

Veterné elektrárne a príroda, konflikty a riešenia.

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

Literárny prehľad – spracovaný na základe publikovanej vedeckej monografie (Perrow et al. 2017)

V prvom zväzku tejto rozsiahlej vedeckej monografie sú analyzované a syntetizované výsledky mnohých recenzovaných štúdií publikovaných v karentovaných a impaktovaných odborných časopisoch a vedeckých monografiách po celom svete. Na jej zostavovaní spolupracovalo 40 autorov z viacerých výskumných a vzdelávacích inštitúcií v Nemecku, Škandinávii, Španielsku, Portugalsku, Francúzsku, Rakúsku, Nizozemsku, Veľkej Británii, USA a Kanade. Neoddeliteľnou súčasťou uvedenej monografie sú originálne prípadové štúdie vplyvov veterných parkov na biotu, ktoré predstavujú výstupy viacročných ekologických a monitorovacích výskumov (trvajúcich 5 – 20 rokov) v prevádzkovaných VP s vysokou výpovednou hodnotou.

Prehľad identifikovaných vplyvov na jednotlivé zložky životného prostredia

Vplyvy na mikroklímu, pôdu a rastliny

Turbíny VP ovplyvňujú mikroklímu prostredníctvom 3 základných mechanizmov:

1. Priamou interakciou turbuletného prúdenia vzduchu, ktoré generujú otáčajúce sa listy turbíny, so zemským povrchom.
2. Umelé turbulencie signifikantne ovplyvňujú pomery mikroklímy v prízemnej vrstve atmosféry.
3. Turbuletné prúdenie vznikajúce pri prevádzke VP vytvára statické pole tlaku vzduchu, ktoré sa výrazne odlišuje od prirodzeného prúdenia vzduchu a tlakových zmien v okolitej atmosfére.

Tab. 1. Potenciálne vplyvy turbín na mikroklimu, pôdu a rastliny. Stanovené na základe konzultácií s 15 vedcami (rastlinnými fyziológmi, pôdnymi fyziológmi, pôdnymi chemikmi, rastlinnými patológmi, expertmi na fotosyntézu a extenzívnu poľnohospodársku klimatológiu

Potenciálny fyzikálny efekt spomalenia vetra a zvýšenej turbulencie za veternými turbínami	Redukcia maximálnej dennej teploty	Zvýšenie nočnej teploty	Zvýšenie výparu		Zvýšenie výmeny CO ₂ s rastlinami	Zvýšenie čerpania CO ₂ z pôdy	Zvyšovanie rýchlosti šírenia rastlín
Pozitívne vplyvy	Zmierňuje účinky zvýšenej letnej vlhkosti	Predlžuje vegetačné obdobie	Skracuje trvanie rosy (zhoršuje podmienky pre škodcov a patogény)	Urýchľuje vysychanie pôdy na jar *	Zvyšuje fotosyntézu počas dňa	Zvyšuje fotosyntézu počas dňa, znižuje straty uhlíka v dôsledku spomalenej respirácie	Zvýšenie intenzity fotosyntézy vďaka zvýšenému príkonu slnečného žiarenia
Negatívne vplyvy	Spomaľuje rast na začiatku vegetačnej sezóny	Zvyšuje respiráciu rastlín	Zväčšuje vlhkosťné straty (zvyšuje stres rastlín)		Zvyšuje nočné straty uhlíka pri respirácii rastlín	<i>Neznáme</i>	<i>Neznáme</i>

* autori štúdie vykonávali experimentálne merania v agrobiocenózach (polia a lúky) a urýchlenie vysychania pôdy na jar vyhodnotili ako pozitívne vo vzťahu k agrotechnickým postupom používaným v poľnohospodárstve – urýchlenie vysychania pôdy na týchto pozemkoch na jar v dôsledku prevádzky veterných turbín umožňuje poľnohospodárom skorší vjazd ťažkej techniky na obhospodarované pozemky.

Vplyvy na bezstavovce (Evertebrata)

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 býva usmrcované pri kolízii s lopatkami rotorov turbín a vozidlami na prístupových cestách k veterným elektrárňam. Zmeny v spoločenstvách netopierov a vtákov môžu vyvolať zmeny v početnosti a druhovom zložení hmyzu vyskytujúceho sa v priestore VP. Umiestnenie turbín sa môže zhodovať s oblasťami, kde sa hmyz zhlučuje, čo zvyšuje mortalitu hmyzu a potenciálne priťahuje hmyzožravé živočíchy.

