súvisiacich štrukturálnych zmien (LAVALLE et al. 2002).

### **2.2.2 DPZ a ochrana lesov**

Ako už z predchádzajúceho textu vyplýva, metódy založené na diaľkovom prieskume zeme DPZ zaznamenali od svojho vzniku značný rozmach v rozličných výskumných oblastiach. Tento ich rozmach je spôsobený hlavne širokou škálou možností aplikácie týchto metód, ale taktiež aj pomerne vysokou mierou kvalít informácií získaných práve metódami DPZ.

Jednou z oblastí, kde tieto aplikácie získali úspech je oblasť monitoringu, mapovania a ochrany lesných porastov a taktiež tvorba samotných managementov na územiach národných parkov za pomoci RSS (remote sensing) a GIS (geografický informačný systém). Práve na týchto územiach je tvorba managementu kľúčová pre ochranu cenných ekosystémov a v súčasnosti je aj témou pomerne frekventovanou (KINDLMANN et al. 2012).

Tieto metódy boli použité aj v prípade identifikácie stavu a vývoja smrečín, keď Lesy SR š.p. v spolupráci s Národným lesníckym centrom Zvolen riešili problematiku mapovania vývoja a stavu smrečín pomocou satelitných snímok SPOT a ASTER. Priestorové rozlíšenie snímok SPOT 10 x 10 m, snímok ASTER 15 x 15 m. Snímka SPOT pozostávala zo 4 spektrálnych kanálov – zeleného, červeného, blízkeho a stredného infračerveného. Snímka ASTER bola dodaná v 3 kanáloch – zelenom, červenom a infračervenom (IČ). Záujmové územia predstavovali lesné porasty so zastúpením smreka nad 25 %, pričom na ich lokalizáciu bola využitá digitálna mapa jednotiek priestorového

rozdelenia lesa s príslušným opisom porastov. Hodnotenie stavu a postupu rozpadu smrekových porastov prebehlo dvomi dopĺňujúcimi sa spôsobmi – stanovením poškodenia na základe parametra defoliácie (straty asimilačných orgánov) a vizuálnou interpretáciou zmien stavu smrekových porastov medzi obdobím 2002 – 2007 a 2007 – 2008. Výsledné hodnoty podľa veľkosti defoliácie zaradili do 11 defoliačných tried. V tomto prípade klasifikácia, vyjadrená na základe defoliácie, preukázala pretrvávajúcu nepriaznivú situáciu. Plošný rozpad, najmä v dôsledku premnoženia podkôrneho hmyzu a vetrových kalamít, pokračoval v podstate v celom areáli ich výskytu (HLÁSNY et al. 2009).

Ako bolo spomenuté, metódy DPZ sú aplikované aj na územiach národných parkov, hlavne na mapovanie aktuálneho stavu biotopov a predikácie vývoja do budúcnosti. Príkladom je projekt Tatry (1999 – 2001), ktorý sa zamerával na priestorovú štruktúru a šírenie ohnísk lykožrúta využitím RSS metód. Výskum bol postavený na prepojení dát z RRS a GIS, kde dáta z analýzy vegetačných zmien, digitálneho modelu terénu atď. boli integrované s RRS časťou štúdie, ktorú tvorili časové rady snímok LANDSAT (JAKUŠ et al. 2011). Výsledky tohto projektu boli použité v projekte SLOVABBO (2003 – 2004), a to na vývoj prvej verzie systému včasného varovania pred napadnutím kôrovcom. Práve miera nebezpečenstva napadnutia kôrovcom bola stanovená aj za pomoci satelitných snímok MODIS, pomocou ktorých bol mapovaný zdravotný stav vegetácie. Výsledky boli využité aj pre model TANABBO (Tatra National Park Bark Beetle Outbreak (JAKUŠ et al. 2003, 2005).

Technológie DPZ (konkrétne TIR thermal infrared remote sensing) na území NP Šumava využíval pri svojom výskume aj HAIŠ et al. (2008) zaoberajúci sa odlesnením. V práci sa zameriaval na centrálnu oblasť NPŠ, kde horský smrekový les bol zasiahnutý gradáciou lykožrúta v 90. rokoch 20. storočia. Skúmal zmeny teplôt povrchu v smrekových lesoch centrálnej časti Šumavy poškodených kôrovcom a následným výrubom. Na tento účel boli použité snímky Landsat 5 a Landsat 7 ETM+ s priestorovým rozlíšením 30 m z rokov 1987 a 2002, kde tematická vrstva smrekového lesa (TM /ETM+kanálov: 2, 3, 4, 5, 7) a povrchová teplota (TM /ETM+kanál: 6) tvorili hlavné dátové vstupy. Výsledok dokazuje silnú závislosť teploty povrchu smrekových porastov od topografie, sklonu a aspektu vplyvu radiácie tepelného zaťaženia. Použitím tepelného RSS sa zistilo, že teplota povrchu smrekových lesov napadnutých kôrovcom vzrástla. Nárast teploty bol vyšší v oblastiach holorubov (5,2 C°) ako u rozpadajúceho sa lesa (3,5

C°). Časť mechanizmu napadnutia kôrovcom je spojená s pôsobením slnečného žiarenia a povrchovej teploty na jednotlivé stromy a lesné porasty. (HAIS et al. 2008).

SITKO& SCHEER (2009) v práci prezentujú navrhnutý systém hodnotenia funkcií lesa, ktorý bol aplikovaný v oblasti Liptovské Kopy v povodí Tichého potoka (Západné Tatry), s prevahou smreka na hodnotenie dvoch ekologických funkcií (protierózna a protilavínová) a drevoprodukčnej funkcie lesa. Hodnotenie vychádza z kvantifikácie funkčného účinku lesa, a to jednak na úrovni funkčného potenciálu, ale aj funkčného efektu lesa, ktorý je meradlom reálneho plnenia funkcií. Na účely kvantifikácie funkčného efektu lesa kľúčovým bodom bolo zistenie aktuálneho stavu lesa. Tu okrem tradičných terestrických inventarizačných metód boli aplikované aj efektívne postupy zisťovania stavu lesa z údajov DPZ. K hlavným zdrojom patrili: 1 panchromatický a 4 multispektrálne kanály snímky Ikonos, digitálny model reliéfu (DMR), údaje geologických máp a máp katastra lavínových dráh SLP v Jasnej, výsledky vlastného terénneho prieskumu týkajúce sa zisťovania vegetačného krytu (zameranie trénovacích množín GPS prijímačom na účely klasifikácie snímky Ikonos). Klasifikáciou družicovej snímky Ikonos bolo zistené druhové zloženie lesných porastov aj s aktuálnou priestorovou distribúciou drevín (SITKO& SCHEER 2009).

Všetky tieto výskumné projekty predikujú rozvoj aplikácie dát získaných metódami diaľkového prieskumu zeme v oblasti ochrany lesných porastov (BUCHA et al. 2009). Vo všeobecnosti je ich snahou hlavne vytvorenie účinných metód monitoringu a predvídania možných nepriaznivých vplyvov na lesné ekosystémy práve na zvlášť chránených územiach, ako sú národné parky.

