

# Živelní katastrofy atmosférického původu

Ani dnešní vyspělá technika nemůže zabránit tomu, aby přírodní síly - „živly“ - nepřekvapily nějakou oblast naší planety takovým mimořádným projevem, že lidi zachvátí strach a panika, nemluvě o doprovodných škodách.

Připomeňme zde úder hurikánu Andrew z konce srpna 1992 v oblasti Mexického zálivu a na Floridě. Prezident Bush byl nucen vyhlásit tento americký stát za oblast postiženou přírodní katastrofou a přislíbit okamžitou pomoc. V dramatickém televizním projevu vyzval Američany, aby pomohli obětem zmíněného hurikánu - nejhoršího, který postihl Miami a okolí za posledních 60 let. Jeho bilance byla tragická: podle oficiálních údajů zabil deset lidí, stovky jich zranil, čtvrt miliónu občanů přišlo o střechu nad hlavou a materiální škody přesáhly 7 mld. USD, což je dosud nejvíce v historii USA.

Proč vlastně hovoříme v těchto případech o živelních pohromách nebo katastrofách? Ve starověkém Řecku byla filozofická škola, která učila, že svět je složen ze čtyř základních pralátek, tzv. elementů - česky živlů: země, vody, vzduchu a ohně. Zakladatelem nauky o živlech byl řecký filozof a lékař Empedokles z Akragantu (asi 493-430 před n. l.). Toto učení převzal Aristoteles, jehož autoritou se tento názor udržel po dlouhou dobu. Ještě v první polovině 19. století se pojem živel vyskytoval v české odborné terminologii. Později začala chemie řecký pojem „element“ překládat jako prvek a z odborné literatury vymizel. Dnes se se slovem živel setkáváme jen ve zprávách o přírodních pohromách. Živlem se tedy rozumí již jen prudký, neovladatelný přírodní jev, přírodní síla, zpravidla zhoubná a ničivá. A živelní pohromou označujeme obvykle extrémní, mimořádné projevy přírodních jevů charakteru „vyšší moc“ s následnými škodami.

Mnoho živelních pohrom souvisí s procesy, k nimž dochází v atmosféře, a tak jsou do jisté míry dány stavem počasí. Světová meteorologická organizace vydává pravidelně informační bulletin o nepříznivých projevech počasí a klimatických abnormalitách, které se ve světě vyskytly během uplynulého kalendářního roku. Seznam živelních pohrom, způsobených ať už ničivými větry, nadměrným nebo nedostatečným množstvím srážek, popř. extrémními teplotami vzduchu, bývá dlouhý. Dá se říci, že v rámci celé zeměkoule je možné pozorovat extrémní projevy počasí prakticky každý den. Bylo tomu zřejmě podobně i v minulosti, ale dnes, díky dokonalé telekomunikační technice, se tyto zprávy dovídáme rychleji a přesněji. To je jeden z hlavních důvodů, proč mnozí lidé nabývají dojem, že počasí je v současnosti vrtošivější.

Přestože s nepříznivými povětrnostními extrémy se můžeme poměrně často setkat i v mírných šířkách Evropy, přece jen pojmy jako hurikán, tajfun nebo tornádo jsou pro Středoevropana symbolem živelních pohrom, o nichž se dovídá v teple a bezpečí - pouze prostřednictvím masmédií. Může si však v tomto případě o nich udělat dostatečnou představu?

## Hurikán nebo tajfun

V hromadných sdělovacích prostředcích často vznikají v souvislosti s názvoslovím mimořádně nebezpečných meteorologických jevů různé omyly a nedorozumění. Když se totiž např. přes Kubu přežene jeden z nejvýraznějších a nejničivějších atmosférických vírů v nejvyšším vývojovém stadiu, bude tentýž jev Američan označovat jako *hurikán* (hurricane), Francouz a Rus jako *uragán* (ouragan) a Němec či Holanďan jako *orkán*, popř. Japonec jako *tajfun* - a všichni budou mít pravdu. Jedná se totiž o tropickou cyklónu - atmosférickou „poruchu“ cyklonálního charakteru, neboli tlakovou níž, vznikající nad tropickými oceány, která má pochopitelně různé regionální či jazykové označení. V oblasti Karibského moře a Mexického zálivu, Velkých Antil, v západní části Atlantského oceánu i na přilehlém jihovýchodním pobřeží amerického kontinentu se o těchto cyklónách mluví jako o *hurikánech*, v oblasti Jihočínskeho moře a západního Tichomoří jako o *tajfunech*, v Indickém oceánu jako o *cyklónech*, zatímco na pobřeží Austrálie je to *willy-willy*.

