

Výpočet pravděpodobnosti kolize ptáků při průletu mostního lanového systému

Calculating probability of collision for birds flying through a system of bridge steel wire ropes

Adolf Goebel ¹⁾

¹⁾ Bohuslava Němce 23, 750 02 Přerov 2, Česká republika

GOEBEL A. 2006: Výpočet pravděpodobnosti kolize ptáků při průletu mostního lanového systému. *Calculating probability of collision for birds flying through a system of bridge steel wire ropes.* Zprávy MOS 64: 11–14.

Zejména v souvislosti s uvažovanou výstavbou varianty Tyršova mostu v Přerově přes řeku Bečvu upozorňuje autor na reálné nebezpečí konstrukce mostu, kdy svislá lana představují velké nebezpečí pro potenciálně proletující ptáky. Autor podává výpočet reálného rizika kolize ptáků s lanovým systémem a upozorňuje na potřebu věnovat podobným stavbám mimořádnou pozornost.

In context with presumed erection of the chosen variant of the Tyrš's Bridge over the Bečva River the author alerts to realistic danger of the bridge construction when vertical steel wire ropes bring great danger for birds flying through. The author submits calculation of realistic risks of collision of birds with the wire rope system and points out necessity of extraordinary attention which is to be paid to such constructions.

Keywords: collision probability, birds and bridge wire rope system

Úvod

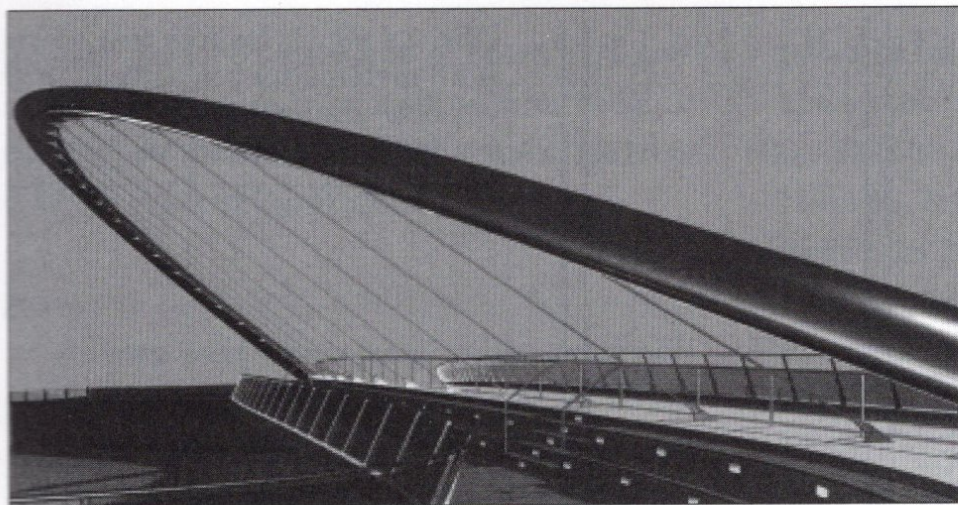
Tato práce se týká výpočtu pravděpodobnosti srážky letícího ptáka s některým lanem mostní konstrukce (a obecně s jakýmkoliv vertikálním lanovým systémem). Kolize ptáků s lany jsou naprosto reálným nebezpečím, a to nejen v případě husté mlhy, kdy ptáci letí v podstatě naslepo, ale i za dobré viditelnosti, zejména pak pro větší a obtížněji manévrující ptáky, např. vrubozobé jako labuť velká (*Cygnus olor*), ale i kachna divoká (*Anas platyrhynchos*) apod. Jeden z možných typů podobných mostů je na obr. 1 (jedná se o jeden z návrhů nového Tyršova mostu přes řeku Bečvu v Přerově), ilustrace převzata z http://www.mu-prerov.cz/gallery/ROZ_Tyrs_m07_05.jpg.

Riziko kolize ptáků s lanovým systémem zdaleka není pouze teoretické, je známá celá řada případů početných kolizí vedoucích až k přestavbě mostu, či úpravě mostu a podob-

ných konstrukcí (WESTON 1966, PROCEEDINGS of the WIND ENERGY and BIRDS/BATS WORKSHOP 2004). Těmto typům staveb, stejně jako větrným elektrárnám (LANGSTON & PULLAN 2003, REICHENBACH 2003, TRAXLER, WEGLEITNER & JAKLITSCH 2004), dalším vysokým stavbám jako komíny, věže a vysílače (ABLE 1973, HEBERT et al. 1995), nadzemním vedením elektrické energie (BEVANGER 1998, HAAS et al. 2003), pozemním komunikacím, především dálnicím (CUPERUS et al. 1999, HILL 2001) a skleněným plochám (KLEM 1989) je třeba věnovat zvýšenou pozornost a pečlivě zvažovat každý záměr, neboť může představovat významné nebezpečí pro ptáky.