### **2.3 Letecké snímkovanie**

Začiatky leteckého snímkovania spadajú do obdobia 30. rokov minulého storočia. V období rokov 1957 až 1968 prebiehalo letecké meračské snímkovanie ako podklad pre mapovanie v mierke 1:10 000, 1:12 000 až 1:30 000. Letecké snímky plnia významnú úlohu aj v súčasnosti. Napríklad NP Bavorský les využil túto metódu pri mapovaní územia národného parku, zameraného predovšetkým na obnovu lesa po kôrovцovej gradácii v období rokov 2006 až 2011 (HEURICH et al. 2012).



Letecké snímky delíme na:

1. Meračské snímky vytvárané veľkoformátovými kamerami (24x24 cm) na čiernobiele panchromatické materiály, najstaršie z 30. rokov, celé územie ČR snímané od 1946.

2. Snímky farebné v prirodzených farbách, vytvárané kamerami na klasický farebný film, ich využitie je menej časté, neposkytujú informáciu z blízkeho infračerveného pásma, ktoré je pre vegetáciu veľmi dôležité.

3. Snímky spektrazonálne v nepravých farbách sú produkované meračskými kamerami na špeciálny farebný materiál, ktorého citlivosť je posunutá smerom k dlhším vlnovým dĺžkam. Zaznamenáva obraz v troch spektrálnych pásmach, zodpovedajúcich zelenej a červenej farbe a infračervenej oblasti žiarenia.

Snímky uvedených troch druhov vytvára na území ČR niekoľko súkromných firiem ako napr. *GEODIS Brno*, ([www.geodis.cz/translate/cs/home](http://www.geodis.cz/translate/cs/home)).

4. Multispektrálne snímky získavané špeciálnymi sústavami 4 – 6 kamier na čiernobiele panchromatické materiály. Všetky kamery snímajú tú istú scénu v rozličných spektrálnych pásmach vyčlenených interferenčnými filtermi pred objektívom kamier. Snímkuje sa obvykle v mierke 1:25000. Multispektrálne snímky využíva a spracováva AOPK.

### *Letecká fotogrametria*

Fotogrametrické metódy zberu dát prešli za pomerne krátke časové obdobie prudkým vývojom od analógových (najmä družice IKONOS, EROS, QuickBird, prípadne aj ďalšie, ktoré dosahujú priestorové rozlíšenie 1 m) cez analytické, v súčasnej dobe do digitálnych fotogrametrických metód. Tento progres spočíva v zdokonaľovaní použitého vyhodnocovacieho prístroja a spôsobu vyhodnocovania fotogrametriu. V histórii fotogrametrie sa pri tvorbe topografických máp z leteckých nosičov systémy odlišovali v základných princípoch spracovania snímkového obrazu. Ich spoločným znakom v nedávnej minulosti bolo, že vo všetkých sa využíval rovnaký záznam vytvorený analógovou fotogrametrickou kamerou – letecká meračská snímka LMS (KOŽUCH 2011). Pri analógovej fotogrametrii je dodržaná analógia vyhotovenia snímok -- ľavá snímka vľavo, pravá v pravo, analytická fotogrametria nedodržia analógiu vyhotovenia

snímok, v analytickom prístroji sú snímky uložené napr. nad sebou a výsledok je v analytickom spracovaní – rozkladom matematických vzťahov, pri fotogrametrii digitálnej sa nevyhodnocujú originálne snímky, ale naskenované obrazy v počítači. V analógových a analytických systémoch sa LMS priamo vkladala do vyhodnocovacieho fotogrametrického systému. Spracovanie LMS metódami digitálnej fotogrametrie znamenalo nahradiť jej analógový obraz digitálnym. Vývoj digitálnej fotogrametrie prebieha súčasne s vývojom DPZ – diaľkového prieskumu zeme (ČERŇANSKÝ et al. 2002). Fotogrametria a diaľkový prieskum zeme sa navzájom prelínajú. Zatiaľ čo sa fotogrametria zaoberá určovaním polohy, rozmerov a tvaru objektov na zemskom povrchu, DPZ skúma predovšetkým kvalitu sledovaného objektu (napr. poškodenie lesa). Digitálne kamery v porovnaní s LMS dosahujú lepšie rádiometrické rozlíšenie, ktoré možno využiť najmä pri interpretácii digitálnych obrazov krajiny v oblasti krajinnej ekológie, lesníctve, poľnohospodárstve, pri hodnotení zmien prírodnej a urbanizovanej krajiny .

Charakteristickým znakom fotogrametrie je, že meranie sa uskutočňuje na snímkach a nie na predmete. Informácie sa získavajú v okamihu vyhotovenia snímky, zachytávajú časovo úzko vymedzený stav meraného predmetu, snímky majú veľkú dokumentačnú hodnotu, meranie sa uskutočňuje na snímke mimo predmetu, čo umožňuje výberové spracovanie informácií zachytených na snímkach. Letecké snímky delíme aj podľa osi záberu, a to na *zvislé, šikmé a vodorovné*.

Priestorová rozlišovacia schopnosť leteckých fotografických materiálov je podstatne lepšia ako pri družicových snímkach. Nevýhodou tejto techniky však je, že okrem farebných infračervených materiálov (Color InfraRed – CIR) neumožňujú zaznamenávať odrazivosť vo viacerých pásmach spektra, čo znižuje ich použiteľnosť pri interpretácii.

Fotogrametrické vyhodnocovanie leteckých snímok sa v posledných rokoch stalo dominantnou metódou lesníckeho mapovania. V súčasnosti sa do popredia dostávajú fotografické snímky získané priamo z digitálnych kamier, ktoré môžu byť panchromatické a multispektrálne. Tieto plne vyhovujú presnosti pri vyhotovovaní lesníckych máp a možno ich využiť pri interpretácii rozmanitých prvkov pre lesnícke mapovanie a rôzne vedné oblasti. Samotná lesnícka interpretácia v poslednej dobe dosiahla vo svete i u nás vysokú úroveň, orientuje sa do oblasti zisťovania zdravotného stavu lesa, určovanie

taxačných veličín, možnosti identifikácie hraníc lesných porastov a pod. (ŠANDORFI & HALVOŇ 2009, ŠADIBOL & CHUDÝ 2013).

Kombináciu GIS a leteckých snímok využíva vo svojej štúdiu zameranej na posúdenie managementu lesov v druhej zóne NP Šumava SVOBODA (2007). Jednotlivé letecké snímky danej oblasti z roku 1952, 1995, 2001 a 2006 boli použité na porovnanie charakteru lesa v jednotlivých lesných územiach, na analýzu zmeny rozlohy lesa v jednotlivých rokoch. Zároveň využíva aj historické lesnícke mapy zobrazujúce priestorové rozmiestnenie jednotlivých porastov a ich stav. Tie boli v prostredí GIS pripojené na súradnicový systém súčasných lesníckych máp a ortorektifikovaných leteckých snímok. Týmto spôsobom boli textové historické údaje doplnené o priestorovú mierku a porasty s odlišnou históriou boli následne identifikované na súčasné lesnícke mapy a snímky a porovnané s aktuálnym stavom (SVOBODA 2007).