Oblast vzniku tropických cyklón leží v pásmu mezi 5° až 20° zeměpisné šířky na obou polokoulích. V pásmu kolem rovníku se objevují jen velmi vzácně, poněvadž uchylující síla zemské rotace (Coriolisova síla) je tam příliš malá, aby mohla vzniknout silná cyklonální cirkulace a tlakové rozdíly se rychle vyrovnávají. Příčiny vzniku tropické cyklóny nejsou ještě dostatečně známy, předpokládá se však, že její vznik závisí na teplotní labilitě ovzduší a vysokém tlaku vodní páry. Pro tuto domněnku svědčí fakt, že teplota povrchových vod oceánu v oblasti zrodu tropických cyklón obvykle kolísá mezi 26 až 27 °C.

Tyto faktory také vysvětlují roční dobu jejich výskytu. Na severní polokouli se nevyskytují od ledna do dubna a maxima dosahují v září a v říjnu. Na jižní polokouli, v Indickém a Tichém oceánu vznikají často od prosince do března (tab. 1).

Od tlakových níží mírných zeměpisných šířek se tropické cyklóny liší především menšími rozměry - horizontální rozsah činí obvykle jen 100 až 500 km, značná je však jejich vertikální mohutnost (15 až 18 km). V jejich středu je však podstatně nižší tlak než u cyklón mimotropických; dosavadní rekord tlaku pouhých 870 hPa byl naměřen u hladiny moře v tajfunu Tip r. 1979 a podle teoretických výpočtů může ve středu tropických cyklón klesnout tlak vzduchu až na 847 hPa. Proto jejich horizontální tlakový gradient, a tím i rychlost větru, mnohonásobně převyšují hodnoty běžné v tlakových nížích mírných zeměpisných šířek.

**Tab. 1. Průměrné počty tropických cyklón za rok v jednotlivých regionech**

Oblast	Průměrný počet cyklón/rok
Atlantský oceán – severní část	7
– jižní část	0
Tichý oceán – severní část: západně od 170° vých. délky	21
západní pobřeží Mexika	6
Indický oceán – severní část: Bengálský záliv	6
Arabské moře	2
– jižní část: západně od 90° vých. délky	6
sz. pobřeží Austrálie	1