Metodika

Předpoklad výpočtu. Výpočet je založen na zcela náhodném letu ptáka nad řekou podél toku. V případě, že pták letí v husté mlze s nedostatečnou viditelností, je tento



Obr. 1 / Fig. 1: Most s lanovými prvky, jehož výstavba je uvažována nad řekou Bečvou v Přerově (ilustrace převzata z http://www.mu-prerov.cz/gallery/ROZ_Tyrs_m07_05.jpg / The bridge with a wire rope system, which is planned across the Bečva river

předpoklad jistě splněn. Bez vizuálního kontaktu s potenciální překážkou pták letí stále ve směru, který zvolil po vzletu z hladiny, tedy zcela náhodně.

Dalším předpokladem je, že pták prolétá s nataženými křídly, tedy s plným rozpětím. To je jistě v případě mostu na obr. 1 splněno. Lana jsou nakloněna od svislé osy. Pták tedy mezi nimi letí na delší dráze, než kdyby byla kolmo k řece. Dá se tedy očekávat, že se při mávání křídly nevyhne plnému rozpětí, které je např. při klouzavém letu („plachtění“) zcela automatické.

Pro jednoduchost se předpokládá stejná mezera mezi lany, jejich stejná tloušťka a nepřihlízí se k výšce konstrukce s lany. To odpovídá reálné situaci. Ptáci při přeletech na řece bohužel většinou volí výšku, ve které se lanová konstrukce nachází. Ve chvíli, kdy prolétávají lanovou konstrukcí, na výšce jejich letu nad terénem již nijak nezáleží.

Obecný vztah pro pravděpodobnost kolize.

Pravděpodobnost kolize je dána podílem počtu průletů spojených s kolizí a všech možných průletů, tedy s kolizí i bez ní. Pro matematický model výpočtu bylo použito odvození, jehož zákonitost je zřejmá z obr. 2. Lano má obecně tloušťku (a) – na nákresu má tloušťku jedné jednotky, vzdálenost mezi lany je obecně (b) – na nákresu je deset jednotek a rozpětí letícího ptáka je obecně (k) – na nákresu je tři jednotky. Počet lan je obecně (n) – na nákresu jsou to tři lana. Budeme-li uvažovat

možné polohy letícího ptáka s posunem o jednu jednotku (v praxi např. 1 cm), pak vidíme, že v naší modelové situaci existují u každého lana tři průlety s kolizí. Na volbě jednotky (cm, dm, m apod. nezáleží), musí však být použita stejná u všech uvedených veličin. Obecně je počet kolizí vyjádřen na obr. 2.

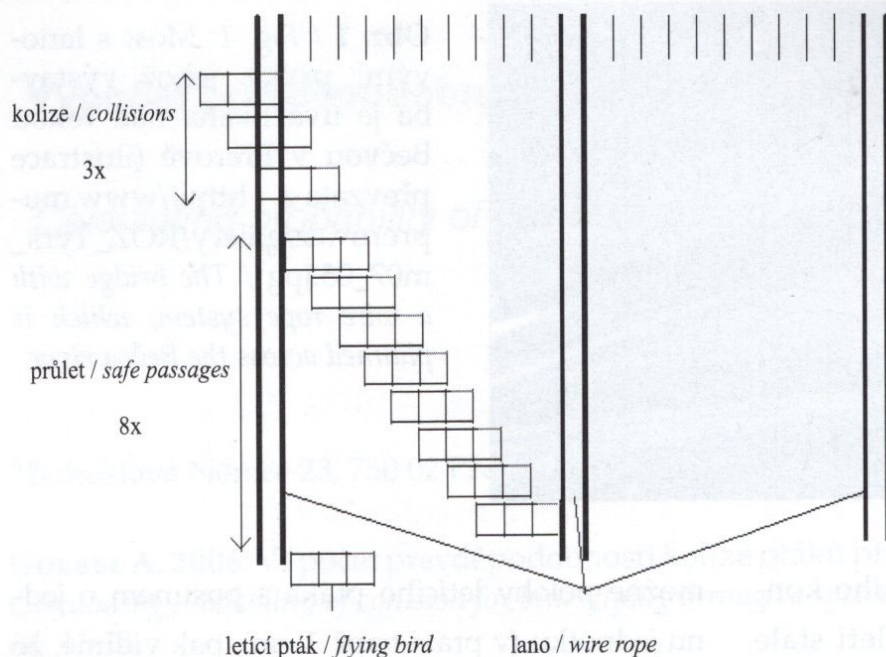
Obecně se počet kolizí dá vyjádřit vztahem: počet kolizí = $k + a - 1$ (vztah 1), v našem případě: $3 + 1 - 1 = 3$ kolize.