Predpoklad, že metódy fotogrametrie bude možné uplatniť aj pri výskumných projektoch vo sfére ochrany lesných porastov, potvrdzujú HÁJEK & SVOBODA 2007 v práci zameranej na vyhodnotenie odumierania smrekového lesa na Trojmezne (NP Šumava) v dôsledku požierania lykožrútom smrekovým metódou automatizovanej klasifikácie časového radu leteckých snímok. Použité boli snímky zo štyroch období – farebné infračervené z rokov 1995 a 2006, farebné snímky z rokov 2001 a 2004. Na snímkovanie boli použité analógové kamery ZEISS LMK 15 a 2015. Na základe získaných výsledkov sa im hypotéza vhodne vybranej metodiky potvrdila, o čom svedčí ich tvrdenie, že ide o jeden z potenciálne efektívnych nástrojov, ktorý bude možné využiť pri opakovanom vyhodnocovaní rozsahu odumierania lesa.

Mapovanie polomových plôch a oblastí zasiahnutých expanziou kôrovca až do roku 2000 prebiehalo na území NP Bayerischer Wald vyhodnocovanie leteckých snímok pomocou Stereoskopu (Aviopret). Výsledky boli potom ručne zakresľované na fóliu položenú na dvojici leteckých snímok. Na podsvietenom stole potom došlo k zaznamenaniu týchto skíc do príslušných máp. Od roku 2001 prebiehalo snímkovanie fotogrametrickým scannerom. Vzniknuté snímky boli spracovávané už digitálne. V porovnaní s vyhodnocovaním originálnych leteckých snímok predstavovala táto metóda výrazné zjednodušenie a viedla aj k zvýšeniu presnosti výsledkov tak s ohľadom na

polohu, ako i na plochu a tiež došlo k vylúčeniu chýb vznikajúcich pri manuálnom prekresľovaní. Následne v roku 2004 prišlo ďalšie zlepšenie metodiky, nasadením DMC (Digital Mapping Camera), čo prinieslo digitalizáciu celého pracovného postupu fotogrametrie. Najvýznamnejšiu inováciu oproti doterajším technikám predstavuje 4-kanálový farebný modus. Software k dodatočnému spracovaniu snímok umožňuje zobrazit' dáta z jedného letu v rozličnom farebnom rozlíšení, a to z pravidla čiernobielym, farebnom alebo farebne infračervenom. Prechod na digitálnu verziu snímkovania umožňuje napríklad výrazné zvýšenie rádiometrického rozlíšenia, čo v zatienených miestach umožňuje lepšiu interpretáciu snímok (HEURICH et al. 2012).

Za veľký prínos v rámci fotogrametrie považujú ŠADIBOL & CHUDÝ (2013) panchromatické zaostrovanie multispektrálnych snímok, vytvárajúce rastre s vysokým geometrickým rozlíšením a so zachovaným rozlíšením pôvodného farebného rastra. V rámci digitálnej leteckej fotogrametrie je možné z týchto syntéz vytvoriť farebné multispektrálne ortofotosnímky, ktoré svojou geometrickou presnosťou korešpondujú s presnosťou ortofotosnímok vytvorených z pôvodných panchromatických snímok pri zachovaní rádiometrickej presnosti pôvodných multispektrálnych snímok. Tieto sa považujú za vhodný zdroj zberu aj kartografických informácií (napr. automatizovaným spôsobom). Nemalý význam im prisudzujú pri využití na inerpretačné účely v oblasti fotogrametrie a DPZ. Jednotlivé farebné syntézy poskytujú širokú škálu informácií pre tvorbu účelových máp. Infračervené snímky sú vhodné na posúdenie zdravotného stavu lesa, dobre sú identifikovateľné odumreté stromy ako i stupne poškodenia porastov, vegetácie od neživých objektov, identifikáciu vodných plôch či kalamitných plôch, čo ich predurčuje na zdroj kvalitatívnych a kvantitatívnych informácií o lese. Jednotlivé farebné syntézy majú veľký informačný obsah pre tvorbu interpretačných kľúčov (ŠADIBOL & CHUDÝ 2013).

## 2.4 GIS

Geografický informačný systém teda GIS (angl. Geographic information systém) plní v súčasnosti veľmi významnú úlohu pri pohľade na neustály rast množstva priestorových dát v oblasti geovied. Príkladom tohto masívneho rozvoja je obrovské množstvo dát denne získavaných práve prostredníctvom RSS metód, ktorých spracovanie a bežné vyhodnotenie by bez týchto digitálnych systémov bolo neuskutočiteľné. Pritom

pred rozmachom tejto technológie v 80. rokoch minulého storočia iba malé percento geovedcov využívalo pri práci počítač, totiž väčšina z nich spracovávala priestorové dáta iba s pomocou presvetľovacích pultov (BONHAM-CARTER 1994). V tomto období vznikol aj pojem „geoinformatika“ a označoval poznatky a činnosti na styku geografie, geodézie, kartografie, DPZ a informatiky. Cieľom geoinformatiky bola organizácia, budovanie a fungovanie informačných systémov a ich následné využívanie pri riešení daných úloh. GIS svojím príchodom ovplyvnil veľké množstvo aplikácií v rozličných oblastiach. Tieto systémy súhrne nazývame *geoinformačné*, resp. *geografické* (GIS). Aplikácia geoinformačných poznatkov a technológií pri tvorbe máp zahŕňa celý cyklus od vzniku idey cez získavanie, analýzu a spracovanie dát. GIS možno charakterizovať počítačový systém narábajúci s geografickou informáciou, ktorý umožňuje analýzy a manipulácie v rámci jednotlivých vrstiev priestorových dát, a zároveň ponúka schopnosť porovnávania medzi jednotlivými vrstvami získaných dát (PRAVDA 2001). Geografické informácie umožňujú znázorňovať realitu pomocou rozličných mapových reprezentácií (napríklad topografické, geologické, vegetačné a iné mapy). Tieto dáta možno ďalej analyticky a štatisticky vyhodnocovať a vytvárať na základe nich modely a prognózy ďalšieho vývoja (SOBOTA et al. 2008). Tradičnú tvorbu analógových (papierových) máp postupne nahradila automatizovaná digitálna tvorba s použitím GIS. Vďaka priestorovo spojenému charakteru fyzickogeografických javov, spolu s rozvojom diaľkového prieskumu zeme (DPZ), vzniklo množstvo digitálnych geografických báz predovšetkým na správu prírodných (environmentálnych) zdrojov. Základnou úlohou GIS-ov je inventarizácia prírodných a antropogénnych objektov či javov v krajine (prevažná časť z nich podlieha časovým zmenám) – obrazové dáta získavané DPZ, predovšetkým z družíc, možno pre dané miesto získavať opakovane v určitých časových intervaloch. Vytvárajú tak časový rad a bývajú označované aj ako multitemporálne. Zmeny v krajine:

- **krátkodobé** (napr. monitorovanie priebehu povodní, vývoj snehovej pokrývky)
- **dlhodobé** (zmeny vo využití pôdy alebo procesy desertifikácie)