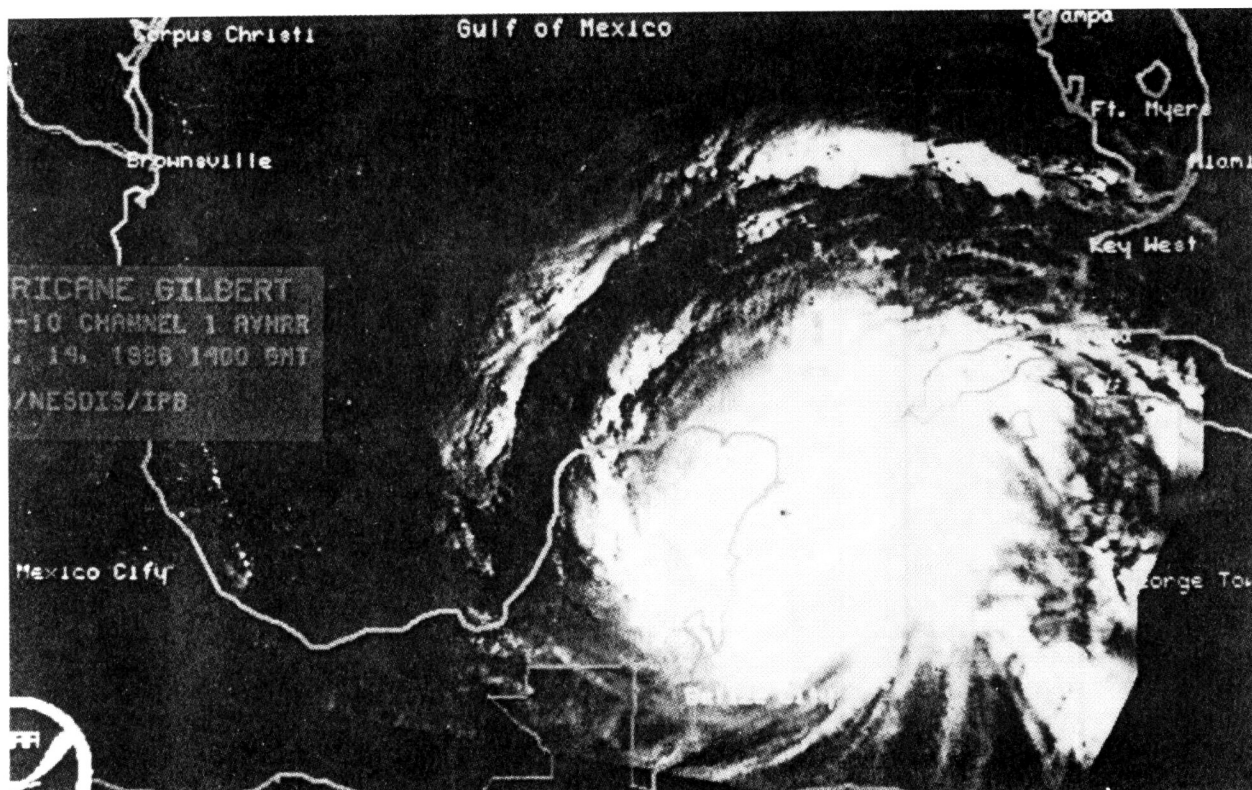
Leteckými průzkumy i družicovým sledováním se zjistilo, že ve středu tropické cyklóny, často nazývaném „oko“, je jasná obloha a panuje bezvětří. Zato v okolí tohoto oka se vytváří prstencovitá obláčná hradba, široká 30 až 150 km s rychlostí větru až 300 km/h, provázený bouřkovými lijáky a krupobitím. Ve větší vzdálenosti

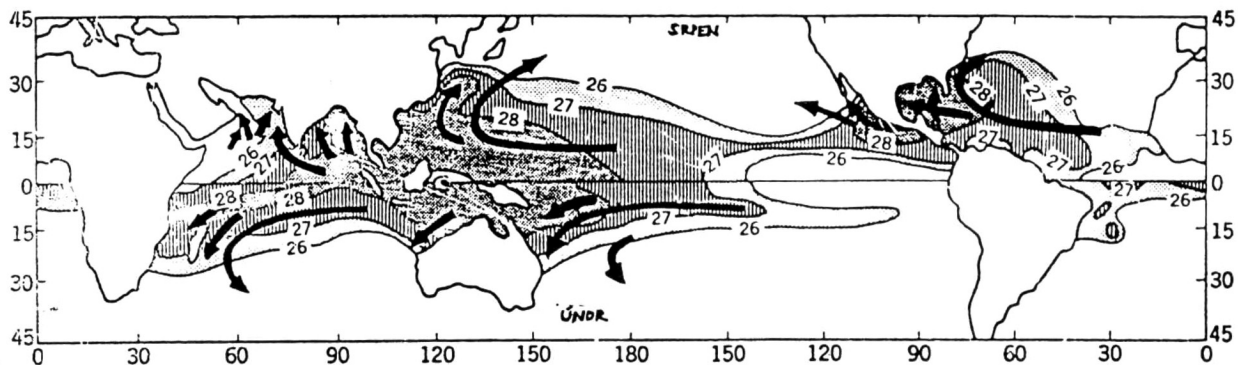
od oka už nejsou povětrnostní podmínky tak extrémní, vítr však stále dosahuje přibližně 100 km/h a vytrvalé a intenzivní srážky často způsobují záplavy. Jako celek se tropická cyklóna v počátečním stádiu vývoje pohybuje velmi pomalu (15-25 km/h). Jakmile se však dostane mimo oblast vzniku, rychlost jejího přesunu vzrůstá, ale zároveň se začne projevovat nedostatek tepelné energie a vodních par, které by doplňovaly energetické ztráty a tropická cyklóna postupně odumírá.