Počet bezpečných průletů je možné vyjádřit vztahem: počet bezpečných průletů = $b - k + 1$ (vztah 2), v našem případě: $10 - 3 + 1 = 8$.

Obecně platí, že počet lan musí být větší o jednu než mezer mezi nimi, tedy: počet mezer mezi lany = $n - 1$ (vztah 3), v našem případě: $3 - 1 = 2$.

Chceme-li vyjádřit pravděpodobnost kolize obecně, pak platí: pravděpodobnost kolize = počet kolizí / (počet kolizí + počet bezpečných přeletů) (vztah 4). Pro n lan platí obecně, že je celkem n míst pro kolizi a $(n - 1)$ mezer pro přelet. Z toho plyne, že celkový počet kolizí obecně bude: celkový počet kolizí = $n(k + a - 1)$ (vztah 5), v našem případě: $3(3 + 1 - 1) = 9$. Počet bezpečných průletů: celkový počet bezpečných průletů = $(n - 1)(b - k + 1)$ (vztah 6), v našem případě: $(3 - 1)(10 - 3 + 1) = 16$.

Dosazením vztahů 5 a 6 do vztahu 4 získáme výsledný vztah: $[n(k + a - 1)] / [(n - 1)(b - k + 1) + n(k + a - 1)]$, v našem ilustračním případě: $[3(3 + 1 - 1)] / [(3 - 1)(10 - 3 + 1) + 3(3 + 1 - 1)] = 9/25 = 0,36$. Uvedený výsledek by



Obr. 2 / Fig. 2: Nákres pro odvození matematických vztahů pro výpočet rizika kolize / Drawing for deriving mathematical formulas for calculating probability of collision risks

znamenal, že na vymyšleném třílanovém mostě uvedených rozměrů zraní asi každý třetí pták zvoleného rozpětí křídel. Příklad se zjevně nereálnými rozměry byl uveden pouze z důvodů možnosti snadného grafického znázornění a tím i srozumitelného názorného výkladu, na čem je výpočet založen.

Aplikace vztahu na návrh Tyršova mostu v Přerově. K dispozici jsou následující údaje: 1) počet lan (n) = 20 ks, 2) průměr lana (a) = odhadem 10 cm, 3) mezera mezi lany (b) = 300 cm. Výpočet je proveden pro dva druhy běžných ptáků, kachnu divokou (*Anas platyrhynchos*) a labuť velkou (*Cygnus olor*). Pro rozpětí křídel byla použita střední hodnota z literatury: kachna divoká ($k = 90$ cm), labuť velká ($k = 220$ cm).

Pravděpodobnost kolize pro kachnu divokou: počet kolizí na jednom laně = $k + a - 1$ (vztah 1), v našem případě: $90 + 10 - 1 = 99$ kolizí. Počet bezpečných průletů je možné vyjádřit vztahem: počet bezpečných průletů = $b - k + 1$ (vztah 2), v našem případě: $300 - 90 + 1 = 211$. Počet mezer mezi lany = $n - 1$ (vztah 3), v našem případě: $20 - 1 = 19$, celkový počet kolizí = $n(k + a - 1)$ (vztah 5), v našem případě: $20(90 + 10 - 1) = 1980$. Celkový počet bezpečných průletů = $(n - 1)(b - k + 1)$ (vztah 6), v našem případě: $(20 - 1)(300 - 90 + 1) = 4009$. Pravděpodobnost kolize: $[n(k + a - 1)] / [(n - 1)(b - k + 1) + n(k + a - 1)]$, v našem případě: $[20(90$

+ 10 - 1)] / [(20 - 1)(300 - 90 + 1) + 20(90 + 10 - 1)] = 0,33. Tento výsledek znamená, že se v mlze a při letu „naslepo“ mezi lany pravděpodobně zraní každá třetí kachna! To platí při samostatném letu. Pokud letí kachny v hejnu těsně vedle sebe, což je typické, je nemožné, aby proletěly všechny nezraněny. Vzhledem k tomu, že na Strhanci (kousek od uvažovaného mostu) zimuje 100 až 200 kachen divokých, pak při jediné mlze a vystrašení celého hejna a jeho vzletu a předpokladu, že polovina kachen poletí mimo lanové pole mostu (na opačnou stranu, pod mostem nebo nad konstrukcí, popř. nad břehem) to znamená cca 15–30 zraněných kachen divokých v jediný okamžik.

