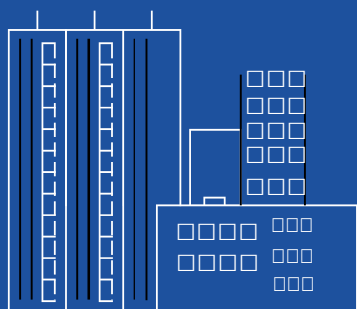




Řízení rizik souvisejících s blesky v době změny klimatu:

lepší porozumění pro
lepší ochranu

Indelec

CHYTRÁ ŘEŠENÍ V SOUVISLOSTI S BLESKY

Shrnutí

1 –

ÚVOD

Blesk, velké a podceňované riziko, jehož řešení vyžaduje spoustu odborníků

STRANA 4

2 –

Bouřky a blesky: systémové riziko s četnými a rostoucími dopady

STRANA 7

2.1 – Fyzikální a dynamické charakteristiky bouřek: náhlý výboj atmosférické energie. **S. 8**

2.2 – Významný počet zásahů bleskem po celém světě... zejména v tropech. **S. 10**

2.3 – Značné lidské a ekonomické náklady. **S. 14**

3 –

Změna klimatu zvyšuje riziko výskytu blesků

STRANA 21

3.1 – Mění se klima, sílí bouře: vědecky prokázaná souvislost. **S. 22**

3.2 – Přímé a nepřímé dopady rizika blesků se budou stupňovat. **S. 24**

4 –

Populace a budovy jsou stále z velké části nedostatečně chráněny

STRANA 27

4.1 – Kultura řízení rizik je pořád příliš omezená navzdory stále nepříznivějšímu přírodnímu prostředí. **S. 28**

4.2 – Předpisy jsou stále příliš dílčí vzhledem ke kritické hustotě blesků. **S. 33**

4.3 – Napětí v zásobování surovinami používanými při ochraně před bleskem nesmí vést k nedostatečným investicím. **S. 35**

5 –

V oblasti ochrany před bleskem existuje více technologií

STRANA 37

5.1 – Jak funguje ochrana před bleskem? **S. 38**

5.2 – Přehled technologií ochrany před bleskem. **S. 40**

5.3 – Přehled norem a předpisů v oblasti ochrany před bleskem. **S. 46**

5.4 – Výběr správné technologie ochrany před bleskem: význam posouzení rizika zásahu bleskem. **S. 47**

6 –

POHLED NA BLESKOSVODY ESE: inovativní technologie nabízející větší ochranný poloměr při stejné účinnosti

STRANA 51

6.1 – Princip fungování zařízení ESE. **S. 52**

6.2 – Výhody bleskosvodů ESE. **S. 55**

6.3 – Bleskosvody ESE: již 40 let široce přijímaná, osvědčená a uznávaná technologie. **S. 59**

7 –

Orientace na trhu s bleskosvody ESE

STRANA 67

7.1 – Padělky a související rizika. **S. 68**

8 –

Často kladené otázky a časté mylné představy o bleskosvodech ESE: pohled odborníka

STRANA 71

9 –

ZÁVĚR

STRANA 76

10 –

ODKAZY

STRANA 78

1 – Úvod

Blesk, velké a podceňované riziko, jehož řešení vyžaduje spoustu odborníků

Blesk je často podceňovaným nebezpečím, a přitom má závažné důsledky pro bezpečnost osob, kontinuitu podnikání, infrastrukturu a náklady za škody.

V situaci, kdy se extrémní povětrnostní události celosvětově násobí, se zvládnutí rizika blesku stává velkou technickou, regulační a ekonomickou výzvou.

Blesk je komplexní jev, který je často jen částečně pochopen nebo nepochopen.

Cílem této bílé knihy je **zvýšit povědomí a poskytnout srozumitelné informace** o této problematice, a to přístupným jazykem, **profesionálům vystaveným těmto rizikům** při jejich činnosti:

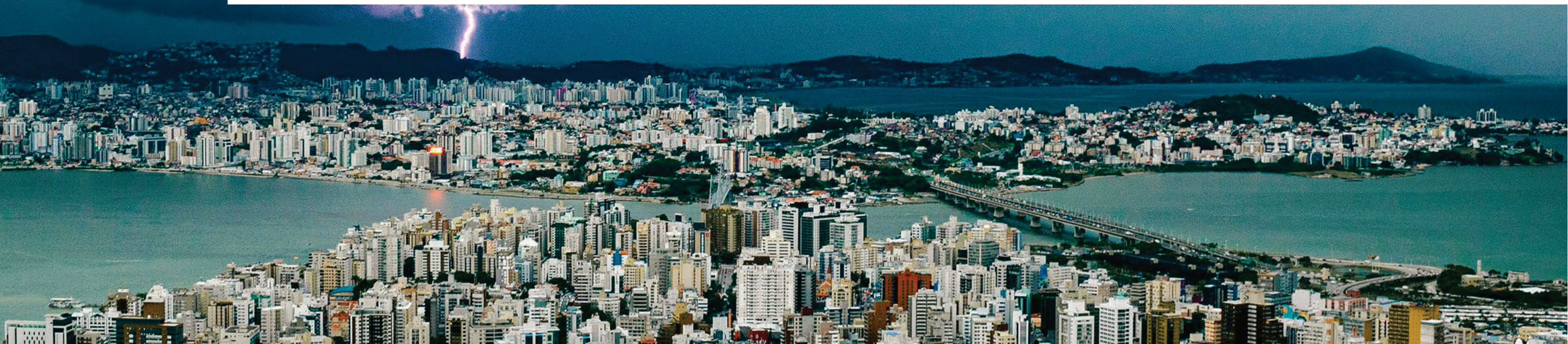
inženýrům projektantům, manažerům údržby, technickým zadavatelům, správcům veřejných budov, pojistitelům a provozovatelům kritických infrastruktur, ...

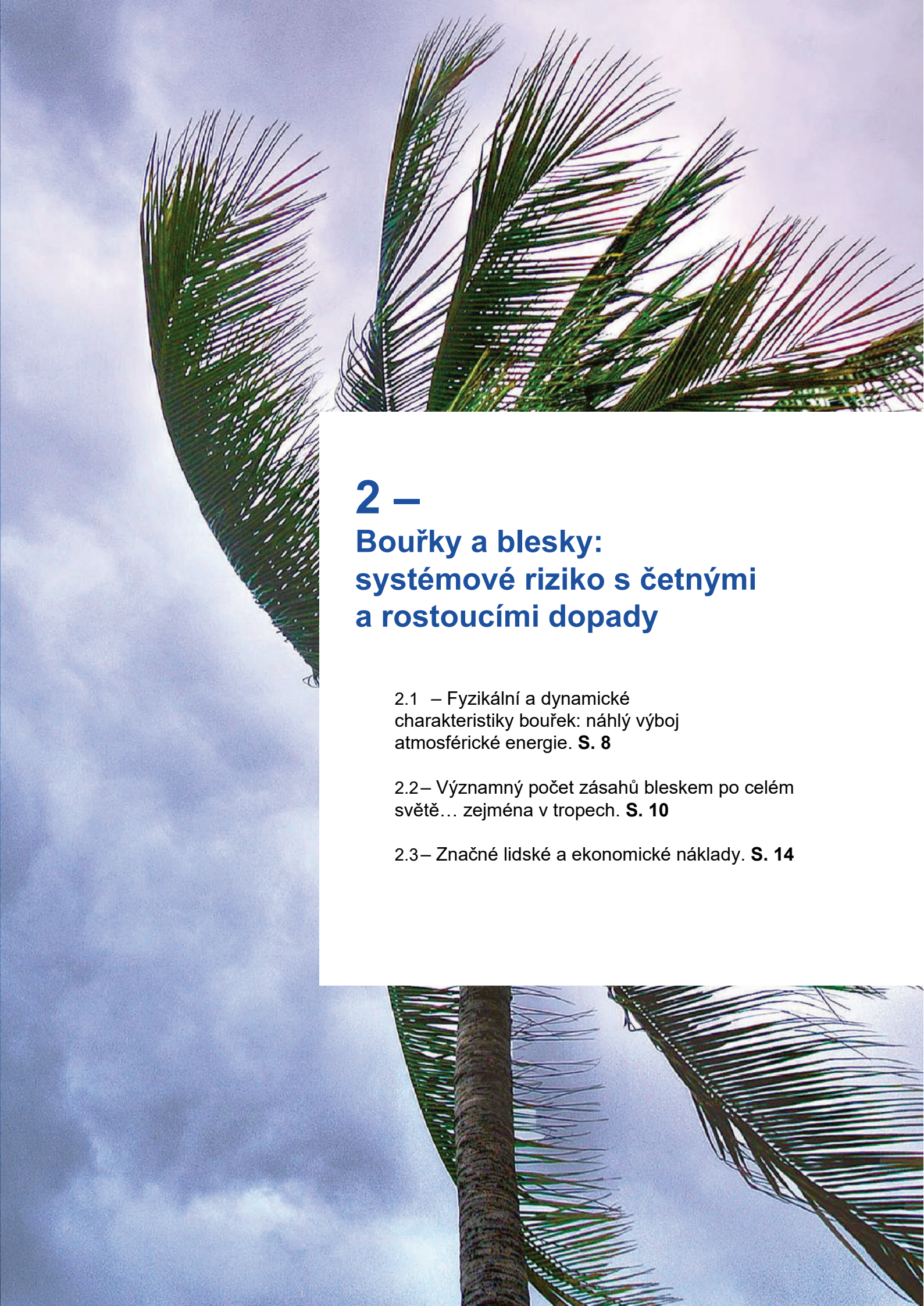
Vychází ze **studie provedené společností Ernst & Young Advisory („EY“)** jménem **společnosti Indelec** a opírá se o pluralitní metodickou základnu:

- **+ 15 rozhovorů provedených v rámci této studie** (s odborníky na normalizaci, vlastníky průmyslových projektů, mezinárodními inženýrskými poradenskými společnostmi a distributory působícími v nejexponovanějších regionech);
- **interní data společnosti Indelec**, získaná ze zpětné vazby z praxe;
- **případové studie klientů společnosti Indelec** v reálném provozním kontextu;
- **analýzy provedené společností EY**, týkající se několika dimenzí nepřímo souvisejících s ochranou před bleskem (např. náklady na pojistná plnění, klimatické trendy, výhledové studie atd.).

Tato zjištění ukazují, že **poptávka po odborných znalostech roste**. Nedostatečná informovanost o rizicích, složitost norem a absence spolehlivých referenčních hodnot však nadále brání širokému přijetí dostupných a účinných řešení.

→ **Cílem této bílé knihy je proto zlepšit porozumění riziku blesků, poskytnout klíčové technické poznatky k interpretaci a podpořit odpovědné osoby v informovaném rozhodování.**





2 – Bouřky a blesky: systémové riziko s četnými a rostoucími dopady

2.1 – Fyzikální a dynamické
charakteristiky bouřek: náhlý výboj
atmosférické energie. **S. 8**

2.2– Významný počet zásahů bleskem po celém
světě... zejména v tropech. **S. 10**

2.3– Značné lidské a ekonomické náklady. **S. 14**

2.1 – Fyzikální a dynamické charakteristiky bouřek: náhlý výboj atmosférické energie

Bouřky patří k nejpozoruhodnějším a nejnebezpečnějším meteorologickým jevům. Projevují se kombinací intenzivních událostí: **elektrických výbojů (blesků a zásahů), prudkého větru, přívalových dešťů, krupobití, a dokonce i náhlých změn atmosférického tlaku.** Zdaleka se nejedná o nějaké ojedinělé události, ale o prudkou **energetickou nerovnováhu** mezi atmosférickými vrstvami a zemí, která uvolňuje síly schopné působit značné lidské, materiální, hospodářské a ekologické škody.

Mezi nejvýraznější projevy bouřek patří blesky, které jsou jevem **s mimořádnou fyzikální intenzitou**. Každý zásah bleskem může představovat více než jednu miliardu voltů a průměrný proud 30 000 ampérů, přičemž špičková intenzita může v extrémních případech přesáhnout 200 000 až 300 000 ampérů. Teplota v bleskovém kanálu může překročit 30 000 °C, což je asi pětikrát vyšší teplota, než existuje na povrchu Slunce. Taková energie dokáže okamžitě zuhelnatět strom, prorazit střechu, zapálit elektrické zařízení nebo vyvolat kritické výpadky v energetických, komunikačních či dopravních sítích.

Blesky však představují pouze jeden rozměr hrozby. Sestupné vzdušné proudy spojené s některými bouřkami mohou překročit rychlost 150 km/h a způsobit škody srovnatelné s tornády. Kroupy o průměru někdy i několika centimetrů mohou zničit střechy, skleníky, vozidla, úrodu i průmyslová zařízení. Intenzivní srážky mohou také způsobit bleskové povodně, které ohrožují celé oblasti, často s velmi malým časem na reakci.

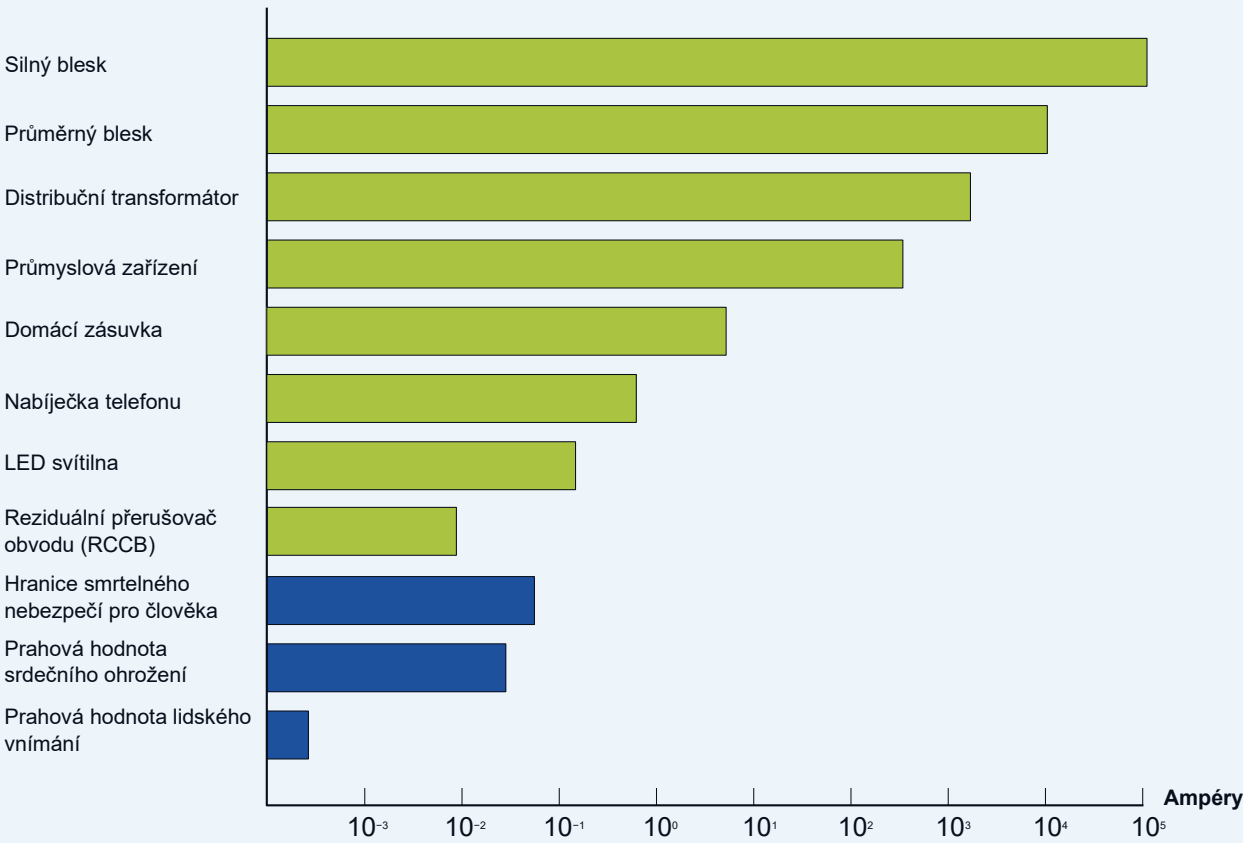
Výskyt těchto jevů na stejném místě (někdy i v několika desítkách případů ročně) z nich činí spíše chronické riziko než vzácné nebezpečí.

V důsledku své intenzity, četnosti a rozmanitosti jsou bouřky obzvláště hrozné v situaci, kdy jsou infrastruktury stále hustší, propojenější, a tudíž křehčí.

V těchto infrastrukturách jsou nyní umístěna kritická elektronická a IT zařízení, **vysoce ohrožená přepětím a indukovanými výboji způsobenými bleskem.**

Právě tuto komplexnost rizik spojených s bouřkami, z nichž jedno z nejvýraznějších představuje blesk, je dnes třeba **lépe pochopit, předvídat a kontrolovat.**

Srovnávací přehled elektrických intenzit: od věcí každodenního života až po extrémní jevy



2.2 – Významný počet zásahů bleskem po celém světě... zejména v tropech

Každý rok udeří do země na celém světě několik desítek milionů blesků. Satelitní data ukazují, že hustota úderů blesku do země (N_g) má v čase relativně stabilní rozložení:

- **Oblasti souše jsou postiženy více než moře** v důsledku silnějších tepelných kontrastů.
- **Ačkoli je aktivita obzvláště intenzivní v některých tropických a subtropických regionech**, kde vysoká vlhkost, teplo a stoupající vzdušné proudy umožňují vznik silných, častých a někdy i stacionárních bouřkových buněk, riziko se zdaleka neomezuje jen na tyto oblasti.

