

Veterné elektrárne a príroda, konflikty a riešenia.

Pevnina: potenciálne vplyvy (Perrow M. R. (ed.) 2017)

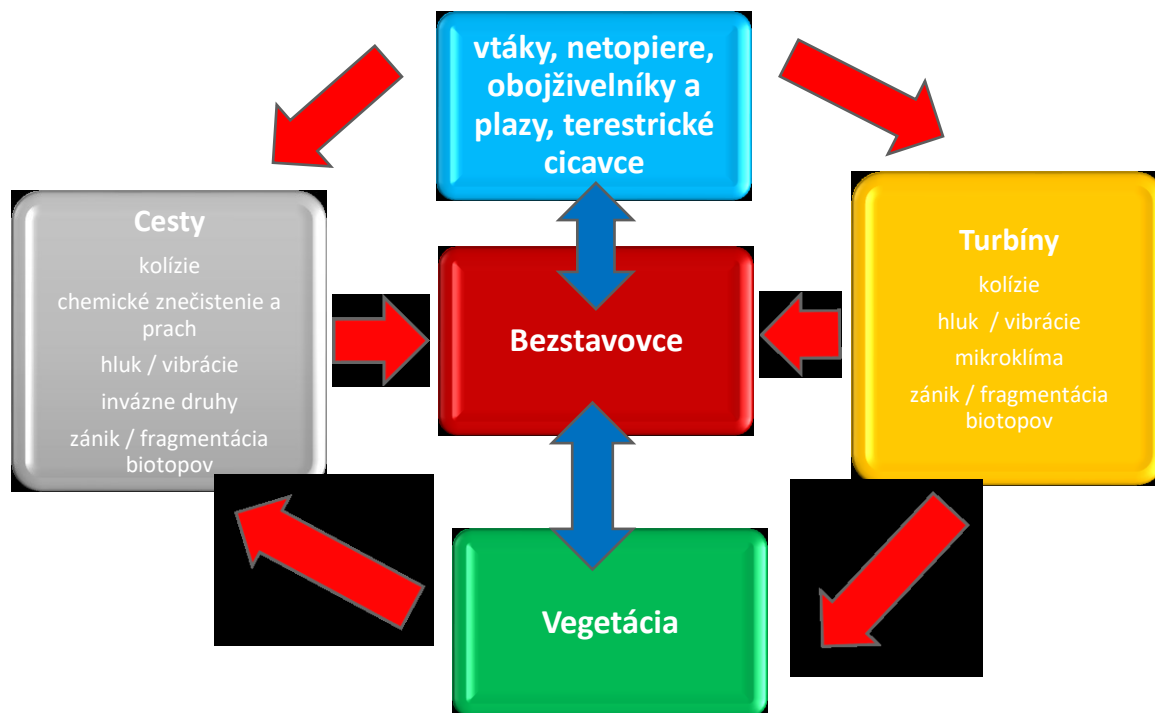
Literárny prehľad

Terestrické bezstavovce

Súhrn doterajších poznatkov

Suchozemské bezstavovce sú často dominantnými konzumentmi a opel'ovačmi rastlín, sú hlavným zdrojom potravy pre vtáky, netopiere, cicavce a detritovory. Hoci sú bezstavovce životne dôležité pre ekosystémy, iba málo publikovaných štúdií skúmalo potenciálne účinky veterných parkov na suchozemské bezstavovce. Množstvo hmyzu bude pravdepodobne usmrtené pri kolízii s lopatkami rotorov turbín a vozidlami na prístupových cestách k veterným elektrárnám, avšak rozsah týchto strát a ich dopady na miestne biocenózy neboli merané. Aj keď tieto kolízie môžu byť významné, výraznejší vplyv na spoločenstvá bezstavovcov môže mať iné aspekty budovania veterných parkov. Výstavba a prevádzka veterných fariem môže viesť k stratám a fragmentácii biotopov, chemickému znečisteniu a zvýšenej prašnosti, hluku, šíreniu invázných druhov pozdĺž prístupových ciest a zmenám environmentálnych faktorov. Zmeny v spoločenstvách netopierov a vtákov môžu vyvolať zmeny v početnosti a druhovom zložení hmyzu vyskytujúceho sa v priestore veternej elektrárne, ktoré môžu kaskádovito prechádzať do nižšej trofickej úrovne. Vo veľkej miere chýbajú údaje o tom, ako môžu veterné farmy ovplyvniť suchozemské bezstavovce: literatúra však naznačuje, že vedľajšie produkty rozvoja veterných fariem môžu mať, jednotlivo aj spoločne, silný vplyv na suchozemské bezstavovce. Budúci výskum by sa mal zaoberať mierou, do akej vývoj veterných fariem ovplyvňuje suchozemské bezstavovce a na základe prehľadu literatúry navrhnúť možné smery ďalšieho výskumu. Celkovo, napriek rýchlemu rozvoju veterných fariem, existuje málo údajov o ich interakciách s bezstavovcami. Veterné parky by mohli byť lepšie umiestňované a spravované

prostredníctvom informatívnych štúdií, ktoré by sa zaoberali bodmi navrhnutými v tejto kapitole.

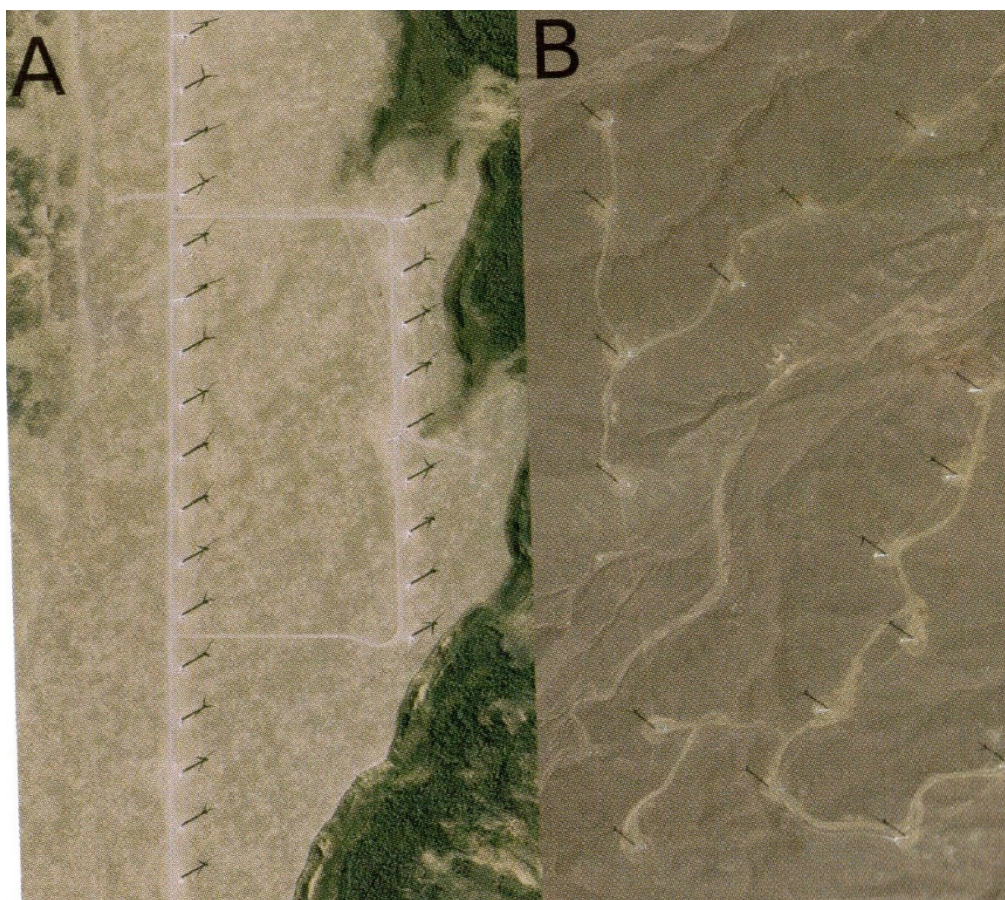


Obr. 1. Schéma potenciálnych vplyvov veterných parkov na terestrické bezstavovce. Červené jednosmerné šípky indikujú významné a modré obojsmerné šípky nevýznamné vplyvy. Prevzaté z monografie Perrow M. R. (ed.) 2017

Rozmiestnenie veterných turbín

Turbíny sa vo všeobecnosti umiestňujú v radoch smerujúcich k prevládajúcemu smeru vetra, pričom susedné turbíny sú oddelené vhodnou minimálnou vzdialenosťou (Serrano Gonzáles et al. 2014) (obr. 2A). Čoraz zložitejšie sa používajú modely mikroreliefového rozmiestnenia turbín (turbíny umiestnené v nepravidelných sponoch, využívajúc fyzické vlastnosti mikro- až mezoreliéfu), ktoré v konečnom dôsledku generujú i väčší výkon a vyššie zisky (Serrano Gonzáles et al. 2014) (obr. 2B). Tieto návrhy rozmiestnenia turbín môžu výrazne zmeniť vplyvy budovaných veterných parkov na suchozemské bezstavovce,

a to z viacerých dôvodov. Pretože je nepravdepodobné, že by bezstavovce boli rozmiestnené rovnomerne (pravidelná disperzia) po celej krajine, **výber umiestnenia turbíny môže dramaticky zmeniť jej biologický vplyv, pretože odchýlky v denzite bezstavovcov (napríklad v dôsledku nerovnomernej distribúcie zdrojov, od ktorých závisia) môžu zmeniť pravdepodobnosť kolízie s listami turbín. V širších priestorových mierkach bude usporiadanie turbín určovať výstavbu prístupových ciest a meniť tak mieru i priestorové vzorce narušenia a fragmentácie biotopov (obr. 2).**



Obr. 2. Umiestnenie veterných turbín v nepravidelnom spone na mikrostanovištiach s rôznymi fyzickými vlastnosťami povrchu môže významne zmierniť dopady na suchozemské bezstavovce. (B) Turbíny v starších veterných parkoch boli zvyčajne usporiadané v paralelných radoch orientovaných k dominantnému smeru vetra, (A) komplexné modely sa používajú na mikrostanovištia turbín v novších veterných parkoch, aby sa maximalizovali zisky. Priestorové usporiadanie turbín a súvisiacich prístupových ciest môže zmeniť biologické vplyvy veterných elektrární, vrátane vplyvov na bezstavovce. (Google, USDA Farm Service Agency)

Umiestnenie turbín sa môže zhodovať s oblasťami, kde sa hmyz zhlučuje, čo zvyšuje mortalitu hmyzu a potenciálne priťahuje hmyzožravé živočíchy. Hmyz sa niekedy zhromažďuje na kopcoch a hrebeňoch (Alcock 1987), ktoré bývajú tiež hlavnými

oblast'ami pre umiestnenie veterných parkov. Okrem toho, **veľa hmyzu migruje pomocou veterných prúdov** (Johnson 1969) **a migračné trasy sa tak môžu prekrývať s veternými parkami**. Napríklad v štúdiu Zhanga et al. (2007) hmyz migroval počas veterných mesiacov, pričom v lete lietal menej ako 500 m nad zemou. Koncentrácie migrujúcich motýľov na turbínach alebo okolo nich môžu prilákať hmyzožravé netopiere (Rydell et al. 2010). Napríklad asi 40 % netopierov usmrtených vo veterných elektrárňach v Severnej Amerike tvoril druh *Lasiurus cinereus* (Kunz et al. 2007; Aenett et al. 2008), ktorý sa špecializuje na lov nočných motýľov (Black 1974). **Väčšina netopierov usmrtených vo veterných elektrárňach v New Yorku a Texase mala žalúdky naplnené predovšetkým motýľmi, ale aj chrobákmi a svrčkami** (Valdez & Cryan 2013). **Tieto zistenia naznačujú, že netopiere sa živia rozmanitým a hojným hmyzom vyskytujúcim sa vo veterných elektrárňach a v ich okolí** (Rydell et al. 2010). Vzhľadom na tieto úvahy by informácie o vzťahoch k biotopom bezstavovcov mohli pomôcť pri rozhodovaní o umiestnení veterných turbín v rámci mikrostanoísk, čím by sa výrazne zmenili vplyvy budovania a prevádzky veterných parkov na bezstavovce.

Kolízie

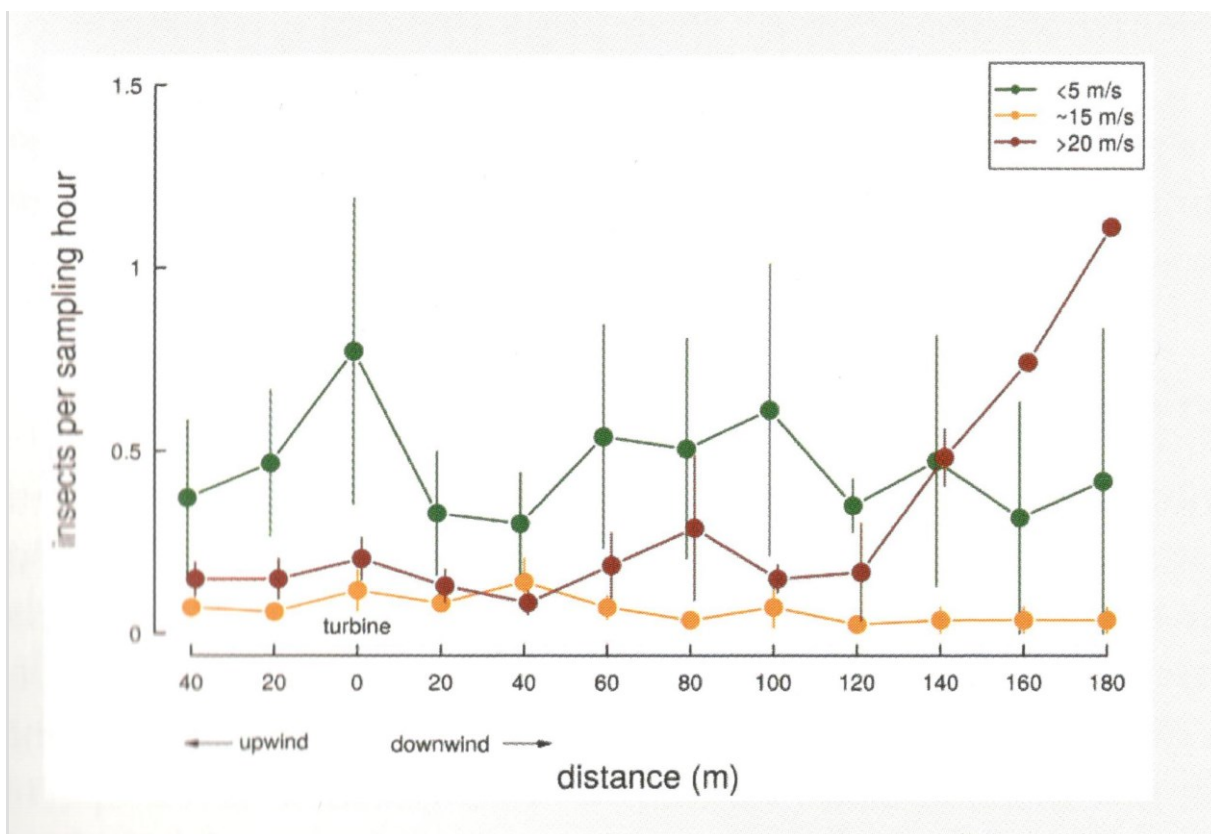
Okrem náhodného prekrývania veterných elektrární s oblast'ami s vysokou denzitou hmyzu môžu turbíny tiež priťahovať bezstavovce. Mnohé bezstavovce, najmä hmyz, sú atrahované teplom (napr. Thorsteinson 2009), pretože ako ektotermi sa pri regulácii telesnej teploty čiastočne spoliehajú na výber mikrobiotopov (Angiletta 2009). **Hriadeľ rotora veterných turbín je často teplejší ako teplota okolia, čo potenciálne priťahuje hmyz k týmto teplým pohyblivým častiam. Hmyz sa môže pri lete smerom k zdroju tepla zraziť s čepeľami alebo inými pohyblivými časťami rotora.** Vo viditeľnom spektre sa mnohé druhy spoliehajú pri navigácii a pri vyhľadávaní zdrojov na dobre vyvinuté farebné videnie. Napríklad niektoré farby sú obzvlášť účinné pri atrahovaní opel'ovačov, pravdepodobne preto, že si ich mýlia s farebnými kvetmi (Abrahamczyk et al. 2010). **Turbíny sú často biele alebo svetlosivé, čo sú farby, ktoré priťahujú hmyz** (Long et al. 2011). Napokon, aj **svetlá na veterných turbínach a okolo nich môžu lákať hmyz a iné bezstavovce na tieto dobre osvetlené miesta počas tmavej časti dňa** (Nabli et al. 1999).

Bez ohľadu na to, či je hmyz priťahovaný turbínami, alebo sa jednoducho náhodne vyskytuje vo veľkom množstve v kontakte s turbínami, v niektorých lokalitách je podiel hmyzu usmrteného po kolízii s čepelami rotorov veterných turbín vysoký. Prevádzkovatelia turbín často zaznamenávajú neočakávané zníženie výkonu produkovaného veternými turbínami a to bez merateľnej zmeny rýchlosti vetra. Pri ich kontrole operátori zistili, že lopatky turbíny boli pokryté vrstvou uhynutého hmyzu. Keď sa za normálnych okolností hladké lopatky turbíny zdrsnia telami uhynutého hmyzu, prúd vzduchu sa odtrhne od lopatiek, čím sa zníži odpor povrchu prednej hrany lopatiek turbíny pokrytej vrstvou uhynutého hmyzu, ktoré sú hlavnou hnacou silou ich výkonu, a teda aj výroby elektrickej energie (Dalili et al. 2009). Aj keď je jasné, že na lopatkách turbín býva usmrtené veľké množstvo hmyzu, vplyv týchto strát na miestne populácie hmyzu nebol, pokiaľ je to autorom tejto vedeckej monografie známe, ešte dostatočne preskúmaný.