Na první pohled by se mohlo zdát, že tropické cyklóny jsou pro Evropu záležitostí úplně odtažitou. A přece tomu není tak dávno, co se projeví jejich důsledky i na pobřeží Albionu, popř. u nás. Výjimečně totiž může tropická cyklóna proniknout až do oblastí mírných zeměpisných šířek a přeměnit se v mimotropickou tlakovou níž. Tak koncem srpna 1986 byl hurikán „Charley“ uprostřed rušné rekreační sezóny příčinou bouřlivého vlnobití na dlouhých úsecích mořského pobřeží britských ostrovů. Došlo při tom také k vývrátům stromů, zpfetrhání elektrického vedení a odnášení střech; doprovodné lijáky vyvolaly povodně. A tak celková bilance této mimořádné „návštěvy“ byla 11 obětí na lidských životech a hmotné škody přesáhly 200 mil. liber.

Podobně ve dnech 4.-5. října 1984 dospěl modifikovaný hurikán „Hortensie“ v podobě tlakové níže mírných šířek do jihozápadní Francie, kde zaznamenali tlak pouhých 973 hPa! V této podobě byl pak příčinou nepříznivého, extrémně větrného počasí s návaznými škodami také v Německu, Rakousku a Československu.

Družicový snímek hurikánu Gilbert ze 14. 9. 1988





Typické dráhy tropických cyklón ve vztahu k povrchové teplotě moří a oceánů ve °C (podle A. N. Strahlera)

### Tornáda a tromby

Mimo tropických cyklón mívají obzvláště ničivé účinky i podstatně menší atmosférické víry s přibližně vertikální osou otáčení, které jsou vázány na bouřkový oblak - Cumulonimbus, z něhož se spouštějí k zemi v podobě nálevky (sloního chobotu). Horizontální rozměr mají několik desítek až několik stovek metrů a patří k nejničivějším ze všech atmosférických jevů místního měřítka. V anglické jazykové oblasti (především v USA) se nazývají *tornáda*, v Evropě *tromby* (německy Windhosen).

Tornáda trvají od několika minut do několika desítek minut, postupují rychlostí v průměru kolem 50 km/h a pokud jde o maximální rychlost v tomto víru v blízkosti zemského povrchu američtí vědci zaznamenali dosud rekordní hodnotu 362 km/h. Odhaduje se, že maximum by mohlo dosáhnout až 400 km/h, tedy rychlost daleko vyšší než v tropické cyklóně. Nelze se proto divit, že v pásu postupu tornáda vznikají ohromné škody, jsou vyvraceny stromy, vyrážena okna a bortí se méně pevné stěny domů vlivem nízkého tlaku ve středu víru, a tím velkých tlakových gradientů na poměrně malé vzdálenosti.

Charakteristický horizontální poloměr tornáda je  $10^2$  m. Přiležitostně se tento relativně malý vír může vyskytovat i v oblačném systému tropické cyklóny (útvary s obvyklým horizontálním poloměrem rádu  $10^3$  m), jinak však oba jevy nejsou souřadné ani fyzikálně, ani terminologicky. Není proto správné, uvádí-li se např., že tornádo „vzniká jako tropická cyklóna nad Atlantickým oceánem“ (Encyklopédia Zeme, 1983), nebo že „tornádo je druh uragánu“ (Slovník cudzích slov, 1983), neboť uragán je v obecné terminologii tropická cyklóna.