Rovnako ako DPZ, tak aj GIS technológie nachádzajú svoje uplatnenie na pôde lesného hospodárstva a ochrany lesov. Toto tvrdenie potvrdzuje MOKROŠ et al. (2013) v práci, ktorá vznikla pre potreby boja proti lykožrútovi smrekovému formou podpory projektu TANABBO určeného na prognózovanie tohto škodlivého činiteľa. Konkrétne sa

práca zaoberá vytvorením automatizovaných modelov v prostredí softvéru ArcGIS (ArcGIS je spoločný názov pre skupinu softvérových produktov spoločnosti ESRI slúžiacich na budovanie GIS) pomocou aplikácie ModelBuilder. Jej výsledkom sú jednotlivé modely: Site model, Stand model, Edge detection model, Mask of forest stands in potential risk model, Storm damages model a Probability of spot initialization model, ktoré boli vytvorené na podklade informácií získaných z Ústavu ekológie lesa Slovenskej akadémie vied vo Zvolene. Výsledkom projektu TANABBO je TANABBO model, ktorý vzišiel zo spolupráce Flámskej vlády, Ústavu ekológie lesa SAV vo Zvolene a výskumnej stanice štátnych lesov TANAP-u, a ktorý sa delí do 6 modulov v poradí, v akom by mali byť vytvárané: Site module (Stanovištný modul), Stand module (Porastový modul), Satellite Images module (Modul satelitných snímok), Meteorological module (Meteorologický modul), Bark beetle attack probability module (Modul pravdepodobnosti útoku lykožrúta) a Forecasting module (Modul predpovede). Tento model je vypracovaný z obdobia od roku 1991 až po rok 2003 a považuje sa za veľký prínos v oblasti modelovania vývoja lykožrúta smrekového. Po jeho dopracovaní je tu vysoký predpoklad jeho využiteľnosti v praktickom lesníctve (MOKROŠ et al. (2013).

ZÚBRIK et al. (2008) spracováva údaje prostredníctvom modulov ArcGIS 9,2 a Excel2003 v projekte, ktorý sa zaoberá vytvorením modelu umiestňovania feromónových lapačov, ktorý by účinne znížil riziká vzniku ohnísk napadnutia podkôrnym hmyzom (*Ips typographus* a *Pityogenes chalcographus*). Polomové kalamity smrekového lesa v roku 2004 totiž predstavujú vhodné podmienky pre ďalší nárast ich hustoty. Práve snímky vytvorené zo vzduchu boli spracované programom GIS 9.2 a použité na klasifikáciu týchto kalamitných plôch. Tento model bol aplikovaný v daných oblastiach v rokoch 2005, 2006 a 2007. Konkrétne išlo u južné svahy Nízkych Tatier a severné svahy Slovenského Rudohoria s celkovou rozlohou 47 000 ha. Ako vstupné dáta pritom použili informácie o druhovom zložení drevín, o veku stromu, o výskyte lykožrúta, určenom podľa odchyty dospelých jedincov a podľa počtu získaných dospelých, o expozícii lesného porastu v teréne, o svahu a spracovaní dreva a o migrácii lykožrúta. Tento model založený na jednoduchom prognózovaní ohrozenia porastov lykožrútom pomocou ľahko dostupných údajov z evidencie lesného hospodárenia na štruktúre porastov a ich priestorového usporiadania, ako aj údajov z monitorovania podkôrnikov, umožnil zvýšiť účinnosť umiestnenia feromónových pascí v nasledujúcej sezóne (ZÚBRIK et al. 2008).

## *Prepojenie GIS a DPZ*

GIS aj DPZ majú pomerne dlhú históriu v podobe odlišných platforiem v rámci geoinformatiky, ktoré dlhú dobu fungovali bez vzájomného prepojenia. O tom svedčia aj dostupné softvérové systémy poukazujúce na ich jasné zázemie vo oblasti vektorových/rastrových snímkových technológií. Hlavný rozdiel medzi týmito dvoma technológiami je v modeloch základných údajov. Zatiaľ čo RSS analyzuje priestorové informácie tým, že začína s kompletnou snímkou, v rámci ktorej sa snaží rozlišovať homogénne objekty, GIS vytvára prezentáciu priestorovej reality zdola nahor. Postupne sa darí tieto dve techniky integrovať a výhody tohto prepojenia sa pomaly začínajú ukazovať. Tieto rôzne domény sú prepojené s cieľom poskytnúť lepší obraz skutočnosti, čím sa otvárajú úplne nové spôsoby, ako získať priestorové znalosti. Metodika viacúrovňovej segmentácie obrazu ponúka možnosť reprodukovat' hranice rôznych dát a umožňuje transparentnú kontrolu výsledkov (BLASCHKE et al.2000, LANG & BLASCHKE 2006). Integrácia DPZ a GIS spočíva aj v tom, že GIS dáta môžu byť použité ako pomôcka na analýzu snímok a na základe toho sa nám podarí získať kompletnejšie a presnejšie informácie zo spektrálnych dát. Mapovanie a monitoring lesných zmien je možné pri zmene jednotlivých atribútov (zmena odrazu žiarenia, emitácie, alebo hodnot mikrovln pri spätnom rozptyle. Disturbancie ako požiar, napadnutie hmyzom, choroba, ťažba dreva, záplavy či veterné polomy majú za následok širokú škálu poškodení (spektrálne a priestorovo), od listov až po krajinu. Presné posúdenie následkov týchto disturbancií ako závažnosť či miera sukcesie iba na základe DPZ je často ťažké až nemožné v heterogénnej krajine. Práve v týchto prípadoch GIS dáta zohrávajú dôležitú úlohu pri uľahčení mapovania a zároveň v niektorých prípadoch poskytujú aj hlbší záber. Detekcia zmien v prírode na základe DPZ spolu s GIS metódami bola využitá v mnohých štúdiách (určenie typu lesa, lesných škôd, reakcie vegetačného krytu na sucho, napadnutie hmyzom, veterné polomy, vplyvy ťažieb), v ktorých bolo preukázané výrazné zlepšenie posudzovania jednotlivých vplyvov a poškodení, a taktiež aj presnosť máp (ROGAN & MILLER 2006).

GUTH & KUČERA(1997) využívajú tieto techniky v práci zaoberajúcej sa monitoringom krajinných zmien a dodávajú, že v oblasti ochrany prírody a krajiny je žiaduci monitoring na základe leteckého a družicového snímkovania. Na ich analýzu slúžia počítačové GIS (konkrétne IDRISI rastrovo orientovaný GIS). Výhody prepojenia a

implementácie dát spomína JAKUŠ et al. (2011) vo svojej práci, pričom sa im podarilo potvrdiť hypotézu možnosti prepojenia dát z pozemného monitoringu, GIS a diaľkového prieskumu zeme v problematike prognóz kôrovca a managementu na úrovni stanovišť a krajiny. Výsledky z GIS a DPZ aplikácií boli použité pri rozhodovaní v NP Tatry.



### **3. NAVRHNUTIE METODIKY S VYUŽITÍM LETECKÝCH SNÍMOK A MAPOVANIA NATURA 2000**

#### **3.1 Metodika analýzy zmien stavu biotopov v Národnom parku Šumava**

Aj na území NP Šumava sú, podobne ako v susednom NP Bavorský les, dlhodobo vytvárané súbory leteckých snímok územia, no až na niektoré čiastkové projekty (BARENČEKOVÁ et al. 2009) neboli doposiaľ tieto dátové zdroje na vytvorenie komplexnej vedeckej štúdie stavu či zmien ekosystémov v národnom parku použité.

Na základe poznatkov získaných vytvorením predchádzajúcej rešerše bola navrhnutá metodika s cieľom analýzy porovnania stavu lesných porastov. Jej bazálna časť spočíva v porovnaní stavu lesných porastov zachytených na ortofotomapách z rokov 2004 a 2011. Za priestorovú jednotku hodnotenia boli zvolené segmenty mapovania sústavy Natura 2004 (stav v r. 2004). Prevažná časť polygónov tejto vrstvy bola priestorovo upravená s ohľadom na stav v r. 2011, no všetky pôvodné informácie však boli zachované.