Pilotná štúdia: Vplyv veterných turbín na početnosť hmyzu v južnom Wyomingu (USA)

V pilotnej štúdii Dollon & Tronstad (2013) odoberali vzorky hmyzu na veternej farme so 69 turbínami v južnom Wyomingu v júni 2012 (Obr. 3). Hmyz sa zbieral proti vetru (s použitím 2 typov odchyťavacích zariadení) prúdiacemu od veternej turbíny na bodoch rozmiestnených na transekte v dĺžkovom intervale 20 m. Každá vzorkovacia stanica obsahovala jeden lopatkový lapač a tri poháre na odchyt včiel, z ktorých oba primárne atrahovali opelujúci hmyz, ako sú včely, dvojkrídlovce, motýle, chrobáky a motýle aktívne v noci (Grundel et al. 2011). Počas 4 344 hodín odberu vzoriek sa získalo do lopatkových pascí a včelích pohárov 1 313 kusov hmyzu. Počet kusov hmyzu zozbieraného za hodinu odberu vzoriek (kombinácia lopatkových pascí a pohárov na odchyt včiel) sa použil ako metrika početnosti, pretože štandardizoval odhady naprieč všetkými lokalitami a dátumami odchyty, čo umožňuje budúce porovnania s inými štúdiami. Celkovo bolo odchytených 0,25 jedincov hmyzu za hodinu, avšak viac hmyzu sa nazbieralo do lopatkových pascí (0,60 jedincov hmyzu za hodinu) ako do včelích pohárov (0,12 jedincov hmyzu za hodinu). Do lopatkových lapačov sa odchyťavalo úmerne viac chrobákov a motýľov ako do včelích pohárov. Lopatkové pasce a včelie poháre zhromaždili

podobný počet včiel a ôs. Celkovo boli obidve metódy pri charakterizácii fauny opeľujúceho hmyzu komplementárne. Priemerná abundancia hmyzu bola pozdĺž vzorkovacieho transektu relatívne konštantná (ANOVA, $F_{11,114} = 0,3770$, $P = 0,96$). Viac hmyzu sa však odchytilo v dňoch s nízkou rýchlosťou vetra (< 5 m/s) ako vo veternejších dňoch (ANOVA, $F_{11,114} = 22,2$, $P < 0,001$) (Obr. 3). Pri všetkých rýchlostiach vetra bolo množstvo hmyzu trvalo vyššie priamo pod turbínou ako na dvoch susedných staniách. Aj keď nie je jasné, prečo bol hmyz pod turbínami hojnejší, je možné, že prúdenie vzduchu zráža hmyz pod turbínami na zem, a/alebo je tento hmyz priťahovaný rotujúcimi časťami veterných turbín. Hoci jednotlivé veterné turbíny zaberajú relatívne malý priestor, pokiaľ ide o veľkosť gondoly, plochy základov v zemi, rozmerov veže či rozpätia rotorových čepelí veterných turbín, narušenie (disturbancia) pri výstavbe turbín a strata, redukcia a fragmentácia biotopov pri budovaní siete prístupových komunikácií, môžu trvalo ovplyvniť miestne populácie suchozemských bezstavovcov prostredníctvom straty biotopov vhodných na vyhľadávanie potravy, párenie alebo reprodukciu. Početnosť hmyzu v najveternejších dňoch (trvalá rýchlosť vetra vyššia ako 20 m/s) bola rovnomerne nízka a potom sa signifikantne zvýšila v smere prúdenia vzduchu vo vzdialenosti 140 m od turbíny. Vyššia abundancia hmyzu vo väčšej vzdialenosti od turbíny počas veterných dní môže byť spôsobená turbulenciou, ktorá tlačí hmyz k zemi. Len málo jedincov hmyzu bolo pozorovaných pri lietaní vo veterných podmienkach, keď mal skôr tendenciu liezť po vegetácii v hraničnej vrstve vzdušného prúdenia. Pomerné zastúpenie hlavných radov hmyzu sa tiež líšilo lokálne, avšak nie v súlade so vzdialenosťou od turbíny. Dvojkřídlavce dosahovali najvyššiu početnosť v blízkosti veternej turbíny, a najnižšiu v najvzdialenejšom chytacom bode v smere od turbíny, zatiaľ čo chrobáky boli najpočetnejšie vo väčšej vzdialenosti od turbíny. Na rozdiel od toho, motýle, včely a osy dosahovali podobné abundancie pozdĺž celého vzorkovaného transektu (údaje nie sú uvedené, ale pozri Dillon & MacNally 2002).



Obr. 3. Rýchlosť vetra modifikuje vzorce početnosti opeľovačov v okolí vetranej turbíny. Hmyz sa chytal v najväčšom počte do pasívnych pascí exponovaných v bezprostrednej blízkosti dolnej časti veže turbíny pri nízkych rýchlostiach vetra (< 5 m/s), ako aj vo väčších vzdialenostiach od turbíny v smere prúdenia a pri vysokých rýchlostiach vetra (> 20 m/s). Abundancia hmyzu bola nižšia a menej oscilovala pri strednej rýchlosti vetra (približne 15 m/s) a to pozdĺž celého skúmaného dĺžkového gradientu. Prevzaté z práce Dillona & Tronstada 2013

Zánik a fragmentácia biotopov

Hoci jednotlivé veterné turbíny zaberajú v krajinnom merítku relatívne malý priestor (hlavne pokiaľ ide o plochu ich základne, rozmerov veže či rozpätia rotorových lopatiek turbín), **disturbancia spojená s ich výstavbou môže mať vplyv na redukciu alebo až zánik biotopov, najmä pri budovaní dočasných alebo trvalých prístupových komunikácií a môže natrvalo ovplyvniť lokálne populácie suchozemských bezstavovcov prostredníctvom fragmentácie alebo zániku biotopov vhodných na vyhľadávanie potravy, párenie a reprodukciu. Vo väčších priestorových a dlhších časových škálach takéto straty biotopov pravdepodobne povedú k celkovému zníženiu početnosti a diverzity bezstavovcov a to aj v okolí vetrných elektrární (Parker & MacNally 2002).**

Okrem jednoduchého zmenšenia plochy biotopov, rozsiahle siete prístupových ciest fragmentujú zostávajúce biotopy a fragmentácia týchto biotopov môže prostredníctvom rôznych mechanizmov silne ovplyvniť lokálne populácie a spoločenstvá bezstavovcov (Debinski & Holt 2000, Ewers & Didham 2006). Suchozemské bezstavovce môžu prejavovať silnú averziu voči prekonávaniu ciest, a preto sa izolujú vo fragmentoch biotopov (napr. bystruškovitý chrobák *Abax ater*) (Mader 1984). Podobne takéto posuny v rozsahu a vzorcoch disperzie (napr. Manguira & Thomas 1992) môžu zvyšovať pravdepodobnosť lokálnej extinkcie (prehľad Ewers & Didham 2006). Či má však fragmentácia spojená s výstavbou veternej farmy tieto účinky, nebolo podľa vedomostí autorov špeciálne skúmané.

Hoci fragmentácia zvyčajne negatívne ovplyvňuje lokálne populácie, cesty a krajnice vedľa ciest môžu tiež vytvoriť nové biotopy pre konkrétne bezstavovce, ktorých populácie môžu expandovať pozdĺž ciest (Port & Thompson 1980; Delgado et al. 2013). Zvýšenie kvantity a kvality zdrojov (napr. Lightfoot & Whitford 1991) a znížený predáčny tlak (Port & Thompson 1980) môžu indukovať populačné explózie tých skupín bezstavovcov, ktoré nie sú rušené podmienkami na cestách. Vzhľadom na rôznorodé a dôležité ekologické úlohy bezstavovcov môže fragmentácia biotopov narušiť trofické interakcie, čo vedie na území veterných elektrární k posunom v spotrebe a dostupnosti zdrojov v krajinnej dimenzii (Martinson & Fagan 2014).

Znečistenie a prašnosť

Výstavba a používanie ciest vždy vedie k miestnemu zvýšeniu znečistenia a prašnosti. V počiatočnom prevádzkovom období veterného parku sa musí každá veterná turbína kontrolovať raz denne. Počas odhadovanej 20-ročnej životnosti veterného parku si turbíny vyžadujú veľkú údržbu minimálne dvakrát alebo trikrát do roka (Arden et al. 2008). Cesty vo veterných elektrárnach si však vyžadujú vysokú mieru využitia na úspešnú prevádzku a udržiavanie výroby energie. Nové cesty postavené za účelom výstavby a údržby veterných parkov tiež často otvárajú nové pozemky pre verejné využitie, čím sa ešte viac zvyšuje zaťaženie okolitej krajiny znečistením a prachom.

Suchozemské fytofágne bezstavovce a opel'ovače môžu prijímať chemické znečisťujúce látky z rastlín konzumovaných pri cestách (Ernst & Bast-Cramer 1980) a predátori, vrátane iných bezstavovcov, môžu prijímať znečisťujúce látky z nižšej trofickej úrovne. Mnohé taxóny bezstavovcov akumulujú ťažké kovy, ako je olovo a zinok, z pôdy (napr. Heikens et al. 2001) a následne sa môžu tieto toxíny dostávať do organizmov iných bezstavovcov, vtákov, cicavcov, obojživelníkov a plazov vyšších trofických úrovní. Napríklad kontaminácia pôdy okolo ciest olovom je bežná a môže siahnuť stovky metrov od pozemnej komunikácie (Viard et al. 2004). Fytofágne bezstavovce a opel'ovače navštevujúce tieto rastliny sa sami kontaminujú (Muskett & Jones 1980), čo potenciálne vedie k biomagnifikácii, keď sa toxín presúva do vyšších trofických úrovní (Ernst & Bast-Cramer 1980).

Používanie ciest môže viesť aj k nadmernej tvorbe prachu, najmä na štrkových cestách. Prach môže mať rôzne účinky na bezstavovce, sprostredkované predovšetkým jeho vplyvom na zdroje, od ktorých závisí miera prežívania bezstavovcov. Polietavý prach transportuje vzduchom živiny, ťažké kovy, soli a sedimenty, čo môže ovplyvňovať okolitú vegetáciu zanášaním tyčiniek a upchávaním prieduchov, čím narúša opel'ovanie a fotosyntézu, mení chemické zloženie vody a pôdy a zvyšuje teplotu listov a tým aj transpiráciu (Farmer 1993; Hirano et al. 1995; Field et al. 2009). Tieto účinky fugitívnych emisií na vegetáciu môžu následne ovplyvniť bezstavovce, ktoré sa živia, vyvíjajú sa alebo sa pária na týchto rastlinách. Polietavý prach tiež znižuje albedo snehu a ľadu, čím negatívne ovplyvňuje načasovanie jarného topenia snehu (Field et al. 2009) a tiež zmeny, ktoré môžu posunúť fenológiu rastlín (Petraglia et al. 2014), čo môže viesť k fenologickému nesúladu medzi herbivornými bezstavovcami a opel'ovačmi (Thackeray et al. 2010).

Hluk

Mnoho bezstavovcov produkuje rozmanité zvuky, ktoré využíva v rôznych úsekoch svojho životného cyklu, vrátane behaviorálnych prejavov agresívneho správania, dvorenia či obranného a únikového správania pri zaregistrovaní predátora. Spektrá týchto zvukov a rozsah sluchu mnohých druhov bezstavovcov sa značne prekrývajú s vlnovými dĺžkami antropogénneho hluku (Morley et al. 2014) produkovaného výstavbou turbín, údržbou a

používaním manipulačných ciest a pod. Mnohé bezstavovce tiež komunikujú prostredníctvom (zvyčajne) nízkofrekvenčných vibrácií (infrazvuk) šíriacich sa vegetačným krytom alebo pôdnymi substrátmi (Gogala 2014). Vozidlá na prístupových cestách a veterné turbíny generujú antropogénny hluk a negatívne tak pôsobia na rôzne druhy stavovcov, od *Seiurus aurocapilla* po *Myotis myotis* a *Hyla chrysoscelis*. Paralelné štúdie o bezstavovcoch sú však zriedkavé (Lampe et al. 2012; Morley et al. 2014) a absentujú komplexnejšie údaje v kontexte veterných elektrární.

Mikroklíma

Veterné turbíny aj cesty môžu zmeniť miestnu mikroklímu, čo môže mať potenciálne účinky na bezstavovce. Zvýšené teploty turbín môžu priťahovať ektotermné bezstavovce, čo vedie ku kolíziám s lopatkami rotora. Povrchy ciest, aj keď sú nespevnené, majú tendenciu byť oveľa teplejšie ako teploty okolitej pôdy (napr. Delgado et. al. 2007), a to jednak preto, že zhutnené pôdy zadržiavajú menej vlhkosti, ako aj preto, že im chýba kryt na blokovanie dopadajúceho žiarenia. Teplý povrch vozovky môže prilákať bezstavovce, čím sa zvyšuje nebezpečenstvo, že bezstavovce alebo ich predátori budú usmrtené zrážkami s vozidlami. Mŕtve telá hmyzu môžu priťahovať nekrofágne živočíchy (bezstavovce a i.), ktoré sa nimi živia.

Vo väčšom priestorovom meradle môžu veterné farmy meniť klímu zmenou prízemného vzdušného prúdenia, čím menia teplotu, atmosférickú cirkuláciu, hydraulický cyklus a výmenu tepla medzi zemským povrchom a atmosférou (Wang & Prinn 2010). Prúdenie modifikované turbínami môže až vo vzdialenosti do 20 km od veterného parku zvýšiť zrážky, teplotu a výpar (Baidya Roy et al. 2004; Wang & Prinn 2010; Baidya Roy 2011; Fielder & Bukovsky 2011; Zhou et al. 2013), a to bez ohľadu na veľkosť samotnej veternej elektrárne (Baidya Roy 2011). Zhou et al. (2012) zistili, že oblasti okolo aktívnych veterných elektrární sa v porovnaní s okolitou krajinou oteplili o cca 0,7 °C za jedno desaťročie. Zistili, že lopatky rotujúcich turbín miešajú vzduchové vrstvy z blízkosti zemského povrchu s tými, ktoré sú vyššie, pričom denné a zimné teploty boli vyššie, ako sa očakávalo (Zhou et al. 2012). Posuny v modeloch denných a sezónnych teplotných variácií na veterných elektrárnach (Zhou et al. 2013) môžu byť obzvlášť relevantné pre malé bezstavovce

s krátkym generačným časom (Vasseur et al. 2014; Wang & Dillon 2014). **Podstatné zmeny povrchových teplôt v kombinácii so zmenami zrážok (Fielder & Bukovsky 2011) môžu zmeniť kolobeh uhlíka medzi rastlinami a pôdou na ploche veterných parkov (Armstrong et al. 2014), čo vedie k zmenám v rastlinných spoločenstvách a v zároveň aj spoločenstvách bezstavovcov, ktoré sú na nich závislé.**

Invázne druhy

Antropogénna disturbancia zvyšuje potenciál pre neúmyselné zavlečenie nepôvodných (alochtonných) organizmov. Najmä cesty vytvárajú koridory pre šírenie inváznych druhov rastlín so sprievodným dopadom na susediace biotopy (Gelbard & Belnap 2003). Nepôvodná vegetácia pozdĺž ciest môže byť prospešná alebo škodlivá, alebo nemá na asociované bezstavovce žiadny vplyv (Valtonen et al. 2006; Aizen et al. 2008; Bartomeus et al. 2008). Bez ohľadu na veľkosť účinku na konkrétne druhy metaanalýza existujúcich dát naznačuje, že introdukcie nepôvodných druhov pozdĺž cestných okrajov výrazne menia lokálne spoločenstvá (Vila et al. 2011).

Vplyvy na potravné siete

Bezstavovce, najmä hmyz, zaujímajú stredné trofické úrovne potravných sietí a ako také môžu byť ich populácie riadené zhora nadol (prostredníctvom predátorov) (Romero & Koricheva 2011) a zdola nahor (prostredníctvom živín, zrážok atď.) (Kagata a Ohgushi 2005). Napríklad sa predpokladá, že prítomnosť menšieho počtu hmyzožravých vtákov zvýši početnosť bezstavovcov, čím sa zníži biomasa rastlín vplyvom bylinožravcov a zvýši sa ich zdatnosť (fitness) prostredníctvom opelenia (Knight et al. 2006). Naopak, usudzuje sa, že zvýšenie koncentrácie živín zvýši rastlinnú biomasu a tým i početnosť bezstavovcov (Kagata a Ohgushi 2005). Veterné parky majú potenciál meniť účinky na bezstavovce zhora nadol ako aj zdola nahor a to viacerými spôsobmi. Napríklad zmeny lokálnej klímy pravdepodobne zmenia vegetáciu prostredníctvom účinkov zdola nahor. Zmeny vo vegetácii môžu mať silné účinky na hmyz, ktorý sa touto vegetáciou živí, pričom hmyz ubúda, ak

je rastlinné spoločenstvo negatívne ovplyvnené, ale naopak prosperuje, keď sú zmeny rastlinného spoločenstva pozitívne – avšak táto neistota v odpovediach sťažuje predikciu pôsobenia zdola nahor, ktoré môže ovplyvniť hmyz.

Množstvo dôkazov zo suchozemských ekosystémov ukazuje, že odstraňovanie alebo pridávanie predátorov mení fitness, početnosť a biomasu nižších trofických úrovní (Schmitz et al. 2000; Shurin a kol. 2002; Romero & Koricheva 2011). Väčšina štúdií suchozemských trofických stupňov manipulovala s predátormi bezstavovcov, avšak manipulácia s karnivornými stavovcami mala na nižšie trofické úrovne silnejší vplyv (Shurin et al. 2002). Bez ohľadu na typ predátora môžu bezstavovce v úlohe koristi pozitívne alebo negatívne znižovať reprodukčný potenciál rastlín, vyjadrený ako počet kvetov, plodov alebo semien, zatiaľ čo opel'ujúci hmyz zvyšuje fitness kvitnúcich rastlín uľahčením kríženia (Ollerton et al. 2011). Zvýšený počet predátorov môže tiež znížiť početnosť opel'ujúceho hmyzu, čím sa zníži zdatnosť rastlín (Romero & Koricheva 2011).

Veterné elektrárne môžu priamo alebo nepriamo meniť početnosť predátorov s možnými účinkami zhora nadol alebo zdola nahor, ktoré sa prenášajú kaskádovite na iné trofické úrovne. Veterné parky môžu vyvolať trofické zmeny zhora nadol znížením množstva predátorov, prostredníctvom kolízií alebo vyhýbania sa rotorom turbín, alebo zvýšením počtu atrahovaných predátorov.

Niektoré živočíchy môžu byť priťahované k veterným elektrárnam nahromadením svojej koristi. Napríklad netopiere môžu byť priťahované do veterných elektrární, kde sa agregujú nočné motýle (Rydell et al. 2010). Zvýšený výskyt insektivorných netopierov vo veterných elektrárnach môže znížiť biomasu nimi predovaných motýľov aktívnych v noci.

Nárast zrážok, teploty a vyparovania, ku ktorým dochádza v prízemnej vrstve vzduchu prúdiacom od veterných elektrární, môže potenciálne meniť štruktúru vegetácie. Tieto zmeny mikroklimy môžu zmeniť potravinovú sieť prostredníctvom pôsobenia zdola nahor. Zmeny v štruktúre alebo diverzite vegetácie môžu ovplyvniť jednotlivé trofické stupne, na ktorých sú ekologicky závislé tak bezstavovce, ako aj ich predátory (Kagata & Ohgushi 2005). Napríklad Knops et al. (1999) experimentálne znížili diverzitu rastlinných druhov v trávnych porastoch a zaznamenali zníženie druhovej bohatosti bylinožravého i dravého hmyzu. Autori však neuvádzajú výsledky žiadnych štúdií, ktoré by skúmali tieto potenciálne účinky veterných elektrární na potravné siete.