Tornáda sužují nejvíce kontinentální státy USA, kde jich ročně v průměru zaznamenají 140-150, ale v některých letech se jich může objevit až několik set. Nejsou ovšem v jednotlivých státech USA stejně časté - k nejvíce postihovaným patří stát Kansas, kde se může vyskytnout během teplého období 25-30 tornád. Zvláštností tohoto jevu je možný výskyt více tornád současně. Z tohoto hlediska zůstává prozatím pamětihodným dnem 4. duben 1974, kdy během 24 hodin zaznamenali ve 13 státech USA celkem 148 tornád, která usmrtila více než 300 lidí.

Analogickým jevem ve střední Evropě je „velká“ *tromba*, lidově označovaná jako smršť, která se u nás naštěstí vyskytuje jen zcela výjimečně a v omezeném rozsahu, proto se její existence i následné škody považují za projev „vyšší moci“ v pojišťovnictví. Pokud se však objeví, stojí to zato.

První doložený výskyt větrné smršťi - velké tromby - je z 30. července 1119. V Praze ji popsal současník Kosmas: „prudký víchř, ba sám satan v podobě víru udeřiv náhle od jižní strany na

Tornádo je typické svým tvarem, připomínajícím sloní chobot



knížecí palác na hradě Vyšehradě, vyvrátil od základů starou a tedy velmi pevnou zeď, a tak - což jest podivnější zjev - kdežto obojí strana, přední i zadní, zůstala celá a neotřesená, střed paláce byl až k zemi vyvrácen a rychleji, než by člověk přelomil klas, náraz větru polámal hořejší i dolejší trámy i s domem samým na kousky a rozházel je“ (Kronika česká).

Jeden z nejpodrobnějších popisů výskytu tromby u nás je v pojednání Gregora Mendla „Die Windhose vom 13. October 1870“. V něm podal jako očité svědek nejen podrobnou charakteristiku jevu, který se vyskytl v Brně v odpoledních hodinách a způsobil značné škody, nýbrž i originální vysvětlení vzniku tohoto vzácného úkazu. Dodejme však, že úplně vysvětlit vznik velkých tromb - tornád - se nepodařilo dodnes, i když pro jejich předpověď již existují určitá kritéria, neboť ke svému vzniku potřebují silné přehřátí spodních vrstev ovzduší a vznikají ve spojení s výraznou bouřkovou oblačností, vázanou většinou na studené fronty.

Ze Slovenska připomeňme katastrofální smršť z 8. července 1947 v dolním Ponitří. Postupovala od Piešťan, kde mimo jiné odnesla střechní budovy, až k Hronu, kde se rozpadla. V Múčenkách shodila střechní kostela a v Nitre pobořila tři kostelní věže, které prorazily klenbu kostelní lodě. Až neuvěřitelně zní zpráva ze sousedního Maďarska, kde 8. června 1954 v obci Szásztelek vynesla tromba do vzduchu a poškodila tři kombajny.

Prozatím poslední setkání s velkou trombou bylo v ČR zaznamenáno 9. srpna 1987 v 16,36 hodin na letišti u Plzně při přechodu podružně studené fronty. Tehdy poklesl tlak vzduchu během 60 sekund o 14 hPa a ihned stoupl o 13 hPa a během této doby nastal jediný prudký náraz větru o rychlosti 37 m/s, tj. 133 km/h. Prostor zasažený smrští měl délku asi 4 km a šířku 150-250 metrů s několika centry maximálního zasažení, kde byly škody největší. Při přechodu tromby byly poškozeny budovy, letová technika, polámané stromy či silné větve, vyvráceny stromy o průměru 40-60 cm a přemístěny až o 50 metrů. Předměty, větve a slabší stromy létaly do výšky 6-10 m. Celková škoda během jedné minuty přesáhla 1 300 000 Kčs. I když je velmi těžké předpovědět, kdy budou mít účinky přechodů front přes naše území ničivý charakter, nelze podceňovat přechod ani jediného frontálního systému, ať přes letištní prostor, nebo hustě osídlená území.