Potenciálne vplyvy na hmyz:

1. Fragmentácia až zánik biotopov pôvodných a vytvorenie nových, sekundárnych biotopov.
2. Znečistenie a prašnosť pri stavbe manipulačných ciest a premávke automobilov.
3. Hluk. Vozidlá a veterné turbíny produkujú antropogénny hluk s negatívnym dopadom napr. na komunikáciu a správanie hmyzu (vibrácie, infrazvuk).
4. Mikroklima. Zmeny lokálnej mikroklimy – prúdenie modifikované turbínami môže až vo vzdialenosti 20 km od VP zvýšiť zrážky, teplotu a výpar, čo má negatívne dopady na populácie bezstavovcov.
5. Šírenie invázných druhov.
6. Vplyvy na potravné siete. Napr. zmeny vo vegetácii a jej kvalite zvyšujú početnosť hmyzu, ktorý sa ňou živí.

Potenciálne vplyvy na pôdnu faunu (zoedafón):

1. Seizmické vibrácie a zmeny pôdnych mikroklimatických podmienok vznikajúce v dôsledku výstavby a najmä prevádzky významne znižujú populačnú hustotu a druhovú diverzitu pôdnej mikro-megafauny (nematódy, pôdne roztoče, larvy chrobákov, dážďovky a i.), ktoré zohrávajú kľúčové ekologické funkcie v udržiavaní a zachovávaní pôdnej štruktúry a úrodnosti pôdy.

Vplyvy VP na obojživelníky (Amphibia) a plazy (Reptilia)

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).

Potenciálne vplyvy na obojživelníky a plazy:

1. Fragmentácia biotopov následkom výstavby VP je signifikantnou príčinou poklesu druhovej diverzity na celom svete ((Fischer & Lindenmayer 2007) a zánik či fragmentácia biotopov sú vážnou hrozbou aj pre herpetofaunu a betrachofaunu (Nally & Brown 2001; Cushman 2006).
2. Hluk môže vážne narušiť akustickú komunikáciu mnohých druhov voľne žijúcich živočíchov, najmä žiab.
3. Hluk môže mať vplyv na behaviorálne prejavy a detekciu hlasov viacerých druhov žiab (napr. Lengagne 2008; Parris & kol. 2009; Vargas- Salinas & Amézquita 2013).
4. Hluk z dopravy môže ovplyvniť výšku tónu hlasov žiab (Parris et al. 2009), znížiť aktivitu, frekvenciu a dĺžku akustických prejavov u samcov (Lengange 2008; Vargas-Salinas & Amézquita 2013; Sun & Narins 2005) a narušiť schopnosť samíc rozlišovať medzi volaniami jednotlivých samcov (Wollerman & Wiley 2002).
5. 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.
6. 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). V súčasnosti už existujú dôkazy o umelých a prirodzených vibráciách, ktoré ovplyvňujú správanie žiab (napr. Grant & Halliday 2010).

7. Larvy i adultné mloky a žaby, ktoré si zachovávajú systém mechanosenzorických bočných čiar i v dospelosti, môžu byť ovplyvňované umelými vibráciami.
8. Plazy aj obojživelníky sú citlivé tiež na svetelný smog (Perry et al. 2008) a je známe, že veterné parky produkujú stroboskopické efekty.
9. Atrahovanie predátorov - 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).
10. Nárast kadáverov vtákov a netopierov by 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).

Vplyvy VP na vtáky (Aves)

Potenciálne vplyvy na vtáky:

1. Translokácie (premiestňovanie) vtákov v dôsledku vyrušovania sú jednou z kľúčových hrozieb, ktoré predstavujú vnútrozemské veterné parky.
2. Najviac postihnutými skupinami druhov boli vtáky z radov dravce (Falconiformes a Acipitriformes, Anseriformes (vodné vtáky: labute, husi a kačice) a Charadriiformes (bahniaky), ako aj spevavce (Passeriformes).
3. Okrem kolízie s turbínami je hlavnou hrozbou pre vtáky, ktorú predstavujú prevádzkované veterné elektrárne, opustenie biotopu (hniezdneho alebo potravného).
4. 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).
5. Rast populácie je teda silne ovplyvnený prežívaním dospelých jedincov. Akékoľvek faktory znižujúce prežívanie dospelých, ako je mortalita pri kolíziách alebo

obmedzenie či až opustenie preferovaných biotopov z dôvodu disturbancie, môžu mať silný vplyv na individuálnu fitness.