Okruhy pracovných hypotéz vo výskume terestrických bezstavovcov

V kontexte minimalizácie potenciálnych dopadov rozvoja veterných parkov na bezstavovce, budúce monitorovacie výskumy by sa mali zamerať na testovanie nasledujúcich hypotéz:

- Pritahujú veterné elektrárne hmyzožravé živočíchy, keď sa na týchto miestach hromadí hmyz?
- Pritahujú veterné elektrárne hmyz, alebo sa výskyt hmyzu na plochách veterných parkami prekrýva s ich preferovanými biotopmi?
- Ovpływujú zmeny v populácii predátorov, akými sú vtáky a netopiere, bezstavovce vyskytujúce sa vo veterných elektrárnach?
- Ovpływujú zmeny mikroklimy vo veterných parkoch zmeny v štruktúre rastlinných a hmyzích spoločenstiev?
- Menia kolízie s turbínami signifikantne lokálne populácie a spoločenstvá hmyzu?
- Mení hluk produkovaný veternými elektrárnami správanie hmyzu?
- Fragmentujú veterné turbíny a súvisiace prístupové cesty biotopy vhodné pre hmyz? Je lietajúci a nelietajúci hmyz ovplyvňovaný rovnakou mierou?
- Do akej miery prach inhibuje bezstavovce vo veterných elektrárnach?
- Atrahuje turbulenciami veterných turbín usmrtený hmyz alebo hmyz usmrtený na prístupových komunikáciách kadáverikolné a insektivorné druhy živočíchov alebo sa mení druhové zloženie ovplyvnených entomocenóz?
- Ako sa šíria invázne rastliny pozdĺž prístupových ciest v areáloch veterných elektrární a ako tieto nepôvodné rastliny ovplyvňujú spoločenstvá hmyzu?

Obojživelníky (Amphibia) a plazy (Reptilia)

Súhrn doterajších poznatkov

V ďalšom texte sa autori monografie opierajú o podrobný prehľad všetkých recenzovaných vedeckých publikácií pojednávajúcich tak o známych, ako aj o potenciálnych účinkoch výstavby, prevádzky, údržby či demontáže veterných parkov na obojživelníky a plazy (súhrnne herpetofauna) z celého sveta. Obidve živočíšne skupiny sú celosvetovo ohrozené, vrátane činností súvisiacich s rozvojom energetiky. Zameriame sa na výsledky dlhodobého monitorovacieho výskumu potenciálnych vplyvov inštalácie zariadení vetranej elektrárne na druhovú bohatosť stavovcov, vrátane obojživelníkov a plazov, v severozápadnom Portugalsku.

Pilotná štúdia: **Druhovú bohatosť obojživelníkov a plazov vo veternom parku v severozápadnom Portugalsku** (Santos et al. 2010)

Santos a kol. (2010) skúmali mnohorozmerný vzťah medzi rôznymi mierami druhového bohatstva stavovcov a environmentálnymi faktormi, vrátane vplyvov inštalácie veterných fariem v pohorí Marao na severozápade Portugalska v nadmorskej výške 1000 m. n. m. Podnebie regiónu je takmer stredomorské, s 140 - 200 mm zrážok ročne a rastlinnými spoločenstvami tvorenými predovšetkým pasienkami a vresoviskami formovanými pastvou a opakujúcimi sa požiarimi.

Od mája 2004 do marca 2007 sa na 198 plochách (250 x 250 m) odoberali vzorky stavovcov pomocou časovo obmedzeného vyhľadávania a ručného zberu. Výskumné plochy zahŕňali narušené aj nenarušené miesta, ktoré boli 0 - 2000 m od turbíny alebo súvisiacej konštrukcie. Štúdie prebiehali súbežne s výstavbou štyroch veterných parkov zložených z 27 samostatných turbín (2004 - 2006), ktoré boli vysoké 60 alebo 80 m. Bolo zaznamenaných šesť druhov obojživelníkov, vrátane ropuchy bradavičnatej (*Bufo bufo*), dvoch druhov skokanov (*Rana temporaria* a *R. iberica*), a troch mlokov (*Salamandra salamandra*, *Triturus boscai* a

Chiloglossa lusitanica). Plazov bolo doložených 11 druhov, ktoré zahŕňali 8 druhov jašterov (*Lacerta schreiberi*, *L. lepida*, *Podarcis* sp., *P. bacagei*, *P. hispanica*, *Psammodromus algirus*, *Chalcides striatus* a *Anguis fragilis*) a 3 druhy hadov (*Coronella monspesgironica*, *Elaphe scalaris* a *Malpolon monspessulanus*).

Environmentálne premenné merané na každej ploche boli: druhová bohatosť, bohatosť a diverzita flóry, nadmorská výška, sklon, výška a pokryvnosť vegetácie, pokryvnosť bylinného a krovinného poschodia, vzdialenosť k najbližšej turbíne na ploche, počet turbín na plochu, stredná vzdialenosť k turbínám na ploche, počet turbín na ploche, priemerná vzdialenosť k turbínám na ploche, počet turbín a priemerná vzdialenosť k turbínám v kruhovej nárazníkovej zóne s rozlohou 28,27 ha a percento degradovaného biotopu na pozemku s inštaláciou turbín a súvisiacej infraštruktúry. Scenáre zvažované v modeli stochastickej dynamickej metódy zahŕňali plochy: (1) bez nedávnej histórie požiarov alebo turbín, (2) s recentnou históriou požiarov a bez turbín, (3) bez recentnej histórie požiarov a bez prítomnosti turbín a (4) s nedávnou históriou požiarov a prítomnými turbínami.

Postupná viacnásobná regresia identifikovala významný vzťah medzi logaritmicky transformovanými environmentálnymi premennými a druhovou bohatosťou. Na základe analýzy ročných údajov bolo potvrdené, že druhová bohatosť obojživelníkov signifikantne pozitívne korelovala s celkovou pokryvnosťou vegetácie a strednou vzdialenosťou od turbín v nárazníkovej (buffer) zóne. Druhové bohatstvo plazov korelovalo s environmentálnymi premennými, ktoré nesúviseli priamo s turbínami. Pri testovaní sezónnych vplyvov a ročných období, kedy na plochách neboli zaznamenané žiadne obojživelníky (leto) alebo plazy (zima), existoval štatisticky významný vzťah medzi druhovým bohatstvom plazov a percentuálnym podielom plochy degradovanou inštaláciou veternej farmy na jar a tiež medzi bohatstvom plazov a nadmorskou výškou, vzdialenosťou k turbínám v nárazníkovej zóne a percentuálnym pomerom plochy degradovanej inštaláciou turbín vo veternom parku v lete. Počas jesene sa nezistili žiadne signifikantné viacnásobné regresie pre herpetofaunu ani pre premenné súvisiace s inštaláciou turbín vo veternom parku.

Pomocou pozorovaných vzťahov sa vyvíjali modely a skúmala sa dôležitosť nasledujúcich scenárov: (1) žiadny nedávny požiar alebo turbíny; (2) nedávna história požiarov a žiadne turbíny; (3) žiadna nedávna história požiarov a prítomnosť turbín; a (4) nedávna história požiarov a prítomnosť turbín. Simulácie stochastického dynamického modelu prebiehali 15 rokov (780 týždňov). Celková druhová bohatosť stavovcov vrátane herpetofauny

preukázala odolnosť voči periodickým 5-ročným cyklom požiaru. Keď však simulácie zvažovali inštaláciu dvoch turbín na plochu, ktoré degradovali 1 % pôvodnej vegetácie, celková druhová bohatosť stavovcov v 400. týždni klesla v porovnaní s referenčnými podmienkami približne o 20 %. Pridanie požiarov do simulácie, spolu s inštaláciou turbíny, opäť preukázalo odolnosť voči minulému stresoru, ale celkové druhové bohatstvo stavovcov sa znížilo trvalejším spôsobom znížením referenčnej hodnoty.

Autori dospeli k záveru, že disturbancie spôsobené inštaláciou veterných elektrární sú štatisticky významným problémom ovplyvňujúcim druhovú bohatosť stavovcov, vrátane herpetofauny. Konkrétne druhová bohatosť klesá pri simuláciách zahŕňajúcich veterné turbíny, čo sa pripisuje najmä narušeniu pôdy a štrukturálnym zmenám biotopov spôsobených počas inštalácie veterných turbín.

Vplyvy na okolie

Rozsiahly rozvoj veternej energetiky si vyžaduje získavanie a spracovanie materiálov na zabezpečenie a udržiavanie infraštruktúry. Ťažba medi na výrobu vodičov, železa a ocele pre konštrukčné prvky veterných turbín a neodýmu (prvok vzácnych zemín) pre generátorové magnety si vyžaduje rozsiahle ťažobné operácie, ktoré ovplyvňujú herpetofaunu a jej biotopy v oblastiach, ktoré sú často vzdialené od konkrétneho veterného parku. Napríklad je známe, že ťažba železa ovplyvňuje diverzitu obojživelníkov (Kishnamurthy 2003). Okrem neodýmu je väčšina kovov ľahko dostupná vo veľkých množstvách v USA a relatívny príspevok veterných fariem k ich celkovej spotrebe bol napr. v roku 2008 minimálny (Wilburn 2011). Napriek tomu na dosiahnutie trhového cieľa 20 % vyrobenej elektriny z pobrežnej veternej energie do roku 2030 Wilburn (2011) odhadol, že si to bude vyžadovať ročnú produkciu 6,8 milióna ton betónu, 1,5 milióna ton ocele, 310 000 ton železa, 40 000 ton medi a 380 ton neodýmu. Ako poznamenali Lovich & Ennen (2013), ťažba neodýmu v jedinom komerčne významnom zdroji tohto kovu v USA viedla k rádioaktívnym únikom, ktoré ovplyvnili púštne prostredie. Akákoľvek ťažba surovín si vyžaduje aj prístup po cestách, čo má sprievodné negatívne účinky na herpetofaunu (Andrews et al. 2008; Lovich 2015).

Mortalita a stres v súvislosti s cestami a inými faktormi

V protiklade s rýchlo rastúcim množstvom literatúry, ktorá analyzuje priamu mortalitu vtákov a netopierov vo veterných elektrárnach (Kuvlevski et al. 2007; Beerwald et al. 2008; Lovich & Ennen 2013; Lovich 2015), existuje iba niekoľko publikovaných štúdií, ktoré hodnotia prežívanie a mortalitu herpetofauny, pričom tieto sú orientované prevažne na problémy súvisiace s premávkou vozidiel a dopravnou infraštruktúrou (Lovich et al. 2011). Účinky dopravy a ciest na herpetofaunu sú dobre známe (Dodd et al. 2004; Steen & Gibbs 2004; Andrews et al. 2008) a očakávalo by sa, že vplyv ciest indukovaný intenzitou dopravy bude vo veterných elektrárnach podobný. Mortalita nepriamo spojená s infraštruktúrou veterných elektrární je však nejasnejšia a ťažšie merateľná. Lovich et al. (2011) uvádzajú prípad mortality korytnačky na veternej farme v Mese (USA), kde adultný samec používal cestný priepust ako náhradnú noru. Zimné atmosférické zrážky zaplnili priepust erodovanými sedimentami, ktoré zasypali v ňom hibernujúcu korytnačku a viedli k jej úhynu. Lovich et al. (2011) a Agha et al. (2015) zistili pri komparácii údajov o mortalite v populáciách korytnačiek v prirodzených habitátoch so známymi hodnotami ich mortality vo veterných parkoch relatívne vysokú a zároveň porovnateľnú úroveň prežívania.

Vo veterných elektrárnach existuje aj potenciál mortality podzemných plazov a obojživelníkov. Mnohé druhy trávia značnú časť svojho ročného životného cyklu pod zemou, aby sa vyhli teplotným extrémom, reprodukovali sa tu a hibernovali. Obojživelníky a plazy často hibernujú v hĺbkach menších ako 30 cm (Cowles 1941). Ťažké mechanizmy používané pri výstavbe veterných elektrární spôsobujú pedokompakciu, najmä piesčitých a mäkkých pôd. Preto môžu byť subteránne plazy a obojživelníky vystavené riziku, že budú rozmliaždené alebo uväznené v plytkých norách alebo úkrytoch (Stebbins 1995).

Priama deštrukcia, modifikácia a fragmentácia biotopu

Fragmentácia biotopov je signifikantnou príčinou poklesu druhovej diverzity na celom svete (Fischer & Lindenmayer 2007) a zánik či fragmentácia biotopov sú vážnou hrozbou aj pre herpetofaunu (Nally & Brown 2001; Cushman 2006). Nie je k dispozícii žiadna literatúra na priame posúdenie vplyvu fragmentácie súvisiacej s veternými elektrárnami, ktorá by dokumentovala negatívny vplyv na plazy a obojživelníky, ale každý druh, ktorý sa vyhýba vertikálnym konštrukciám a potrebuje veľké súvislé biotopy, môže byť potenciálne ohrozený (Kiesecker et al. 2011). Literatúra však naznačuje, že veterné parky majú potenciál narušiť dôležité koridory toku génov (Fischer & Lindenmayer 2007; Vandergast 2013).

Hluk

Hluk môže vážne narušiť akustickú komunikáciu mnohých druhov voľne žijúcich živočíchov, najmä žiab. Hoci žiadna štúdia priamo nehodnotila tento efekt vo veterných elektrárnach, niekoľko štúdií uvádza, že hluk (napr. hluk z dopravy) môže mať vplyv na behaviorálne prejavy a detekciu hlasov viacerých druhov žiab (napr. Lengagne 2008; Parris & kol. 2009; Vargas-Salinas & Amézquita 2013). Hluk z dopravy môže ovplyvniť výšku tónu hlasov žiab (Parris et al. 2009), znížiť aktivitu, frekvenciu a dĺžku akustických prejavov u samcov (Lengagne 2008; Vargas-Salinas & Amézquita 2013; Sun & Narins 2005) a narušiť schopnosť samíc rozlišovať medzi volaniami jednotlivých samcov (Wollerman & Wiley 2002). Infrazvuk generovaný veternými turbínami, o ktorom je známe, že ovplyvňuje vonkajšie vláskové bunky vo vnútornom uchu môže ovplyvniť fyziológiu vnútorného ucha u ľudí (Salt & Hullar 2010), takže je možné, že zvieratá s nižším rozsahom citlivosti sluchu môžu byť postihnuté podobným alebo aj závažnejším spôsobom.

Vibrácie a stroboskopický efekt

Pri prevádzke veterných turbín vznikajú tak vibrácie, ako aj stroboskopické efekty. Vibrácie sú produkované infrazvukom v dôsledku turbulencie vznikajúcej pri otáčaní listov rotora veternej turbíny, ktoré sa môžu šíriť na vzdialenosť desiatok kilometrov (Styles et al. 2011). Tieto antropogénne vibrácie by mohli mať negatívne účinky na voľne žijúce živočíchy, ktoré sú závislé od vnímania vibrácií v rámci akustickej komunikácie (Hill 2001). Obojživelníky a plazy, vrátane mlokov (Ross & Smith 1980), žiab (Lewis & Narins 1985), jašteríc (Hetherington 1989), hadov (Hartline 1971) a korytnáčiek (Wever & Vernon 1956), dokážu vnímať prirodzené vibrácie štvorcovou kosťou, kolumelou alebo strmienkom (*stapes*) vnútorného ucha (Hidebrand 1995). U niektorých žiab (napr. ropúch) sa vyvinula zvýšená citlivosť na vibrácie (Lewis & Narins 1985; Maddin & Sherratt 2014) a existujú dôkazy o umelých a prirodzených vibráciách, ktoré ovplyvňujú správanie žiab (Grant a Halliday 2010).

Larvy i dospelé mloky a žaby, ktoré si zachovávajú systém mechanosenzorických bočných čiar i v dospelosti, môžu byť ovplyvňované umelými vibráciami. Napríklad Park et al. (2008) uvádzajú, že dospelý samec druhu *Hynobius leechii* reagoval na experimentálne produkované vibrácie prostredníctvom senzorického systému bočnej čiary, o ktorom sa predpokladá, že zohráva dôležitú úlohu v kompetícii medzi samcami. Podobne druhy, ktoré používajú prirodzené vibrácie na lokalizáciu koristi, ako je napr. *Scincus scincus* (Hetherington 1989), by mohli byť nepriaznivo ovplyvnené seizmickými vibráciami vnímanými prednými končatinami pri kontakte so substrátom (Narins 1990), a akékoľvek ich narušenie by mohlo nepriaznivo ovplyvniť aj ich párovanie systémy.

Plazy aj obojživelníky sú citlivé tiež na svetelný smog (Perry et al. 2008) a je známe, že veterné parky produkujú stroboskopické efekty – záblesky (slnečné lúče odrážajúce sa od rotujúcich listov turbíny), mihajúce sa tiene (otáčajúce sa lopatky prerušujúce slnečné svetlo) alebo blikanie (svetlá na vysokých vežiach turbín, ktoré varujú lietadlá). Priame vplyvy zariadení na výrobu veternej energie produkujúcich vyššie opísané svetelné efekty na obojživelníky a plazy však neboli doteraz detailnejšie preskúmané (Lovich & Ennen 2013).

Elektromagnetické znečistenie a tepelné účinky podzemných vysokonapäťových vedení

Vplyv elektromagnetického znečistenia, ako je nízkofrekvenčné žiarenie, na voľne žijúce živočíchy, vrátane hertepetofauny, je ďalšou doteraz nedostatočne prebádanou oblasťou, o ktorú je čoraz väčší záujem.

Atrahovanie predátorov

Vstup zdrojov do systému počas roka môže ovplyvniť trofické stupne prostredníctvom interakcií medzi predátormi a korisťou. Existujú dôkazy, že takéto dotácie môžu zvýšiť početnosť predátorov nad nosnú kapacitu prostredia, čo nakoniec vedie k znižovaniu prírodných zdrojov a výkyvom v trofických kaskádach (Polis et al. 1997). O veterných elektrárnach je známe, že celosvetovo usmrcujú veľké množstvo vtákov a netopierov (Drewitt & Langston 2006; Kuvlevsky et al. 2007; Arnett et al. 2008; Smallwood 2013). Hypoteticky by nárast kadáverov vtákov a netopierov mohol viesť k zvýšenej početnosti alebo frekventovanejšiemu výskytu mezokarnivorov vo veternom parku, čo by sa mohlo prejaviť zvýšeným predáčnym tlakom na obojživelníky a plazy najmä v obdobiach, keď sú iné zdroje potravy vzácne (Lovich et al. 2014). Autorom tejto monografie nie je známa žiadna štúdia, ktorá by skúmala možné atrahovanie predátorov veternými elektrárnami a jeho potenciálny vplyv na obojživelníky a plazy.