Tato situace se však může změnit: několik vědeckých studií (viz oddíl 3 „Změna klimatu zhoršuje riziko výskytu blesků“) naznačuje, že **změna klimatu může výrazně zvýšit bouřkovou aktivitu, a to i v regionech, které jsou v současnosti považovány za mírné.**

Průměrná zjištěná hodnota N_g je:

< 1 úder/km²/rok

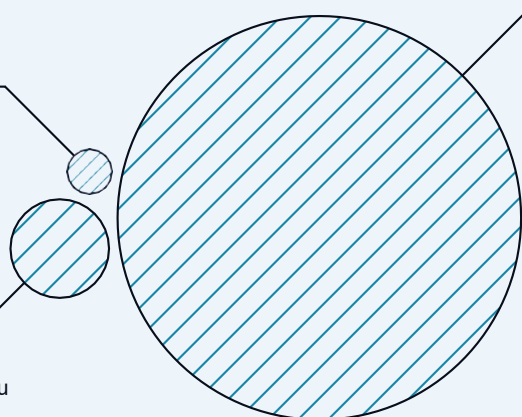
v mírném pásmu
severní polokoule

≈ 3 údery/km²/rok

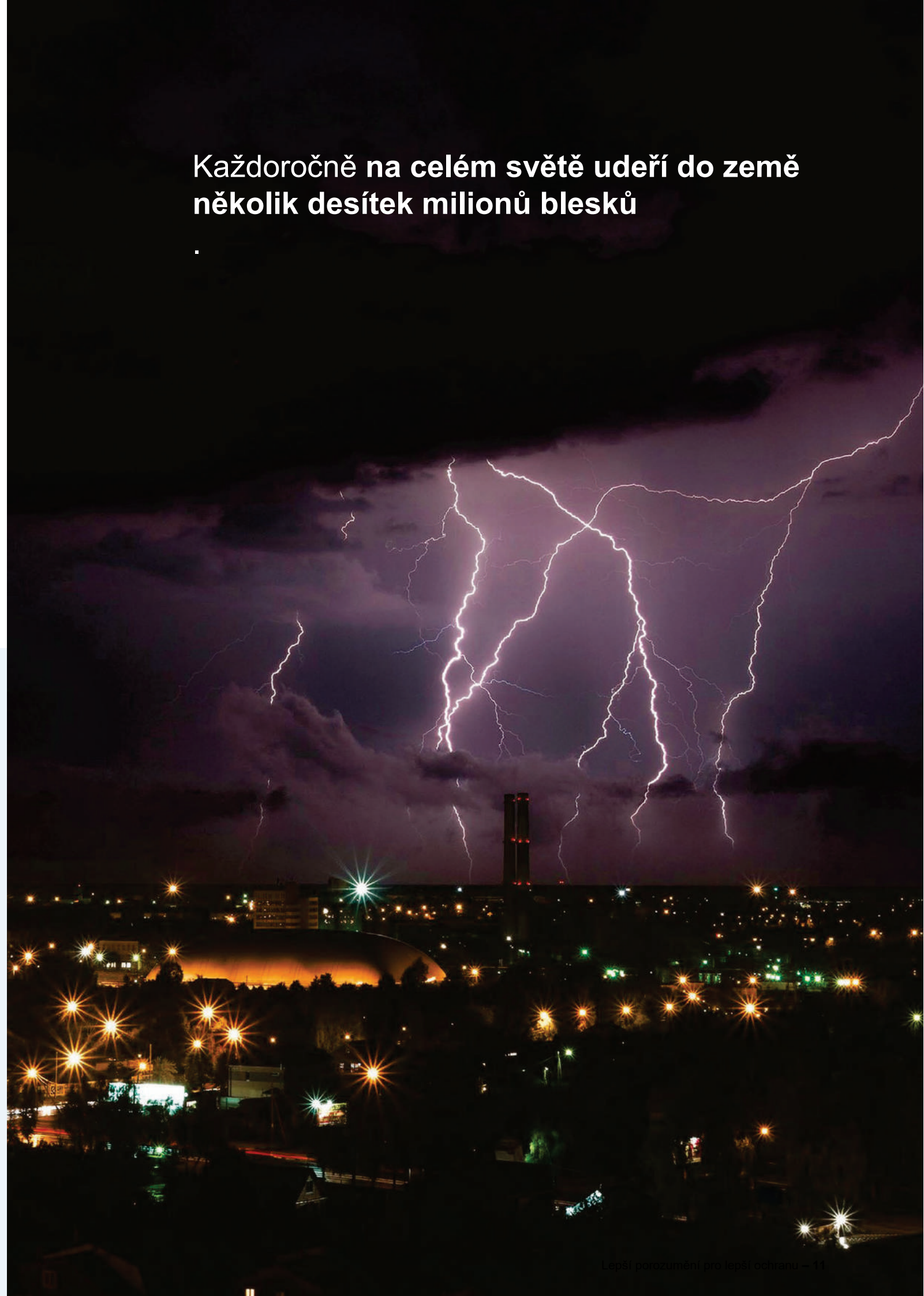
v evropských zemích, jako jsou
Francie, Španělsko nebo Itálie

> 40 úderů/km²/rok

v kritických oblastech
(střední Afrika, jihovýchodní Asie,
Střední Amerika)

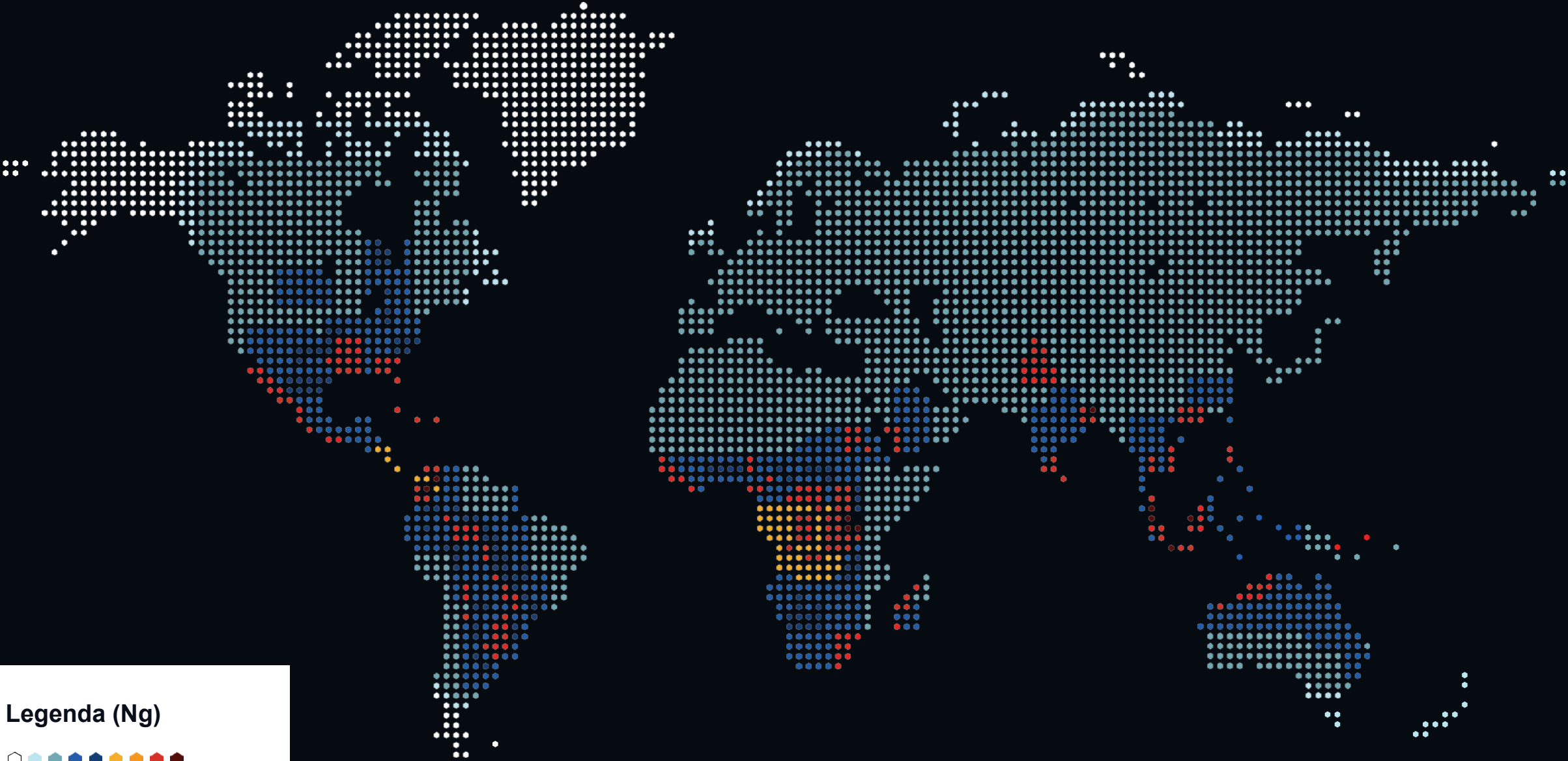


Každoročně na celém světě udeří do země několik desítek milionů blesků



→ Dobře identifikovaná místa s největším počtem úderů blesku

Mezi oblastí s největším rizikem výskytu blesků na světě patří rovníková Afrika, jihovýchodní Asie a Střední Amerika, ale zcela ušetřen není žádný obydlý region.



Legenda (Ng)



Cáceres, El Tarra (Kolumbie)

V horských a tropických oblastech Kolumbie se některé obce potýkají s obzvláště kritickou četností úderů blesku, které postihují jak venkovské oblasti, tak městské infrastruktury.



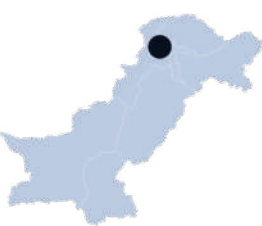
Kuala Lumpur (Malajsie)

Kuala Lumpur, hlavní město Malajsie, je dnes považováno za město s největším počtem úderů blesku na světě. Bouřková aktivita vrcholí během monzunového období, s extrémně vysoce lokalizovanou hustotou úderů blesku do země.



Daggar (Pákistán)

Během monzunového období zažívá město Daggar v regionu Chajbar Paštúncchwá mimořádně silné bouřky s častými údery blesků a ničivým větrem.



Kabare (Demokratická republika Kongo)

V obci Kabare na východě Demokratické republiky Kongo je zaznamenán jeden z nejvyšších bouřkových stupňů (keraunic level – Nk) na světě s hustotou úderů blesku do země (Ng) přesahující 40 úderů na km² za rok. Celá oblast Velkých afrických jezer je silně náchylná k bouřím.



Jezero Maracaibo (Venezuela)

Jezero Maracaibo se nachází v severozápadní Venezuele a je to oblast s největším výskytem blesků na světě, kde se téměř denně odehrává bouřková činnost. Je pozorováno až 60 blesků za minutu, což představuje přibližně 1,2 milionu blesků ročně. Tento jev, známý jako „Relámpago del Catatumbo“, souvisí s jedinečnou geografickou a klimatickou konfigurací lokality.



*Nk: Hodnota odpovídající počtu bouřek, které jsou slyšet v daném období v dané lokalitě.

2.3 – Značné lidské a ekonomické náklady

Bouřkové jevy – a zejména blesky – mají každoročně na svědomí dramatické ztráty na životech a značné hmotné škody. Příliš často jsou považovány za izolované události, avšak ve skutečnosti představují **strukturální riziko pro řadu území a odvětví činnosti**. Tyto ztráty jsou o to znepokojivější, že se v některých částech světa zvyšují v důsledku kombinovaných účinků rostoucí urbanizace, změny klimatu a přetrvávající nedostatečné ochrany ohrožených populací.



SMRTELNÉ NEBEZPEČÍ: Blesk stále zabíjí tisíce lidí ročně

Blesk zůstává i dnes jedním z nejsmrtečnějších přírodních jevů. Podle údajů NASA zemře v důsledku zásahu bleskem každoročně přibližně 24 000 lidí a více než 240 000 je zraněno. Tyto údaje jsou pravděpodobně podhodnocené, zejména v zemích, kde jsou systémy monitorování a podávání zpráv neúplné.

V některých zemích přetrvává vysoká úmrtnost

V Indii je každoročně zaznamenáno téměř 1 900 úmrtí v souvislosti s bleskem, což z něj činí jednu ze tří hlavních příčin úmrtí souvisejících s počasím. V letech 1967 až 2020³ zde přišlo o život více než 100 000 lidí v důsledku blesků, přičemž v posledním desetiletí došlo k prudkému nárůstu počtu obětí. Vysoký stupeň úmrtnosti zaznamenávají i další silně exponované tropické země (např. Demokratická republika Kongo, Bangladéš, Myanmar a Brazílie), zejména ve špatně vybavených venkovských oblastech.



Závažné fyziologické účinky

Oběti přímého úderu blesku mohou utrpět těžká zranění, jako jsou:

- okamžitá **zástava srdce nebo dechu**;
- hluboké vnitřní a vnější **popáleniny**;
- **dlouhodobé neurologické poškození** (ztráta paměti, kognitivní poruchy, mozkové léze);
- **hluchota, slepota nebo částečné ochrnutí**;
- **druhotná zranění** v důsledku pádů, následků výbuchu nebo panických situací.

I v případě přežití mohou být následky dlouhodobé a ochromující, a to jak po fyzické, tak po psychické stránce.



Prevence nejhoršího: bezpečnostní opatření, která je třeba přijmout

Velké části smrtelných úrazů by se dalo předejít **lepší informovaností o rizikovém chování** a šířením osvědčených postupů:

- **Nikdy nehledejte úkryt pod osamoceným stromem.**
- **Vyhýbejte se vrcholům kopců a volným prostranstvím.**
- **Nezdržujte se** u oken, kovových potrubí a elektrických spotřebičů.
- Uvnitř **uzavřeného vozidla mějte zavřená okna** a vyhněte se kontaktu s kovovými částmi.
- **Počkejte 30 minut po posledním blesku**, až pak obnovte venkovní aktivitu.
- **Předvídejte co nejvíce a ukryjte se v bezpečné budově**, ideálně vybavené vyhovujícím a pravidelně kontrolovaným systémem ochrany před bleskem.



ZNAČNÉ FINANČNÍ ZTRÁTY pro hospodářské subjekty zasažené bleskem

Kromě důsledků pro člověka způsobují blesky **velké hospodářské ztráty** veřejným i soukromým subjektům. Každý úder blesku nebo bouřka mohou poškodit nebo ochromit kritické zařízení, narušit dodavatelské řetězce, zastavit výrobní nebo obchodní činnosti a způsobit vysoké náklady na opravu, odškodnění nebo dodržování předpisů.

Ztráty se neomezují pouze na viditelné škody: zahrnují také **nepřímé dopady** (přerušení provozu, náklady na krizové řízení, zvýšené pojistné) a jsou ještě větší, pokud ochranné systémy chybí, jsou zastaralé nebo špatně navržené.

Tuto zranitelnost dále zvyšuje rostoucí **technologizace** budov, které jsou nyní vybaveny citlivými elektronickými zařízeními, IT sítěmi a automatizovanými řídicími systémy.



Různorodé a často vážné poškození konstrukcí a zařízení

Blesk může vyvolat **více typů destruktivních účinků a žádný typ infrastruktury není ušetřen**: Komerční budovy, průmyslové objekty, elektrické vedení, telekomunikační antény, zemědělská zařízení, větrné turbíny, solární panely, přístavní zařízení nebo citlivé objekty, jako jsou nemocnice nebo datová centra.



TEPELNÉ účinky

Uvolněná energie (až 30 000 °C) může způsobit požár, roztavení materiálu nebo výbuch potrubí a citlivých součástí.



ELEKTRICKÉ účinky

Přepětí, elektrické oblouky nebo přechodové výboje mohou zničit elektronická zařízení, poškodit elektrické sítě nebo vyvolat kaskádové zkraty.



AKUSTICKÉ účinky

Rázová vlna způsobuje mechanické vibrace, poškození křehkých konstrukcí, dokonce i poškození sluchu.



ELEKTRODYNAMICKÉ účinky

Elektromagnetická pole mohou na dálku vyvolat destruktivní napětí a ovlivnit zařízení, řídicí systémy nebo připojené infrastruktury.



Rekordní globální účet v roce 2023: bouřky mezi nejnákladnějšími přírodními pohromami

Blesky jako klíčová součást silných konvektivních bouří (SCS) přispěly k tomu, že se rok **2023 stal bezprecedentním rokem z hlediska pojistných škod způsobených bouřkami.**

Klíčové údaje na protější straně, převzaté z nejnovější výroční zprávy Munich Re, jedné z předních světových zajišťoven, pomáhají pochopit rozsah tohoto jevu. →

„Bouřky v Severní Americe a Evropě jsou ničivější než kdy jindy.“

– **Munich Re,**

Zpráva o globálních přírodních pohromách v roce 2024³

→ Konkrétní a nedávné příklady



DATOVÁ CENTRA

Výrazným příkladem je řada čtyř po sobě jdoucích blesků,⁸ které zasáhly místní elektrickou síť v blízkosti datového centra společnosti Google v Belgii. Samotná budova nebyla přímo zasažena, ale v síti se objevilo přepětí, které způsobilo částečnou ztrátu dat na některých pevných discích. I bez přímého úderu může blesk narušit nebo poškodit kritické systémy prostřednictvím připojených sítí.



MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI V PRŮMYSLU

Databáze, jako je StruckBy-Lightning, zaznamenávají každoročně stovky událostí, od výbuchů v petrochemických provozech až po odstávky výroby v zemědělsko-potravinářských závodech.⁴



VĚTRNÉ FARMY

Jsou hlášeny četné údery blesku do větrných turbín. Například ve Spojených státech podle analýzy z roku 2023⁵ 31 % větrných farem zaznamenalo v průměru alespoň jeden zásah na turbínu, přičemž některé lokality zaznamenaly více než 10 zásahů na turbínu ročně, což způsobilo roční ztráty odhadované na několik desítek milionů dolarů (poškození zařízení, výpadky výroby atd.) (např. BBC⁶, Le Marin⁷).



ZAŘÍZENÍ PRO SKLADOVÁNÍ ROPY

Dne 5. srpna 2022 udeřil blesk do palivové nádrže ve skladišti ropy v Matanzas⁹ na Kubě a způsobil mohutný výbuch a požár. Při neštěstí zahynulo 17 hasičů, 80 až 125 osob bylo zraněno a téměř 5 000 obyvatel muselo být evakuováno. Požár se rozšířil na několik nádrží, uvolnil toxický kouř, který se dostal až do Havany, a vyvolal obavy z kyselých dešťů a nedostatku energie.

→ Klíčové údaje

58

miliard pojištěných

18

miliard nekrytých, hrazeny přímo místními úřady, podniky nebo jednotlivci

76

miliard dolarů

v celkových ekonomických ztrátách spojených s bouřkami v roce 2023, pouze v Severní Americe a Evropě

66

miliard dolarů ztrát v Severní Americe, z toho

50

miliard bylo pojištěno

10

miliard dolarů ztrát v Evropě, z toho

8 miliard bylo pojištěno

Pro kontext: **pojištěné ztráty z SCS dosáhly v posledních pěti letech v průměru 15 miliard USD ročně.** Jinými slovy, **ztráty v roce 2023 byly více než trojnásobné oproti průměru.**

„V minulosti docházelo k prudkým nárůstům ztrát, ale rok 2023 je skutečně výjimečný.“

– **Steve Bowen**, meteorolog a senior viceprezident pro řešení přírodních pohrom v Munich Reinsurance America



KRITICKÉ RIZIKO pro širokou škálu citlivých lokalit

Blesk představuje **velké průřezové riziko**, které ohrožuje širokou škálu cenných lokalit – ať už ekonomických, lidských, kulturních, nebo strategických. Důsledky zásahu bleskem mohou v závislosti na druhu činnosti sahát od dočasného přerušení služeb až po nevratné ztráty na lidských životech, majetku nebo životním prostředí.

Složitost těchto prostředí (technická, regulační, provozní) často **způsobuje, že jejich zabezpečení je náročné, ale důsledky nedostatečné ochrany mohou být katastrofální.**

1 Veřejná místa, cestovní ruch a rekreační lokality

Venkovní veřejné prostory jsou obzvláště zranitelné kvůli **přímému vystavení lidí a obtížnému řízení evakuace** v případě bouřky.

- **Kempy, festivaly, zábavní parky, stadiony:** velká volná prostranství, vysoká koncentrace osob, obtížné zajištění rychlého úkrytu.
- **Hotely, kulturní centra:** riziko panické evakuace, přerušení provozu, právní riziko v případě incidentu.
- **Odlehlé lokality (penziony, horské chaty):** komplikovaný přístup pro záchranné služby, prodloužená doba odezvy.

Klíčové záležitosti

- Veřejná bezpečnost
- Pověst
- Právní odpovědnost
- Přerušení provozu



2 Průmyslové výrobní provozy

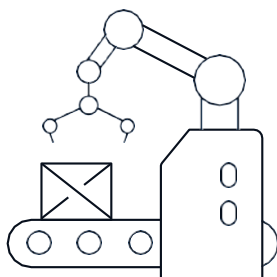
Některá zařízení **si nemohou dovolit ani krátké přerušení svého provozu.**

Příklady zahrnují:

- **Automatizované výrobní linky** (roboty, dopravníky, senzory): neplánované odstávky = okamžité ekonomické ztráty.
- **Elektronická zařízení** (PLC, pohony, rozvaděče): velmi náchylná k přepětí, nákladným poruchám a poškození.
- **Sektory, které nakládají s nebezpečnými látkami:** nebezpečí požáru nebo výbuchu v případě zásahu.