Pravděpodobnost kolize pro labuť velkou: počet kolizí = $k + a - 1$ (vztah 1), v našem případě: $220 + 10 - 1 = 229$ kolizí. Počet bezpečných průletů je možné vyjádřit vztahem: počet bezpečných průletů = $b - k + 1$ (vztah 2), v našem případě: $300 - 220 + 1 = 81$. Počet mezer mezi lany = $n - 1$ (vztah 3), v našem případě: $20 - 1 = 19$, celkový počet kolizí = $n(k + a - 1)$ (vztah 5), v našem případě: $20(220 + 10 - 1) = 4580$. Celkový počet bezpečných průletů = $(n - 1)(b - k + 1)$ (vztah 6), v našem případě: $(20 - 1)(300 - 220 + 1) = 1539$. Pravděpodobnost kolize: $[n(k + a - 1)] / [(n - 1)(b - k + 1) + n(k + a - 1)]$, v našem případě: $[20(220 + 10 - 1)] / [(20 - 1)(300 - 220 + 1) + 20(220 + 10 - 1)] = 0,75$. Tento výsledek znamená, že se v mlze a

při letu „naslepo“ mezi lany se pravděpodobně za most dostane ve zdraví jediná labuť velká ze čtyř, zatímco tři se zraní! Také labuť velké létají v hejnu. Důsledky jsou jasné.

Závěr

Lanové mosty znamenají veliké nebezpečí pro proletující ptáky. Pravděpodobnost kolize v případě podmínek, které znemožňují včas vidět překážku, je až nečekaně vysoká. Vzhledem k tomu, že podobné podmínky se v přírodě v průběhu roku pravidelně objevují, jsou kolize nevyhnutelné. Zkušenosti z podobných staveb to jen potvrzují. Navrhovaný model je aplikovatelný na libovolný lanový most. Autor nabízí případným zájemcům zaslání souboru (adolf.goebel@post.cz) v programu MS Excel, který umožní výpočet pravděpodobnosti kolize na základě vložení konkrétních údajů pro most jakýchkoli rozměrů a ptáky s jakýmkoli rozpětím křídel.

Summary

A model for calculating probability of injury of birds during flight through steel rope constructions of bridges is proposed. The model is based on ratio between numbers of theoretically possible safety passages and passages with collisions. It presumes situation with practically no visibility (a random flight) and enables to carry out the calculation for whatever dimensions of steel wire ropes, their distance and number and for all bird species. A MS Excel file for such calculations can be sent by the author (adolf.goebel@post.cz) both in Czech and English version.

Literatura

- ABLE K. P. 1973: The changing seasons. *American Birds* 27: 19–23.
- BEVANGER K. 1998: Biological and conservation aspects of bird mortality caused by el. power lines: a review. *Biological Conservation* 88: 67–76.
- CUPERUS R., CANTERS K. J., HAES H. A. U. & FRIEDMAN D. S. 1999: Guidelines for ecological com-

pensation associated with highways. *Biological Conservation* 90: 41–51.

- HAAS D., NIPKOW M., FIEDLER G., SCHNEIDER R., HAAS W. & SCHÜRENBERG B. 2003: Protecting Birds from Powerlines: a practical guide on the risks to birds from el. transmission facilities. Report written by BirdLife Int. on behalf of the Bern Convention for NABU, German Society for Nature Conservation, BirdLife in Germany. 33 p.
- HEBERT E., REESE E., MARK L., ANDERSON R., BROWNELL A. J., HAUSSLER B. R. & THERKELSEN L. R. 1995: Avian Collision and Electrocution: An Annotated Bibliography. *California Energy Commission*, October 1995.
- HILL D. 2001: Highways and birds. *Ecoscope Applied Ecologists*. Cambridgeshire, 2001.
- KLEM D. 1989: Bird-window collisions. *Wilson Bulletin* 101: 606–620.
- LANGSTON R. H. W. & PULLAN J. D. 2003: Wind farms and birds: an analysis of the effects of wind farm on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Report written by BirdLife International on behalf of the Bern Con., Strasbourg, 2003.
- PROCEEDINGS OF THE WIND ENERGY AND BIRDS/BATS WORKSHOP 2004: Understanding and Resolving Bird and Bat Impacts. Washington, DC. May 18–19, 2004. Prepared by RESOLVE, Inc., Washington, D. C.
- REICHENBACH M. 2003: Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel. Ausmaß und planerische Bewältigung. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Naturwissenschaften. Fakultät Architektur Umwelt Gesellschaft, Technische Universität Berlin. 211 p.
- TRAXLER A., WEGLEITNER S. & JAKLITSCH H. 2004: Vogelschlag, Meideverhalten & Habitatnutzung an bestehenden Windkraftanlagen. Prelenkirchen – Obersdorf – Steinberg, Prinzen-dorf. www.windenergie.de.
- WESTON F. M. 1966: Bird casualties on the Pensacola Bay Bridge (1938–1949). *Florida Naturalist* 39: 53–54.