Vtáky (Aves)

Translokácie vtákov v dôsledku vyrušovania sú jednou z kľúčových hrozieb, ktoré predstavujú vnútrozemské veterné parky. Táto kapitola sumarizuje poznatky o tejto problematike, excerpované z prehľadu existujúcej literatúry. Najviac postihnutými skupinami druhov boli vtáky z radov Anseriformes (labute, husi a kačice) a Charadriiformes (najmä pobrežné vtáky). Všetky ostatné skupiny vtákov sa zdali byť menej postihnuté, aj keď

existovali niektoré výnimky. Taxonomické a ekologické skupiny vtákov, ktoré sa premiestňovali v dôsledku rušivého vplyvu veterných elektrární, zvyčajne nevykazovali zvýšená kolíznou mortalitu. Druhy vyznačujúce sa schopnosťou vyhýbať sa technickým zariadeniam veterných elektrární sa takmer všetky vyskytovali v otvorených habitatoch, ako sú trávnaté porasty, poľnohospodárska pôda či mokrade. Avšak takmer pri žiadnom druhu neboli výsledky medzi štúdiami úplne konzistentné, pričom faktor ako typ biotopu maskoval vplyv veterných elektrární (mäťuca premenná alebo šum v dátach). Niektoré druhy zdanlivo lákali veterné farmy alebo, čo je pravdepodobnejšie, využívali nové biotopy, ktoré sa vytvorili vďaka výstavbe veternej farmy a jej infraštruktúry. U väčšiny druhov bola potvrdená tendencia úspešnejšieho vyhýbania sa veterným farmám počas mimohniezdnej sezóny (jarná a jesenná migrácia, zimovanie) ako počas hniezdnej sezóny. Pri väčšine druhov dochádzalo k vyhýbacím manévrom v malom priestorovom rozpätí, zvyčajne do 200 m od turbín, ale u citlivých druhov sa vyhýbanie rozšírilo až na 800 m. Niekoľko druhov vykazovalo návyk (habituáciu) na veterné farmy v tom zmysle, že vyhýbacie vzdialenosti sa časom po výstavbe signifikantne skracovali. Vo väčšine prípadov mali vyššie turbíny väčší vplyv na výskyt úhybných vzdušných manévrov. Bariérové účinky veterných fariem boli zistené u mnohých druhov vtákov, avšak výsledky často neboli konzistentné medzi štúdiami. Doteraz uskutočnené štúdie priniesli veľa dôkazov o lokálnom premiestnení viacerých druhov vtákov. Vzhľadom na nedostatok štúdií o kumulatívnych účinkoch veterných elektrární neexistujú v súčasnosti priame dôkazy o účinkoch na vysídľovanie celých populácií. Aby sa predišlo škodám na populáciách ohrozených a chránených druhov vtákov, veľkosť kumulatívnych účinkov by mala byť naliehavou prioritou ďalšieho štúdia.

Súhrn doterajších poznatkov

Presuny vtákov v dôsledku disturbancie veternými elektrárnami na pevnine sú bežným javom (Langston & Pullan 2003; Gove et al. 2013). Okrem kolízie s turbínami je hlavnou hrozbou pre vtáky, ktorú predstavujú prevádzkované veterné elektrárne, opustenie biotopu. V tejto kapitole sa za disturbanciu považuje každá zmena v správaní vedúca k zmene časového a priestorového využívania územia, ktorá sa prejavuje ako vyhýbanie sa, a teda presun z tejto oblasti do inej. Vtáky, ktoré sa vyhýbajú disturbovanému územiu už nemusia

využívať vhodné biotopy v rámci veternej elektrárne alebo v jej blízkosti, alebo ho môžu využívať menej často, ako by tomu bolo v prípade absencie veterných turbín. Premiestnenie vtákov môže viesť k redukcii disponibilných biotopov vhodných pre danú populáciu. Vtáky môžu byť v konečnom dôsledku obzvlášť citlivé na premiestnenie, pretože majú vzhľadom na ich malú telesnú hmotnosť relatívne dlhé dožívania (Lindstend & Calder 1974). Rast populácie je teda silne ovplyvnený prežívaním dospelých jedincov. Akékoľvek faktory znižujúce prežívanie dospelých, ako je mortalita pri kolíziach alebo obmedzenie či až opustenie preferovaných biotopov z dôvodu disturbance, môžu mať silný vplyv na individuálnu fitness. Existuje však veľa dôkazov, že niektoré druhy alebo skupiny druhov sú ovplyvnené viac ako iné, avšak pre niektoré druhy existujú protichodné výsledky (napr. Drewitt & Langston 2006; Hötker 2008). Dá sa preto predpokladať, že vtáky reagujú na veterné elektrárne za rôznych okolností odlišným spôsobom.

Ovplyvnené druhy alebo rady vtákov

Vyhýbanie sa vtákov územiám alebo s vnútrozemskými veternými parkami sa zistilo u viacerých druhov vtákov. Údaje dostupné na vyhodnotenie (Tab. 1) sú jednoznačne zamerané na druhy vtákov, ktoré sa vyskytujú v otvorenej krajine a na dravé vtáky, pretože väčšina veterných parkov sa nachádza v otvorenej krajine, pričom dravcom sa venuje zvýšená pozornosť aj z dôvodu vyššej frekvencie zaregistrovaných kolízií. Vtáky žijúce v iných biotopoch, ako napríklad lesné vtáky, boli skúmané menej často, hoci existuje rastúci trend plánovania veterných fariem v lesoch, aspoň pokiaľ sa týka Nemecka (Richarz 2014). Pri šiestich druhoch analýza všetkých dostupných údajov potvrdzuje premiestnenie, druhy z iných štúdií nevykazujú imigrácie (Tab. 1). Pri šiestich druhoch analýza všetkých dostupných údajov však ukázala, že existuje podstatne viac štúdií, ktoré poukazujú na zmeny v časopriestorovom využívaní disturbovaných biotopov vtákmi, ako tých, ktoré ich nedokazujú (Tab. 1). Najviac postihnutými skupinami druhov boli druhy z radov Anseriformes a Charadriiformes. Tento všeobecný vzorec podporujú štúdie s BACI alebo GI dizajnom a odrážajú závery leteckých prieskumov (Langston & Pullan 2003; Reichenbach 2003; Stewart et al. 2007; Hötker 2008). Zdá sa, že všetky ostatné skupiny vtákov bývajú imigráciou postihnuté menej, aj keď jednotlivé druhy, ako napríklad niektoré spevavce voľnej krajiny, môžu byť výnimkou.

V rámci radu Anseriformes, najviac ovplyvneného vysídľovaním, mnoho druhov labutí, husí a kačíc migruje z arktických alebo subarktických hniezdísk na miesta migračných zastávok (zhromažďísk) alebo zimovísk v temperátnych oblastiach, kde odpočívajú, vyhľadávajú potravu a nocujú v otvorenej krajine, a tak častejšie prichádzajú do kontaktu s veternými elektrárnami.

Vtáky patriace do radu Charadriiformes, medzi ktoré patria okrem iného pobrežné a čajkovité vtáky (Lariformes), vo všeobecnosti zdieľajú mokrade a otvorenú krajinu so zúbkozobcami (Anseriformes), pričom najmä viaceré druhy pobrežných vtákov migrujú z Arktídy do mierneho pásma. Ukazuje sa, že bahniaky vykazujú zmeny v priestorovom využívaní území s inštalovanými veternými turbínami tak počas obdobia rozmnožovania, ako aj v mimoreprodukčnom období.

Tab. 1. Dôkazy o vyhýbaní sa rôznych druhov vtákov veterným elektrárnam v hniezdom a mimohniezdom období. **Pozitívna odpoveď'** (počet prípadov/pozorovaní) – zvýšenie hniezdnej denzity alebo kolonizácia novovzniknutých biotopov na ploche veterného parku, výskyt na ploche veterného parku, bezpečné prelety pomedzi pohybujúce sa veterné turbíny bez kolízie alebo, vyhľadávanie potravy; **Negatívna odpoveď'** (počet prípadov/pozorovaní) – zníženie hniezdnej hustoty alebo opustenie disturbovaných biotopov na ploche veterného parku, vyhýbanie sa technickým zariadeniam veterného parku, kolízie vtákov s listami veternej turbíny; **P** - štatistická významnosť na hladine významnosti $\alpha = 0,05$, **štatisticky významné diferencie** sú v tabuľke uvádzané **tučným písmom**; ns = štatisticky nevýznamné. Prevzaté z monografie Perow M. R. (ed.) (2017)

Národné meno	Vedecké meno	Pozitívna odpoveď'	Negatívna odpoveď'	Negatívna odpoveď' (%)	P
Hniezdne obdobie					
kačica divá	<i>Anas platyrhynchos</i>	8	6	43	ns
jarabica poľná	<i>Perdix perdix</i>	5	5	50	ns
prepelica poľná	<i>Coturnix coturnix</i>	2	7	48	ns
kaňa sivá	<i>Circus cyaneus</i>	8	3	27	ns
haja červená	<i>Milvus milvus</i>	8	3	27	ns
myšiak hôrny	<i>Buteo buteo</i>	5	5	50	ns
lastúrničiar strakatý	<i>Haematopus ostralegus</i>	6	8	57	ns
kulík zlatý	<i>Pluvialis apricaria</i>	3	3	50	ns
cívik chochlatý	<i>Vanellus vanellus</i>	12	26	68	0,036
kalužiak červenonohý	<i>Tringa totanus</i>	2	10	83	0,039
hvizdák veľký	<i>Numenius arquata</i>	1	6	86	ns
brehár čiernochvostý	<i>Limosa limosa</i>	5	7	58	ns
holub hrivnák	<i>Columba palumbus</i>	5	1	17	ns
vrana čierna	<i>Corvus corone</i>	7	2	22	ns
škovránok poľný	<i>Alauda arvensis</i>	20	16	44	ns
sýkorka belasá	<i>Cyanistes caeruleus</i>	4	3	43	ns
oriešok obyčajný	<i>Troglodytes troglodytes</i>	6	1	14	ns
kolibkárík spevavý	<i>Phylloscopus trochilus</i>	4	2	33	ns
kolibkárík čipčavý	<i>Phylloscopus collybita</i>	4	2	33	ns
trsteniarik malý	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	10	0	0	0,002

trsteniarik obyčajný	<i>Acrocephalus palustris</i>	7	4	36	ns
trsteniarik bahenný	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	7	1	13	ns
penica obyčajná	<i>Sylvia communis</i>	8	5	38	ns
přhl'aviar červenkastý	<i>Saxicola rubetra</i>	4	7	64	ns
přhl'aviar čiernohlavý	<i>Saxicola rubicola</i>	10	1	9	0,012
skaliarik sivý	<i>Oenanthe oenanthe</i>	0	6	100	0,031
drozd čierny	<i>Turdus merula</i>	6	4	40	ns
škorec obyčajný	<i>Sturnus vulgaris</i>	4	2	33	ns
trasochvost žltý	<i>Motacilla flava</i>	8	4	33	ns
trasochvost biely	<i>Motacilla alba</i>	4	4	50	ns
ľabtuška lúčna	<i>Anthus pratensis</i>	17	10	37	ns
strnádka obyčajná	<i>Emberiza citrinella</i>	4	7	64	ns
strnádka trstinová	<i>Emberiza schoeniclus</i>	11	2	15	0,022
strnádka lúčna	<i>Emberiza calandra</i>	5	3	38	ns
pinka obyčajná	<i>Fringilla coelebs</i>	2	4	67	ns
konôpka obyčajná	<i>Carduelis cannabina</i>	3	6	67	ns
Mimohniezdne obdobie					
hus bieločelá	<i>Anser albifrons</i>	2	5	71	ns
kačica hvízdárka	<i>Anas penelope</i>	0	9	100	0,004
kačica divá	<i>Anas platyrhynchos</i>	5	9	64	ns
chochlačka vrkočatá	<i>Aythya fuligula</i>	2	6	75	ns
volavka popolavá	<i>Ardea cinerea</i>	5	1	17	ns
kaňa sivá	<i>Circus cyaneus</i>	3	4	57	ns
haja červená	<i>Milvus milvus</i>	3	4	57	ns
myšiak hôrny	<i>Buteo buteo</i>	13	12	48	ns
lastúrnečiar strakatý	<i>Haematopus ostralegus</i>	4	3	43	ns
kulík zlatý	<i>Pluvialis apricaria</i>	8	23	74	0,011
cívik chochlatý	<i>Vanellus vanellus</i>	13	30	70	0,014
hvízdák veľký	<i>Numenius arquata</i>	13	19	59	ns
močiarnica mekotavá	<i>Gallinago gallinago</i>	0	7	100	0,016
čajka smeživá	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	15	5	25	0,041
čajka sivá	<i>Larus canus</i>	3	6	67	ns
čajka striebřistá	<i>Larus argentanus</i>	2	5	71	ns
holub hrivnák	<i>Columba palumbus</i>	2	8	80	ns
sokol myšiari	<i>Falco tinnunculus</i>	15	8	35	ns
vřana čiřna	<i>Corvus corone</i>	14	8	36	ns
škovřanok poľný	<i>Alauda arvensis</i>	5	3	38	ns
drozd čvřkoti	<i>Turdus pilaris</i>	1	6	86	ns
škorec obyčajný	<i>Sturnus vulgaris</i>	19	6	24	0,015

Tab. 2. Vplyvy veterných turbín na rady vtákov. **Sezóna:** **HS** – hniezdna sezóna, **MS** – mimohniezdna sezóna; **Pozitívna odpoveď** (počet prípadov/pozorovaní) – zvýšenie hniezdnej denzity alebo kolonizácia novovzniknutých biotopov na ploche veterného parku, výskyt na ploche veterného parku, bezpečné prelety pomedzi pohybujúce sa veterné turbíny bez kolízie alebo, vyhľadávanie potravy; **Negatívna odpoveď** (počet prípadov/pozorovaní) – zníženie hniezdnej hustoty alebo opustenie disturbovaných biotopov na ploche veterného parku, vyhýbanie sa technickým zariadeniam veterného parku, kolízie vtákov s listami veternej turbíny; **P** - štatistická významnosť na hladine významnosti $\alpha = 0,05$, **štatisticky významné diferencie** sú v tabuľke uvádzané **tučným písmom**; ns = štatisticky nevýznamné. Prevzaté z monografie Perow M. R. (ed.) (2017)

Rad	Sezóna	Pozitívna odpoveď	Negatívna odpoveď	Negatívna odpoveď (%)	P
Anseriformes	HS	12	10	45	ns
Anseriformes	MS	16	70	81	<0,0001

**Lierárny prehľad spracovaný L. Hlôškom na základe literatúry citovanej v monografii Perrowa
M. R. (ed.) (2017)**

Galliformes	HS	18	14	44	ns
Galliformes	MS	5	2	29	ns
Accipitriformes	HS	35	19	35	0,04
Accipitriformes	MS	29	35	55	ns
Ardeiformes	MS	6	2	25	ns
Falconiformes	HS	5	7	58	ns
Falconiformes	MS	18	10	36	ns
Gruiformes	HS	2	2	50	ns
Gruiformes	MS	1	7	88	ns
Charadriiformes	HS	45	75	63	0,0078
Charadriiformes	MS	68	114	63	0,0008
Columbiformes	HS	5	4	44	ns
Columbiformes	MS	6	9	60	ns
Passeriformes	HS	284	166	37	<0,0001
Passeriformes	MS	104	138	57	0,03

Okruhy pracovných hypotéz vo výskume vtákov

V kontexte minimalizácie potenciálnych dopadov rozvoja veterných parkov na vtáky, budúce monitorovacie výskumy by sa mali zamerať na testovanie nasledujúcich hypotéz:

- Aký je rozsah vytesňovania vtákov veternými elektrárnami, ktoré druhy sú zasiahnuté a s akou intenzitou?
- Existujú rozdiely medzi hniezdným a mimohniezdným obdobím?
- Vytvára sa u vtákov habituácia na veterné elektrárne?
- Existuje súvislosť medzi rizikom kolízie a stupňom vyhýbania sa?
- Aké sú dôsledky opúšťania alebo obmedzeného využívania vhodných habitatov vtákmi indukovaných prevádzkou veternými elektrárnami na ochranu prírody?

Prípadová štúdia: Priestorová aktivita a zmeny v distribúcii vtákov vo veterných elektrárnach na Škótskej pahorkatine (Pearce-Higgins et al. 2009; 2012)

Spolupracovníci Jamesa Perce-Higginsa (Pearce-Higgins et al. 2009; 2012) študovali, do akej miery výstavba a prevádzka veternej elektrárne ovplyvnila denzitu reprezentatívnych druhov horských vtákov v Škótsku. Skúmali, či sa lokálne populačné hustoty (denzita) vtákov zmenili od obdobia pred výstavbou, v porovnaní s obdobím výstavby až po obdobie po jej výstavbe

(prevádzky). Skúmali tiež, či sa počas jednej sezóny znížil výskyt hniezdiacich vtákov v tesnej blízkosti veterných elektrární.

Vo svojej prvej štúdii Pearce-Higgins et al. (2009) vyhodnotili údaje z prieskumov vtáctva (prehľad hniezdiacich vtákov, počty jedincov, počty preletujúcich dravcov) z oblastí siahajúcich do 1 km od turbín a z referenčných oblastí. Výskyt vtákov bol modelovaný ako funkcia biotopu vo väzbe na dodatočný vplyv blízkosti veternej farmy. Po zohľadnení variability biotopov sa zistilo, že 7 z 12 študovaných druhov sa vyskytuje v blízkosti turbín a nezistili sa žiadne signifikantné vplyvy na druhy, ako *Falco tinnunculus*, *Lagopus lagopus*, *Vanellus vanellus*, *Alauda arvensis* alebo *Saxicola rubicola*. Úrovně vyhýbania sa turbínám naznačujú, že denzita hniezdiacich vtákov sa môže znížiť v rámci 500 m nárazníkovej zóny v okolí turbín o 15 – 53 % (Tab. nižšie). U niektorých druhov sa redukcia denzity týkala ešte širšieho okolia turbín.

Tabuľka. Predikcia zníženia hniezdných denzít alebo letovej aktivity dravcov v okruhu 500 od turbínového poľa v horských biotopoch. Podľa Pearce-Higginsa et al. (2009)

Národné meno	Vedecké meno	Predikovaná redukcia v denzite (%)	95 % konfidenčný interval
myšiak hôrny	<i>Buteo buteo</i>	41,4	16,0 – 57,8
kaňa sivá	<i>Circus cyaneus</i>	52,5	-1,2 – 74,2
kulík zlatý	<i>Pluvialis apricaria</i>	38,9	4,3 – 59,0
močiarnica mekotavá	<i>Gallinago gallinago</i>	47,5	8,1 – 67,7
hvizdák veľký	<i>Numenius arquata</i>	43,4	3,4 – 72,8
ľabtuška lúčna	<i>Anthus pratensis</i>	14,7	2,7 – 25,1
skalíarik sivý	<i>Oenanthe oenanthe</i>	44,4	4,9 – 65,

Perce-Haggins et al. (2012) použili úplný dizajn kontroly vplyvu pred a po výstavbe v 18 veterných elektrárnach a na 12 referenčných lokalitách na detailné posúdenie zmien populácií vtákov v dôsledku výstavby veterného parku. Analyzovali údaje o 10 druhoch vtákov. Počas výstavby veterných elektrární zaznamenali minimálne zmeny v početnosti druhov *Pluvialis*

apricaria, *Calidris alpina*, *Anthus pratensis*, a *Oenanthe oenanthe*, zatiaľ čo populačné hustoty škovránka poľného a prhl'aviara čiernohlavého sa v tom istom časovom úseku zvýšili. Tieto zmeny mohli byť výsledkom narušenia vegetácie, čo znížilo jej celkovú pokrývnosť. Naproti tomu denzita druhov *Lagopus lagopus*, *Gallinago gallinago* a *Numenius arquata* vo veterných elektrárnach počas výstavby poklesli. Zatiaľ čo denzity sa u kuropty po dokončení výstavby obnovili na úroveň pred začatím výstavby veterných parkov, v populáciách hvizdáka veľkého a močiarnice mekotavej nie. V oblasti ekvivalentnej 620 m kruhovej nárazníkovej zóny (bufferu) okolo turbín dosahoval rozsah poklesu populačnej hustoty u hvizdáka veľkého 40 % a u močiarnice mekotavej 53 %. K poklesu populačných hustôt dochádzalo najmä medzi obdobím začatia výstavby a počas samotnej výstavby. Existuje len málo dôkazov o poklesoch po období výstavby, čo naznačuje, že výstavba môže mať väčší vplyv na vtáky ako nasledujúca prevádzka veternej farmy. Počty a veľkosť turbín v rôznych veterných farmách mali na výsledok malý vplyv.