Klíčové záležitosti

- Kontinuita podnikání
- Bezpečnost instalace
- Finanční ztráty
- Pojištění odpovědnosti



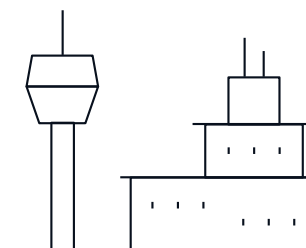
3 Kritické lokality z hlediska kontinuity služeb

U některých lokalit **nelze tolerovat sebemenší výpadek, a to ani dočasný.**

- **Datová centra:** zničení serveru, ztráta dat, výpadky cloudových nebo hostovaných služeb, porušení smluvních SLA.
- **Střediska řízení letového, železničního nebo námořního provozu; rozhlasové/televizní stanice; streamovací platformy:** výpadky signálu nebo komunikace.
- **Nemocnice:** bezprostřední nebezpečí pro pacienty závislé na elektronických zdravotnických prostředcích.
- **Nádraží, letiště, metro:** logistické narušení, přeplnění, ztráty příjmů.

Klíčové záležitosti

- Bezpečnost uživatelů
- Důvěryhodnost
- Smluvní pokuty
- Systémové důsledky



4 Citlivá nebo vysoce riziková infrastruktura

Některé lokality vzhledem ke své **strategické povaze** vyžadují maximální úroveň ochrany.

- **Sklady jaderných materiálů, petrochemikálií, výbušnin nebo paliv:** jakákoli událost by mohla vyvolat rozsáhlou katastrofu.
- **Transformátory, vysokonapěťové rozvodny, dispečinky:** jediná porucha může vést k regionálnímu výpadku.
- **Vojenská zařízení, obranné radary nebo komunikační systémy:** ohrožují suverenitu a schopnost státu reagovat.

Klíčové záležitosti

- Národní bezpečnost
- Geopolitická zranitelnost
- Potenciálně extrémní lidské a finanční náklady



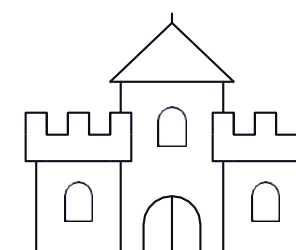
5 Památky a kulturní budovy

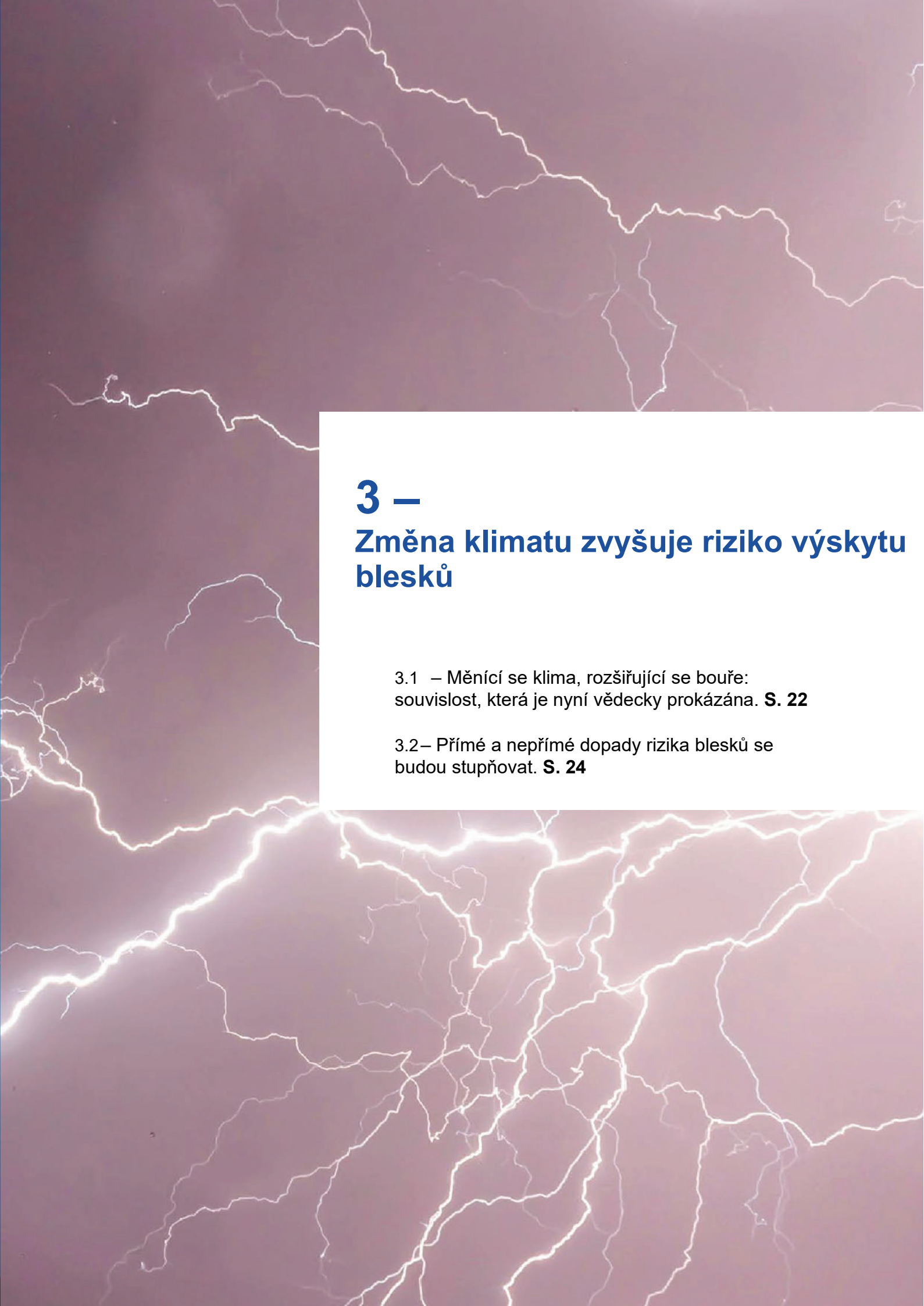
Historické památky jsou **velmi exponované a je obtížné je zabezpečit, aniž by byla narušena jejich estetická nebo architektonická integrita.** V mnoha případech je ztrátou nenahraditelného kulturního dědictví ohrožena samotná kolektivní paměť.

- **Kostely, katedrály, hrady, historická divadla:** hrozí nebezpečí požáru, prasklin nebo zřícení.
- **Muzejní sbírky:** poškození v důsledku přepětí, výpadků vzduchotechniky, selhání zabezpečení.
- **Restaurační práce:** dlouhé, nákladné, někdy nemožné provést totožně.

Klíčové záležitosti

- Konzervace
- Náklady na obnovu
- Poškození pověsti instituce





3 – Změna klimatu zvyšuje riziko výskytu blesků

3.1 – Měnící se klima, rozšiřující se bouře:
souvinnost, která je nyní vědecky prokázána. **S. 22**

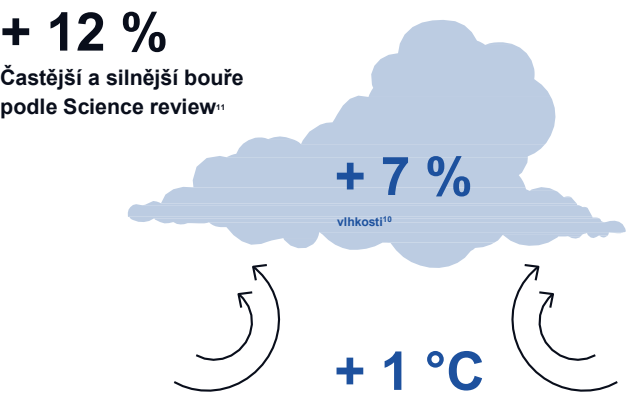
3.2– Přímé a nepřímé dopady rizika blesků se
budou stupňovat. **S. 24**

3.1 – Měnící se klima, rozšiřující se bouře: souvislost, která je nyní vědecky prokázána

K účinkům změny klimatu patří také blesk. Ačkoli se v diskusích o přírodních pohromách neobjevuje často, přitahuje nyní stále větší pozornost vědecké komunity. **Konvektivní bouře – jejichž ústřední složkou jsou blesky – budou častější, intenzivnější a rozšířenější**, a to i v oblastech, které byly v minulosti málo zasaženy.

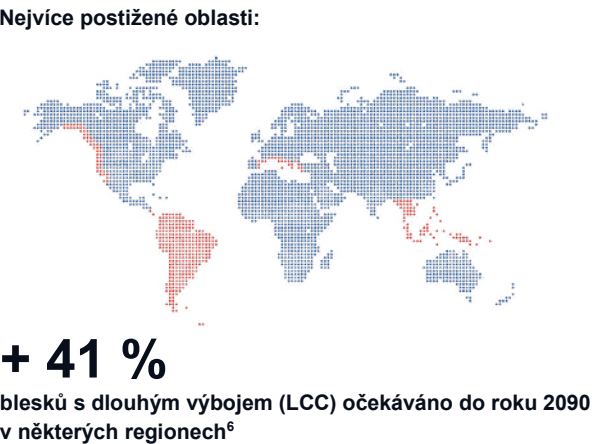
→ Teplejší atmosféra vede k většímu výskytu bouřek

Princip je dobře známý: **každý další stupeň oteplení umožňuje atmosféře udržet asi o 7 % více vlhkosti** – což je klíčový faktor pro rozvoj bouřkových buněk. Tento jev posiluje konvekci, tj. vertikální pohyby teplého a vlhkého vzduchu, které jsou zdrojem bouřek. To platí jak pro **izolované bouřky**, tak pro **supercely**, a to i v oblastech mírného pásma (Evropa, Severní Amerika, Asie).



→ Znepokojivé číselné projekce

Klimatické modely jsou konzistentní: blesková aktivita se bude v nadcházejících desetiletích jednoznačně **zvyšovat**. Tento nárůst není jen otázkou počtu: znamená **větší rizika pro infrastrukturu, více potenciálních obětí a vyšší ekonomické ztráty** v regionech, které byly doposud vystaveny jen mírnému riziku.



+ 50 %
úderů blesků se očekává ve Spojených státech do roku 2100¹²

→ Znečištění ovzduší: nečekaný zesilující faktor

Stále více se studuje role aerosolů – jemných částic vznikajících při lidské činnosti. Několik nedávných prací poukázalo na **souvislost mezi znečištěním ovzduší a bouřkovou aktivitou**.

Případová studie č. 1¹⁴

Itálie, Evropa, jaro 2020

Během lockdownu došlo v **Pádské nížině k 70% poklesu elektrické aktivity v atmosféře**. Tento pokles se shodoval s **výrazným omezením silniční a průmyslové dopravy**.

→ Výzkumníci odhadují, že **36% pokles** výskytu blesků **přímo souvisel se snížením emisí jemných částic**.

Případová studie č. 2

Malacký průliv, jihovýchodní Asie

Na všech analyzovaných datech blesků za období 10 let vědci prokázali, že **vysoce znečištěné mořské koridory** **vykazovaly zvýšenou bouřkovou aktivitu**.¹⁵

→ **Znečištění** související s námořní dopravou by mohlo **stimulovat regionální bouřkovou činnost**.

→ Arktida: nové dějiště bouřek

Výrazným symbolem této změny je Arktida, která byla dlouho považována za „zónu bez blesků“ a z níž se stává **nové ohnisko bouřkové aktivity**.

V roce 2010 tvořil tento region pouze 0,2 % celosvětového podílu úderů blesků. Do roku 2020 tento podíl prudce vzrostl, přičemž vědci zaznamenali **800% nárůst bleskové aktivity** v Arktidě.¹³

Tento pozoruhodný vývoj lze vysvětlit kombinací několika faktorů:

- **Zrychlené tání ledu**
- **Zvýšení letních teplot**
- Vznik **nebývalých konvektivních podmínek** ve vysokých zeměpisných šířkách

Toto narušení otevírá dveře **novým rizikům** pro obyvatelstvo severských států, polární infrastrukturu a arktickou plavbu – to vše je na tuto vznikající hrozbu stále nedostatečně připraveno.

→ A zítra?

BLESKY, KLIMA A NOVÉ RIZIKOVÉ OBLASTI

Očekává se, že do roku 2050 se výrazně zvýší aktivita blesků v regionech, které jsou v současnosti nedostatečně připraveny: Skandinávie, Rusko, severní Kanada, Alpy, Patagonie, ...

Infrastruktury vybudované v těchto oblastech (potrubí, silnice, vědecké základny, arktická plavba) budou vystaveny nebezpečí, které je v modelech odolnosti stále přehlíženo.

Přizpůsobení bude vyžadovat:

Revizi map rizik blesků.

Začlenění ochrany před bleskem do norem pro udržitelné budovy.

Investice do výzkumu s cílem předvídat „nové červené zóny“ 21. století.

3.2 – Přímé a nepřímé dopady rizika blesků se budou stupňovat

Intenzifikace změny klimatu nevede pouze ke zvýšení počtu bouřek nebo úderů blesku. Rovněž **zásadně mění povahu a rozsah dopadů**. Ty nyní sahají **daleko za hranice přímých lidských nebo hmotných škod** a mají kaskádovité dopady na životní prostředí, zemědělství, ekosystémy a veřejné zdraví. Mezi tyto sekundární dopady patří **souvislost mezi blesky a lesními požáry**, jež dnes patří mezi hlavní problémy vědců a manažerů rizik.

Blesky a lesní požáry: kritický vztah

Údery blesků s dlouhým výbojem (LCC), které budí obavy pro svůj zápalný potenciál, se v celosvětovém měřítku stávají klíčovým faktorem rizika lesních požárů. Když zasáhnou vyschlou vegetaci nebo půdu, která je již náchylná k požárům kvůli nedostatku vláhy, vyvolávají ničivé požáry. **A vše nasvědčuje tomu, že tyto epizody budou stále častější.**

Klimatické prognózy zveřejněné v časopise Nature¹⁶ jsou jednoznačné: **56 % studovaných regionů by mohlo do roku 2090 čelit zvýšenému riziku požárů způsobených bleskem**. Jak již bylo zmíněno výše (a co je ještě znepokojivější), **v nadcházejících desetiletích se očekává 41% nárůst počtu LCC úderů**. V některých oblastech je již dobře zdokumentována souvislost mezi globálním oteplováním a nárůstem počtu požárů způsobených bleskem.

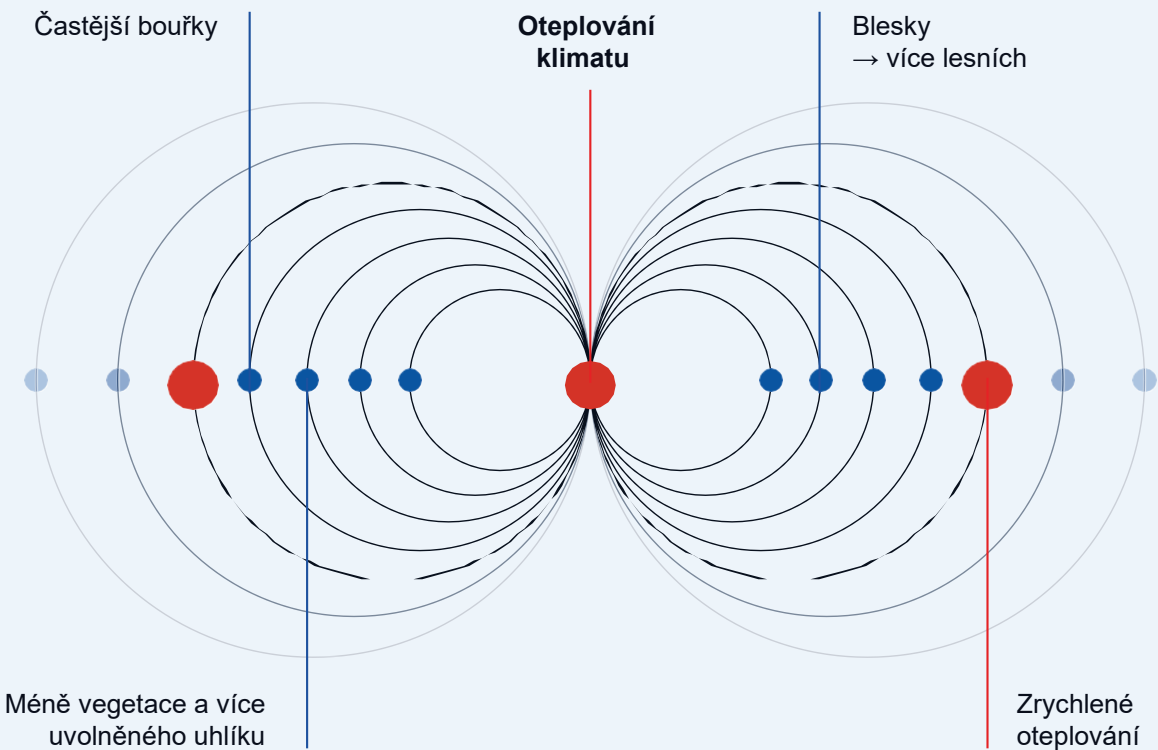
Které regiony jsou nejvíce ohroženy?
Ohroženy jsou amazonské deštné pralesy, africké savany, australské náhorní plošiny, severoamerické pobřeží i středomořské svahy v Evropě. Dokonce i polární oblasti, které byly dlouho ušetřeny, by mohly být vystaveny o 57 % vyššímu riziku.

Tyto lesní požáry nebudou záviset pouze na blesku. Rozhodující roli budou hrát další meteorologické podmínky: **vysoké teploty, nedostatečné srážky, nízká relativní vlhkost vzduchu, vysoký poměr blesků a dešťových srážek, jakož i sestupné bouřkové proudy**, které mohou vyvolat vzplanutí a urychlit šíření plamenů. V mnoha regionech se tyto proměnné zhoršují současně, čímž se podmínky příznivé pro vypuknutí požárů násobí.

V Amazonii je zřejmý nárůst počtu LCC úderů mezi prosincem a květnem, což je právě nejsušší období nejnáchylnější k požárům.



→ Kaskádové účinky změny klimatu



Další nepřímé dopady, které je třeba sledovat

Opětovný vznik silných bouřek a blesků má také **vliv na širší oblasti**:



ZEMĚDĚLSTVÍ

- Údery blesku do zemědělských zařízení a sil
- Zvýšený vodní stres pro plodiny
- Ztráty na výnosech spojené s lesními požáry nebo krupobitím



BIODIVERZITA

- Ničení přírodních stanovišť požáry
- Narušení reprodukčních cyklů
- Ztráta ochranného vegetačního krytu



VEŘEJNÉ ZDRAVÍ

- Zvýšené riziko popálenin a úrazů elektrickým proudem
- Zhoršení kvality ovzduší v důsledku lesních požárů
- Tepelný stres, znečištění ovzduší, dopady na zranitelné skupiny obyvatel (děti, starší osoby)

4 – Populace a budovy jsou stále z velké části nedostatečně chráněny

4.1 – Kultura řízení rizik je pořád příliš omezená navzdory stále nepříznivějšímu přírodnímu prostředí. **S. 28**

4.2– Předpisy jsou stále příliš dílčí vzhledem ke kritické hustotě blesků. **S. 33**

4.3– Napětí v zásobování surovinami používanými při ochraně před bleskem nesmí vést k nedostatečným investicím. **S. 35**

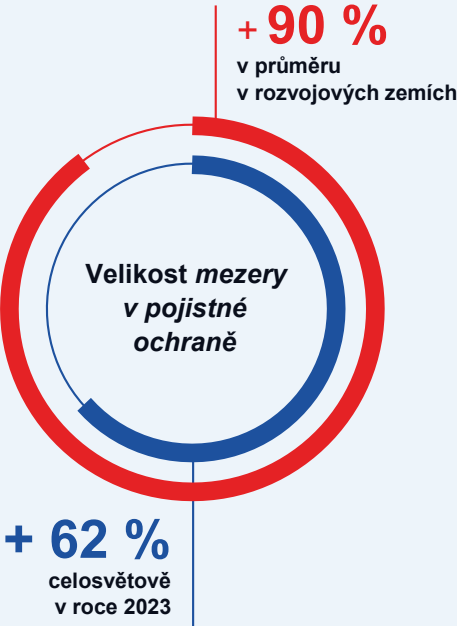
4.1 – Kultura řízení rizik je pořád příliš omezená, navzdory stále nepříznivějšímu přírodnímu prostředí

V mnoha zemích je **nedostatečné vnímání přírodních nebezpečí** – ať už jde o blesky, bouřky, povodně, nebo vlny veder – hlavní překážkou při zavádění účinných ochranných opatření.