Pre účely zadanej diplomovej práce bola za pilotné územie zvolená časť NP Šumava, v ktorej sú lesné pozemky obhospodarované neštátnym subjektom Lesy Města Kašperské Hory.

V rámci navrhovanej metodiky boli vytvorené štyri základné kategórie zmeny, uvedené v tabuľke atribútov číslicou (v stĺpci ZMENA hodnoty 0, 1, 2 a 3)

0 – nulová zmena (znamená, že lesný porast nebol v sledovanom období napadnutý či ťažený, poprípade stromový stupeň odumrel už pred rokom 2004 a mŕtvy zostal).

1 – v skôr zelenom poraste sa teraz mozaikovito vyskytujú suché a napadnuté stromy. Pritom stopercentná hodnota zmeny 1 znamená, že pomer zdravých a suchých stromov je rovný 1:1, respektíve zmena je rovnaká ako u päťdesiatpercentnej zmeny 2. stupňa. Ďalej bola využívaná hodnota 1 (5%) pre lesné porasty na prvý pohľad zdravé, v rámci ktorých bola vyťažená malá (omnoho menej než 5 %) časť stromov avšak takým spôsobom, že ju

prakticky nie je možné graficky vyjadriť – napríklad je sem-tam vidieť olúpaný kmeň a podobne.

2 – vyjadruje plošné uschnutie porastov. 100 % znamená úplné odumretie predtým zdravého porastu. Hodnota 2 (30%) udáva uschnutie viac-menej kompaktnej časti porastu oproti zmene 1 (60%), ktorej hodnota je síce rovnaká avšak suché stromy sa vyskytujú náhodne v priestore. Zmena 2 je tiež uvádzaná pri polomoch.

3 – označuje vznik pasek s ponechanými olúpanými kmeňmi zo skôr zdravých porastov. Musí ísť o pomerne súvislé pokrytie ponechaným drevom – niektoré väčšie časti pasek, kde sa lúpalo boli presunuté do kategórie 4, pretože na nich takmer žiadne kmene neboli. Opäť platí rozdelenie podľa percentuálnej škály, no pri posledných dvoch kategóriách sa dôslednejšie pracovalo s grafickým rozdelením oblastí a tým pádom sa získalo viac menších „stopercentných“ polygónov.

4 – značí vznik holín bez ponechaných olúpaných kmeňov.

Ďalej sú špecifikované percentuálne hodnoty plošného zastúpenia v polygóne (stĺpec PERCENTO), pričom 100 je plné a 5 je minimálne pokrytie danej zmeny v rámci hodnoteného segmentu. Keďže boli plochy odhadované subjektívne, využívali sa päťpercentné intervaly. Stĺpec EDITÁCIA v atribútovej tabuľke slúži na grafické zvýraznenie už hotových polygónov.

## 4. ZÁVER

Pochopenie systému zeme – jeho počasia, klímy, krajiny, prírodných zdrojov, ekosystémov a prírodných alebo človekom spôsobených nebezpečenstiev je nevyhnutné na dosiahnutie lepšej schopnosti predvídať, a zároveň zmiernovať očakávané prírodné zmeny a ich vplyv na krajinu. Pre naplnenie tohto cieľa je nevyhnutný monitoring zmien v jednotlivých prírodných sférach. Práve informácie získané z pozorovania zeme predstavujú významné podklady na skúmanie udržateľného riadenia krajiny a správy životného prostredia.

Vo všeobecnosti získavame informácie z nášho okolitého prostredia využitím zmyslov. Tie nám však umožňujú vnímať objekty len v pomerne tesnej blízkosti. Z toho plynie, že metódy pozemného prieskumu je možné uplatniť len v prípadoch, keď ide o monitoring a mapovanie v malých záujmových územiach. V prípade veľkých plôch by totiž tento prieskum mohol trvať neúmerne dlho a v niektorých prípadoch by ho ani nebolo možné uskutočniť (napr. neprístupný terén). S príchodom nových metód založených na diaľkovom prieskume sa však otvárajú brány k riešeniam problémov týkajúcich sa mapovania a monitoringu v rôznych predmetných oblastiach, a teda aj v oblasti ochrany prírody a krajiny.

Predchádzajúca rešerš dokumentuje pokrok, ktorý je v posledných rokoch v rámci DPZ veľmi intenzívny a priniesol so sebou množstvo techník (napr. letecké snímky), ktoré sa okrem iného tiež výhodne využívajú pri ochrane lesných ekosystémov a tvorbe managementu lesov. Diaľkový prieskum pomáha odhaliť prvky, ktoré nie sú viditeľné pre ľudské oko. Umožňuje napríklad sledovať zmeny teplôt povrchu v krajine na základe snímania tepelného IR (infrared) žiarenia. Ďalej predstavuje neoceniteľný nástroj, čo sa týka detekcie poškodenia a odhadov strát spôsobených disturbanciami prírodnými i zapríčinenými človekom. Je to jediný praktický spôsob, ako získať dáta z inak neprístupných oblastí. Výhodou použitia týchto metód sú rýchle dátové akvizície, možná, pomerne jednoduchá integrácia do GIS dátových súborov, automatizované spracovanie dát a možnosť využitia veľkého územia na odber vzoriek (napr. Landsat 5 zaberá oblasti s rozlohou 185x160 km a pozemným rozlíšením 30 m každých 18 dní) . Dostupné senzory sú schopné pokryť veľké plochy v zlomku času v porovnaní s časom, ktorý by potrebovali na monitoring terénni pracovníci. DPZ monitoring nie je závislý od vhodných poveternostných podmienok. Údaje v elektronickej podobe sú spracovávané počítačom automatizovaným spôsobom, čo si vyžaduje omnoho menej času než spracovanie dát

získaných pozemným prieskumom a čím sa zároveň minimalizuje subjektivita pri interpretácii výsledkov. Opakovanie pozemného prieskumu je veľmi neekonomické. Informácie získané na základe DPZ sú užitočné pre rozličné účely. Môžu ich využiť nielen lesníci či ochranári, ale aj vedci zaoberajúci sa pôdou, podzemnou vodou či poľnohospodári pri sledovaní úrodnosti jednotlivých plodín. Je pomerne lacným a rýchlym spôsobom konštrukcie základných máp pri absencii podrobných prieskumov územia.

Medzi nevýhody diaľkového prieskumu zeme patrí:

- nutnosť kalibrácie, nie sú priamymi vzorkami úkazu, pričom táto kalibrácia nie je nikdy úplne presná
- nutnosť geometrických a georeferenčných úprav, aby mohli byť využité ako mapy, čo býva niekedy zložité
- možnosť zámény javov, ktoré na senzore vyzerajú rovnako (napr. prírodná a umelá tráva v zelenom svetle)
- pre detailné mapovanie a pre rozlíšenie malých plôch je rozlíšenie satelitných snímok veľmi všeobecné
- vysoké počiatkové náklady na výrobu a uvedenie do systému

V skutočnosti, obe metódy pozemný prieskum aj DPZ by mali pracovať komplementárnym spôsobom. Terénne dáta sú vždy potrebné na kalibráciu a overenie DPZ analýz. Podobne diaľkový prieskum napomáha zvýšiť hodnotu informácií z terénnych výskumov. Súčinnosť oboch metód by mala viesť k efektívnejšiemu systému pre zber dát a vykreslenie bohatých a spoľahlivých informácií.