Obe štúdie sú prvými medzinárodnými publikáciami, ktoré využívajú viac-lokalitný aj viac-druhový prístup. Jednoznačne ukazujú vyhýbanie sa veterným elektrárnam pozorované pri niektorých pobrežných druhoch vtákov a tým aj lokálne účinky veterných elektrární na veľkosť populácie týchto druhov. Vzhľadom na veľkú variabilitu toho, ako vtáky reagujú na veterné farmy, je potrebných viac štúdií a v kvalite tých, ktoré sú uvedené vyššie, aby sa znížila neistota týkajúca sa rozsahu účinkov veterných elektrární na vtáky.

Prípadová štúdia: Vyhýbanie sa veterným turbínam a riziko kolízie vtákov v Nemecku

Vyhýbanie sa vtákov zariadeniam veterných elektrární by malo teoreticky znižovať riziko kolízií. Na území Nemecka skúmali na základe analýzy údajov z terénu vzťahy medzi mierou vyhýbania sa a rizikom kolízie vtákov vo veterných parkoch. Ekvivalentné riziko kolízie nebolo

pre mnohé druhy vtákov zatiaľ zamerané. V Nemecku však spoločnosť Staatliche Vogelschutzwarte Brandenburg sleduje hlásenú mortalitu vtákov po kolíziách s veternými turbínami už približne 20 rokov (Dürr 2004; Rasran a Dürr 2014). Hoci údaje v zozname kolíznej mortality vtákov v Nemecku (ďalej nazývaný zoznam kolízií) obsahujú len malý a neznámy zlomok všetkých usmrtených vtákov, poskytujú prehľad o druhoch, ktoré najčastejšie hynú po kolíziách s veternými turbínami.

Počet obetí podľa druhu závisí od mnohých faktorov, vrátane veľkosti populácie daného druhu v Nemecku. Keďže zoznam kolízií rozlišuje medzi sezónnymi obdobiami, veľkosťou populácií v období hniezdenia, migrácie a zimujúcich, mortalita vodných vtákov je dobre známa (Sudfeld et al. 2013). Nemusí to však platiť pre iné taxonomické skupiny vtákov. Aby sa vyhodnocovania zjednodušili, údaje o populačnej hustote 9 druhov vtákov boli rozdelené do frekvenčných tried a spojené s údajmi o preletoch alebo kolíziách vtákov z databázy. Údaje o denzite populácií (druhov) boli prevzaté z prác Hüppopa et al. (2013) a Sudfelda et al. (2013). Aby bolo možné použiť veľkosť populácie vo výpočtoch, ako veľkosť národnej populácie bol braný harmonický priemer triedy. Pre každý druh bol stanovený index kolízneho rizika (ďalej len kolízny index) vydelením počtu obetí kolízie zo zoznamu (zoznam kolízií naposledy aktualizovaný 11. decembra 2014) harmonickým priemerom príslušnej veľkostnej triedy populácie. Výsledné čísla boli škálované na hodnotu 10 000, aby poskytli zmysluplnejšiu škálu.

Na získanie jednoduchšieho obrazu boli druhy zoskupené podľa vybraných taxonomických a ekologických kritérií. Spevavce boli z analýzy vypustené, pretože sa predpokladalo, že variabilita hlásených kolízií bude oveľa menšia ako u nespevavcov (Grünkorn et al. 2009). Pre každú skupinu druhov sa určila stredná trieda veľkosti (medián) populácie. Index kolízií pre danú skupinu je harmonickým priemerom veľkostnej triedy populácie tejto skupiny. Výsledné čísla boli opäť zmenšené o 10 000.

Rozdelenie počtu obetí naznačuje vzťah k miere vyhýbania sa kolízii. Druhy s vysokým indexom vyhýbania sa kolíziám boli zriedkavo hlásené ako obeť kolízie. Vzťahy sa stanú ešte zreteľnejšie, keď sa kolízne indexy vynesú proti miere vyhýbania sa. Existuje však veľa druhov, najmä medzi spevavcami, s nízkymi indexmi vyhýbania sa a s nízkym počtom kolízií a taktiež nízkymi kolíznymi indexami. Keď sa druhy zoradia do taxonomických skupín a vynechajú sa spevavce, vznikne jasný vzorec. Všetky taxonomické skupiny jasne vykazujúce znaky premiestnenia s mierou vyhýbania sa vyššou ako 50 mali málo obetí kolízie. Vzorec je opäť zreteľnejší, keď sa miera kolízií vynesie do grafu s mierou vyhýbania sa. Kurovité vtáky

(Galliformes) sa odchyľili od všeobecného trendu tým, že sa takmer vôbec nevyhýbali veterným parkom, no napriek tomu sa iba zriedka stávali obeťami kolízií. Najpravdepodobnejším dôvodom je to, že tieto druhy zriedka lietajú, a ak áno, ich výška letu je väčšinou hlboko mimo priestoru rotácie listov veternej turbíny (0 - 20 m).

Prípadová štúdia: **Rastúca mortalita vtákov vo vzťahu k hniezdnej abundancii vo veterných farmách v južnom Španielsku (Martin, Onrubia & Torralvo)**

Gibraltársky prieliv sa nachádza na juhozápade Španielska. Táto oblasť oddeľuje najjužnejšie Maroko a predstavuje najkratšiu vzdialenosť medzi kontinentálnou Európou a severnou Afrikou (približne 14 km), pričom slúži ako hlavná migračná trasa pre väčšinu vtákov migrujúcich zo západnej Európy. Takmer pol milióna veľkých, plachtiacich vtákov a 30 - 50 miliónov malých vtákov každoročne prekročí Gibraltársky prieliv do a zo svojich zimných štvrtí v Afrike. Počasie v regióne je charakterizované silnými západnými vetrami, ktoré fúkajú približne v 85 % jesenných dní a v nárazoch dosahujú rýchlosť nad 100 km/h (Bernis 1980). Priaznivé klimatické podmienky znamenajú, že Gibraltársky prieliv je jednou zo štyroch oblastí v Španielsku s najväčším potenciálom pre výrobu veternej energie v Španielsku (www.agenciaidea.es).

Gibraltársky prieliv je okrem dôležitej migračnej lokality hniezdiskom viacerých plachtiacich vtákov (pozri tabuľku nižšie). Z nich sú sup egyptský, orol kráľovský, kaňa popolavá a sokol bielopazúravý zaradené medzi ohrozené druhy Španielska. Prirodzenú vegetáciu študovanej oblasti charakterizujú húštiny divej olivy (*Olea europaea* var. *sylvestris*) a duba korkového (*Quercus suber*) prerušované krovinami a skalnatými oblasťami na horských hrebeňoch. Naopak v nižšie položených oblastiach prevládajú rozsiahle bezlesé pláne, na ktorých sa rozprestierajú polia na pestovanie obilnín a extenzívne trávne porasty na pasenie dobytky.

Intenzívne sa skúmalo množstvo veterných fariem, ktoré obsahujú celkovo 269 veterných turbín s rôznymi menovitými výkonmi, a ktorých prevádzka začala v rozmedzí rokov 2005 až 2007. Vyškolení pozorovatelia denne vyhľadávali uhynuté vtáky s pevným úsilím v

rámci programu dohľadu, ktorý sa vykonáva každoročne a každý deň v roku (365 dní) od úsvitu do súmraku. Vysoké úsilie pri pátraní znižuje potrebu opráv zameraných na efektívnosť vyhľadávania a odstraňovania kadáverov v prípade stredne veľkých až veľkých vtákov, ako sú napríklad vtáky plachtiace v skúmanej oblasti. Zaznamenané údaje okrem iného pozostávajú z údajov o druhoch a počte jedincov, ktoré sa zrazili s turbínami. Tento program dohľadu zahŕňal selektívne zastavenie turbín, keď sa zistili nebezpečné situácie, čím sa znížila mortalita hlavných druhov ovplyvnených veternými turbínami v skúmanej oblasti.

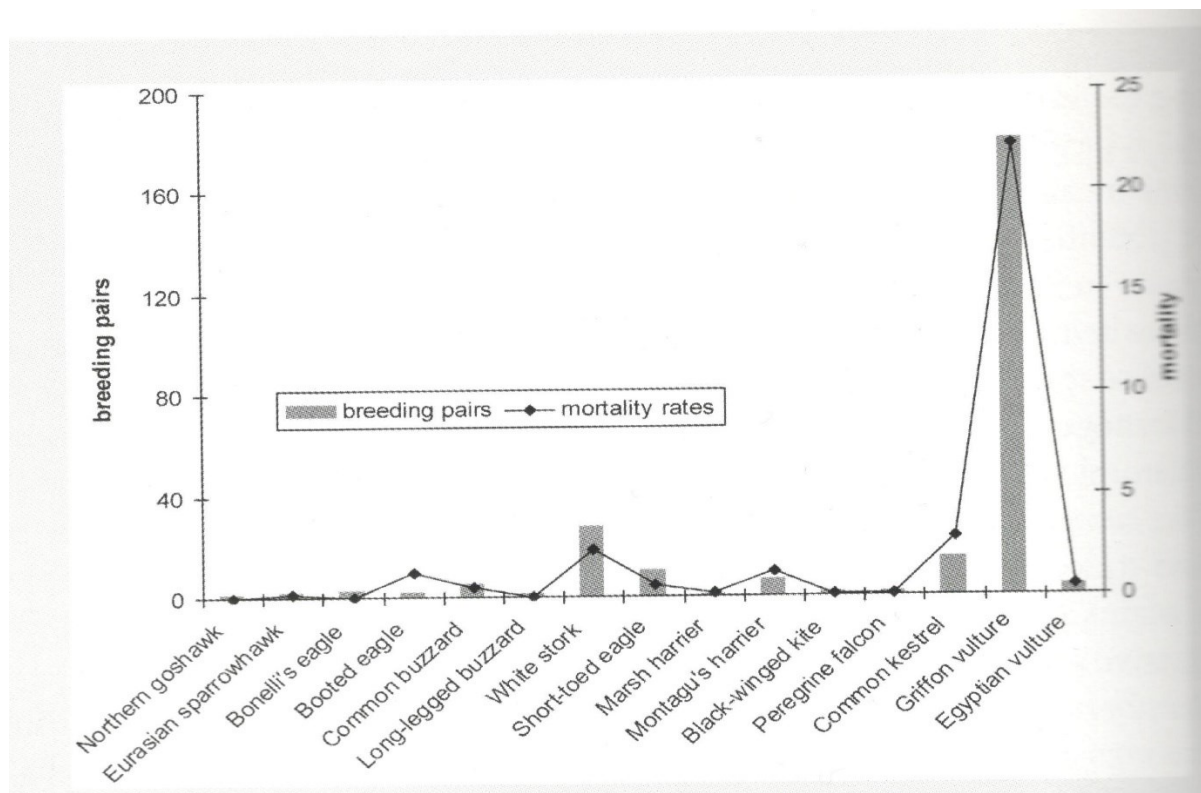
Tabuľka. Plachtiace druhy vtákov, u ktorých dochádzalo ku kolíziám vo veterných parkoch a trvanie ich hniezdnej periódy v študovanom území

Národné meno	Vedecké meno	Hniezdna perióda
jastrab veľký	<i>Accipiter gentilis</i>	20. marec – 30. júl
jastrab krahulec	<i>Accipiter nisus</i>	20. apríl – 20. júl
orol jastrabovitý	<i>Aquila fasciata</i>	20. január – 20. jún
orol malý	<i>Aquila pennata</i>	10. apríl – 10. júl
myšiak hôrny	<i>Buteo buteo</i>	1. marec – 30. júl
myšiak hrdzavý	<i>Buteo rufinus</i>	1. marec – 30. júl
bocian biely	<i>Ciconia ciconia</i>	15. február – 15. jún
hadiar krátkoprstý	<i>Circaetus gallicus</i>	20. marec – 10. júl
kaňa močiarna	<i>Circus aeruginosus</i>	20. marec – 30. júl
kaňa popolavá	<i>Circus pygargus</i>	20. apríl – 10. august
luniak sivý	<i>Elanus caeruleus</i>	1. marec – 30. jún
sokol sťahovavý	<i>Falco peregrinus</i>	1. marec – 10. júl
sokol myšiar	<i>Falco tinnunculus</i>	20. marec – 30. júl
sup bielo hlavý	<i>Gyps fulvus</i>	20. december – 10. august
sup biely	<i>Neophron percnopterus</i>	1. marec – 30. júl

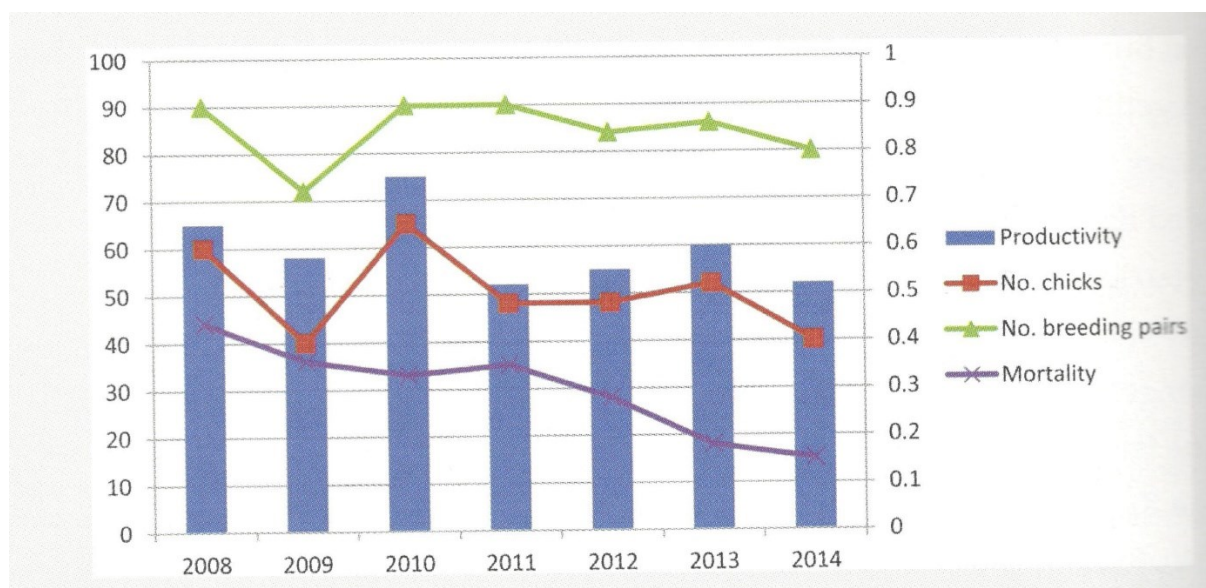
Na posúdenie potenciálneho negatívneho vplyvu veterných elektrární na mortalitu v dôsledku kolízie s turbínami bolo použité porovnanie ročnej miery úmrtnosti a odhadovaného počtu párov v sledovanom území počas obdobia rozmnožovania (Obr. 1). Hoci bol sup bielo hlavý najčastejšie zabíjaným druhom, najvyšším reálnym počtom hniezdiacich párov v skúmanej oblasti sa blížila miera úmrtnosti u orla kráľovského, jastraba veľkého a kane

popolavej. Zatiaľ čo orol kráľovský a jastrab veľký nie sú v Španielsku predmetom druhovej ochrany, kaňa popolavá je na národnej úrovni zraniteľným druhom. Je potrebný ďalší výskum, aby sa zistilo, či mortalita indukovaná prevádzkovaním veterných elektrární má súvis s klesajúcim trendom populačnej veľkosti populácie kane popolavej v skúmanej oblasti. Od roku 1999 sa monitorujú aj kolízie s veternými turbínami aj v širšom okolí (Barrios a Rodríguez 2024; de Lucas et al. 2008; 2012; Ferrer et al. 2012). Sup bielo hlavý bol aj tu druhom, ktorý bol najčastejšie zaznamenaný ako obeť kolízie. Nebol zistený žiadny vplyv na iné sťahovavé vtáky. Pokiaľ ide o supa bielo hlavého, hniezdiaca populácia bola približne 300 párov v okolí Gibraltárskeho prielivu (Migres Foundation, nepublikované údaje). Celá populácia je odhadovaná v južnom Španielsku na 2000 jedincov (del Moral 2009). Skúmaná oblasť je často využívaná supmi. Populácia v Španielsku je čiastočne migrujúca, pričom mláďatá v regióne migrujú na dlhé vzdialenosti do južnej Afriky (Bildstein et al. 2009). Každý rok sa 4000 - 5000 mláďat supov bielo hlavých rozptýli zo svojich hniezdných kolónií a letia cez Gibraltársky prieliv do západnej Afriky. Napriek vysokému počtu uhynutých vtákov ročne (až 40 ročne), neboli zistené žiadne zmeny v počte hniezdiacich párov (Migres, nepublikované údaje). Počet obetí kolízií sa od roku 2008 medziročne viac-menej znižuje, čo sa považuje za dôsledok selektívneho dočasného odstavenia veterných turbín v obdobiach vyššej frekvencie preletujúcich supov realizovaných na veternej farme od roku 2008 (Obr. 2). Budúci výskum má za cieľ vykonať hlbšiu analýzu demografických parametrov a vekových tried najviac postihnutých kolíznou mortalitou, ako aj zhodnotiť pôvod supov bielo hlavých, ktorí sa zotavili zo zranení. Bolo tiež navrhnuté, že by sa malo vykonať vyhodnotenie akýchkoľvek zmien vo vývoji populácie na severe Španielska, pretože tam môžu byť jedince vystavené mortalite v tamojších veterných elektrárnach, ktoré pravdepodobne prekonávajú počas migračných letov na veľké vzdialenosti.

Obr. 1. Počet hniezdiacich párov (ľavá os) vo vzťahu k ročnej miere mortality po kolízii s turbínami (pravá os) plachtiacich vtákov (dravce a bocian biely) v skúmanej oblasti počas obdobia rozmnožovania.



Obr. 2. Trendy v počte párov, počte vyletených mláďat a produktivite hniezdiacich supov bielo hlavých v pomere k mortalite na veterných farmách v okolí Gibraltárskeho prielivu v rokoch 2008 - 2014.



Miery mortality

Predchádzajúce štúdie naznačili určité rozdiely vo výskumných plánoch a údajoch o kolíziách vtákov s veternými turbínami (Morrison 2002; Amallwood 2007; Sovacool 2009; 2013). Nasledujúci prehľad odhadov miery kolízií bol spracovaný na základe analýzy výsledkov 24 štúdií rôzneho rozsahu a z viacerých krajín sveta. Ak sú v preskúmaných štúdiách prezentované informácie o všetkých skúmaných veterných parkoch, je zrejmé, že odchýlky v mortalite medzi sledovanými veternými elektrárnami sú mimoriadne široké, od 0 do 125 vtákov na turbínu za rok (horná medza je z Everaerta 2014). Niektoré turbíny môžu byť pre vtáky obzvlášť nebezpečné. V rámci jednej skúmanej veternej elektrárne je však táto odchýlka podstatne nižšia, s rozsahom miery kolíznej mortality od 0 do 39 usmrtených vtákov na turbínu za rok. Použitím mediánu z údajov všetkých dostupných štúdií štúdií vypočítaná celková priemerná miera kolízií bola $4,35 \pm 1,93$ vtákov na turbínu za rok.