6. Miera zrážok malých r-selektívnych druhov, ako sú spevavce, môže byť porovnateľná s dlhovekými, pomaly sa rozmnožujúcimi k-stratégmi.
7. Významným 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.
8. Napr. 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.

Výsledky štatistickej analýzy priamej kolíznej mortality vtákov vo VP na rôznych kontinentoch Zeme:

1. Mortalita v subsaharskej Afrike bola v rozmedzí 0,36 – 7,7 vtákov na turbínu za rok.
2. Na Novom Zélande Bull et al. (2013) uvádzajú mieru úmrtnosti 4,64 – 5,38 kolízií vtákov na turbínu za rok.
3. V 43 veterných parkoch obsahujúcich 2 955 veterných turbín po celej Kanade 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. Pri zrážkach s veternými turbínami tu bolo ročne usmrtených 23 300 vtákov (konfidenčný interval 20 000 - 28 300).
4. 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.

Vplyvy VP na netopiere (Mammalia: Chiroptera)

Potenciálne vplyvy na netopiere:

1. Náhodné kolízie – napr. As Cryan & Barclay (2009) uvádzajú, že netopiere môžu byť usmrcované náhodne, ak sa náhodou vyskytnú v nesprávny čas v nesprávnom priestore (napr. v dosahu rotujúcich vrtúľ veterných turbín).
2. 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 korisť (Kunz et al. 2007; Rydell et al. 2010).
3. Počet úhynov netopierov štatisticky významne stúpa vo veterných parkoch v neskoroletnom (serotínálnom) aspekte a na začiatku jesenného (autumnálneho) sezónneho spektru.
4. Miera mortality netopierov sa môže výrazne meniť tak medzi jednotlivými skúmanými veternými elektrárnami, ako aj medzi jednotlivými veternými turbínami v rámci jedného veterného parku.
5. Úhyn netopierov na následky barotraumy – barotrauma tvorí významný podiel kolíznej mortality v dôsledku poškodenia vnútorných orgánov (napr. pľúc) v dôsledky prudkých tlakových zmien vzduchu v blízkosti rotujúcich lopatiek rotora.

Výsledky štatistickej analýzy priamej kolíznej mortality netopierov vo VP v Európe a v Severnej Amerike:

1. V Európe medián odhadovanej mortality netopierov vo veterných parkoch zodpovedá hodnote 2,0 netopiere na jednu turbínu a rok ($n = 40$ veterných parkov).
2. 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).
3. Pre netopiere je obťažné včas spozorovať pohybujúce sa čepele turbíny a bezpečne sa im vyhnúť.
4. Mnohé druhy netopierov bývajú ohrozované turbínami pri potravnom správaní (lov hmyzu atrahovaného veternými turbínami v prevádzke).

5. 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.

Vplyvy VP na terestrické cicavce (Mammalia)

Potenciálne vplyvy na terestrické cicavce:

1. Vplyvy zmien habitatu – vo všeobecnosti, redukcia a zánik biotopov je významným faktorom majúcim preukázateľný vplyv na populácie suchozemských cicavcov a v dlhodobej perspektíve môže znamenať pokles ich populačnej hustoty a u malých a izolovaných populácií môže viesť až k ich vymieraniu (Brooks et al. 2002).
2. 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).
3. Dopravná disturbancia a prítomnosť ľudí – počas fázy výstavby, ako aj prevádzkovania veterných fariem, sa zvyšuje počet pohybujúcich sa 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).
4. 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, obmedzenie alebo sťaženie denných a sezónnych migrácií terestrických cicavcov, príp. zmeny v ich cirkadiánnych alebo cirkaanuálnych biorytmoch.

Literatúra

Perrow, M. R. (ed.) 2017. *Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions. Volume 1. Onshore: Potential effects.* Pelagic Publishing, Exeter, 289 pp.

Link: [Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions, Volume 1: Onshore: Potential Effects | NHBS Academic & Professional Books](#)