Pri pohľade na výsledky doterajších prác je zjavné, že nastúpený trend získavania údajov družicových a leteckých snímok z rôznych výšok a ich vzájomná implementácia s GIS či pozemným prieskumom je správny. O tom svedčia aj výsledky prác vedcov vedúcich výskumy na území Slovenska a Čiech, poukazujúce tiež na vzájomnú spoluprácu v oblasti DPZ metód a ochrany prírody v rámci týchto dvoch krajín. Aj táto skutočnosť napomáha rozvoj moderných monitorovacích techník, a to nielen v bežnej krajine, ale hlavne na území národných parkov. V nich, ako už bolo spomenuté, by mala dominovať úplná ochrana nad ostatným managemetom. Aj k naplneniu tohto cieľa smeruje a naďalej by smerovať mal rozvoj a aplikácia DPZ metód. Národný park Šumava, podobne ako aj slovenský TANAP (Tatranský Národný Park) potom, čo ho postihli vetrové polomy a následná gradácia kôrovca, si vyžaduje pomerne zložitý managemet

ochrany vedúci k postupnej obnove vzácnych ekosystémov s prioritou čo najmenšieho zásahu človeka. Práve k jeho tvorbe by mal ako významný nástroj na získanie informácií slúžiť DPZ, ktorý sa ukazuje byť dostatočne presný a spoľahlivý.

Navrhovaná metodika, na základe ktorej by bolo možné analyzovať stav lesných porastov na území NP Šumava taktiež využíva tieto metódy založené na diaľkovom prieskume. Konkrétne sa zakladá na leteckých snímkach a z nich vzniknutých ortofotomáp, ktoré sú charakteristické svojou detailnosťou a presnosťou. Aj preto možno s jej aplikovaním predpokladať prínos cenných dát, ktoré by v budúcnosti významne poslúžili ďalším analýzám a výskumom, čo sa týka ochrany NP Šumava, ale aj mimo neho, keďže problém vetrových polomov, gradácie kôrovca a ďalších disturbancií je v súčasnosti problémom často diskutovaným, komplexným a celosvetovo rozšíreným. Novátorstvo tejto metódy je možné nájsť tiež v snahe hodnotiť zmeny stavu lesných ekosystémov v kontexte segmentov prírodných biotopov mapovaných ako podklad pre vyhlásenie ochrany lokality sústavy Natura 2000. Ak bude táto metóda úspešne otestovaná, naskytá sa tu možnosť využiť tento prístup pri plošne unifikovanom hodnotení zmien prírodných stanovišť sústavy Natura 2000 i mimo územia NP Šumava.

## 5. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- ALBRECHT J. a kol., 2003: Českobudějovicko. In: MACKOVČIN P. & SEDLÁČEK M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VIII. AOPK ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 808 pp.
- ANĎERA M., 2008: *Národní parky Evropy*. Slovart, s. r. o., Bratislava.
- ANONYMUS, 2010: *Národní parky a chráněné krajinné oblasti*. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- BLAHA J., 2003: *Péče o Národní park Šumava: mise IUCN*. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- BONHAM-CARTER G.F., 1994: *Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS*. Elsevier. (online na [http://www.rc.unesp.br/igce/geologia/GAA01048/papers/Bonham-Carter\\_Cap9.pdf](http://www.rc.unesp.br/igce/geologia/GAA01048/papers/Bonham-Carter_Cap9.pdf) 25.7.2013)
- BUCHA T. & PAVLEDOVÁ H., (eds.) 2009: *Dial'kový prieskum zeme – lesy v meniacich sa prírodných podmienkach*. Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen.
- COAD L., CORRIGAN C., CAMPBELL A., GRANZIERA A., BURGESS N., FISH L., RAVILIOUS C., MILLS C., MILES L., KERSHAW F., LYSENKO I., PAVESE H. & BESANCON C., 2008: *State of the world's protected areas 2007: An annual review of global conservation progress*. United Nations Environment Programme, World Conservation Monitoring Centre. [online], 2013. [cit. 6. júla 2013], *Dostupné na internete: <<http://www.unep-wcmc.org/medialibrary/2010/09/17/f3a52175/stateOfTheWorldsProtectedAreas.pdf>>*.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1995: *CORINE land cover*. (online na <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover28.7.2013>)
- ČERŇANSKÝ J. & KOŽUCH M., 2002: Digitálna fotogrametria – efektívna metóda zberu priestorových údajov pre GIS. *Pedagogické listy 2002*.
- ČÍŽKOVÁ, P., SVOBODA M. & KŘENOVÁ Z., 2011. Natural regeneration of acidophilous spruce mountain forests in non-intervention management areas of the Šumava National Park – the first results of the Biomonitoring project. *Silva Gabreta 17/1: 19-35*.

- DALLEMAND J.F & PERDIGÃO V., 1998: *Phare multi-country environment programme Mars and environmental related applications (mera) project*. Proceedings 1994-1996 results conference Bratislava, 10-11 december 1996. European Communities.
- DANEK L., 2004: *Možnosti využitia diaľkového prieskumu Zeme*. Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva SPU v Nitre. Nitra.
- DOBROVOLNÝ P., 1998: *Dálkový průzkum Země*. Digitální spracování obrazu. Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity. Brno.
- DUDLEY N. (ed.) 2008: *Guidelines for applying protected area management categories*. IUCN, The World Conservation Union, Gland, 978-2-8317-1086-0.
- EAGLES P. F. J. & MCCOOL S.F., 2002: *Tourism in national parks and protected areas: planning and management*. CABI. (online <http://books.google.cz/books?id=xIWwmVUUU4wC&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false> 6.7.2013).
- FANTA J. & KŘENOVÁ Z., 2009: *Management lesů v českých národních parcích* [Forest management of Czech national parks]. Správa NP a CHKO Šumava.
- GRAZZINI G., 1994: *Národní parky světa*. Slovart, s. r. o., Praha.
- GUTH J. & KUČERA T., 1997: Monitorování změn krajinného pokryvu s využitím DPZ a GIS. *Příroda*, (Praha), 10:107—124.
- GUTH J. & KUČERA T., 2005: Natura 2000 habitat Mapping in the Czech republic: Methods and General Results. *Ekológia (Bratislava)*. 24. Supplement 1/2005, p. 39-51. (online na <http://www.highbeam.com/doc/1P3-1110833251.html> 25.7.2013).
- HAIS M., BROM J. & PECHAROVÁ E., 2006: Evaluation of landscape changes by remote sensing. *Život. Prostr.*, Vol., 40, No. 2, 80 – 83.
- HAIS M. & KUČERA T., 2008: Surface temperature change of spruce forest as a result of bark beetle attack: remote sensing and GIS approach. *European Journal of forest Research* 127 (4): 327-336.
- HÁJEK F. & SVOBODA M., 2007: Vyhodnocení odumírání horského smrkového lesa na Trojmezí (NP Šumava) metodou automatizované klasifikace leteckých snímků. *Silva Gabreta* vol. 13 (1) p. 69–81, Vimperk.
- HÄRTEL H., LONČÍKOVÁ J. & HOŠEK M. (eds) 2009: *Mapování biotopů v České republice. Východiska, výsledky, perspektivy*. AOPK ČR, Praha. In *Czech with English summary*.