Napriek veľkým rozdielom medzi jednotlivými štúdiami sa výsledky tohto prehľadu dobre porovnávajú s experimentmi odstraňovania tiel usmrtených vtákov od Dotyho & Martina (2013), z ktorých vyplýva, že mortalita v subsaharskej Afrike bola v rozmedzí 0,36 – 7,7 vtákov na turbínu za rok. Podobne Bull et al. (2013) uvádzajú na Novom Zélande mieru úmrtnosti 4,64 – 5,38 kolízií vtákov na turbínu za rok. Dôležitejšia je tiež primeraná zhoda s rozsiahlou štúdiou Zimmerlinga et al. (2013), ktorí odhadli úmrtnosť pri kolízii pomocou údajov z hľadania kadáverov v 43 veterných parkoch obsahujúcich 2 955 turbín po celej Kanade, pričom do modelu zahrnuli aj korekčné faktory na efektivitu hľadania a tiež kadavery, ktoré sa dostali mimo prehľadávanú oblasť. Na týchto miestach bolo v priemere zabitých $8,2 \pm 1,4$ vtákov na turbínu za rok, pričom počty na jednotlivých veterných elektrárnach sa pohybovali od 0 do 26,9 vtákov na turbínu za rok. V súlade s týmto sa odhadlo, že pri zrážkach s veternými turbínami bolo ročne usmrtených 23 300 vtákov (konfidenčný interval 20 000 - 28 300). Prehľad o mortalite vo veterných elektrárnach v susedných USA (Loss et al. 2013) uvádza, že ročne bolo na všetkých veterných turbínach usmrtených 140 000 – 328 000 vtákov. Ericson et al. (2014) vypracovali podobné odhady a predikovali ročný úbytok 134 000 - 230 000 malých spevavcov pre všetky zariadenia na výrobu veternej

energie v USA a Kanade. To sa rovná 2,10 – 3,35 malých spevavcov (Passeriformes) na MW inštalovaného výkonu.

Posledným kľúčovým bodom v súvislosti s mierami zrážok je **miera zrážok malých r-selektívnych druhov**, ako sú spevavce, ak akceptujeme, že tieto môžu byť podceňované (pozri vyššie), **môže byť porovnateľná s dlhovekými, pomaly sa rozmnožujúcimi k-stratégmi**.

Druhovo špecifické faktory

Morfológia a správanie

Janss (2000) klasifikoval v prípade elektrických vedení druhy na základe morfológických charakteristík. Veľké zaťaženie krídla je spojené s nízkou manévrovateľnosťou počas letu a pre niektoré plachtiace vtáky s dlhými a širokými krídlami, ku ktorým patrí napr. sup bielo hlavý, je typická aj nízka kapacita pre aktívny let (Rayner 1988). Takéto druhy sú náchylné na kolízie a zásah elektrickým prúdom na líniových elektrických vedeniach (Bevanger 1998) a tiež na kolízie s veternými turbínami (Barrios & Rodríguez 2004; de Lucas et al. 2008). Herrera-Alsina (2013) však pomocou rozsiahlej databázy o mortalite vtákov vo veterných elektrárnach odhalil, že **vtáky malej veľkosti, s dlhšími a úzkymi krídlami a nízkym zaťažením prúdiacim vzduchom, sa pravdepodobne zrazili s turbínami, pretože veľa času trávili hľadaním potravy v ich blízkosti, čím sa preukázateľne zvyšovala pravdepodobnosť kolízií**.

Dôležitým faktorom zvyšujúcim pravdepodobnosť kolízie môže byť tiež vek vtákov. Hunt (1999) dokázal, že medzi orlami skalnými, uhynutými po zrážke s turbínou, bolo 85 % subadultných jedincov, 12 % prelietavajúcich a iba 3 % hniezdiacich vtákov, aj keď to nebolo neočakávané, pretože hniezdne páry iba zriedka navštevovali oblasť veterného parku. V prípade orliakov morských študovaných Dahlom et al. (2013), správanie bolo podobné vo veternej farme aj mimo nej, ale letová aktivita dospelých jedincov, ktoré využívali územie veternej farmy, bola v porovnaní s aktivitou subadultov znížená, preto subadulty sú zraniteľnejšie. Barrios & Rodríguez (2004) zistili, že **všetky turbínami usmrtené sokoly myšiare, boli juvenilné**.

Niektoré štúdie navyše preukázali medzi obeťami kolízií nerovnomerný pomer pohlaví. 61 % orlov skalných, ktoré našiel uhynuté Hunt (1999), bolo samčieho pohlavia, aj keď to mohlo byť spôsobené sexuálnou nevyrovnanosťou v populácii. Podobná odchýlka v pomere pohlaví (64 %) bola zaznamenaná v štúdiu Stienena et al. (2008), ktorá sa zameriavala na mortalitu rybára riečneho. Nerovnaký pomer pohlaví sa najvýraznejšie prejavil počas inkubačnej doby kŕmenia vyľiahnutých mláďat, kedy sa mortalita samcov zvýšila na 78 %. Za faktor zodpovedný za uvedený posun v pomere pohlaví sa považovalo zvýšenie frekvencie vyhľadávania potravy samcami v porovnaní so samicami, keďže samce sú pohlavím, ktoré častejšie obstaráva potravu pre svojho partnera a mláďatá.

Eichhorn et al. (2012) vyvinuli priestorový model, ktorý simuloval správanie haje červenej pri vyhľadávaní potravy v okolí jej hniezdiska v krajine s rôznymi spôsobmi jej využívania. Zistili pokles rizika jej kolízie so zvyšujúcou sa vzdialenosťou od hniezda, pričom tento pokles priamo závisel tiež od toho, či vták lovil, od jeho schopnosti vyhnúť sa turbínam a strednej rýchlosti vetra. Správanie sa pri hľadaní potravy bolo tiež dôležitým determinantom kolízií sokola myšiara na veterných turbínach v Tarife (Barrios & Rodríguez 2024). Smallwood (APWRA) zistil, že potravné správanie, ako je krúženie jastraba červenochvostého alebo agresívne strety s orlami a mobbing veľkých dravcov inými druhmi, ako sú krkavcovité vtáky, môže odvádzať pozornosť dravcov a zvyšovať riziko kolízie.

Zrak

Zrak je primárnym zmyslom, ktorý vtáky používajú na získanie informácií o svojom prostredí (Martin 2011). Pri simuláciách zrakových vnemov vtákov laboratóriu Hodos (2003) a Hodos et al. (2000) zistili, že keď sa vták priblíži k rotujúcim listom turbíny, sietnicový obraz pohybujúcich sa listov sa vytvára na sietnici a je ostrý iba pri nižších rýchlostiach rotácie listov, ak sa však rýchlosť ich rotácie zvýši nad istú úroveň, sietnica oka už nedokáže tento zrýchlený pohyb dostatočne registrovať. Obraz pohybujúcej sa čepele je rozmazaný, a vták preto pole s rýchlo rotujúcimi listami veternej turbíny pravdepodobne vyhodnotí ako bezpečnú oblasť, cez ktorú môže preletieť bez fyzickej ujmy. Tento jav pohybového rozmazania je dobre známy aj v ľudskom zrakovom vnímaní. McIsaac (2000)

vyhodnotil niekoľko vzorov maľovania lopatiek zameraných na zvýšenie viditeľnosti turbíny vo vzťahu k pohybovému rozmazaniu za rôznych svetelných podmienok pre sokola *Falco sparverius*. Na základe empirického výskumu predbežne odporučil jeden z nich, a sice šachovnicovito usporiadané čierne a biele pásy, ktoré sú orientované kolmo na čepel'. Implementácia týchto výsledkov však môže byť obmedzená, pretože sa musia brať do úvahy aj iné premenné, ako sú letové charakteristiky jednotlivých druhov vtákov a atmosférické zrážky s vetrom.

Vtáky dokážu vizuálne rozpoznať vlnové dĺžky viditeľného svetla mimo rozsahu ľudského vnímania, vrátane ultrafialového (UV) spektra. Doteraz však žiadna štúdia nepreukázala, či vtáky dokážu detegovať umelé predmety natreté UV reflexnou farbou ľahšie ako predmety s konvenčným náterom. Young a spol. (2003) študovali veternú elektráreň počas troch fáz výstavby, aby otestovali vyššie spomenutú teóriu, ale zistili, že medzi týmito dvoma typmi turbín nie sú žiadne signifikantné rozdiely v priestorovej aktivite vtákov, ich mortalite alebo riziku kolízie. Ich závery však boli založené namiesto štatistického testovania iba na odbornom úsudku.

Vo všeobecnosti vtáky prednostne používajú periférne videnie s vysokým rozlíšením na detekciu jedincov svojho druhu, predátorov a na hľadanie potravy. Ich priestorové (binokulárne) videnie má dosť obmedzené funkcie. Oba typy videnia sa teda používajú na špecifické úlohy a nie sú vo svojej funkcii navzájom zameniteľné. Vtáky, ako sup bielohlavý, orly, žeriavy a dropy majú malý uhol binokulárneho videnia a veľké slepé oblasti zorného poľa nad, pod a za hlavou (Martin et al. 2012). Takéto druhy nie sú schopné vnímať zrakové podnety v smere svojho letu a nedokážu preto rozpoznať nebezpečenstvo bezprostredne pred nimi, čo ich robí zraniteľnejšími pri zrážke s veternými turbínami (Martin & Shaw 2010). Na základe toho Martin (2011) konštatuje, že odklonenie alebo odvrátenie pozornosti vtákov od ich letovej dráhy v kolíznom smere s turbínou by mohlo mať väčší efekt ako opatrenia na zviditeľnenie turbín.

Sluch

Krivky rozsahu sluchového vnímania sa zhromaždili len pre niekoľko druhov vtákov a tieto údaje sa získali pomocou polynomickej funkcie, aby vznikla súvislá krivka opisujúca

minimálny počuteľný akustický signál v rozsahu sluchu pre konkrétny druh (Dooling a Lohr 2000). Vtáky najlepšie počujú pri frekvenciách medzi približne 1 a 5 kHz, blízko rozsahu ľudského sluchu. **Z uvedeného rozsahu sa vymykajú druhy, ako napríklad holub obyčajný, ktorý má najvyššiu sluchovú citlivosť na zvuky s veľmi nízkou frekvenciou, a plamienka driemavá a výr virgínsky, ktoré majú absolútnu sluchovú citlivosť na zvuky s extrémne nízkou frekvenciou.** Všeobecne, **neschopnosť vtákov vnímať ultrazvuky znemožňuje navrhnúť účinný akustický odstrašujúci prostriedok, ktorý by bol zároveň nepočuteľný pre ľudí.**

Vo všeobecnosti nie sú akustické odstrašujúce zariadenia účinné, pretože vtáky si na ne môžu zvyknúť (habituácia) a nakoniec ich úplne ignorovať. Pre turbíny monitorované Doolingom (2002) mal pohyb listov vzduchom pozitívny účinok na vtáky, keď zvyšoval hladinu akustického tlaku viac-menej rovnomerne v celom spektre zvuku. Širokospektrálny šum listov rotora, ktorý je svojou formou podobný hluku vetra ako prevažne nízkofrekvenčný zvuk pod 1 - 2 kHz, prispieva k hluku pozadia pomerne rovnomerne a v celom zvukovom spektre. Takže pridanie týchto zvukov k celkovej hladine akustického tlaku môže vtákom pomáhať lepšie počuť zvuky rotujúcich listov. **Dooling (2002) preto odporučil umiestniť infrazvukové píšťalky priamo na lopatky turbín, na ktorých dochádzalo k opakovaným kolíziám s letiacimi vtákmi.** Zdá sa však, že žiadne ďalšie experimenty na túto tému sa už neuskutočnili.

Sezonalita a abundancia

Viacerí autori, ako Orloff & Flannery (1992), Drewitt & Langston (2006) a Hotker et al. (2006) uvádzajú, že miera mortality nesúvisela s početnosťou konkrétneho druhu, ale skôr s mierou prejavenej averzie k riziku alebo s obranným a únikovým správaním vtákov. **Druhy, ktoré sa menej báli veterných elektrární, ako sú jastraby, orly skalné, čajky a škorce, sa stávali obeťami kolízie častejšie ako druhy, ktoré sa vyhýbali veterným elektrárnám tým, že lietali okolo nich, ako napríklad sup *Cathartes aura*, husi a brodivých vtákov.** Výnimkou boli druhy rodu havran, ktoré sa veterných elektrární vo všeobecnosti neboja, no i napriek tomu iba zriedka u nich dochádza ku kolíziám s turbínami.

Na podporu tohto všeobecného názoru de Lucas et al. (2008) zistili, že **sup bieločelý** bol druhom, ktorý sa najčastejšie zrážal s veternými turbínami v južnom Španielsku, ale nesúviselo to s jeho početnosťou v skúmanej oblasti. Hull et al. (2008) zistili v Tasmánii počas dlhodobého výskumu **slabú pozitívnu koreláciu medzi abundanciou všetkých vtákov na skúmanej ploche a počtom kolízií s turbínami**. Napríklad Barrios & Rodríguez (2004; 2007) zistili **silnú pozitívnu koreláciu medzi denzitou vtákov a mierou kolízií**, pričom viac mŕtvych supov bieločelých nachádzali v zime, keď sa lokálna populácia rozrástla v dôsledku priletu zimujúcich (hibernujúcich) jedincov.

Sezónnosť vo frekvencii kolízií preukázalo viacero štúdií. Napríklad Nelson & Curry (1995) a Osborn et al. (1998; 2000) **potvrdili pozitívnu koreláciu medzi početnosťou vtákov a mierou kolízií vo väzbe na konkrétne ročné obdobie**, pričom zistili, že miery mortality boli najnižšie v zime, zvýšili sa na jar, zostali podobné v lete a znížili sa opäť na jeseň, a **dospeli k záveru, že vzorce vtáčej mortality odrážali sezónne zmeny v abundancii a aktivite vtákov**.

Hunt (2002) našiel viac usmrtených orlov skalných na jar a v lete, menej na jeseň a v zime, čo naznačuje možnosť **diferencií v apetenčnom správaní**, zatiaľ čo **orliakyorské** v Nórsku zvyšovali svoju aktivitu na začiatku obdobia rozmnožovania, čo sa **odrazilo aj vo vzorci kolíznej mortality** v skúmanom veternom parku (May et al. 2010; Dahl et al. 2013).

Lekouna & Ursúa (2007) pri výskume v Navarre na severe Španielska zistili **vrchol mortality spevavcov vo veterných elektrárňach počas septembra až októbra**, čo sa zhodovalo s **pohniezdnou migráciou a zvýšeným výskytom nedávno vylietanych mlád'at** v lokálnych populáciách. Ericson et al. (2014) tiež zaznamenali **najvyššiu úroveň mortality malých spevavcov (Passeriformes) z čeľadí lastovičkovité, drozdovité a sýkorkovité počas jesennej migrácie**, s druhým menším vrcholom počas jarnej migrácie. Na rozdiel od toho iné čeľade, ako napríklad **strnádkovité v kombinácii so škovránkovitými spevavcami**, vykazovali **najvyššiu mieru kolízií na jar**. V dôsledku rozdielnych vzorcov medzi jednotlivými čeľadami malých spevavcov autori naznačili, že je **ťažké definovať všeobecné vzorce**.

Migračné trasy a lokálna mobilita

Na Gibraltári v Španielsku, medzi pobrežiami juhozápadnej Európy a severozápadnej Afriky, leží jedna z najdôležitejších migračných trás pre veľké množstvo plachtiacich vtákov Palearktídy. Najviac kolízií zaznamenali Barrios a Rodríguez (2004) a Lucas et al. (2008) medzi rezidentnými (stálymi) druhmi vtákov. Väčšina pozorovaných migrantov preletujúcich touto oblasťou bola považovaná za skupinu ohrozenú nízkym rizikom kolízie, pretože medzi turbínami bola zaznamenávaná iba nízka frekvencia preletov. Väčšina vtákov lietala vo väčšej výške, mimo oblasť, v ktorej sa otáčali rotory. Lety v nižších výškach sa zhodovali najmä s veľmi nízkou rýchlosťou vetra, keď turbíny neboli v prevádzke.

Krijgsveld et al. (2009) zistili, že 73 % úhynov pri zrážkach s turbínami sa týkalo stálych a vo dne aktívnych vtákov, pričom pomerne málo (27 %) úhynov po kolíziách bolo zaregistrovaných medzi vtákmi migrujúcimi v noci.

Netopiere (Chiroptera)

Prípadová štúdia: Netopiere a vtáky – podobnosti a rozdiely

Dva najbežnejšie problémy s voľne žijúcimi živočíchmi v súvislosti s veternými turbínami sú úhyny netopierov a vtákov. Zatiaľ čo skutočnosť, že obe skupiny lietajú, ich robí zraniteľnými voči zasiahnutiu pohybujúcimi sa listami turbíny, medzi týmito dvoma skupinami existujú značné rozdiely, vďaka ktorým je každá z nich unikátna a preto si vyžadujú rôzne výskumné a ochranárske prístupy.

Rozdiely v senzorických systémoch používaných netopiermi a vtákmi majú silný vplyv na to, kedy a ako sú zabíjané na turbínach. Hoci netopiere majú vynikajúci zrak, väčšina (okrem netopierov Starého sveta konzumujúcich ovocie a nektár) na detekciu koristi a detekciu

prekážok na krátku vzdialenosť používajú echolokáciu. Migrujúce druhy majú obzvlášť dobrú zrakovú ostrosť a môžu používať videnie na detekciu objektov na väčšie vzdialenosti (Boonman et al. 2013; Eklöf et al. 2014). Netopiere sú striktne nočné, čo sťažuje pozorovanie ich vizuálnej orientácie na krátke vzdialenosti a k usmrteniu netopierov dochádza iba v noci. Naproti tomu vtáky sa orientujú na krátke vzdialenosti pomocou zraku a väčšina z nich je primárne denná, čo uľahčuje pozorovanie ich behaviorálnych reakcií na turbíny. Veľa sťahovavých vtákov sa však premiestňuje v noci a pozorovanie tohto správania je tiež náročné. K usmrteniu vtákov dochádza počas dňa aj noci.

Nočné vtáky sa bežne stretávajú s vysokými stavbami vytvorenými ľuďmi, ako sú budovy a komunikačné veže, a kolízie nočných vtákov s nimi predstavujú spoločne veľký počet úhynov. Napríklad, mortalita vtákov na komunikačných vežiach v USA a Kanade sa odhaduje na 6,8 milióna vtákov ročne (Loncore et al. 2012) a po náraze do okien zahynie v celej Kanade za jeden rok približne 25 miliónov vtákov (Machtans et al. 2013). Dá sa predpokladať, že niektoré úhyny vtákov, najmä v noci alebo pri zlej viditeľnosti (napr. v hmle), sú spôsobené kolíziami s vežami turbín alebo nehybnými listami veternej turbíny. Hoci existujú správy o zrážkach netopierov s vysokými stavbami, ide o oveľa zriedkavejšie udalosti (napr. Crawford & Baker 1981), pravdepodobne kvôli použitiu echolokácie pri orientácii v priestore. Podľa dostupných výsledkov podľa autorov tejto monografie neexistujú žiadne správy o zrážke netopierov s vežou turbíny alebo nepohybujúcimi sa vrtuľami (Arnett et al. 2008; Cryan et al. 2014), a žiadne takéto kolízie neboli zistené v štúdiách využívajúcich na pozorovanie správania netopierov termovízne kamery (Horn et al. 2008; Cryan et al. 2014).