Pojištění: stále slabý článek tváří v tvář přírodním pohromám

Nejnovější údaje ilustrují rozsah zranitelnosti

Mezera v pojistné ochraně – část škod způsobených pohromami, které nejsou kryty pojištěním – přesahuje v rozvojových zemích v průměru 90 % (v chudších zemích je pojištěna méně než desetina škod způsobených pohromami). Na celosvětové úrovni činila v roce 2023 celosvětová mezera v pojistné ochraně 62 % (pojištěno bylo pouze 38 % ztrát v důsledku přírodních pohrom) (Světová banka®).



Tato mezera v krytí se vztahuje jak na **přímé škody** (hmotné, lidské), tak na **nepřímé ztráty** související s přerušáním provozu nebo kaskádovými efekty (požáry, přepětí atd.).

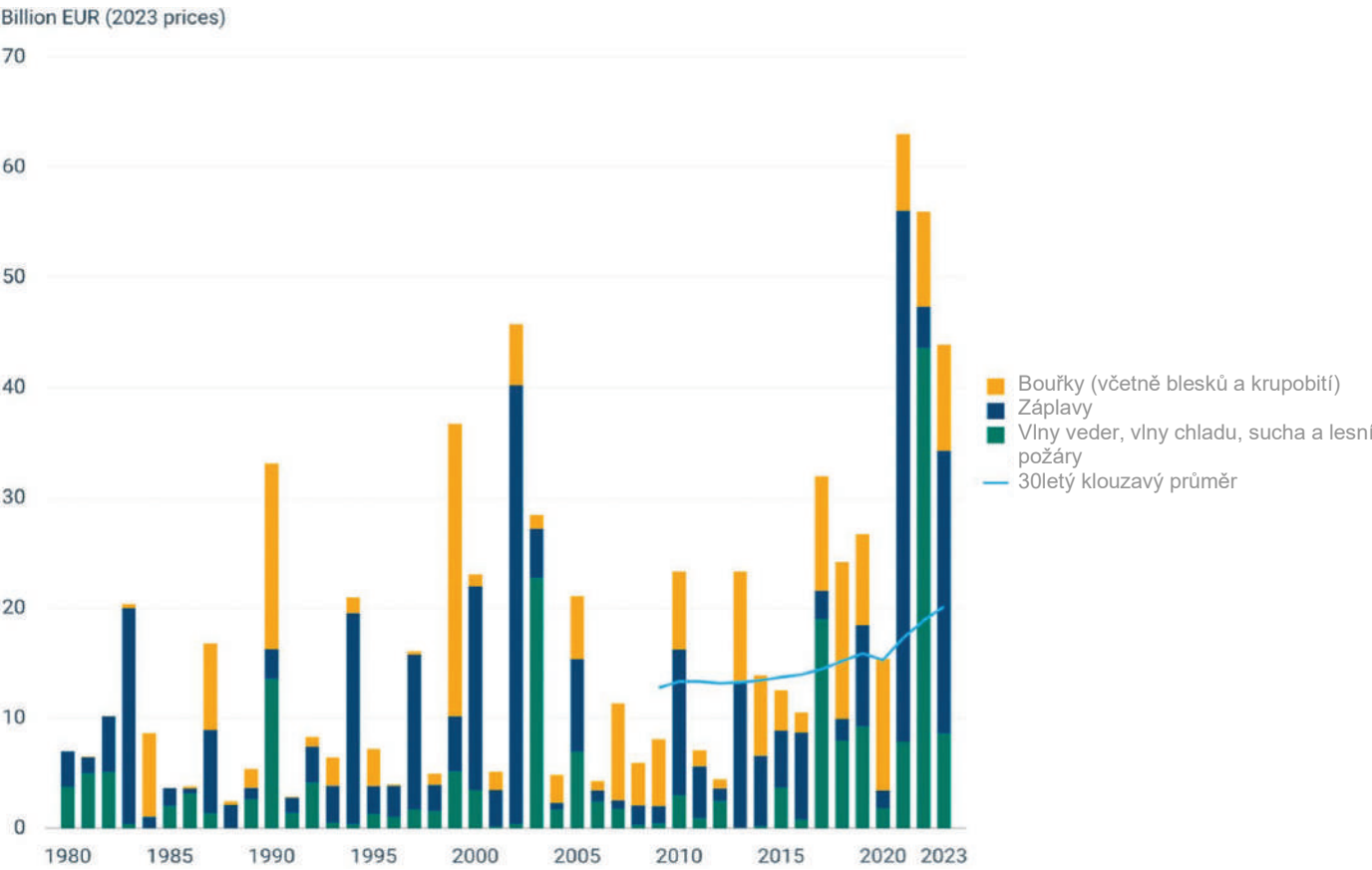
To poukazuje na **strukturální zranitelnost**, kdy je **příliš mnoho zúčastněných stran nechráněno bez záchranné sítě nebo skutečného krytí**. A přitom se hospodářské ztráty spojené s počasím a klimatickými jevy od roku 1980 prudce zvýšily.

Pouze 18 %
Evropanů uvedlo, že má
pojištění, které kryje
přírodní pohromy.¹⁷

738 miliard eur
náhrady škod v Evropě
bylo způsobeno přírodními
pohromami.⁸

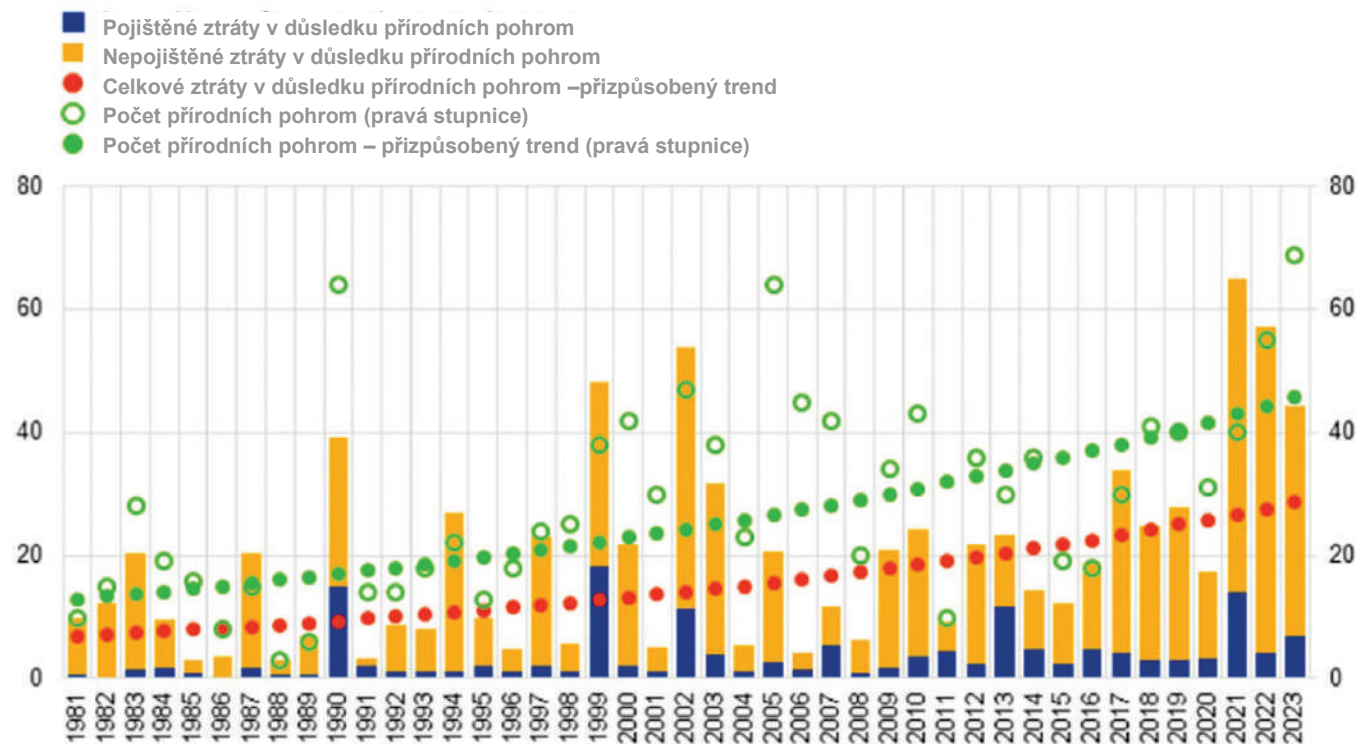


Roční hospodářské ztráty způsobené extrémními jevy souvisejícími s počasím a klimatem v členských státech EU¹⁹



Podle oficiálních údajů **byla pojištěna jen asi čtvrtina škod způsobených přírodními pohromami v EU za posledních 42 let a výše krytí se snižuje.**⁸

Hospodářské ztráty v důsledku přírodních pohrom a jejich počet v EU²⁰
(1981–2023; miliardy eur v hodnotách pro rok 2023, počet událostí)



V mnoha zemích se tedy vnímání rizika a pojistné mechanismy nevyvíjejí stejným tempem.

„Rychlost vzniku ztrát, jejich četnost a dopady se zvyšují do té míry, že je to opravdu znepokojující: jak to budeme schopni krýt?“

Petra Hielkema,
předsedkyně Evropského orgánu pro pojišťovnictví,
citováno Financial Times (2024)²¹

Rostoucí závažnost událostí potvrzují i zajišťitelé:
(Financial Times, 2024)²²

„Ať už šlo o zemětřesení v Turecku, záplavy v Německu, nebo krupobití v Itálii, modely byly překročeny nikoli o 10 nebo 20 %, ale o mnohem vyšší faktor.“

Gianfranco Lot,
ředitel odboru uzavírání pojištění, Swiss Re

Swiss Re dále dodává, že toto podcenění je systémovým problémem:

„Pochází z nedostatku údajů o skutečné expozici a aktuálních hodnotách rizika.“

Vnímání rizika často odtržené od reality

I v technologicky vyspělých zemích, které jsou často zasaženy blesky, zůstává **kultura řízení rizik zasažení bleskem okrajová**:

- Tento jev je stále příliš často považován za **nepředvídatelný nebo nevyhnutelný**, a přitom jej lze modelovat, předvídat a řídit.
- **Investice do systémů ochrany před bleskem se obvykle spouštějí až po mimořádných událostech**, zřídka v rámci preventivní logiky.

Ve své **Globální hodnoticí zprávě 2024**²³ Úřad OSN pro snižování rizika katastrof (UNDRR) varuje:

„Většina ohrožených skupin obyvatelstva na celém světě je stále nedostatečně informována, nedostatečně připravena a nedostatečně chráněna před pohromami souvisejícími s klimatem, včetně blesků.“

Organizace vyzývá k **systematickému začlenění řízení rizik do veřejných politik**, a to nejen v oblastech ohrožených seizmickou činností nebo povodněmi. Doporučuje také **posílit informovanost komunit** prostřednictvím **vícekanálových kampaní** (školy, obce, sociální sítě atd.), aby byly osloveny všechny skupiny obyvatel, zejména ty nejzranitelnější. V neposlední řadě zdůrazňuje potřebu **rozšířit přístup k řešení financování rizik**, zejména **vyvinutím dostupnějšího parametrického klimatického pojištění**.

Toto podcenění brzdí proaktivní investice do ochranných systémů – **k rozhodování dochází často spíše po incidentu než na základě prevence**.



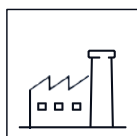
Na cestě k větší odpovědnosti

Výzvy, které před námi stojí, zdůrazňují naléhavost **kulturní a funkční změny**:



MÍSTNÍ ORGÁNY

Začlenit riziko bouřek a konvekci do plánů správy majetku.



PRŮMYSLOVÁ ODVĚTVÍ

Předvídat narušení provozu způsobené přetížením v důsledku klimatických podmínek (blesky, krupobití, prudký vítr).



JEDNOTLIVCI

Posílit ochranu domů v souvislosti s rostoucí elektrifikací, citlivými zařízeními a extrémními riziky.

4.2 –

Předpisy jsou stále příliš dílčí vzhledem ke kritické hustotě blesků

Zatímco nástroje pro detekci a prevenci se vyvíjejí, **regulační a normativní rámec zůstává v mnoha zemích ve srovnání se skutečnou úrovní expozice blesku značně zaostalý**. To vytváří **znepokojivý paradox**: některé z oblastí na světě, které jsou nejvíce ohroženy blesky, jsou zároveň oblastmi s nejslabšími – nebo dokonce neexistujícími – požadavky na ochranu.



Extrémně exponované oblasti, přesto špatně chráněné

Globální detekční síť, jako je **Blitzortung**, **Météorage** nebo **Vaisala GLD360**, přesně identifikují oblasti s velmi vysokou hustotou blesků: **Rovníková Afrika, Amazonie, jihovýchodní Asie, severní Indie, Bangladéš, Mexický záliv** a některé **subtropické oblasti USA**.

Přesto je na mnoha těchto územích **ochrana před bleskem stále okrajová**:

- **Jen málo zemí má povinné vnitrostátní předpisy**, anebo jsou omezeny na vysoce rizikové lokality (směrnice Seveso, vojenská zařízení, chemické sklady, ...).
- **Úroveň veřejných a soukromých investic zůstává v porovnání s nebezpečím velmi nízká**, zejména v tropických oblastech a v zemích s nízkými až středními příjmy.
- Některé vysoce exponované státy, jako jsou státy rovníkové Afriky (např. Demokratická republika Kongo), **nemají žádné zvláštní právní předpisy** ani pobídky k vybavení škol, nemocnic nebo citlivých veřejných budov.



Regulace je často reaktivní... a nedostatečná

I v zemích, které přijaly pokročilé technické normy – například **NF C 17-102** ve Francii, **NFPA 780** ve Spojených státech nebo mezinárodní normu **IEC 62305** – zůstávají povinnosti k prosazování dílčí a podmíněné:

- Závisí na **typu činnosti** (např. průmyslová nebo citlivá), aniž by systematicky zohledňovaly **lidskou nebo územní zranitelnost**.
- Nejsou **vždy doprovázeny kontrolami nebo postihy**, což omezuje jejich skutečnou účinnost.
- Jen **zřídka jsou integrovány do klimatických politik** nebo plánů prevence přírodních rizik.

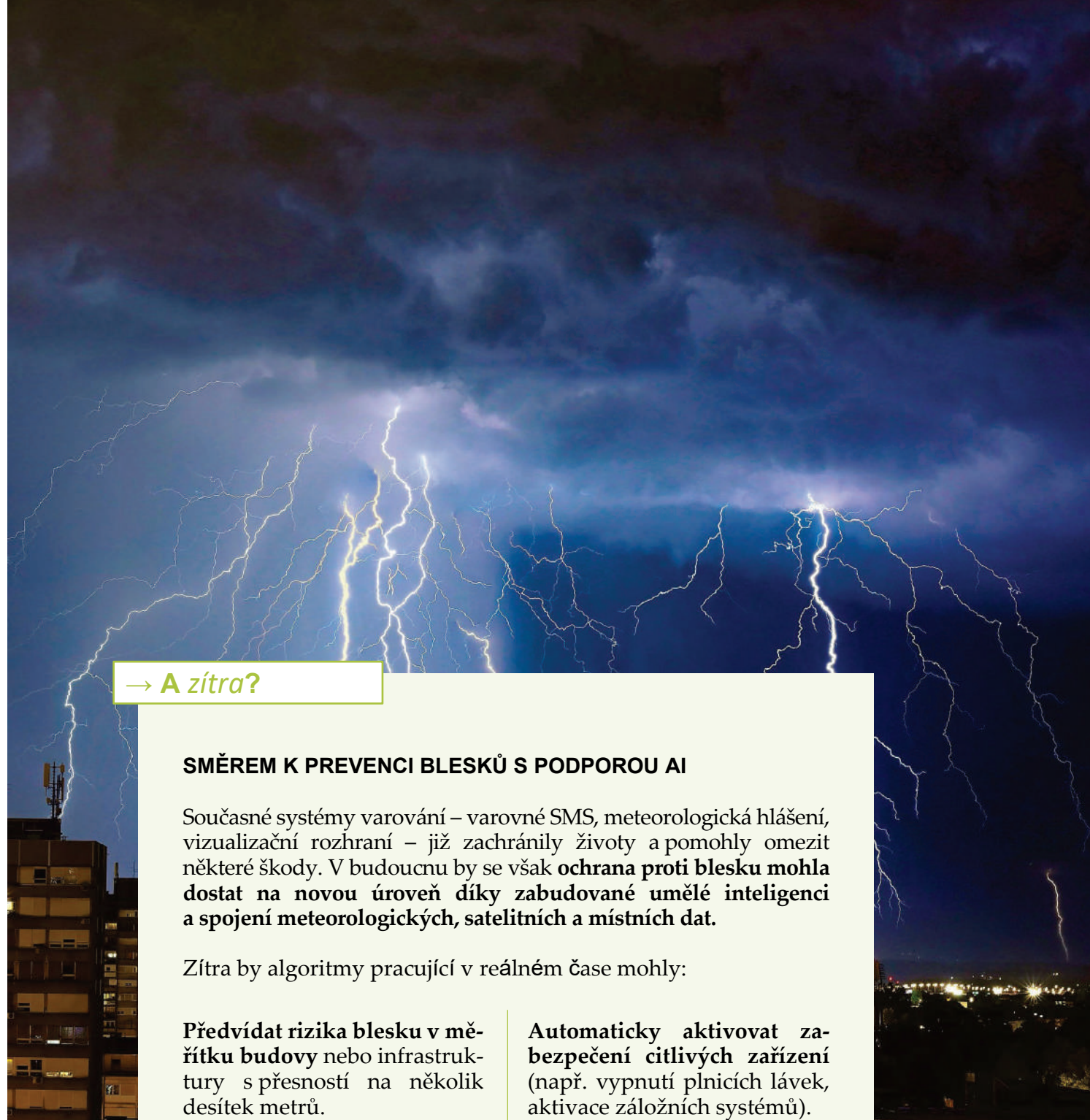
Výsledkem jsou **velké rozdíly v investicích na obyvatele**, které nemají jasnou souvislost s úrovní expozice.

Výmluvný příklad: Spojené království, s nízkou hustotou blesků ($N_g < 1$) má přesto komplexní a široce uplatňované předpisy. Naproti tomu regiony jako **jižní Asie** nebo **Střední Amerika** – patřící mezi nejvíce zasažené – **jsou stále velmi nedostatečně vybaveny**.



Portugalsko: příklad proaktivní a ambiciózní regulace

Tváří v tvář těmto nedostatkům **některé země začínají přijímat systematictější přístupy**. Zejména **Portugalsko** nedávno zavedlo **příkladný regulační rámec**. **Technická poznámka z října 2022²⁴** nyní staví **ochranu před bleskem na stejnou úroveň jako požární ochranu** pro všechny budovy bez ohledu na jejich funkci. Tato norma, **kontrolovaná útvary civilní ochrany**, ilustruje **koherentní a proaktivní integraci** ochrany před bleskem do politik v oblasti bezpečnosti budov.