- HEURICH M., BAIERL F. & ZEPPENFELD T., (2012): *Waldentwicklung im Nationalpark Bayerischer Wald in den Jahren 2006 bis 2011. Ergebnisse der Luftbildauswertung und Hochlageninventur*. Berichte aus dem Nationalpark. Heft 8/12. Grafenau. [online]. 2013. [cit. 30. júla 2013] *Dostupné na:* <[http://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2012/vyvoj\\_lesa.pdf](http://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2012/vyvoj_lesa.pdf)>.
- HLÁSNY T., KULLA L., BUCHA T. & KONÔPKA J., 2009: *Súčasný stav a prognózy vývoja hynutia smrečín na Slovensku*. Národné lesnícke centrum, Zvolen. (online na <http://www.nlcsk.sk/files/1498.pdf> 28.7.2013).
- JAKUŠ R., GRODZKI W., JEŽÍK M. & JACHYM M., 2003: Definition of spatial patterns of bark beetle *Ips typographus* (L.) outbreak spreading in Tatra Mountains (Central Europe), using GIS. In: MCMANUS M.L., LIEBHOLD A.M., *Proceedings, Ecology, Survey and Management of Forest Insects*. USDA Forest Service. (online na [http://www.google.sk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.iufro.org%2Fdownload%2Ffile%2F4775%2F4509%2F70307-krakow02\\_pdf%2F&ei=5I77UZ6HN8nSsgbhjoCYBA&usg=AFQjCNHnA4u9F0asaYhPlrIoxT\\_93RI-zQ&sig2=jyga-L8djmT9GeF\\_1L9ibg&bvm=bv.50165853,d.Yms](http://www.google.sk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.iufro.org%2Fdownload%2Ffile%2F4775%2F4509%2F70307-krakow02_pdf%2F&ei=5I77UZ6HN8nSsgbhjoCYBA&usg=AFQjCNHnA4u9F0asaYhPlrIoxT_93RI-zQ&sig2=jyga-L8djmT9GeF_1L9ibg&bvm=bv.50165853,d.Yms) 30.7.2013).
- JAKUŠ R., JEŽÍK M., KISSIYAR O. & BLAŽENEC M., 2005: Prognosis of bark beetle attacks in TANABBO model. In: Grodzki W. et al., *GIS and databases in the forest protection in Central Europe*. Forest Research Institute, Krakow.
- JAKUŠ R., ZAJÍČKOVÁ L., CUDLÍN P., BLAŽENEC M., TURČANI M., JEŽÍK M., LIEUTIER F. & SCHLYTER F., 2011: Landscape-scale *Ips typographus* attack dynamics: from monitoring plots to GIS-based disturbance models. *iForest* 4: 256-261. - doi: 10.3832/ifor0589-004. (online na <http://www.sisef.it/iforest/contents/?id=ifor0589-00420> 7.2013).
- JONÁŠOVÁ M. & PRACH K., 2004: Central-European mountain spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological Engineering* 23:15-27.
- KLEESCHULTE S. & BÜTTNER G., 2008: European land cover mapping – the corine experience. In: CAMPBELL J.C., JONES K.B., SMITH J.H. & KOEPP M.T., *North America land cover summit*. Association of American Geographers. Washington. (online na <http://www.aag.org/galleries/nalcs/CH4.pdf> 27.7.2013).



- KINDLMANN P., MATĚJKA K., & DOLEŽAL P., 2012: *Lesy Šumavy, lýkožrout a ochrana přírody*. Karolinum, Praha.
- KOLÁŘ J., HALOUNOVÁ L. & PAVELKA K., 1997: *Dálkový průzkum Země 10*. 1. vydání. ČVUT, Praha.
- KOŽUCH M., 2011: Digitálne letecké kamery – významný pokrok v kvalite fotogrametrických výstupov. *Kartografické listy*, 2011, 19. (online na <http://gis.fns.uniba.sk/kartografickelisty/archiv/KL19/8.pdf> 31.7.2013).
- KREČMER V., VOVESNÝ J. & ZAHRADNÍK P., 2011: *Ke smyslu ochrany lesů národních parků*. Fortuna, Praha.
- KŘENOVÁ Z. & HRUŠKA J., 2011: Zonace Národního parku Šumava aneb o cestě tam a zase zpátky. *Ochrana přírody 3/2011*. In *Czech with English summary*.
- KŘENOVÁ Z. & HRUŠKA J., 2012: Proper zonation – an essential tool for the future conservation of the Šumava National Park. *European Journal of Environmental Sciences*, Vol. 2, No. 1, pp. 62–72
- KUČERA A., 2009: Stav a management lesních ekosystémů v NP Šumava. In: FANTA J. & KŘENOVÁ Z., *Forest management of Czech national parks*. Správa NP a CHKO Šumava.
- KUČERA T. & POJER F., 2006: Mapování biotopů pro evropskou soustavu Natura 2000 v ČR. In: Kučera T., Navrátilová J. (eds.), *Biotopy a jejich vegetační interpretace v ČR*, Česká Bot. Spol., Praha, p. 3–6.
- LAVALLE C., DEMICHELI L., TURCHINI M., CASALS-CARRASCO P., & NIEDERHUBER M., 2002: Monitoring megacities: The MURBANDY/MOLAND approach. In: WESTENDORFF D., EADE D., *Development and Cities*. Kumarian Press, Oxford. (online na [http://www.unrisd.org/80256B3C005BCCF9/%28httpAuxPages%29/D67E41FDC543A869C1256FE90057210D/\\$file/20-Laval.pdf](http://www.unrisd.org/80256B3C005BCCF9/%28httpAuxPages%29/D67E41FDC543A869C1256FE90057210D/$file/20-Laval.pdf) 30.7.2013).
- LINDENMAYER D.B., FRANKLIN J.F. & FISCHER J., 2006: General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. - *Biol. Conserv.*, 131. 433-445. (online na <http://scholarsarchive.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/17515/General%20management%20principles%20and%20a%20checklist.pdf?sequence=1> 12.7.2013)
- LINNER J. & WANNINGER J. (eds.), 2010: *Bavarian Forest National Park Plan. Concept and Objectives*. Grafenau.