Reakcie vtákov na veterné turbíny boli pozorovaná vizuálne aj radarom, najmä pokiaľ ide o pobrežné veterné parky. V niektorých prípadoch (napr. Larsen a Guillemette 2007; Plonczkier a Simms 2012; Dahl et al. 2013) vtáky reagujú na veterné turbíny už vo väčšej vzdialenosti a od nich (stovky metrov). Vizuálne pozorovanie reakcií netopierov na turbíny je náročnejšie, pretože netopiere majú nočnú aktivitu. Niektoré štúdie pomocou termovízie naznačujú, že netopiere môžu byť z blízkej vzdialenosti priťahované k veterným turbínam a vyhýbať sa im, a preto je potrebné určiť potenciálne vhodné miesta na hľadanie potravy alebo migračné trasy. Nepublikovaná štúdia poskytla dôkazy o pohybe netopierov smerom k veterným turbínam zo vzdialenosti už niekoľko sto metrov.

Netopiere aj vtáky sú na turbínach usmrcované predovšetkým údermi pohybujúcich sa čepelí turbín. Niektoré netopiere sú však usmrtené barotraumou - následkom vnútorných

zranení spôsobených náhlym poklesom tlaku vzduchu, keď netopiere prelietavajú zónami nízkeho tlaku vznikajúceho okolo pohybujúcich sa vrtúl veterných turbín. V prípade vtákov tento jav nebol zdokumentovaný, možno pre významný anatomický rozdiel medzi dýchacími systémami vtákov a cicavcov, vrátane netopierov (Bearwald et al. 2008).

Mortalita netopierov na turbínach je vysoko sezónny jav, najväčšie agregácie sa v priestoroch veterných elektrární vytvárajú sa na jeseň, v období migrácie netopierov (Arnett et al. 2008; Rydell et al. 2012). Hoci sezonalita kolíznej mortality vtákov je varíruje v závislosti od druhu a lokality (Rydell et al. 2012; Marques et al. 2014), s výnimkou dravých vtákov sa zdá, že väčšina smrteľných prípadov sa vyskytuje medzi stálymi (rezidentnými) alebo migrujúcimi druhmi vtákov, ako aj hniezdiacimi a nemigrujúcimi jedincami (Ericson et al. 2014).

Zatiaľ čo prvotné štúdie mortality voľne žijúcich živočíchov na turbínach boli zamerané najmä na vtáky (napr. Howell a DiDonato 1991; Osborn a kol. 2000; Barrios a Rodríguez 2004; Drewitt a Langston 2006), neskoršie štúdie zamerané aj na netopiere dokazujú, že počet usmrtených netopierov prevyšuje v súčasnosti počet vtákov usmrtených na väčšine veterných parkov tak v Severnej Amerike, ako aj mnohých krajinách v Európe, často s veľkým rozdielom. Odhady Smallwooda (2013) ukazujú, že ročná miera úmrtnosti netopierov v USA (88 000 jedincov) je vyššia ako mortalita odhadovaná pre vtáky (57 3000 jedincov).

Ak keď je väčší počet usmrtených netopierov v porovnaní s mortalitou vtákov alarmujúci, tieto úhyny sa vyskytujú len u malého počtu druhov netopierov v porovnaní s mortalitou širokého druhového spektra vtákov. Napríklad, vo veternom parku v Marylande (USA) bolo zaregistrovaných 262 úhynov vtákov rozdelených medzi 46 druhov, zatiaľ čo 706 úhynov netopierov sa vyskytlo iba medzi ôsmimi druhmi (Young et al. 2012). V celej Kanade úhyny vo veterných elektrárnach zahŕňali 145 druhov vtákov, zatiaľ čo zastúpených bolo len deväť druhov netopierov, pričom počet usmrtených vtákov bol v porovnaní s netopiermi viac ako dvojnásobný (4 020 netopierov vs. 1 744 vtákov). Ďalšou analýzou výsledkov 37 štúdií z územia Kanady bolo zistené, že turbínami bolo zabitých 140 druhov vtákov (Zimmerling et al. 2013). Podobný vzorec možno nájsť aj v európskych štúdiách. Napríklad, v rôznych veterných elektrárnach vo Švédsku bolo nájdených 53 druhov vtákov usmrtených turbínami, ale len osem druhov netopierov (Rydell et al. 2012).

Hoci účinok mortalita spôsobená vplyvom človekom na populácie závisí od veľkosti populácie a prirodzenej miery úmrtnosti konkrétneho druhu a ani jeden z týchto populačných

parametrov nie je dostatočne preskúmaný, zdá sa byť rozumné, že väčší počet úhynov netopierov v porovnaní s mortalitou vtákov a väčšia koncentrácia úhynov medzi niekoľkými druhmi v Európe a Severnej Amerike bude mať pravdepodobne väčšie dôsledky pre stabilitu týchto populácií netopierov v porovnaní s dôsledkami pre populácie vtákov. Dôkazy naznačujú, že je nepravdepodobné, aby početné populácie malých spevavcov boli vážnejšie ovplyvnené kolíznou mortalitou (Erickson et al. 2014). Populačné účinky však môžu byť pravdepodobnejšie u väčších druhov vtákov, ako sú dravce, ktoré majú zvyčajne menšie populácie. Okrem toho existujú dôkazy, že vplyv na biotopa a disturbance počas výstavby veterných parkov môžu byť pre niektoré vtáky závažnejšie ako mortalita spôsobená samotnými turbínami po ich uvedení do prevádzky (Pearce-Higgins et al. 2012; Garcia et al. 2015).

Prečo veterné turbíny zabíjajú netopiere?

Teórie, výskumy a na základe analýzy dát overené hypotézy:

- **Hypotéza náhodných kolízií** – napr. AsCryan & Barclay (2209) uvádzajú, že netopiere môžu byť usmrcované náhodne, ak sa náhodou vyskytnú v nesprávny čas v nesprávnom priestore (napr. v dosahu rotujúcich vrtúl veterných turbín).
- **Hypotézy atrahovania** – napr. netopiere môžu byť priťahované hlukom turbín (z lopatiek alebo rotora), pohybom lopatiek alebo Dopplerovými efektmi vznikajúcimi pri pohybe lopatiek (Long et al. 2009; 2010). Turbíny detegujú netopiere vizuálne a pomýlia si ich so stromami, ktoré im v prírode poskytujú úkryty a/alebo im môžu slúžiť ako miesta na zhromažďovanie alebo dvorenie počas ich reprodukcie (Cryan & Brown 2007; Cryan 2008). Hmyz sa hromadí na turbínach alebo je k nim atrahovaný, čo priťahuje hmyzožravé netopiere, ktoré tu lovia koristi (Kunz et al. 2007; Rydell et al. 2010).
- **Atrahovanie netopierov hlukom alebo pohybom turbín** - hypotézy, že netopiere sú priťahované zvukom, pohybom alebo inými vlastnosťami turbín, neboli priamo testované, sledovanie netopierov interagujúcich s turbínami pomocou termovízie

zaznamenalo opakovaný výskyt jedincov, ktorí sa tesne približujú k vežiam turbín či listom vrtúľ (Kunz et al. 2007; Rydell et al. 2010).

- **Atraktivita turbín ako potenciálnych stromov alebo miest na párenie** - konzistentný vrchol mortality netopierov na konci leta/jesene možno aspoň čiastočne vysvetliť zvýšenou veľkosťou populácie v dôsledku pribúdania vylietajúcich mláďat a migrácie jedincov cez oblasti s veternými elektrárnami.
- **Atrahovanie netopierov hmyzom** - jednou z hypotéz, prečo sú netopiere zabíjané na turbínach, bol predpoklad, že ich priťahuje hmyz, ktorý sa tam zhromažďuje alebo agreguje (Kunz et al. 2007).
- **Variabilita mier mortality** – mortality netopierov varíruje jednak v rámci jednotlivých druhov, jednak medzi skúmanými oblasťami a veternými parkami.
- **Medzidruhovú variabilitu kolíznej mortality** – napr. 86,6 % zaznamenaných úhynov netopierov v Európe patrilo k druhom dvoch rodov, *Pipistrellus* a *Nyctalus*, a táto percentuálna hodnota sa zvýši na 93,3 %, ak sa započítajú aj rody *Eptesicus* a *Vespertilio*.
- **Vnútrodruhovú variabilitu kolíznej mortality** – po osamostanení mláďat (v lete alebo koncom leta) v populáciách netopierov ovplyvnených veternými turbínami signifikantne stúpa počet usmrtených juvenilov na úkor adultov. V období jarnej alebo jesennej migrácie sa zvýšená mortality zapríčinená veternými turbínami zvyšuje z dôvodu vzostupu abundancie migrujúcich druhov netopierov.
- **Časová variabilita mortality** – počet úhynov netopierov štatisticky významne stúpa vo veterných parkoch v neskoroletnom (serotínálnom) aspekte a na začiatku jesenného (autumnálneho) sezónneho spektru.
- **Priestorová variabilita kolíznej mortality** – miera mortality sa môže výrazne meniť tak medzi jednotlivými skúmanými veternými elektrárnami, ako aj medzi jednotlivými veternými turbínami v rámci jedného veterného parku.

Dopady kolíznej mortality na populácie netopierov

V Európe medián odhadovanej mortality netopierov vo veterných parkoch zodpovedá hodnote 2,0 netopiere na jednu turbínu a rok ($n = 40$ veterných parkov). V Severnej Amerike bol medián

kolíznej mortality odhadnutý na základe v teréne získaných dát na 3,7 netopiera na jednu turbínu a rok (Rydell et al. 2012).

Záverečné poznámky

Vysvetlenia vyššie prezentovaných potenciálnych vplyvov veterných turbín na mortalitu netopierov:

- Pre netopiere s echolokáciou je obtiažné včas spozorovať pohybujúce sa čepele turbíny a bezpečne sa im vyhnúť.
- Mnohé druhy netopierov bývajú ohrozované turbínami pri potravnom správaní (lov hmyzu atrahovaného veternými turbínami v prevádzke).
- Veľkosť populácie sa koncom leta/jesene zvyšuje v dôsledku osamostatňovania sa mláďat a zvýšeného výskytu migrantov, čím sa zvyšuje celková abundancia jedincov, a tým aj pravdepodobnosť kolízie s veternými turbínami v prevádzke

Terestrické cicavce (Mammalia)

Súhrn

Štúdií o vplyve veternej energie na abundanciu suchozemských (terestrických) cicavcov (okrem netopierov) vo veterných elektrárnach je málo a výsledky vykazujú rôzne výsledky. Štúdie o rušení hlukom a vizuálnymi efektami z veterných turbín sú mimoriadne zriedkavé a výsledky sú nesignifikantné. Napriek tomu bolo zaznamenané signifikantné, ale dočasné vyhýbanie sa veterným elektrárnam počas výstavby, a to najmä v lokálnych populáciách veľkých mäsožravcov a kopytníkov. Štúdie zaoberajúce sa účinkami disturbancie spôsobenej údržbou a prevádzkou veterných elektrární takmer chýbajú, ale štúdie o vplyve rôznych typoch ciest a automobilovej premávke v plynových poliach naznačujú určité vyhýbanie sa cestám, dokonca aj tým s veľmi nízkou premávkou.

Veľké druhy mäsožravcov a kopytníkov reagujú citlivo na akékoľvek antropické disturbancie v krajine. Frekventované cestné komunikácie majú na populácie voľne žijúcich cicavcov bariérový efekt a signifikantne ovplyvňujú mobilitu a migrácie malých, stredne veľkých i veľkých terestrických (resp. semiterestrických) cicavcov v disturbovanej krajine.

Kumulatívne účinky veterných elektrární na suchozemské cicavce budú závisieť od konkrétneho druhu cicavca, stupňa jeho habituácie, typu krajiny a tlaku antropických disturbancií existujúcich v dotknutej oblasti. Preto ich predikcia je zložitá.

Relatívna abundancia vo veterných parkoch

Občasné pozorovania veľkých cicavcov, ako sú kopytníky alebo mäsožravce, vo veterných parkoch, sa niekedy mylne považovali za dôkaz zanedbateľného vplyvu rozvoja veternej energie na tieto taxóny. Niekoľko štúdií zaoberajúcich sa početnosťou suchozemských cicavcov v prevádzkovaných veterných farmách vedeckejším spôsobom prinieslo rôznorodé výsledky (napr. Hlôška 2011; Álvares et al. 2011).

Po výstavbe veternej farmy v relatívne nenarušených pohoriach v inak silno skultúrnenej krajine v Portugalsku, svorky vlka dravého (*Canis lupus*) aj po výstavbe naďalej používali predtým nenarušené refúgiá, ale krátko po zahájení prevádzkovej fázy presunuli reprodukčné miesta mimo disturbovanej oblasti (Álvares et al. 2011).

Prípadová štúdia: Monitoring a mapovanie výskytu drobných zemných cicavcov (Insectivora, Rodentia) na lokalite Skalitě – Poľana za účelom posúdenia vplyvov prevádzky veterných elektrární na túto zložku bioty (Hlôška 2011)

Úvod

Veterné elektrárne (ďalej len VE) predstavujú v súčasnej dobe ekologický čistý a obnoviteľný zdroj elektrickej energie. Využívajú veterný potenciál krajiny na výrobu elektrickej energie.

Pri prevádzke VE vznikajú fyzikálne javy, ktorých účinky majú preukázateľné vplyvy na organizmy, najmä v bezprostrednom okolí prevádzkovaného zariadenia. Jedná sa najmä o hluk (zvuk) vznikajúci pri pohybe lopatiek rotora vzduchom a vibrácie, ktoré vznikajú pri rotačných pohyboch strojných zariadení (prevodovka a elektrické časti strojovne VE). Pri otáčaní rotora vzniká zvuk s frekvenciou do 20 Hz – tzv. infrazvuk. Fyziologické štúdium vplyvov infrazvuku na živé organizmy potvrdilo, že infrazvukové vibrácie vyvolávajú únavu organizmu a spôsobujú rezonovanie tkanív. Vibrácie pôsobia negatívne najmä na nervovú sústavu stavovcov. Technické a elektrické zariadenia VE sú taktiež zdrojom elektromagnetického žiarenia, ktoré má výrazný letálny efekt na netopiere v období ťahu (HORÁČEK in verb.).

V zahraničí vykonané monitorovacie štúdie vplyvu VE na biotu sa zameriavali prevažne na migrujúce, resp. nidifikujúce vtáky (WINKELMAN 1990; PEDERSEN & POULSEN 1991; KNOPF 1994; LEDDY, HIGGINS & NAUGLE 1999; SARAPPO 2002; STRICKLAND, YOUNG, JONSON, DERBY, ERICKSON & KERN 2003). Všeobecne málo monitorovanou skupinou stavovcov (Vertebrata) boli v tejto súvislosti netopiere a drobné zemné cicavce, či niektoré mäsožravce. Z tohto dôvodu existuje doposiaľ len málo poznatkov o potencionálnom vplyve VE na cicavce, vrátane drobných zemných cicavcov, obojživelníkov a plazov. Neexistujú exaktné údaje, ktoré drobné zemné cicavce a do akej miery sú ovplyvňované prevádzkou VE (ORLOFF 1992).

Primárnym cieľom predkladanej monitorovacej štúdie bolo zistiť potenciálny vplyv prevádzkovaných VE na populačnú hustotu a ekologickú distribúciu drobných zemných cicavcov (mikromamálií) v rôznych vzdialenostiach od stožiarov rotorov a porovnať týmto spôsobom získané dáta s referenčnou plochou.

MATERIÁL A METÓDY

Pri vlastnom odchyte mikromamálií bola aplikovaná líniová metóda. Živolonné pasce typu Chmela boli kladené štatistickým spôsobom v dĺžkovom intervale 10 m, v počte 25 na každej pokusnej línii. Exponované boli počas každej odchytovej akcie kontinuálne 3 dni a 3 noci. Ako návnada boli používané ovsené vločky so zmesou sardiniiek a prídavkom kukiel dvojkrídlovcov (Diptera). Všetky odchytené jedince boli po determinácii druhu, približného veku a pohlavného statusu označované pomocou ušnej značky s číslom a vypustené na mieste odchyty. Na označkovanie hmyzožravcov bola používaná špeciálna značkovacia farba. V okolí

jednotlivých odchyťovacích bodov (v kruhu s polomerom 2 m) boli zaznamenávané kvalitatívne a kvantitatívne údaje o sledovaných charakteristikách prostredia.

Za účelom sledovania potencijnálneho vplyvu VE na spoločenstvá mikromamálií boli v tom istom časovom období exponované súčasne 2 pokusné línie. Jedna línia bola položená vždy paralelne s pätami veží, v bezprostrednej blízkosti VE, druhá v identickom prostredí (referenčná línia), avšak vo vzdialenosti > 100 m, mimo predpokladaného vplyvu VE.

Boli uskutočnené štyri odchyťové série, v dvoch termínoch:

- 02.-05.07.2007
- 30.10.-02.11.2007

Celkový počet exponovaných pascí, vyjadrený indexom nocí/pascí, zodpovedal hodnote 300 nocí/pascí.

Študované územie

Záujmové územie sa rozprestiera na mierne sklonenom hrebeni Poľany, v orografickom celku Jablunkovské medzihorie. Podľa geobotanickej mapy sú potencijnálnou vegetáciou študovaného územia bukové a jedľové lesy kvetnaté (MICHALKO et al. 1986). Pôvodné lesné spoločenstvá boli nahradené smrekovými monokultúrami, v ktorých listnaté dreviny tvoria iba prímes. Prevládajúcou rastlinnou formáciou je na mieste veterného parku Skalité nelesná vegetácia typická pre podhorské a horské kosné lúky (URBANOVÁ & KUDERAVÁ 1996; STANOVÁ & VALACHOVIČ 2002). Významnejšie zastúpenie pripadá aj na krovinné lemové spoločenstvá ekotonu medzi lesnými porastami a lúčnymi spoločenstvami, v ktorých dominujú druhy drevín: *Salix caprea*, *Betula alba*, *Populus tremula* a *Picea abies*.

Štatistická analýza dát

Kvalitatívne a kvantitatívne dáta, získané opakovaným vzorkovaním v teréne, boli spracované v relačnej databáze MS Access 2003. Takto vznikla primárna matica, používaná pri ďalších štatistických analýzach. Všetky analýzy boli vykonávané na PC, s použitím štatistického softvéru MS Excel 2003 a NCSS 2004 (HINTZE 2001). Na výpočet denzity, typu disperzie a prekryvu ekologických ník bol použitý program Ecological Methodology 6.1. (KREBS 1999).