→ **A zítra?**

SMĚREM K PREVENCI BLESKŮ S PODPOROU AI

Současné systémy varování – varovné SMS, meteorologická hlášení, vizualizační rozhraní – již zachránily životy a pomohly omezit některé škody. V budoucnu by se však **ochrana proti blesku mohla dostat na novou úroveň díky zabudované umělé inteligenci a spojení meteorologických, satelitních a místních dat.**

Zítra by algoritmy pracující v reálném čase mohly:

Předvídat rizika blesku v měřítku budovy nebo infrastruktury s přesností na několik desítek metrů.

Automaticky aktivovat zabezpečení citlivých zařízení (např. vypnutí plnicích lávek, aktivace záložních systémů).

Dynamicky přizpůsobit provoz průmyslových nebo zemědělských areálů v závislosti na pravděpodobnosti úderu blesku.

Souběžně s tím budou připojené objekty nové generace (IoT) – například bleskosvody Prevelectron 3 Connect nebo autonomní měřicí stanice – schopny nepřetržitě přenášet **data o expozici**, čímž budou poskytovat data **prediktivním systémům učení** pro zpřesnění mapování rizik blesků.

4.3 –

Napětí v zásobování surovinami používanými při ochraně před bleskem nesmí vést k nedostatečným investicím



Ochrana před bleskem stále do značné míry závisí na ohrožených surovinách, jako je měď

Zejména měď **zůstává ústředním prvkem v systémech s mřížovou jímací soustavou** (viz oddíl 5.2), které vyžadují velké množství vodičů.

Tento materiál se však potýká s rostoucími omezeními:

- **Poptávka je na vzestupu** (obnovitelné zdroje, elektromobily atd.), zatímco ložiska se vyčerpávají.
- **Ceny se mezi lety 2020 a 2024 více než zdvojnásobily²⁵** (Londýnská burza kovů).
- **Pouze 17 % celosvětové produkce mědi pochází z recyklace.¹⁹**
- **Mezinárodní iniciativy (EU, Čína) se zaměřují na snížení uhlíkové stopy** materiálů náročných na zdroje, jako je měď, což je jasný signál, že **regulace by mohla omezit nebo zvýšit její průmyslové náklady.**



Vliv na ochranné technologie

Napětí v oblasti dostupnosti mědi má různé dopady v závislosti na použitých technologiích. **Tradiční mřížové systémy** jsou obzvláště náročné na měď, přičemž typická spotřeba **je 190 kg mědi na jednu instalaci ve srovnání se 48 kg** pro jeden bleskosvod (technologie ESE) – **poměr 1 : 4²⁶**.

Tento rozdíl v nákladech činí mřížová řešení **ekonomicky méně atraktivními** pro budoucnost, aniž by byla zaručena vyšší účinnost ve všech případech.

A naopak to podporuje **lehčí nebo alternativní technologie**, například:

- Bleskosvody se včasnou emisí výboje (ESE)
- Propojené systémy
- **Hliník**, zejména **recyklovaný hliník**, který může nabídnout **lepší ekologické vlastnosti** než nová měď. Hliník **však podle normy EN 62561-2 nelze zakopávat** kvůli jeho **citlivosti na korozi**. Jeho použití je proto omezeno na **nadzemní část instalací.**
- Snížení investic do ochrany před bleskem z důvodu nákladů na suroviny by bylo strategickou chybou. **Úkolem je tedy spíše vývoj technologických možností:**
- Volba systémů s **nižší spotřebou mědi**
- **Očekávání nestálosti cen surovin** a budoucích předpisů týkajících se uhlíku při výběru technologií ochrany
- **Integrace inovací** (inteligentní diagnostika, optimalizované materiály) do ochranných systémů



5 – V oblasti ochrany před bleskem existuje více technologií

5.1 – Jak funguje ochrana před bleskem? **S. 38**

5.2– Přehled technologií ochrany před bleskem. **S. 40**

5.3– Přehled norem a předpisů v oblasti ochrany před bleskem. **S. 46**

5.4– Výběr správné technologie ochrany před bleskem: význam posouzení rizika zásahu bleskem. **S. 47**

5.1 – Jak funguje ochrana před bleskem?



CO JE TO BLESK? Porozumění elektromagnetickému jevu s extrémní silou

Blesk je extrémně silný **přirozený elektrický výboj**, který je způsoben nerovnováhou elektrických nábojů v atmosféře. Přestože je všem známý, jeho fyzikální fungování zůstává do značné míry nepochopeno.

Bouřky schopné produkovat blesky vznikají za specifických atmosférických podmínek, zpravidla během vývoje **kumulonimbů**. Tyto vysoké mraky, často rozpoznatelné podle kovadinovitého tvaru, se vytvářejí vertikálně do výšky několika kilometrů.

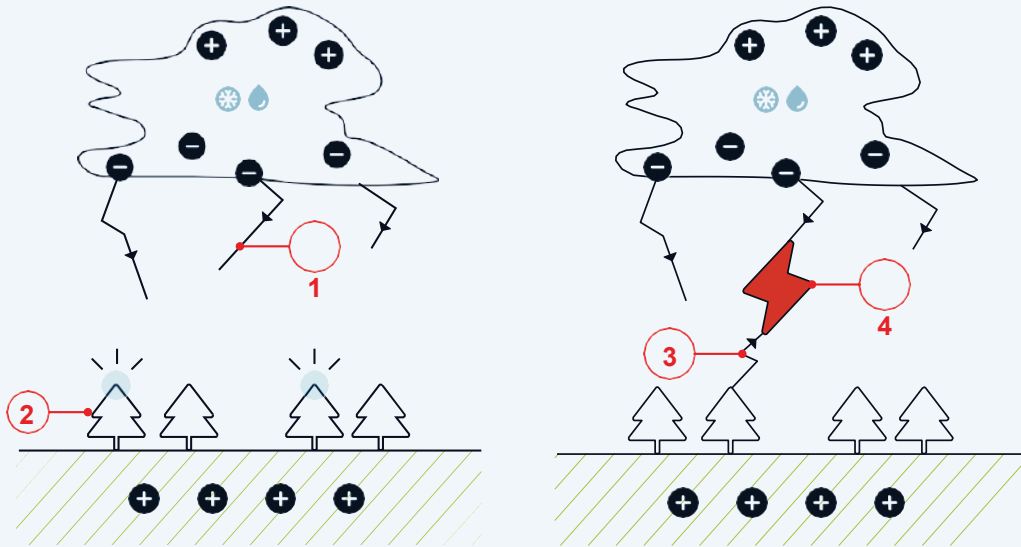
Částice uvnitř mraku (vodní kapky, ledové krystalky) se vlivem silných stoupavých proudů elektricky nabíjejí.

To vede k **jasnému oddělení náboje**:

- Vrchol mraku je **pozitivně nabitý**.
- Základna se **nabije negativně**, někdy s **pozitivní kapsou zachycenou uvnitř**.

Tato nerovnováha vytváří mezi mrakem a zemí **intenzivní elektrické pole**. V reakci na to se země **pozitivně polarizuje**, zejména na špičatých nebo vyvýšených objektech. Když toto pole překročí kritickou mez – obvykle 10–15 kV/m –, — je dostatečné, aby **aktivovalo atmosférický výboj: blesk**. Úder blesku se může skládat z **několika po sobě jdoucích impulzů**, které od sebe dělí zlomky sekundy.

VZNIK BOUŘKY: rozsáhlá elektrická nerovnováha



Fáze č. 1
Sestupný líder: slabě svítící předvýboj se kličkátí z mraku směrem k zemi.

Fáze č. 2
Bodový/korónový efekt: na zemi, vyvýšené konstrukce (stromy, stožáry, antény) vyznačují ionizaci, někdy viditelnou jako Eliášův oheň.

Fáze č. 3
Vzestupný líder: výboj stoupá od země směrem k mraku.

Fáze č. 4
Spojení obou líderů: když se setkají, vznikne ionizovaný kanál, který umožní **intenzivní tok proudu, který vyvolá viditelný záblesk** (světlo) a hrom (rázovou vlnu).



JAK FUNGUJE OCHRANA PŘED BLESKEM?

- 1 VNĚJŠÍ ochranný systém**
→ **Jímá blesk** před úderem do konstrukce. To zahrnuje:
 - **Jímače bleskosvodů**, ať už jde o jednoduché tyče, nebo zařízení se včasnou emisí výboje (ESE).
 - **Svodová vedení** vedoucí proud do země.
 - **Speciální uzemňovací systém** schopný účinně uvolňovat energii.
- 2 UZEMŇOVACÍ systém**
→ Zajišťuje **bezpečné svedení bleskového proudu** do země, což zabraňuje zpětným proudům do konstrukcí. Musí být navržen s nízkou impedancí, vhodnou hloubkou půdy a v případě potřeby s doplňkovými elektrodami.
- 3 VNITŘNÍ ochrana** (proti přepětí)
→ **Chrání** citlivá elektrická a elektronická zařízení **před přechodovými přepětími** generovanými úderem. Spoléhá se na **přepětěvová ochranná zařízení (SPD)** instalovaná na vstupu do sítě, v rozvaděčích nebo v blízkosti kritických zařízení.
- 4 EKVIPOTENCIÁLNÍ POSPOJOVÁNÍ** (nebo vyrovnání potenciálu)
→ **Spojuje** všechny uzemňovací systémy a kovové masy na daném místě (potrubí, konstrukce, rámy atd.), **aby se zabránilo nebezpečným rozdílům v potenciálu** a rizikům vzniku oblouku.

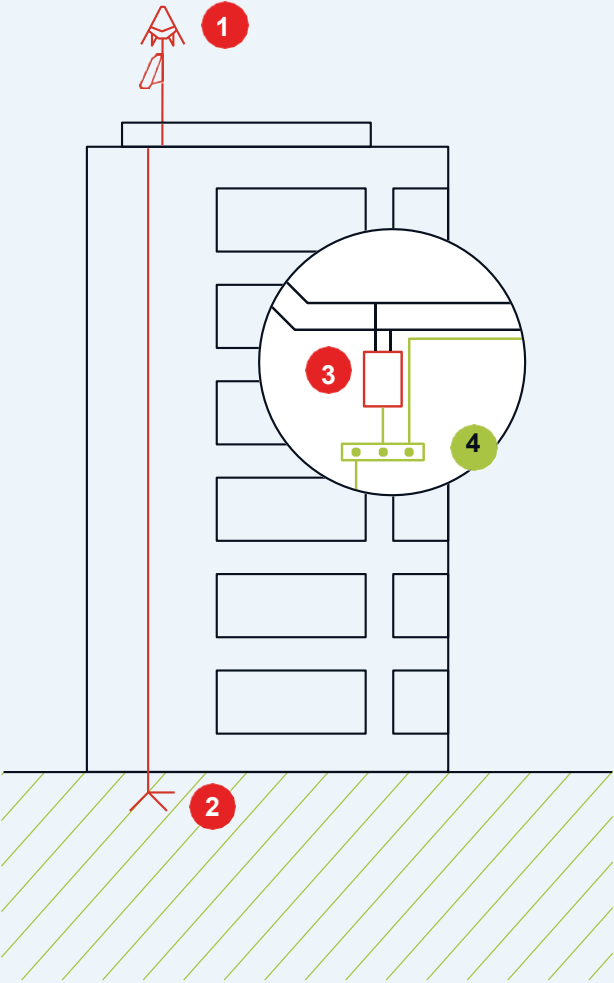


Schéma budovy chráněné před bleskem



Systém přizpůsobený každé lokalitě

Ochrana před bleskem není univerzální řešení. **Každá budova, činnost a konfigurace vyžadují specifická technická rozhodnutí na základě:**

- Velikosti lokality
- Typu činnosti (průmysl, památky, nemocnice, akce atd.)
- Zeměpisné polohy (místní hustota blesků, nadmořská výška, blízkost stromů nebo vody)
- Regulačních a architektonických omezení

Příklady:

- Rozsáhlý průmyslový areál bude vyžadovat komplexní, škálovatelné pokrytí.
- Památkově chráněná budova upřednostňuje nenápadná zařízení integrovaná do architektury.
- Venkovní infrastruktura (stadion, kemp, zábavní park) bude vyžadovat ochranu přizpůsobenou volným prostranstvím a pohybujícím se davům lidí.

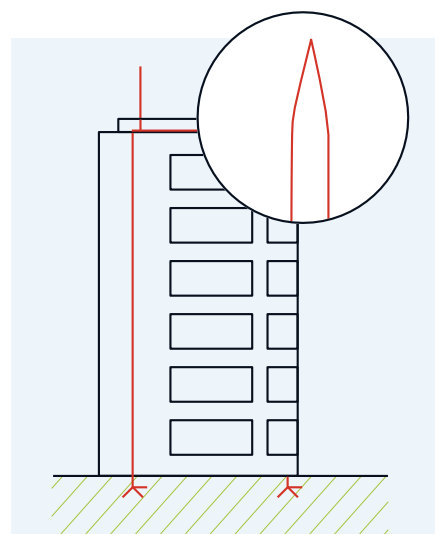
5.2 – Přehled technologií ochrany před bleskem

Od 18. století společnosti vytvořily různé technologie na ochranu před bleskem. Tato zařízení se v průběhu času vyvíjela na základě základních objevů v oblasti elektromagnetismu (Franklin, Faraday, Melsens) i novějších snah o standardizaci a industrializaci.

V současné době jsou celosvětově uznávány a používány **čtyři hlavní skupiny systémů ochrany před bleskem**, v souladu s normami IEC 62305, NF C 17-102, UNE 21186 a NP 4426:

- **Jednoduchý** tyčový bleskosvod
- Systém **s mřížovou jímací soustavou**
- **Lanový** systém
- Bleskosvod **se včasnou emisí výboje (ESE)**

Vedle těchto osvědčených technologií zůstávají některé experimentální koncepty (např. *Charge Transfer Systems* – CTS nebo *repellers*) vědecky a normativně neověřené a nejsou součástí platných předpisů pro regulované budovy.



Jednoduchý tyčový bleskosvod (Franklinova tyč)

→ Princip

Jednoduchá tyč, navržená v 18. století Jacquesem de Romasem a Benjaminem Franklinem, zůstává **referenční technologií** pro malé, málo exponované budovy.

Na nejvyšším místě budovy je instalována kovová tyč, která je připojena dvěma svody ke dvěma zemničům. Poloměr ochrany je omezený (≈ 30 m v nejlepším případě, úroveň IV, výška 60 m).

→ Výhody

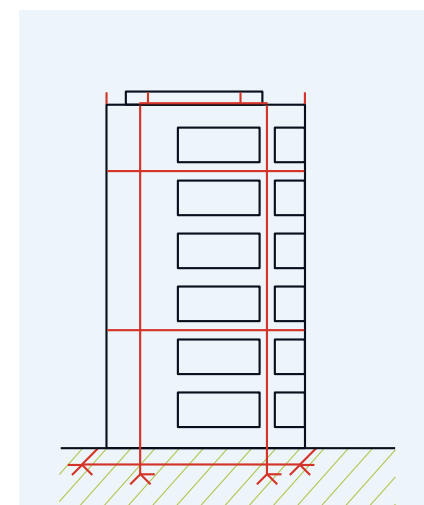
- Jednoduchá konstrukce a realizace.
- Řešení je cenově výhodné pro malé projekty.
- Lze integrovat do určitých architektur.

→ Omezení

- Omezený poloměr ochrany
- Méně konkurenceschopné pro velké komplexy
- Citlivé na mechanická omezení stožárů

→ Platné normy

- Součásti: IEC 62561
- Instalace: IEC 62305-3



Systémy s mřížovou jímací soustavou

→ Princip

Mřížová jímací soustava, inspirovaná principy Faradaye a Melsense z 19. století, **obklopuje stavbu** vodivou mříží integrovanou do střechy a fasád, připojenou k uzavřenému uzemňovacímu systému (typ B). Na vyvýšených částech jsou také umístěny jímací tyče.

→ Výhody

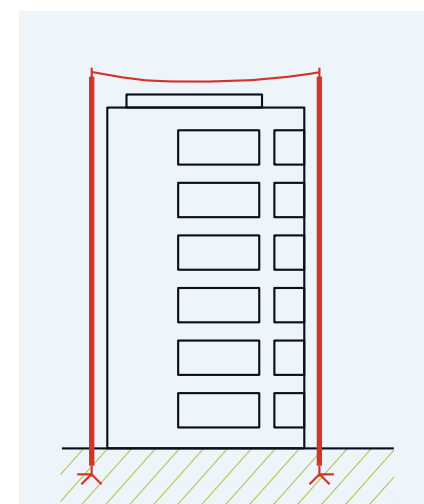
- Snižuje vnitřní elektromagnetické pole.
- Zajišťuje dobré rozložení bleskových proudů.
- Vhodné pro citlivé budovy.

→ Omezení

- Složitá a nákladná realizace
- Materiálově náročné
- Omezená přizpůsobivost stávajícím strukturám

→ Platné normy

- Součásti: IEC 62561
- Instalace: IEC 62305-3



Lanové systémy

→ Princip

Lanové systémy, které se hojně používají k ochraně nadzemního elektrického vedení, fungují na stejném principu jako mřížové klece, ale **svody jsou umístěny ve větší vzdálenosti od budovy**. To umožňuje fyzickou izolaci konstrukce od bleskového proudu.

→ Výhody

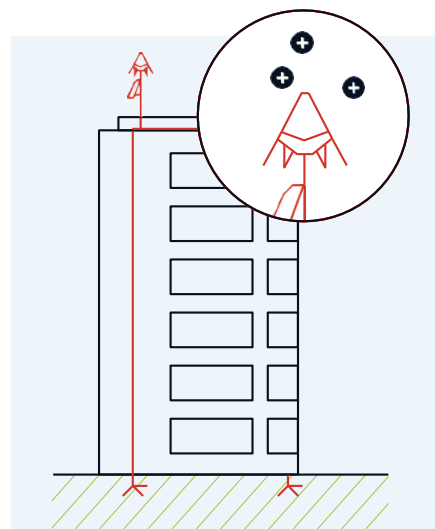
- Zajišťuje dobré pokrytí volných prostranství.
- Snižuje účinky elektromagnetického záření.
- Hodí se pro citlivé průmyslové prostředí.

→ Omezení

- Složitá logistika (prostor, kotvení, údržba)
- Negativní vizuální dopad
- Bezpečnostní rizika na dopravních plochách (stroje, vozidla)

→ Platné normy

- Součásti: IEC 62561
- Instalace: IEC 62305-3



Technologie ESE, vyvinutá v 80. letech 20. století ve Francii za podpory CNRS, je založena na **včasném vytvoření vzestupného výboje** s cílem zachytit blesk **dříve a výše** než okolní stavební prvky. Tato schopnost včasné aktivace umožňuje zařízení **rozšířit ochrannou zónu**.

Bleskosvody se včasnou emisí výboje (ESE)

→ Princip

Během bouřky se elektrické pole na zemi postupně zvyšuje. Zařízení ESE iniciuje **kontrolovanou ionizaci** a uvolňuje seed elektrony, které **vytvářejí vzestupný výboj** dříve než okolní konstrukce. Tím se zvyšuje šance na zachycení sestupného výboje z mraku, protože ESE se stává **preferovaným bodem úderu**.