Dodejme ještě, že „malými trombami“ označujeme vzdušné víry o průměru několika desítek centimetrů, které vznikají v přízemní vrstvě atmosféry a nejsou spjaty s oblaky. Vznikají v důsledku silného přehřátí vzduchu při zemi za letních slunečních dnů a rostou od zemského povrchu do výšky několika metrů až několika desítek metrů a nálevka je obrácená koncem vzhůru. Nejsou obvykle nebezpečné, mohou jen rozházet kupky sena či slámy na poli, polámat slabé větve, vynést s sebou písek nebo prach. Pokud je malá tromba zviditelněná zřítelným prachem nebo pískem, říká se jí lidově česky rarášek, čertík nebo polednice, slovensky striga nebo bosorka, v pouštích USA tento jev nazývají pouštní ďábel a v arabských zemích tančící derviš.

### Jsme proti těmto jevům bezmocní?

Ničivé následky tropických cyklón a tornád (tromb) podnítily rozsáhlý výzkum těchto meteorologických jevů. Nemáme proti nim přímý účinný ochranný prostředek. Nejlepší a vlastně jedinou

ochranou je úkryt ve sklepech nebo pevné budově. U tropických cyklón třeba sledovat stále nové povětrnostní zprávy, připravit bateriové rádio, připravit zásoby potravin a pitné vody atd. U tornáda se jeho trasa nedá odhadnout, proto pomáhá varování telefonem od města k městu, od farmy k farmě, někdy hlášení o jeho postupu přenášejí policejní hlídky.

Součástí zmíněné ochrany ovšem je (a v blízké budoucnosti i zůstane) důkladný výstražný systém, založený na včasných a přesných prognózách. Při předpovědích postupu tropických cyklón (hurikánů, tajfunů atd.) hrají rozhodující úlohu družicová pozorování. Na základě údajů z družic jsou meteorologové schopni předpovídat jejich dráhu a intenzitu s vysokou přesností více než 24 hodin předem, přičemž se tato předpověď neustále operativně upřesňuje. Díky ní je možné provizorně zajistit obydlí a evakuovat obyvatele - při ohrožení hurikánem Andrew bylo jen v okolí New Orleansu evakuováno asi 1,5 miliónu lidí.

Tornáda mají v porovnání s tropickými cyklónami nejen kratší životnost, ale i jejich vznik bývá velmi náhlý a nedají se ani identifikovat z meteorologických družic či na synoptických mapách. Nejnovějším pomocníkem při jejich prognóze je dopplerovský sodar nové generace. Tento akustický lokátor pracuje na podobném principu jako radiolokátor, namísto elektromagnetického vlnění však vysílá a zpracovává vlnění akustické. Pomocí tohoto zařízení je možné po zachycení a zpracování odraženého signálu identifikovat bouřku se zárodky tornád až v 30-minutovém předstihu.

Aktivní zeslabování tropických cyklón je možné buď rozptylem mohutné oblačnosti obklopující oko cyklóny posypem chemickými látkami (jodidem stříbrným apod.), nebo rozšířením tenké vrstvy oleje, příp. podobného činidla na povrchu oceánu v oblastech vzniku cyklón, aby se zabránilo rychlému výparu vody, a tím se zamezil přítok energie ve formě skrytého kondenzačního tepla do zárodku hurikánů a tajfunů.

Většina meteorologů je ovšem přesvědčena, že tropické cyklóny hrají důležitou roli ve všeobecné cirkulaci atmosféry, v přenosu tepelné energie z tropických do mírných zeměpisných šířek. Jaké následky by proto mohlo mít ve světovém měřítku umělé snížení četnosti tropických cyklón? Jestliže před 40 lety byla určující otázkou technická proveditelnost umělého ovlivňování počasí, dnes je mnohem závažnější problém kdy a kde by mělo být provedeno a hlavně - jak daleko si z ekologického hlediska můžeme dovolit jít.

---

„Európske spoločenstvo sa rozhodlo poskytnúť 4 miliardy dolárov do nových, resp. doplnkových fondov na pomoc rozvojovým krajinám pri urýchlenom uplatňovaní projektov a programov, obsiahnutých v Agende 21 a ďalších záväzkoch, vyplývajúcich z konferencie.“

Anibal Cavaco Silva,  
ministerský predseda Portugalska,  
zastupujúci i ES

---