- LUSTYK P. & OUŠKOVÁ V., 2011: Vrstva mapování biotopů a její aktualizace – první možnosti srovnání dat. *Ochrana přírody 4/2011. In Czech with English summary.*
- MATĚJKOVÁ I. & JONÁŠOVÁ M., 2004: Impact of management on forests regeneration in the Bohemian Forest. In: *Aktuality šumavského výzkumu II.*, Srní, 270 – 274,
- MCCORMICK N., KENNEDY P. & FOLVING S., 1995: An integrated methodology for mapping European forest ecosystems using satellite remote sensing. *Earsel advances in remote sensing Vol. 4, No.3 – XII.* (online na [http://www.earsel.org/Advances/4-3-1995/4-3\\_12\\_McCormick.pdf](http://www.earsel.org/Advances/4-3-1995/4-3_12_McCormick.pdf) 26.7.2013).
- MIKO L., (ed.) 2007: *Zákon o ochraně přírody a krajiny. Komentář. 2. vydání.* C. H. Beck, Praha 607 pp.
- MOKROŠ M., KOREŇ M. & JAKUŠ R., 2013: Model šíření lykožrúta smrekového v prostredí GIS. In: Inspektor T., Horák J., Růžička J., *Symposium GIS Ostrava 2013 Geoinformatika pro společnost.* VŠB - Technická univerzita, Ostrava. [online]. 2012. [cit. 30. júla 2013], *Dostupné na internete:*  
<[http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2013/sbornik/topic.html](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2013/sbornik/topic.html)
- ORŠULÁK T., 2010: *Dálkový průzkum Země.* Centrum digitálních služeb MINO, Ústí nad Labem. (online na [http://gis.fzp.ujep.cz/GIS/DPZ/Materialy/DPZ\\_skripticka.pdf](http://gis.fzp.ujep.cz/GIS/DPZ/Materialy/DPZ_skripticka.pdf) 28.7.2013).
- PAVELKA K. & KOLÁŘ J., 1998: *Dálkový průzkum Země: operační systémy.* 1. vydání. ČVUT, Praha.
- PRAVDA J., 2001: Geographic information in terminology of geoinformatics. *Geografický časopis*, 53, 2001, 3. *In Slovak with English summary.*
- RICHARDS J.A., 2012: *Remote sensing digital image analysis: An introduction.* Springer, [online], 2013. [cit. 28. júla 2013], *Dostupné na internete:*  
<[http://www.google.cz/books?hl=sk&lr=&id=ETfwQnBMP4UC&oi=fnd&pg=PR6&dq=remote+sensing+methods+introduction&ots=FVZfaTC0Pr&sig=rpQVZOTg9\\_xL79TArxsbzgYnSYY&redir\\_esc=y#v=onepage&q=remote%20sensing%20method%20introduction&f=false](http://www.google.cz/books?hl=sk&lr=&id=ETfwQnBMP4UC&oi=fnd&pg=PR6&dq=remote+sensing+methods+introduction&ots=FVZfaTC0Pr&sig=rpQVZOTg9_xL79TArxsbzgYnSYY&redir_esc=y#v=onepage&q=remote%20sensing%20method%20introduction&f=false)>.
- ROGAN J. & MILLER J., 2006: Integrating GIS and remotely sensed data for mapping forest disturbance and change. In: WULDER M.A & FRANKLIN S.E., *Understanding forest disturbance and spatial pattern. Remote sensing and GIS approaches.* CRC Press.

- SCHELHAAS M.J., NABUURS G.J.& SCHUCK A., 2003: Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9, 1620–1633, doi: 10.1046/j.1529-8817.2003.00684.x
- SITKO R. & SCHEER L., 2009: Návrh systému hodnotenia vybraných funkcií lesa na báze údajov DPZ a terestrických informácií. In: BUCHA T., PAVLEDOVÁ H., (eds.), *Diaľkový prieskum zeme – lesy v meniacich sa prírodných podmienkach*. Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen. (online na <http://www.nlcsk.org/satlesys/zbornikDPZ.pdf>25.7.2013)
- SVOBODA M., 2007: Les ve druhe zóně v oblasti Trojmezne není hospodářskou smrčinou: změní se management dřívě než vznikne rozsáhlá asanovaná plocha? *Silva Gabreta* vol. 13 (2) p. 171–187, Vimperk.
- ŠADIBOL J. & CHUDÝ F., 2013: Panchromatické zaostrovanie multispektrálnych snímok na získavanie kvantitatívnych a kvalitatívnych informácií v oblasti lesníckeho mapovania. In: Inspektor T., Horák J., Růžička J., *Symposium GIS Ostrava 2013 Geoinformatika pro společnost*. VŠB - Technická univerzita, Ostrava. [online]. 2012. [cit. 1. augusta 2013], *Dostupné na internete:*  
<[http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2013/sbornik/topic.html](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2013/sbornik/topic.html)
- ŠANDORFI K. & HALVOŇ L., 2009: *Využitie digitálnej fotogrametrie v húl, uplatnenie výsledkov v GIS*. Projekt VEGA MŠ SR a SAV č. 1/0560/09 s názvom „Racionalizácia lesníckeho mapovania“. (online na <http://www.nlcsk.sk/files/1593.pdf>1.8.2013).
- ŠATRÚČKOVÁ H. & VRBA J. (eds.), 2010: *Co vyprávějí šumavské smrčiny. Průvodce lesními ekosystémy Šumavy*. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk 2010.
- UNEP 2012: *Global Environment Outlook 5*, United Nations Environment Programme, Nairobi.
- VACEK S. & PODRÁZSKÝ V. V., 2003: Forest ecosystems of the Šumava Mts. and their management. *Journal of Forest Science*, 49, 2003 (7): 291–301
- VOLOŠČUK I., 2005: *Ochrana prírody a krajiny*. Fakulta ekológie a environmentalistiky TU vo Zvolene, Zvolen, 80-228-1511-X.
- VOŽENÍLEK V., SLOUKA L., SEDLÁČKOVÁ M. & KOSTKAN V., 2002: *Národní parky a chráněné krajinné oblasti České republiky*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- VYDROVÁ A. & LUSTYK P., (eds), 2011: *Monitoring evropsky významných biotopů na trvalých monitorovacích plochách v České republice. Základní principy monitoringu*,

*výběr ploch a terénní manuál pro sběr dat na trvalých monitorovacích plochách.*

AOPK ČR.

WDPA (2012): The World Database on Protected Areas. United Nations Environment programme, Nairobi, World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, IUCN, World Commission on Protected Areas, [online]. 2012. [cit. 3. júla 2013], *Dostupné na internete: <<http://www.wdpa.org/Default.aspx>>*

YELLOWSTONE NATIONAL PARK, 2004. *Yellowstone Resources and Issues, Mammoth Hot Springs*. Wyoming, Division of Interpretation.

ZÚBRÍK M. & KUNCA A., 2006: *Vetrová kalamita z 19. novembra 2004*. Národné lesnícke centrum, Zvolen.

ZÚBRÍK M., RAŠI R., VAKULA J., VARÍNSKY J., NIKOLOV CH. & NOVOTNÝ J., 2008 : Bark beetle (*ips typographus* L., *pityogenes chalcographus* L., col.:scolytidae) pheromone traps spatial distribution optimisation in central slovakian mountains. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 54(3): 235 – 248. (online na <http://www.nlcsk.sk/files/3037.pdf> 30.7.2013).

*Internetové zdroje:*

AOPK ČR	<a href="http://www.nature.cz">http://www.nature.cz</a>
CENIA	<a href="http://www.cenia.cz">http://www.cenia.cz</a>
Fire and Aviation Management,	<a href="http://www.nps.gov/fire/wildland-fire/what-we-do/science-ecology-and-research/effects-monitoring.cfm">http://www.nps.gov/fire/wildland-fire/what-we-do/science-ecology-and-research/effects-monitoring.cfm</a>
NP Bayerischer Wald	<a href="http://www.nationalpark-bayerischer-wald.de">http://www.nationalpark-bayerischer-wald.de</a>
GEODIS	<a href="http://www.geodis.cz/translate/cs/home">http://www.geodis.cz/translate/cs/home</a>
NASA	<a href="http://earthobservatory.nasa.gov/">http://earthobservatory.nasa.gov/</a>
NP Šumava	<a href="http://www.npsumava.cz">http://www.npsumava.cz</a>