Vedle sebe existují dva technické principy:

- **Elektronicky spouštěný ESE** (ionizace prostřednictvím zařízení napájeného z baterie nebo okolního pole)
- **Geometricky spouštěný ESE** (bez elektroniky, provoz závisí pouze na tvaru, vnitřní konfiguraci a materiálech ESE)

→ Výhody

- Velký ochranný poloměr (až 107 m)
- Kompaktní a diskrétní řešení
- Úsporné ve velkém měřítku

→ Omezení

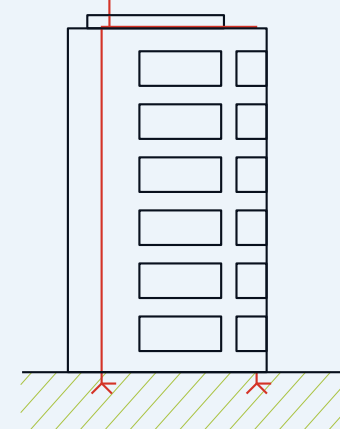
- Zvláštní požadavky na kotvení a stožáry

→ Platné normy

- Součásti: NF C 17-102 – NF EN 62561
- Instalace: NF C 17-102 – UNE 21186 – NP 4426

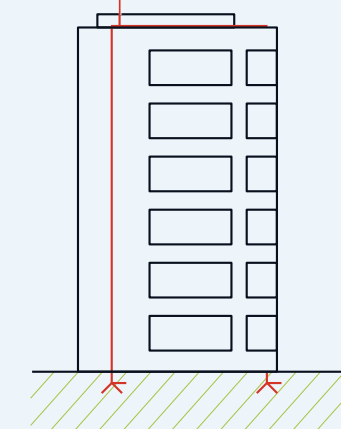
Srovnávací diagram 4 uznávaných technologií

do **20 m**



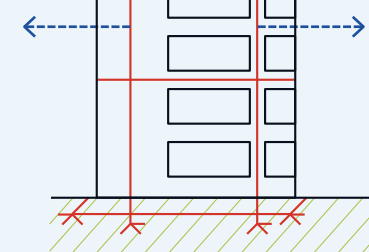
Jednoduchý tyčový bleskosvod

do **107 m**



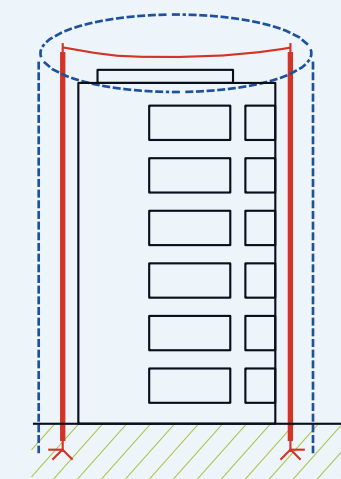
Bleskosvody se včasnou emisí výboje (ESE)

10 až 20 m



Systémy s mřížovou jímací soustavou

do **20 m**
kolem lana



Lanové systémy



→ **Nestandardizované technologie: CTS a další průzkumný výzkum**

Některé nové technologie jsou v současné době předmětem experimentálního výzkumu, ale nejsou **uznány podle hlavních mezinárodních norem** (IEC 62305, NF C 17-102 atd.). Proto nejsou **certifikovány ani předepsány** pro regulované bezpečnostní projekty.

→ **Charge Transfer Systems (CTS) a repellery**

Cílem těchto systémů je **rozptýlit místní povrchové náboje, aby se zabránilo vzniku vzestupných líderů**, a tím snížit pravděpodobnost zásahu. Ať už se nazývají „repellery“, nebo CTS, jsou založeny na stejném principu: **zamezit blesku místo jeho jímání**.

Jejich účinnost však zůstává **velmi sporná**:

- **Žádná nezávislá validace** neprokázala spolehlivost v reálných podmínkách.
- Nejsou **uznány podle žádné národní ani mezinárodní normy**.
- Jejich použití **není nedoporučováno ve vysoce rizikových situacích**, a to ani regulačními orgány, ani certifikačními orgány.

→ **Další výzkumy: lasery, drony**

Novější výzkum zkoumá inovativní, stále ještě experimentální přístupy:

- **Vysokoenergetický laser** (Švýcarsko, 2023):²⁷ Vědci ze Ženevské univerzity testovali systém schopný **navádět blesky na dálku** pomocí ultraintenzivního laseru, který ionizuje vzduch na vzdálenost několika set metrů. Zkoušky na vrcholu hory Säntis ukázaly slibné výsledky, ale mají **daleko ke spolehlivému průmyslovému využití**.
- **Drony rozptylující náboj** (Japonsko, 2025):²⁷ **autonomní drony schopné vypouštět nabitě částice ve výšce** za účelem narušení kritických elektrických polí v okolí citlivých infrastruktur (viz výhledový rámeček *A zítra?*, str. 45).

→ **A zítra?**

BLESKY, KLIMA A NOVÉ RIZIKOVÉ OBLASTI

Výsuvné bleskosvody: ochrana s diskrétností

V citlivých architektonických nebo památkových kontextech výrobci experimentují s **výsuvnými systémy**, které se nasazují pouze při zjištění bezprostředního rizika bouřky. Tato zařízení, která jsou motorizovaná nebo pružinová, kombinují meteorologické senzory a inteligentní automatiku s cílem vyvážit estetiku, bezpečnost a ochranu. Zejména v Evropě se již testují na památkově chráněných historických budovách a turistických objektech.

Drony a upoutané balony: éra mobilní ochrany

Co když nejlepší ochrana před bleskem pochází z oblohy? Laboratoře v Evropě a Asii testují **drony pro velké výšky** nebo **vodivé balony** schopné:

- detekce oblasti s elektrickým nábojem v atmosféře;
- spuštění včasného výboje předtím, než dojde k přirozenému zásahu (podobně jako řízené spuštění);
- jímání blesku a jeho odvedení mimo chráněné místo.

Tato zařízení jsou zatím experimentální, ale mohla by otevřít cestu **k aktivní mobilní ochraně** – zejména pro venkovní akce nebo dočasná zařízení, jako jsou festivaly, vzdálená pracoviště atd.

V dubnu 2025 NTT Group (Japonsko) úspěšně **vyvolala a navedla úder blesku pomocí dronu**, čímž demonstrovala potenciál nových přístupů aktivního řízení rizik ve složitých prostředích, která nejsou pokryta tradičními systémy.

Chytré materiály a nové architektury

Probíhá také výzkum v dalších oblastech:

- **Inteligentní vodivé nátěry** integrované do plášťů budov nebo vozidel (letadel, vlaků atd.)
- **Modulární záchytné konstrukce**, vytištěné 3D tiskem a schopné přizpůsobit se specifickým potřebám dané lokality, nebo dokonce se aktivovat automaticky díky zabudované inteligenci.

→ **Poznámka:**

Tyto zajímavé inovace **zatím nejsou standardizovány**, a proto v současné době nemohou nahradit zařízení uznávaná mezinárodními normami (NF C 17-102, IEC 62305 aj.). Představují však **úrodnou půdu pro řešení zítřka**, zejména v oblasti letectví, obrany a izolovaných kritických infrastruktur.

5.3 – Přehled norem a předpisů pro ochranu před bleskem

Ochrana infrastruktury před bleskem není jen otázkou technologie. Je to také – a především – záležitost **přísné metodiky podložené technickými normami ověřenými** na národní nebo mezinárodní úrovni. Tyto normy zajišťují spolehlivost, reprodukovatelnost a bezpečnost instalovaných ochranných systémů.

→ Proces založený na hodnocení rizik

Hlavní normy v oblasti ochrany před bleskem, ať už mezinárodní normy IEC, nebo národní texty, jako je NF C 17-102, vycházejí všechny ze společného principu: ochrana musí být odůvodněna analýzou rizik. To je první krok.

Tento přístup umožňuje vyhodnotit:

- Úroveň místní expozice (hustota úderů blesku do země)
- Kritičnost konstrukce (funkce, obsah, přítomnost člověka)
- Možné důsledky úderu

Právě tento strukturovaný přístup **určuje požadovanou úroveň ochrany**. Tato metodika je základem normy IEC 62305-2, která zavádí **pojmem přípustné riziko** (RT) a definuje stupně ochrany I až IV.

→ Dvě doplňující se, nikoli konkurenční rodiny norem

Dnes vedle sebe existují dvě hlavní rodiny norem, které si nekonkurují, ale vzájemně se doplňují:

- **Mezinárodní normy IEC 62305** (a jejich evropský ekvivalent EN), které definují zásady konstrukce konvenčních systémů (jednoduché tyče, metoda mříže, lanové systémy).
- **Vnitrostátní normy věnované bleskosvodům ESE** (Early Streamer Emission), jako jsou **NF C 17-102 (Francie)**, **UNE 21186 (Španělsko)**, nebo technické texty přijaté ve více než 50 zemích (Turecko, Rumunsko, Argentina, Maroko atd.).

Navzdory obecným mylným představám nejsou tyto rámce v rozporu. Podle prohlášení **CENELEC** zařízení ESE „nespadají do oblasti působnosti normy EN 62305“: proto se oprávněně řídí specifickými vnitrostátními rámci.

To je v normativním světě standardní situace: **pokud se na předmět nevztahuje mezinárodní norma, platí suverénní vnitrostátní normy**.

→ Přizpůsobení normy projektu

Nejde o výběr „nejlepší“ normy, ale o výběr **nejvhodnější normy pro daný projekt** v závislosti na zemi instalace, konfiguraci lokality a cílech z hlediska kontinuity, estetiky nebo údržby.

KLÍČOVÉ ZÁVĚRY

- **Posouzení rizik je základním výchozím bodem**, a to bez ohledu na zvolenou normu.
- **Zařízení ESE se řídí specifickými normami**, které jsou uznávány v mnoha zemích.
- **Standardů ochrany je více**, protože projekty jsou různorodé.

5.4 – Výběr správné technologie ochrany před bleskem: význam posouzení rizika zásahu bleskem

Výběr systému ochrany před bleskem není jen otázkou výběru zařízení z katalogu. Prvním důležitým krokem je **důkladné posouzení rizik** – vyžadované mezinárodními normami, jako jsou IEC 62305 a NF C 17-102. Určí, zda je ochrana nutná, definuje požadovanou úroveň ochrany a řídí celkový návrh systému. **Teprve po této fázi lze zvolit vhodnou technologii**.

→ Proč je hodnocení rizik nezbytné?

Každá technologie (ESE, Franklinova tyč, metoda mříže, lanový systém) má své **výhody a omezení**, které lze efektivně posoudit pouze na základě:

- Charakteristik budovy (výška, materiály, využití)
- Konfigurace lokality (městské prostředí, izolace, terén)
- Místního klimatu (bouřkový stupeň, hustota úderů blesku do země)
- Funkčních požadavků (kontinuita služeb, ochrana veřejnosti, ochrana kulturního dědictví, ...)
- A přijatelné míry rizika



Normativní proces hodnocení rizika blesku a technický průzkum

KROK č.1

→ Vyhodnocení výskytu blesků

Na základě:

- Nk (bouřkový stupeň) = počet bouřkových dnů za rok
- Ng (hustota úderu blesku do země) vypočtená podle:

Ng = 0,04 × Nk1,25
nebo
Ng ≈ Nk / 10 (aproximace)

KROK č.2

→ Identifikace zón, které mají být chráněny

Normy vyžadují analýzu podle funkčních zón:

- Samotná konstrukce;
- Osoby (uvnitř i venku)
- Zařízení a obsah
- Citlivé prostředí

KROK č.3

→ Výpočet rizika (R) a porovnání s přípustným rizikem (RT)

- Pokud $R \leq RT$ → ochrana není vyžadována.
- Pokud $R > RT$ → je třeba provést ochranná opatření.

KROK č.4

→ Stanovení požadované úrovně ochrany (LPL)

V závislosti na expozici a možných následcích jsou definovány čtyři úrovně:

Úroveň	Požadovaná účinnost	Proudový rozsah (kA)	Typický ochranný poloměr jímáčů ESE (m)
I	98 %	3 až 200	až 79 m
II	95 %	5 až 150	až 86 m
III	90 %	10 až 100	až 97 m
IV	80 %	16 až 100	až 107 m

KROK č.5

→ Stanovení počtu a poloměru prutů jímací soustavy

Návrh vnějšího ochranného systému vyžaduje:

- Určení počtu jímáčů (bleskosvodů nebo svodů)
- Výpočet jejich ochranného poloměru (Rp) na základě:
 - Požadované úrovně ochrany (LPL)
 - Výšky prutu jímací soustavy (h)
 - Topologie lokality
 - Zvolené metody (valící se koule, ochranný úhel, mříž)

PŘÍKLAD

U bleskosvodu ESE o výšce 5 m s LPL II může teoretický poloměr ochrany dosáhnout 60–80 m.

Proto je důležité vybírat systémy vyhovující normám a testované z hlediska skutečné účinnosti.

6 – POHLED NA BLESKOSVODY ESE: inovativní technologie nabízející větší ochranný poloměr při stejné účinnosti

6.1 – Princip fungování zařízení ESE.
S. 52

6.2 – Výhody bleskosvodů ESE.
S. 55

6.3 – Bleskosvody ESE: již 40 let široce
přijímaná, osvědčená a uznávaná technologie.
S. 59

6.1 –
Princip fungování zařízení ESE



Historie ESE: technologie se čtyřicetiletou zkušeností

Bleskosvody se včasnou emisí výboje (ESE) se objevily v 80. letech 20. století v rámci **aplikovaného výzkumu** s cílem zlepšit zmírnění rizik tradičních systémů ochrany před bleskem. **Jejich účel: zachytit bleskový výboj dříve a účinněji**, a tím rozšířit chráněnou oblast kolem stavby.

Od té doby byla tato technologie přijata ve více než 100 zemích, **standardizována** podle několika národních rámců (zejména **NF C 17-102** ve Francii, **UNE 21186** ve Španělsku a **NP 4426** v Portugalsku) a **experimentálně testována v reálných podmínkách** v Indonésii, Brazílii a na Floridě.

UŽITEČNÉ INFORMACE

Vývoj zařízení ESE byl podporován vědeckými institucemi a jejich možnosti byly ověřovány pomocí vysokonapěťových laboratorních zkoušek, po nichž následovaly terénní zkoušky v oblastech s vysokou

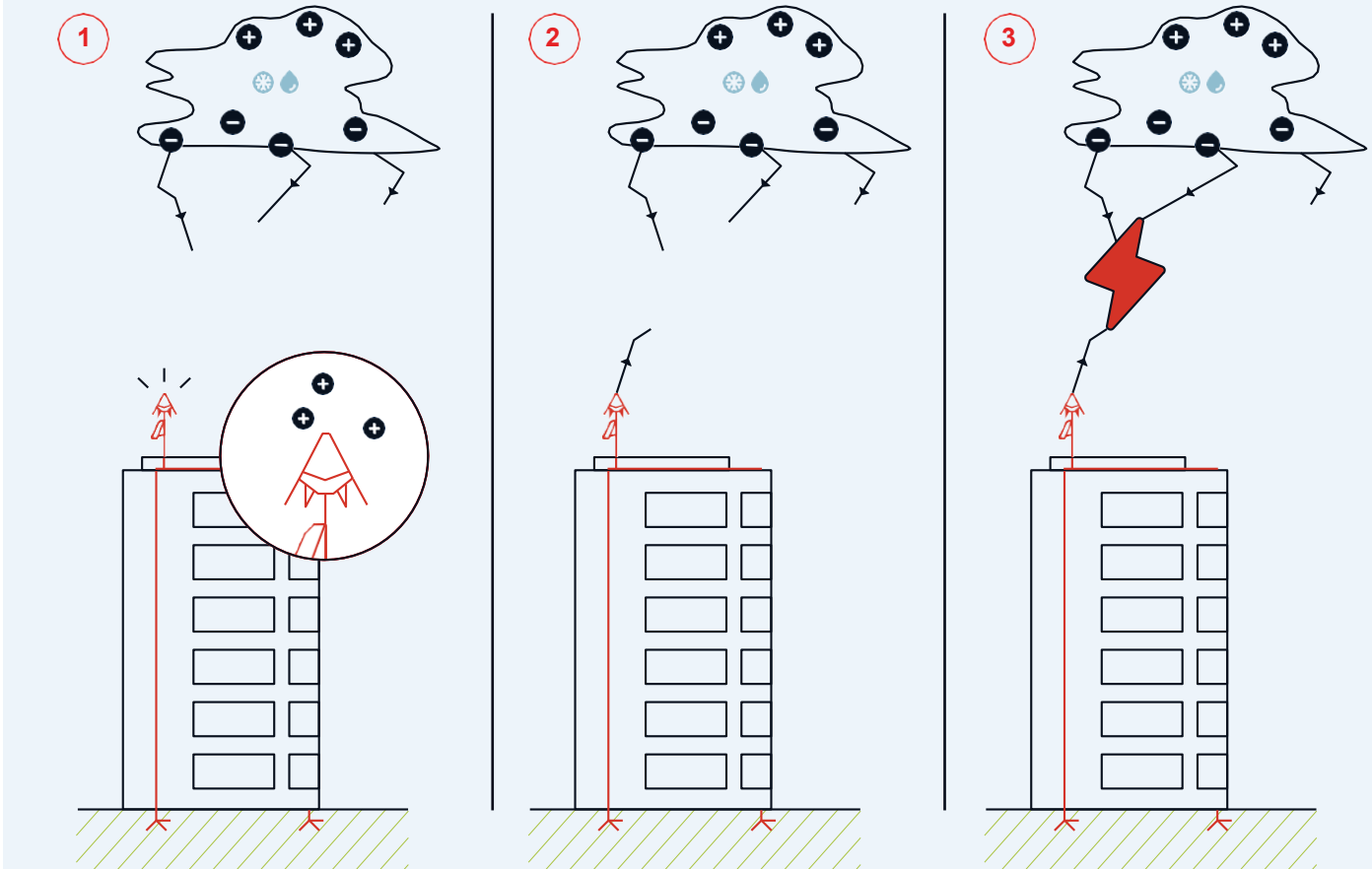
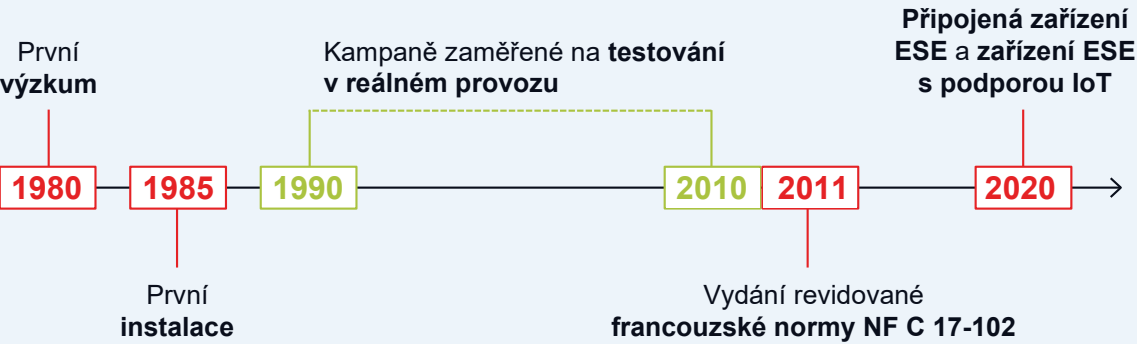


Vyspělá, ale neustále se vyvíjející technologie

V průběhu desetiletí byla zařízení ESE minimalizována a optimalizována (odolné materiály, snížená údržba). Mají integrované nové funkce (dálkové monitorování, diagnostika) a prošla vědeckým hodnocením: vysokonapěťové testy, počítání úderů, digitální simulace.



Klíčové fáze vývoje bleskosvodů ESE



Jak zařízení ESE fungují?