Študované územie a umiestnenie pokusných línií v teréne

Študované územie sa rozprestiera v hrebeňovej časti nazývanej Poľana, ktorá je súčasťou orografického celku Jablunkovské medzihorie. Na tejto lokalite boli vybudované 4 veterné elektrárne, ktorých potencionálny vplyv na spoločenstvá mikromamálií bol počas sezóny roku 2007 skúmaný na 4 pokusných líniách.

VE01 – lúčne spoločenstvo s vegetáciou charakteristickou pre biotop podhorských a horských kosných lúk – pokusná línia bola položená paralelne s pätami veží VE, vo vzdialenosti 25 – 30 m od nich

VE02 – ekoton medzi lúčnym spoločenstvom a krovinným lemom na okraji lesného porastu – pokusná línia položená paralelne s pätami veží VE, vo vzdialenosti 37 – 65 m od nich

REF01 - lúčne spoločenstvo s vegetáciou charakteristickou pre biotop podhorských a horských kosných lúk – začiatok referenčnej línie 120 m od okraja veterného parku

REF02 - ekoton medzi lúčnym spoločenstvom a krovinným lemom na okraji lesného porastu – začiatok referenčnej línie 160 m od okraja veterného parku

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Počas monitorovacieho výskumu v roku 2007 sme celkovo odchytili 11 jedincov drobných zemných cicavcov reprezentovaných 3 druhmi. Hlodavce boli v získanej vzorke zastúpené dvomi druhmi (*Microtus arvalis* a *Apodemus flavicollis*), hmyzožravce jedným druhom (*Sorex minutus*). Prehľad materiálu mikromamálií získaného počas jednotlivých odchytových období v roku 2007 uvádzajú tab. 1 a 2.

Tab. 1. Zoznam druhov drobných zemných cicavcov odchytených v júli 2007. **Kód** – číselný kód ušnej značky, **ChB** – označenie chytacieho bodu v pracovnom protokole, **SEX** – pohlavie odchyteného jedinca, **AET** – veková skupina odchyt. jedinca, **Aktivita** – pohlavný status odchyt. jedinca, **G** – hmotnosť odchyt. jedinca udávaná v gramoch, **Odchyt.** – koľkokrát bol počas odchytovej série konkrétny jedinec odchytený (**REF01** - Veterný park Skalité, Poľana, 2. – 5. júl 2007)

Druh	Kód	ChB	SEX	AET	Aktivita	G	Odchyt.
<i>Sorex minutus</i>	-	1	-	ad.	A	3,0	1
<i>Apodemus flavicollis</i>	0095	6	fem.	ad.	A	25,5	3
<i>Apodemus flavicollis</i>	0250	6	masc.	ad.	A	30,0	2
<i>Apodemus flavicollis</i>	0319	2	fem.	juv.	I	19,0	1
<i>Apodemus flavicollis</i>	0320	5	fem.	ad.	L	26,0	1

Vysvetlivky: **fem.** – samica; **masc.** – samec; **ad.** – pohlavne dospelý jedinec; **juv.** – mláďa, **A** – pohlavne aktívny; **I** – pohlavne inaktívny jedinec; **L** – laktujúca samica

Tab. 2. Zoznam druhov drobných zemných cicavcov odchytených koncom októbra a začiatkom novembra 2007. **Kód** – číselný kód ušnej značky, **ChB** – označenie chytacieho bodu v pracovnom protokole, **SEX** – pohlavie odchyteného jedinca, **AET** – veková skupina odchyt. jedinca, **Aktivita** – pohlavný status odchyt. jedinca, **G** – hmotnosť odchyt. jedinca udávaná v gramoch, **Odchyt.** – koľkokrát bol počas odchytovanej série konkrétny jedinec odchytený (**REF02** - Veterný park Skalité, Poľana, 30. október – 2. november 2007)

Druh	Kód	ChB	SEX	AET	Aktivita	G	Odchyt.
<i>Microtus arvalis</i>	0338	11		juv.	I	9,5	2
<i>Microtus arvalis</i>	0340	11	fem.	sad.	I	14,5	2
<i>Microtus arvalis</i>	0341	9	fem.	juv.	I	11,0	1
<i>Apodemus flavicollis</i>	0336	6	masc.	sad.	I	21,0	1
<i>Apodemus flavicollis</i>	0337	10	masc.	sad.	I	21,0	1
<i>Apodemus flavicollis</i>	0339	21	masc.	ad.	I	27,5	2

Vysvetlivky: **fem.** – samica; **masc.** – samec; **ad.** – pohlavne dospelý jedinec; **sad.** – pohlavne nedospelý jedinec; **juv.** – mláďa, **I** – pohlavne inaktívny jedinec

Na obidvoch pokusných líniiach, exponovaných v blízkosti prevádzkovaných VE (VE01 a VE02), bol napriek rovnakému odlovnému úsiliu a použitej metóde odchytu (CMR) výsledok odchytu **negatívny**, rovnako tak v júlovej, ako aj v jesennej perióde odchytu. **Odchyty na referenčných líniiach** (REF01 a REF02) boli v rovnakom časovom intervale a v identickom type biotopu **pozitívne**.

Pre **referenčnú líniu**, situovanú v lúčnom biotope (REF01), bol v prvej dekáde júla typický výskyt 2 taxónov. Dominantnú zložku tvoril taxón *Apodemus flavicollis*. Nie je síce typickým druhom lúčnych spoločenstiev, avšak jej prítomnosť v analyzovanej cenóze bola

v danom čase výsledkom gradácie početnosti v susediacich lesných biocenózach, ktoré lemujú z oboch strán lúčny biotop. Pre tento taxón je príznačné, že v období kulminácie početnosti preniká aj na suboptimálne (nelesné) biotopy, resp. je ich prechodný výskyt motivovaný troficky. Výskyt *A. flavicollis* v suboptimálnom biotope v čase vysokej populačnej hustoty konštatujú viacerí autori, ako napr. ŽIAK & KOCIAN (1995) alebo MARTINKOVÁ et al. (2001). Hrubá denzita v danom okamihu dosahovala hodnotu 20,4 ex./ha s 95 % Schnabelovým konfidenčným intervalom 2,0 – 19,6. Biomasa vyššie spomínaného druhu zodpovedala hodnote 512,6 g/ha. Ďalším členom analyzovanej synúzie bol taxón *Sorex minutus*, u ktorého bola v čase monitorovacieho výskumu zistená denzita 3,8 ex./ha a biomasa 11,5 g/ha. V nelesných biotopoch sa priemerná denzita tohto druhu pohybuje zvyčajne v rozpätí 0,0 – 4,1 ex./ha (HLÔŠKA 2004). Tento biotop nebol bezprostredne ovplyvnený antropickou disturbanciou vo forme kosenia. Musíme brať do úvahy aj skutočnosť, že referenčná lokalita už pravdepodobne leží mimo zóny pôsobenia vibrácií.

Negatívny výsledok odchyty drobných zemných cicavcov na pokusnej línii situovanej v blízkosti veží VE (25 – 30 m) indikoval ich reakciu na dve možné, antropické disturbance:

1. **Strojové kosenie lúčnych spoločenstiev** asi dva týždne pred vykonaním monitorovacieho prieskumu s negatívnym účinkom na distribúciu drobných zemných cicavcov,
2. **negatívny vplyv vibrácií vznikajúcich pri rotácii pohyblivých mechanických častí rotora VE** a ich prenos kovovým telesom veže VE do pôdneho profilu – nemožnosť trvalej existencie reproduktujúcich sa populácií drobných zemných cicavcov. Pre potvrdenie alebo vyvrátenie tejto pracovnej hypotézy je potrebné pokračovať v monitorovaní populačnej dynamiky mikromamálií aj v ďalších sezónach, prípadne vykonať merania vibrácií a ich šírenia do pôdneho prostredia v okolí prevádzkovaných VE.

V jesennom aspekte roku 2007 bol uskutočnený monitoring drobných zemných cicavcov v identickom type biotopu – krovinnom lemovom spoločenstve na ekotone medzi lesom a bezlesím, s dominanciou viacerých druhov drevín. Sledované charakteristiky prostredia sú uvedené v tab. 3. **Výsledok odlovu mikromamálií** bol, obdobne ako **v letnom aspekte, negatívny** na pokusnej línii položenej paralelne s vežami VE (VE02) vo vzdialenosti

37 – 65 m od ich päty. **Pozitívny výsledok odchytu** bol zaznamenaný na **referenčnej pokusnej línii** (REF02) situovanej do identického ekotonálneho biotopu, avšak vo vzdialenosti väčšej ako 160 m od najbližšieho rotora VE. V spoločenstve ekotonu sme v jesennom aspekte potvrdili výskyt dvoch druhov mikromamálií (*Apodemus flavicollis* a *Microtus arvalis*). Celková denzita skúmanej synúzie drobných zemných cicavcov dosahovala v danom období hodnotu 28,1 ex./ha (95 % Schnabelov konfid. interval 2,7 – 26,9) s biomasou 489,0 g/ha. Lúčne biotopy boli v sledovanom časovom období pokosené rovnako tak v prípade línie REF02, ako aj línie VE02. Predpokladáme, že potenciálnou príčinou negatívneho výsledku monitorovacieho výskumu drobných zemných cicavcov mohli byť vibrácie indukované rotormi VE. Vyžaduje si to však ďalší podrobný výskum.

Výskyt chránených a ohrozených druhov mikromamálií

V analyzovanej vzorke mikromamálií záujmového územia sa z chránených druhov živočíchov preukázateľne vyskytoval iba druh *Sorex minutus*. Uvedený druh hmyzožravca patrí podľa Vyhlášky MŽP SR č. 492/2006 Z.z. medzi pôvodné **chránené druhy národného významu**. Z ekologického hľadiska a nárokov na prostredie ho radíme medzi špecialistov, do trofickej skupiny insektivorov. Jeho denzita sa v skúmanom type spoločenstva pohybuje v rozpätí 0,0 – 4,1 ex./ha a biomasu kolíše v rozpätí 3,7 – 21,6 g/ha. V spoločenstvách mikromamálií patrí väčšinou medzi subdominantné druhy, s 2 – 5 % podielom. Na preferovaných mikrostanovištiach sa vyskytuje syntopicky s príbuzným taxónom *S. araneus*, resp. s *Neomys anomalus*. Z hľadiska diferenciácie ekologickej niky vykazuje v porovnaní so syntopickým *S. araneus* vyššiu afinitu k vlhším mikrohabitatom, s pôdami s vyšším obsahom dusíka. Býva dôležitým článkom potravných reťazcov a predstavujú potravnú bázu pre niektoré druhy sov (napr. *Asio otus*, *Strix aluco*).

ZHRNUTIE VÝSLEDKOV ROČNÉHO MONITOROVACIEHO PRIESKUMU MIKROMAMÁLIÍ

- Z komparácie výsledkov monitorovacieho výskumu potenciálneho vplyvu prevádzky VE na spoločenstvá drobných cicavcov vyplynuli významné rozdiely v distribúcii drobných zemných cicavcov,

- na referenčných pokusných líniách (REF01; REF02) umiestnených mimo prevádzkovaného Veterného parku Skalité bol potvrdený výskyt 3 druhov drobných zemných cicavcov (*Apodemus flavicollis*, *Sorex minutus* a *Microtus arvalis*), dvoch druhov v letnom a dvoch druhov jesennom aspekte,
- výsledky odlovu na pokusných líniách paralelných s vežami VE boli v letnom aj jesennom aspekte negatívne, pravdepodobne z dôvodu aktuálne pôsobiacich antropických disturbancií (strojové kosenie lúk, vibrácie vyvolávané rotujúcimi časťami rotora VE a ich šírenie v pôdnom prostredí).

Príčiny absencie drobných zemných cicavcov v bezprostrednom okolí prevádzkovaných VE je potrebné analyzovať na základe dát získaných opakovaným vzorkovaním drobných zemných cicavcov v nasledujúcich sezónach, resp. doplniť exaktnými meraniami vibrácií v pôdnom prostredí, ktoré môžu u nich negatívne ovplyvňovať priestorovú distribúciu v dosahu ich eventuálneho pôsobenia. Verifikácia načrtnutých hypotéz je však možná až na základe väčšej vzorky dát zo záujmového územia.

LITERATÚRA

- HLÔŠKA L. 2004: Rozšírenie, denzita a ekológia drobných cicavcov (Insectivora, Rodentia) so zameraním na mokradňové biotopy. 99 pp. + prílohy. (Rigorózna práca, depon in: Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Katedra zoológie, Bratislava).
- KNOPF F. L. 1994: Avian assemblages on altered grasslands. Pp. 247-257. In: Jehl R. J. & Johnson K. N. (eds.). Studies in Avian Biology, No. 15, A Century of Avifaunal Change in Western North America. Published by the Cooper Ornithological Society.
- LEDDY K. L., HIGGINS F. K. & NAUGLE E. D. 1999: Effects of wind turbines on upland nesting birds in conservation reserve program grasslands. Wilson Bulletin 111: 100-104.
- MARTINKOVÁ N., ŽIAK D. & KOCIAN L. 2001: Response of *Apodemus flavicollis* to conditions at the altitude limit in the Western Tatra Mountains. Pp. 167-181.
- MICHALKO J. et al. 1986: Geobotanická mapa ČSSR, Veda, Bratislava, 160 pp.
- ORLOFF S. 1992: Tehachapi wind resource area avian collision baseline study. Prep. by BioSystems Analysis Inc., Tiburton, CA., for Calif. Energy Comm., Sacramento, CA.

- PEDERSEN M. B. & POULSEN E. 1991: Avian responses to the implementation of the Tjaereborg Wind Turbine at the Danish Wadden Sea. *Danish Wildtundersogelser* 47: 1-44.
- SARAPPO A. S. 2002: Collision mortality of local and migrant birds at a large – scale wind power development on Buffalo Ridge Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* 30: 879-887.
- STANOVÁ V. & VALACHOVIČ M. (eds.) 2002: Katalóg biotopov Slovenska. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 225 pp.
- STRICKLAND D. M., YOUNG P. D., JOHNSON D. G., DERBY E. C., ERICKSON P. W. & KERN W. J. 2003: Wildlife Monitoring Studies for the SeaWest Wind Power Development, Carbon County, Wyoming. Western EcoSystems Technology Inc., Cheyenne, 9 pp.
- URBANOVÁ V. & KUDERAVÁ Z. 1996: Hodnotenie biotických zložiek EFJ – rastlinstvo, In: Ochrana prírody Kysuckého regiónu a spolupráca na jeho trvalo udržateľnom rozvoji, Vyd. Nadácia IUCN, Svetová únia ochrany prírody, Slovensko, Bratislava, v rámci projektu Regionálneho európskeho programu IUCN so sídlom V Cambridge, Veľká Británia a Gland, Švajčiarsko, 253 pp.
- WINKELMAN E. 1990: Impact of the wind park near Urk, Netherlands, on birds: bird collision victims and disturbance of wintering fowl. *International Ornithological Congress* 20: 402-403.
- ŽIAK D. & KOCIAN Ľ. 1995: Dynamika populácie drobných zemných cicavcov skalnej morény v Západných Tatrách – Roháčoch. Pp. 49-52. In: Urban P. (ed.): Výskum a ochrana cicavcov na Slovensku. Zborník referátov z konferencie (Banská Bystrica 12.-13.10.1994).

Záverečné poznámky

Prehľad potenciálnych vplyvov veterných turbín na terestrické cicavce (okrem netopierov:

- **Vplyv zmien habitatu** – vo všeobecnosti, redukcia a zánik biotopov je významným faktorom majúcim preukázateľný vplyv na populácie suchozemských cicavcov

a dlhodobej perspektíve môže znamenať pokles ich populačnej hustoty a u malých a izolovaných populácií môže viesť až k ich extinkcii (Brooks et al. 2002).

- **Vplyvy hluku a vizuálnych efektov turbín** – antropogénny hluk vyvoláva u voľne žijúcich cicavcov stresové reakcie a môže mať vplyv tiež na akustickú komunikáciu terestrických cicavcov (napr. Pater et al. 2009).
- **Dopravná disturbancia a prítomnosť ľudí** – počas fázy výstavby, ako aj prevádzkovania veterných fariem sa zvyšuje počet pohybujúcich ľudí, stavebných mechanizmov a automobilov. Opakovaný alebo permanentný výskyt ľudí indukuje u cicavcov stres a má významný vplyv na vzorce správania, časovej a priestorovej aktivity (Andersen et al. 1996; Olsson et al. 2007; Naylor et al. 2008). Napr. vyrušovanie človekom môže skracovať u prežúvavcov (Artiodactyla: Ruminantia) dobu potrebnú na prežúvanie (rumináciu) a tým ovplyvniť tráviace a zažívacie procesy zvierat. V dôsledku častého vyrušovania musia týmto disturbanciam vystavené cicavce spotrebovať viac energie na poplachové a únikové reakcie, či ich z dlhodobého hľadiska vyčerpáva a znižuje ich biotický potenciál (fitness).
- **Vplyvy na fragmentáciu, bariéry a koridory** – budovaním veterných parkov sa vytvárajú nové líniové prvky (napr. prístupové komunikácie), čím vzniká bariérový efekt – zvýšenie biotopovej fragmentácie, prerušenie alebo obmedzenie alebo sťaženie denných a sezónnych migrácií terestrických, príp. zmeny v cirkadiánnych alebo cirkaanulárnych biorytmoch.

Záverečné poznámky k terestrickým cicavcom (Mammalia):

- **Účinky hluku a vizuálnych podnetov z turbín** - prehľad odbornej literatúry ukazuje, že takéto štúdie takmer úplne absentujú. O priamych vplyvoch infraštruktúry, stavebných prác, údržby a zvýšenej dostupnosti na redukciiu alebo zánik biotopov cicavcov, možno diskutovať iba na základe výsledkov štúdií z iných oblastí rozvoja ľudskej spoločnosti.
- **Kumulatívne účinky veternej energie a ďalší vývoj** - výstavba niekoľkých malých veterných parkov, ktorá by bola izolovaná, nemusela by mať veľký vplyv, ich kumulácia na veľkom priestore však už má silné účinky, napríklad v krajinnom merítku vznikajú výrazné bariérové efekty so všetkými negatívnymi dopadmi na populácie terestrických cicavcov.

- **Vplyv na habitatové zmeny v krajinnom merítke** - často absentujú geografické analýzy vývoja veternej energie vo vzťahu k biotopom zvierat. Rozsiahly rozvoj na národnej úrovni môže viesť k rýchlemu úbytku dôležitých biotopov, ako aj znižovaniu konektivity medzi nimi. Jedným z príkladov je rastúci trend (predovšetkým v krajinách severnej Európy a na Pyrenejskom polostrove) výstavby veterných elektrární v horských, zalesnených a členitých terénoch, čím dochádza k prekryvu týchto stavieb s oblasťami preferovanými veľkými mäsožravcami.

Literatúra

- Perrow, M. R. (ed.) 2017. Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions. Volume 1. Onshore: Potential effects. Pelagic Publishing, Exeter, 289 pp.
- Hlôška, L. 2011. Monitoring potenciálneho vplyvu prevádzky veterných elektrární na distribúciu drobných zemných cicavcov (Rodentia, Soricomorpha). Vlastivedný zborník Považia 25: 174-180.