Technologie bleskosvodu se včasnou emisí výboje (ESE) vychází z **mechanismů iniciace blesku**. Jejím účelem je **uměle podpořit tvorbu vzestupného výboje, aby zachytil blesk dříve a výše** než tradiční systémy.

Když se blíží bouřka, **atmosférické elektrické pole** při zemi zesílí v reakci na záporný náboj v základně mraku. Toto pole může v blízkosti země, zejména na vrcholcích vysokých staveb (věže, věžičky, stožáry, ...), přesáhnout **50–100 kV/m**.

Po dosažení této prahové hodnoty se mohou u ostrých pozemních prvků tvořit přírodní **vzestupné výboje** prostřednictvím **korónového efektu**. Tyto vzestupné výboje se šíří směrem k mraku a spojují se se **sestupnými výboji**. Bod spojení určuje **kanál blesku**, a tedy místo zásahu.



Cíl ESE: „vyhrát závod“ o spojení

Zařízení ESE je navrženo tak, aby vytvořilo vzestupný výboj dříve než okolní struktury. Tím maximalizuje svou šanci stát se preferovaným místem úderu.

Toto včasné spuštění závisí na třech hlavních funkcích integrovaných do zařízení:

- **Uvolnění seed elektronů** na špičce prutu ve formě plazmatu, aby se výboj inicioval dříve.
- **Evakuace prostorového náboje**, neutralizace parazitních nábojů v okolí špičky prutu pro zachování optimálních podmínek pro iniciaci výboje.
- **Aktivní synchronizace** s vyvíjejícím se elektrickým polem, která spouští iniciaci v kritickém okamžiku, kdy okolní pole dosahuje vrcholu, těsně před úderem.



Měřitelná časová výhoda

Specifikace bleskosvodů ESE se často vyjadřují jako „efektivita“ (ΔT): doba (v mikrosekundách), do níž ESE vyše vzestupný výboj ve srovnání s běžnou Franklinovou tyčí. V závislosti na modelu se tato doba pohybuje od 10 do 60 μs (NF C 17-102).

Čím větší je ΔT , tím širší je ochranný rádius. To lze vysvětlit jednoduchým fyzikálním principem: během bouřky blesk sestupuje z mraku v podobě záporného výboje, zatímco bleskosvod mu vysílá v ústretu vzestupný výboj.

- Pokud ESE vyše svůj výboj dříve, může se šířit dále, než se setká se sestupným výbojem.
- K setkání dochází výše v atmosféře, což rozšiřuje ochranný kužel na úrovni země.
- Tento mechanismus umožňuje zařízením ESE dosáhnout ochranných poloměrů až 107 metrů v závislosti na výšce instalace a požadované úrovni ochrany.



Dva technické přístupy

Výrobci používají dvě různé metody:

- **Elektronická aktivace:** založená na obvodech napájených z baterie nebo z okolního pole, které v kritickém okamžiku aktivně uvolňují výboj.
- **Geometrická aktivace:** žádná integrovaná elektronika; závisí na konstrukci, vnitřní konfiguraci a materiálech, které lokálně zesilují elektrické pole.



6.2 – Výhody bleskosvodů ESE



ZAMĚŘENO NA NÁKLADOVOU ÚČINNOST: rozhodující ekonomická páka

Kromě technické účinnosti nabízejí bleskosvody se včasnou emisí výboje (ESE) **významné ekonomické výhody** ve srovnání s tradičními systémy, jako jsou Franklinovy tyče nebo mřížová jímací soustava.

→ **Klíčová ekonomická výhoda ESE** spočívá v jejím **rozšířeném poloměru ochrany**.

Jediné dobře umístěné zařízení ESE může pokrýt velkou plochu, což výrazně snižuje počet potřebných jímačů, svodů a uzemňovacích prvků.

→ **Méně materiálu, méně práce**, a proto podstatně nižší celkové náklady, zejména na velkých nebo složitých stavbách.

Zařízení ESE jsou rovněž založena na **zjednodušené, a tudíž levnější architektuře**:

- **Méně součástí** (snížený počet jímačů, svodů, elektrod)
- **Méně odborné práce** potřebné pro instalaci
- **Méně materiálu**, což znamená **lehčí logistiku** (doprava, skladování)

Konkrétní příklad

Srovnání tradičního systému a systému ESE v továrně na papírové obaly v Chirols (Francie), podléhající úrovni ochrany II (norma IEC 62305)

(Zdroj: Indelec, případová studie Chirols, 2023. Další podrobnosti jsou k dispozici na vyžádání.)

V horizontu 5 let byly **celkové náklady na systém ESE více než pětikrát nižší než náklady na ekvivalentní systém pasivní ochrany** – při stejné úrovni ochrany (úroveň II podle normy IEC 62305).

→ **Toto řešení nejen zabezpečuje majetek, ale také optimalizuje rozpočty CAPEX a OPEX** pro projekty ochrany před bleskem.





ZAMĚŘENO NA INSTALACI: jednoduchost, rychlost, bezpečnost

Zařízení ESE nabízejí **významné logistické a provozní výhody** při instalaci:

- **Méně komponent, méně připojení, méně upevňovacích bodů**, což vede k **jednodušší a snazší instalaci**.
- Kompaktní provedení umožňuje **montáž na střechy, vyhrazené stožáry nebo stávající konstrukce**, včetně obtížně přístupných míst (komíny, sila, stožáry atd.).
- Menší složitost znamená **menší riziko chyb**, menší zpoždění výstavby a snadnější kontroly shody (Indelec, zpětná vazba z provozu).

→ **Méně komponent, menší složitost.**

Případ použití

Bleskosvody ESE jsou vhodné zejména pro **izolované nebo nechráněné infrastruktury**:

- **Na solárních polích** zařízení ESE minimalizují zastínění panelů – což je rozhodující faktor pro energetický výkon – a zároveň zajišťují účinnou ochranu.



ZAMĚŘENO NA VÝHODY V OBLASTI OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Zařízení ESE jsou také v souladu se zásadami **udržitelnosti a firemní odpovědnosti**. Jejich **jednodušší konstrukce** umožňuje až **8krát nižší spotřebu mědi** ve srovnání se silně kovovými systémy mřížových jímacích soustav. (Zdroj: Indelec srovnávací údaje, 2023.)

→ Tato technická volba pomáhá **snížit celkovou uhlíkovou stopu budovy** omezením využívání kritických zdrojů a emisí spojených s těžbou a zpracováním kovů.

Zařízení ESE jsou proto v souladu s:

- **Environmentálními certifikacemi** jako LEED®, HQE™, BREEAM®
- **Nízkouhlíkovými strategiemi**
- **Očekávanými regulačními rámci** zaměřenými na materiály s vysokou uhlíkovou náročností (např. směrnice CSRD, nařízení EU o zelené taxonomii, směrnice o ekodesignu)

Tato otázka je dále rozvedena v oddíle 4.3 („Napětí v zásobování surovinami používanými při ochraně před bleskem nesmí vést k nedostatečným investicím“).



ZAMĚŘENO NA VOLNÁ PROSTRANSTVÍ: pokrytí větší oblasti pomocí menšího počtu zařízení

Díky svému rozšířenému ochrannému poloměru jsou bleskosvody ESE **vhodné zejména do otevřeného a rozsáhlého prostředí**:

- Jeden ESE může chránit **poloměr až 107 metrů** v závislosti na výšce instalace a technických specifikacích.
- Tím se výrazně **snižuje počet zařízení potřebných pro průmyslové areály**, logistické sklady, stadiony nebo venkovní parkoviště.

→ **Méně bodů, větší chráněná oblast.**

Případ použití

Golfová hřiště patří kvůli své otevřené a rovinaté poloze k prostředí, která jsou nejvíce vystavena bouřkám. Navzdory detektorům bouřek bylo zaznamenáno několik vážných incidentů:

- **East Lake (PGA Tour,²⁹ 2019)**: šest zraněných diváků po úderu blesku, navzdory přerušení zápasu.
- **Hazeltine National (1991) a Crooked Stick (1991)**: dva diváci zabiti bleskem.
- **Tanah Merah & Laguna National (Singapur, 2000)**: smrtelné úrazy navzdory varování před bouřkou.

Tyto tragédie poukazují na klíčovou skutečnost: **samotné výstrahy nestačí**. Technická řešení, jako jsou zařízení ESE, poskytují účinnou ochranu citlivých oblastí (odpaliště, greeny, divácké zóny). Jejich instalace je již běžná v USA, Evropě a Asii.

Příkladem chráněné lokality je **Boone Valley Golf Club (Missouri, USA)** (<https://boonevalley.org/>).



ZAMĚŘENO NA ESTETICKÉ VÝHODY

Díky širokému ochrannému poloměru zařízení ESE **snižují počet viditelných prvků a objemných střešních konstrukcí**. Tato technická vlastnost se v praxi projevuje **velmi malým vizuálním dopadem**.

Jejich kompaktní formát a možnost montáže na vyhrazené stožáry nebo střechy umožňují **diskrétní integraci**, bez zamotaných lan nebo změny siluety budovy.

→ **Jsou vhodné zejména pro památkově a architektonicky citlivé objekty** (památkově chráněné budovy, historická centra, muzea, ...). Příklady: Angkor Vat, Montmartre, Burž Chalífa Dubaj atd.



ZAMĚŘENO NA NEJNOVĚJŠÍ VÝVOJ: řízení v reálném čase a zvýšená spolehlivost

S rostoucími požadavky na řízení rizik a kontinuitu provozu se systémy ochrany před bleskem vyvíjejí v **chytrá, propojená řešení** nabízející větší **viditelnost jejich činnosti a provozního stavu**.



NOVÁ GENERACE připojených zařízení ESE

Trh s ochranou před bleskem se vyvíjí směrem k **chytřejším a propojenějším řešením**. V reakci na rostoucí požadavky na sledovatelnost, prediktivní údržbu a odolnost integruje nyní několik výrobců do svých zařízení elektronické monitorovací moduly.

Toto pokročilé přístrojové vybavení umožňuje manažerům rizik, průmyslovým provozovatelům a specializovaným inženýrským firmám:

- Sledování provozního stavu zařízení na dálku
- Plánování zásahů pro ověřování a dodržování předpisů efektivněji a s nižšími náklady (bez nutnosti výstupu k prutu jímací soustavy na vrcholu stožárů...)
- Zajištění průběžné sledovatelnosti úderů blesku, jak vyžadují některé normy nebo průmyslové předpisy (ve formě digitálního záznamu)

Tato řešení jsou plně v souladu s **mezinárodními trendy** v oblasti **řízení kritických aktiv, průmyslové kybernetické bezpečnosti a optimalizace technických provozů**.



V této souvislosti společnost **Indelec vyvinula řadu Prevectron® 3 Connect**, bleskosvod ESE vybavený vestavěnými senzory a systémem vzdálené komunikace, který umožňuje monitorování zařízení v reálném čase.

→ **Průběžné monitorování** stavů bleskosvodu pomocí vnitřního senzoru;

→ **Automatická detekce úderů blesku** – i slabých – s časovým záznamem

→ **Zabezpečení přenosu dat** do digitální platformy

→ **Automatické výstrahy** v případě anomálie nebo potřeby údržby

6.3 –

Bleskosvody ESE: již 40 let široce přijímaná, osvědčená a uznávaná technologie



Globální přijetí

Od 80. let minulého století se bleskosvody se včasnou emisí výboje (ESE) postupně etablovaly jako referenční řešení ochrany před bleskem v mnoha zemích s vysokou expozicí.

Podle organizace International Lightning Protection Association (ILPA) a GIMELEC je na celém světě instalováno **více než milion zařízení ESE**; tato technologie se nyní těší **potvrzenému celosvětovému rozšíření**, což dokládají tyto skutečnosti:

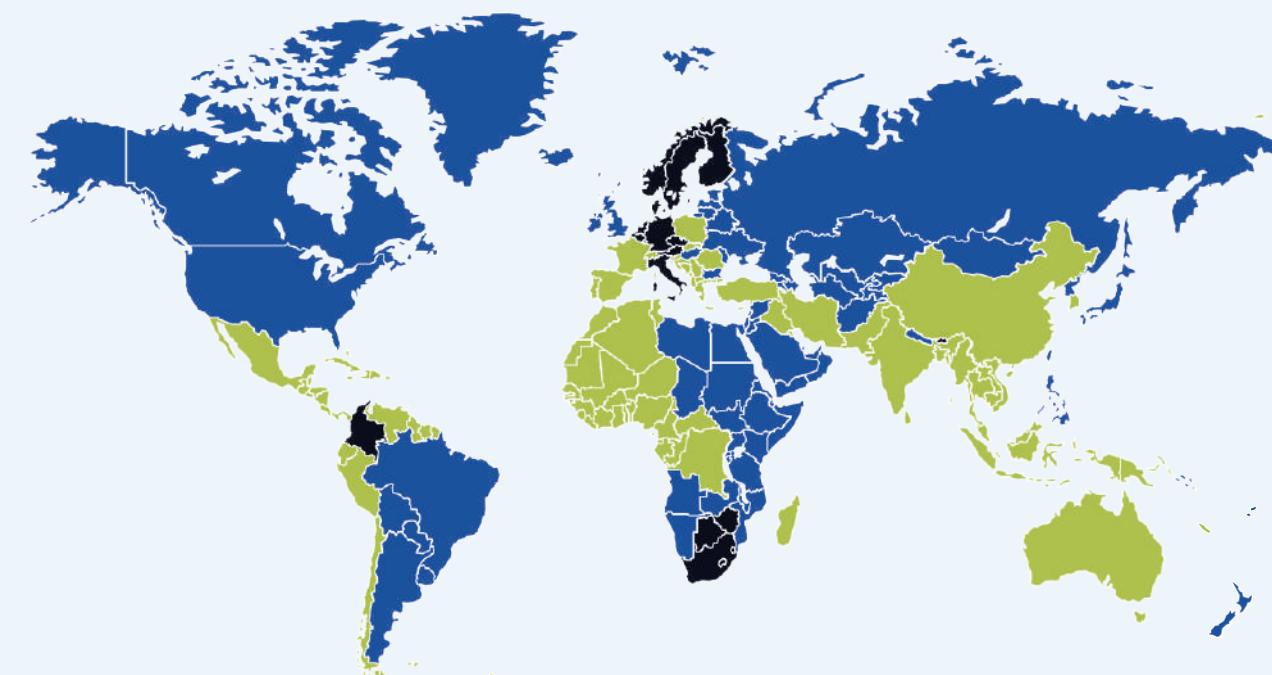
- **Silné rozšíření** v zemích, jako jsou **Brazílie, Mexiko, Maroko, Nigérie, Kongo, Thajsko, Bangladéš, a na řadě evropských trhů** (např. Francie, Španělsko, Portugalsko, Řecko).
- Geografická analýza instalací ukazuje, že **zařízení ESE se převážně uplatňují v regionech světa nejvíce ohrožených blesky**.

Údaje ILPA ukazují, že **více než 51,5 % bleskosvodů ESE** je instalováno v oblastech, kde **hustota úderů blesku do země (Ng) přesahuje 10 úderů/km²/rok** – v oblastech s nejvyšší expozicí na světě, jako je Brazílie, Malajsie, Indie a střední Afrika. Pro srovnání, severoevropské země hlásí Ng nižší než 2.

V současné době jsou **bleskosvody ESE přítomny na všech kontinentech** a jsou považovány za **klíčovou součást strategií odolnosti vůči elektrickým a klimatickým vlivům**, zejména v oblastech vystavených extrémním povětrnostním jevům.

Používání bleskosvodů ESE po celém světě:

■ Široce používané ■ Používané ■ Zřídka používané

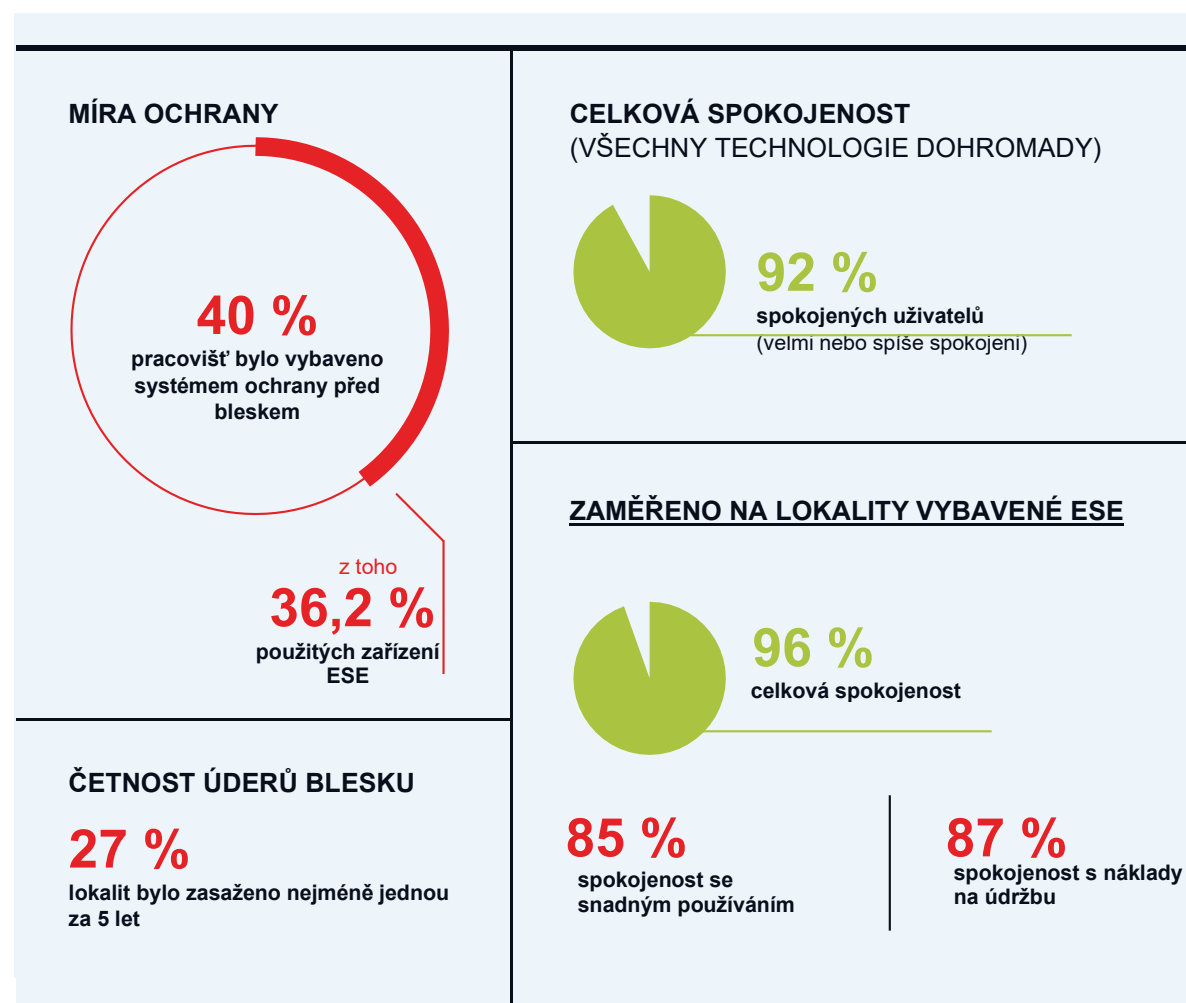




Prokázaná spokojenost zákazníků

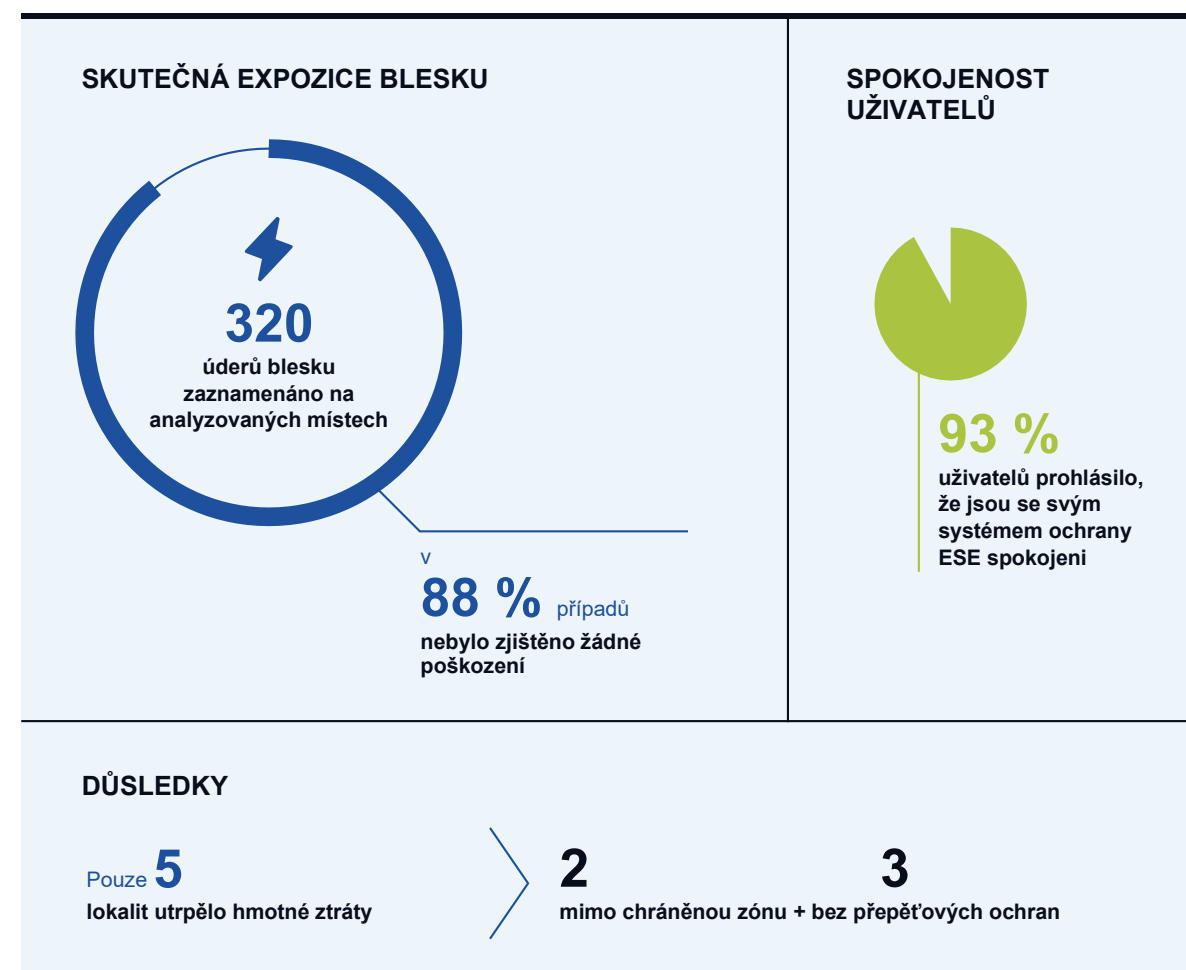
Jedním z nejvýznamnějších ukazatelů zmírnění rizika u bleskosvodů ESE je **spokojenost uživatelů**. Tento názor potvrzují dvě rozsáhlé nezávislé studie:

Průzkum IPSOS – MEDD / GIMELEC / INERIS – červen 2002²³
→ 483 průmyslových areálů součástí průzkumu



Marketingová studie OP – Gimelec D84 – červen 2012²⁴

→ 197 vybavených průmyslových objektů / 1 580 analyzovaných zařízení ESE





PŘÍKLADY PAMĚTIHODNOSTÍ vybavených bleskosvody ESE: portfolio projektů Indelec

SEKTOR	KLIENTI	LOKALITA
Památky a významná místa	Angkor Vat	📍 Siam Reap, Kambodža
	Sacré Coeur Montmartre	📍 Paříž, Francie
	Burdž Chalífa	📍 Dubaj, SAE
	Národní antropologické muzeum	📍 Mexico, Mexiko
	Tower of London	📍 Londýn, Spojené království



V hledáčku Angkor Vat

→ VÝZVA

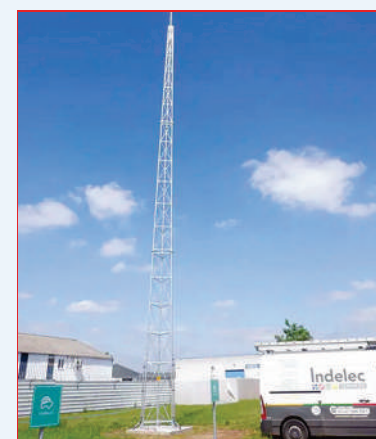
Ochrana největší náboženské památky na světě, rozkládající se na ploše 1 500 × 1 300 m, s pěti věžemi dosahujícími výšky 65 m.

→ ŘEŠENÍ

V úzké spolupráci s restaurátory vyvinula společnost Indelec řešení na míru. Systém ochrany před bleskem musel vydržet výboje o síle několika tisíc ampérů a zároveň zůstat prakticky „neviditelný“.

Obytné budovy	Sultan Palace	📍 Nairobi, Keňa
	255 St Paul Street	📍 Denver, USA
	Ararat Tower	📍 Limassol, Kypr
	Reserva Ecoville	📍 Curitiba, Brazílie
	Botanika	📍 Hajdarábád, Indie

SEKTOR	KLIENTI	LOKALITA
Datové centrum	OVH	📍 Croix, Francie
	Kaspi Bank	📍 Almaty, Kazachstán
	Infosys	📍 Bangalore, Indie
	Google	📍 Thornton, USA
	Voltekko Gama	📍 Alcochete, Portugalsko



V hledáčku Datové centrum OVH Cloud

→ VÝZVA

Ochrana datového centra nové generace v Roubaix, kde je umístěno téměř 35 000 serverů, zajištění maximální kontinuity služeb v prostředí vysoce citlivém na přepětí a elektromagnetická pole.

→ ŘEŠENÍ

Společnost Indelec nasadila bleskosvody Prevector@3 Connect na samonosné stožáry instalované mimo budovy pro izolovanou ochranu. Připojená zařízení poskytují týmům OVHCloud monitorování v reálném čase. Zvláštní pozornost byla věnována kvalitě uzemnění (odpor < 5 ohmů) a ekvipotenciálnímu pospojování.

Komerční budovy	The Village – nákupní centrum Al Jawhara	📍 Džidda, Saúdská Arábie
	Obchodní centrum Arribat	📍 Rabat, Maroko
	Monsieur Bricolage	📍 Niš, Srbsko
	Mall of Indonesia	📍 Jakarta,
		📍 Indonésie

Průmyslové areály	Bitner Cable	📍 Trzyciąż, Polsko
	Toyota	📍 Chachoengsao, Thajsko
	Saint Gobain Brasilit	📍 Více lokalit, Brazílie
	Ocelárna Liberty	📍 Galati,
	ACC Giga Factory	📍 Rumunsko

SEKTOR	KLIENTI	LOKALITA
Sportovní zařízení a stadiony	Allegiant Stadium	📍 Las Vegas, USA
	Stade Orange Velodrome	📍 Marseille, Francie
	Franceville Stadium	📍 Franceville, Gabon
	Sydney Cricket Stadium	📍 More Park, Austrálie
	Daegu Stadium	📍 Daegu, Jižní Korea
	V hledáčku Allegiant Stadium: Super Bowl 2024	
	→ VÝZVA Zajištění bezpečnosti desítek tisíc diváků a garance kontinuity nejsledovanější sportovní události v USA na složitém architektonickém místě s vysokou mírou vystavení bleskům. → ŘEŠENÍ Společnost Indelec ve spolupráci se společností NLP Corp navrhla a nasadila systém ochrany před bleskem na míru pro Allegiant Stadium. Řešení, plně vyhovující mezinárodním standardům, kombinovalo spolehlivost, optimální pokrytí a diskrétní integraci do infrastruktury.	
	Případ použití Prevector3® Connect, červenec 2025	
	Vodní park OWA Parks & Resorts – Foley, Alabama, USA Úder blesku do bleskosvodu ESE byl automaticky zaznamenán na webu indelec-connect.com 30. července 2025 v 19:59 (UTC + 2) díky funkcím IoT zařízení. Bleskosvod zůstal po zásahu plně funkční. Kontext: Volnočasové centrum s rozsáhlými stavbami a velkými volnými prostranstvími vyžadujícími ochranu.	

Místa skladování nebezpečných a hořlavých látek	Plynové pole ZOHR	📍 Středomoří, Egypt
	Petroleum Company	📍 Rusororo, Rwanda
	Antamina	📍 Ancash, Peru
	Air Liquide	📍 <i>Více míst</i> , Francie
	Korean Gas Corporation	📍 <i>Více míst</i> , Jižní Korea
	V hledáčku Plynové pole ZOHR	
	→ VÝZVA Ochrana kritických infrastruktur největšího plynového pole ve Středomoří, které společnost ENI provozuje ve spolupráci se společností EGPC, v prostředí vystaveném slané vlhkosti a častým pobřežním bouřím. → ŘEŠENÍ Instalace bleskosvodů Prevector3® S60 s moduly pro dálkové testování od společnosti ELSEWEDY SEDCO v několika provozech. Toto nastavení zajišťuje snadnější údržbu a nepřetržité monitorování, což dokonale vyhovuje provozním omezením velmi rozsáhlého pracoviště na moři. → VÝSLEDEK Spolehlivé, inteligentní a snadno udržovatelné řešení ochrany před bleskem, které pomáhá zabezpečit strategickou těžbu plynu v koncesi Shourouk v plném souladu s průmyslovými a regulačními normami.	

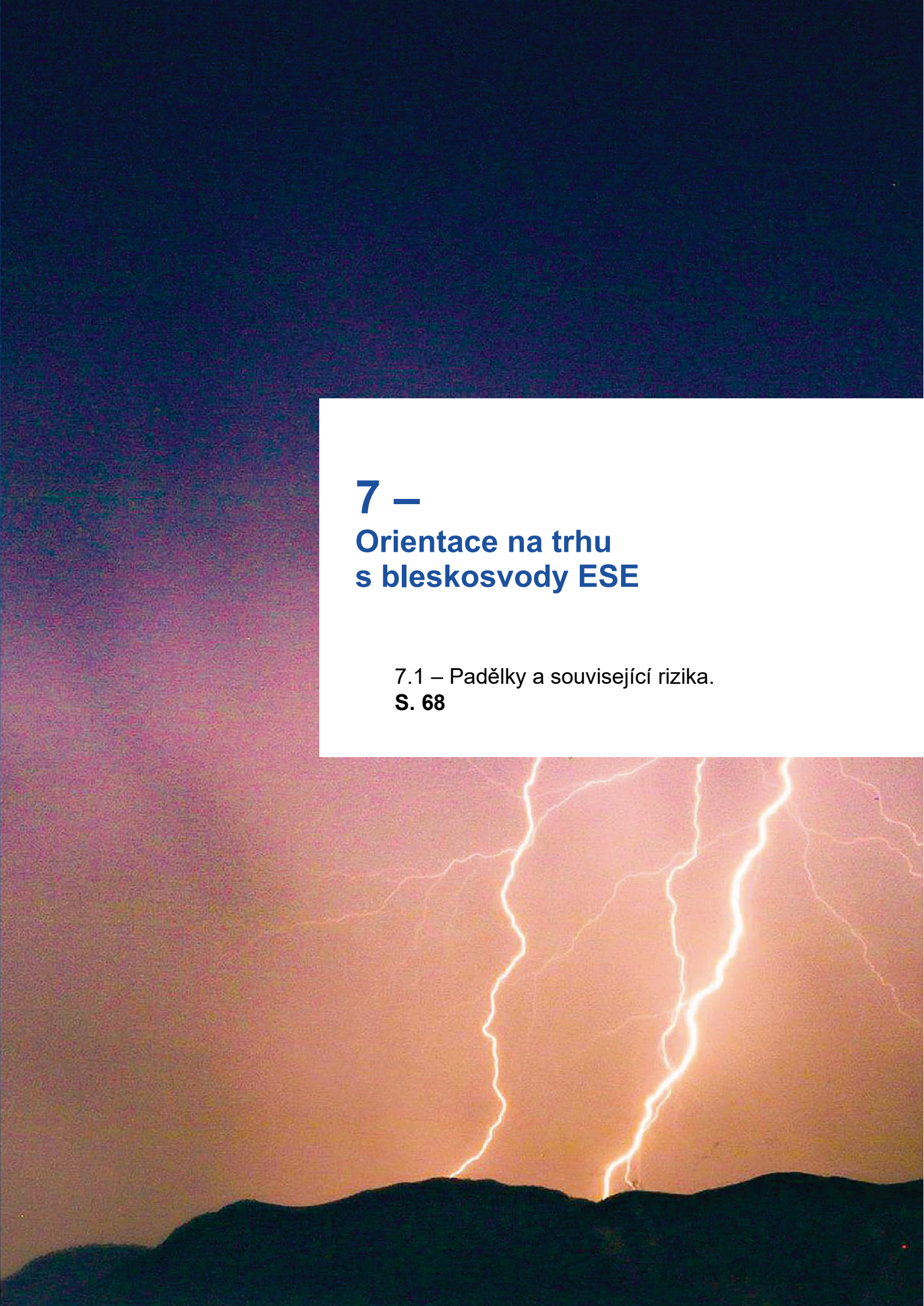
SEKTOR	KLIENTI	LOKALITA
Dopravní infrastruktura	Most Chaban Delmas	📍 Bordeaux, Francie
	Most Selander	📍 Dar Es Salam, Tanzanie
	Letiště Tat Son Nhat	📍 Ho Či Minovo Město, Vietnam
	Letiště Istanbul Sabiha Gökçem	📍 Istanbul, Turecko
	VLI Portuário Luiz Antonio Mesquita	📍 Santos, Brazílie
	V hledáčku Most Selander	
	→ VÝZVA Ochrana 6,2 km dlouhé strategické infrastruktury v pobřežní zóně s hustým provozem (55 000 vozidel denně), se stožáry vysokými až 40 metrů, které jsou obtížně přístupné pro údržbu. → ŘEŠENÍ Společnost Indelec provedla komplexní posouzení rizika úderu blesku a dodala řešení na míru s bleskosvody Prevector3® S60 Connect, které umožňují vzdálený dohled. Tento přístup zajišťuje účinnou ochranu během období dešťů a zároveň snižuje nároky na údržbu na místě.	
	Případ použití Prevector3® Connect, červen 2025	
	Mezinárodní letiště Victora Attaha – Akwa Ibom, Nigérie Úder blesku do bleskosvodu ESE byl zaznamenán na webu indelec-connect.com dne 19. 6. 2025 v 19:06 (UTC + 2) prostřednictvím jeho funkcí IoT. Bleskosvod zůstal po zásahu plně funkční.	

Logistické platformy	Logistické centrum Marlog Amot	📍 Beit Shemesh, Izrael
	Hala CTP logistický park	📍 Žilina, Slovensko
	Amazon	📍 <i>Více míst</i> , USA, Francie
	Prologis	📍 <i>Více míst</i> , Francie
	Logitics Facilities	📍 Suhar, Omán
	Případ použití Prevector3® Connect, červenec 2025	
	Autobusové depo RATP – Thiais, Francie Úder blesku do bleskosvodu byl zaznamenán na webu indelec-connect.com dne 21. 7. 2025 ve 13:27 (UTC + 2) prostřednictvím jeho funkcí IoT. Bleskosvod zůstal po zásahu plně funkční. Konkrétní podmínky objektu zahrnují rozsáhlou konstrukci a bleskosvod ESE instalovaný uprostřed střechy, obklopený kovovou hmotou.	



7 – Orientace na trhu s bleskosvody ESE

7.1 – Padělky a související rizika.
S. 68



7.1 – Padělky a související rizika

Roztříštěný a zranitelný trh

Trh s bleskosvody ESE dnes čelí nebezpečným praktikám:

- **Padělky** napodobující certifikované výrobky bez splnění požadovaných norem nebo očekávané technické účinnosti.
- **Netestované výrobky**, prodávané bez certifikace – často za nízkou cenu, ale v případě skutečného úderu blesku **vysoce poruchové**.
- **Instalace prováděné bez předchozí studie rizik** nebo kvalifikovaných montážních firem.

VÝSLEDEK:
Zvýšená rizika pro osoby, budovy a citlivá zařízení, stejně jako pro pojišťovny, které mohou v případě nevyhovující instalace odmítnout pojistné krytí.

Účinnost bleskosvodu se včasnou emisí výboje (ESE) se odvíjí od **technologie řízeného spouštění**, jejíž **spolehlivost závisí na několika zásadních faktorech**:

- ✓

OSVĚDČENÁ TECHNOLOGIE:
Za spolehlivé lze považovat pouze zařízení s pokročilým elektronickým spouštěním, které bylo ověřeno jak v laboratorních testech, tak v reálných podmínkách.
- ✓

OFICIÁLNÍ CERTIFIKACE:
NF C 17-102:2011, UL, CE, Bureau Veritas aj.: bez těchto označení nelze zaručit udržitelnost a bezpečnost.
- ✓

ZABUDOVANÁ ELEKTRONIKA:
Komponenty musí odolávat extrémním bleskovým proudům – což je častý bod selhání u padělků nebo výrobků nižší třídy.
- ✓

MATERIÁLY A VÝROBA:
Jsou vyžadovány certifikované kvalitní kovy a slitiny. Padělky často vykazují vady izolace, které snižují životnost i účinnost zařízení.

Typologie padělků nebo nevyhovujících výrobků

Typ výrobku	Hlavní rizika	Varovná znamení
Vizuální kopie	Klamavý vzhled, ale nevyhovující vnitřní vybavení	Žádná certifikace, nejednotné značení
Výrobky nižší třídy	Netestovaná elektronika, křehké materiály	Abnormálně nízká cena, nejasné nebo neúplné příručky
Falešné ESE („dekorativní“)	Bez skutečného spouštěcího mechanismu	Bez spouštěcího systému, bez laboratorních testů
Necertifikované instalace	I kvalitní ESE ztrácí na účinnosti, pokud je instalace špatná	Bez předchozí studie rizik, bez sledovatelnosti materiálu

Příklad padělku

V květnu 2024 čínské úřady (Dongguan PSB) **zadržely sérii falešných zařízení „PREVECTRON“ ESE** → operace vedla k **zadržení pěti osob** (zdroj: právní poradenství, Indelec).

DOPORUČENÉ OSVĚDČENÉ POSTUPY

- Požadujte předchozí **standardizovanou a certifikovanou studii rizik**.
- **Ověřte certifikaci výrobku** a jeho původ.
- **Požadujte podrobnou technickou studii** pro výběr a umístění zařízení ESE.
- **Zajistěte, aby montážní firma byla kvalifikovaná.**
- **Upřednostňujte výrobce s prokazatelnými mezinárodními zkušenostmi.**
- Bud'te velmi obezřetní u nabídek s cenou výrazně nižší než tržní hodnota.

8 – Často kladené otázky a časté mylné představy o bleskosvodech ESE: pohledy odborníků

Navzdory více než 40 letům existence a stovkám tisíc instalovaných jednotek po celém světě vyvolávají bleskosvody se včasnou emisí výboje (ESE) stále otázky. Abychom objasnili některé technické nebo regulační body, promluvili jsme si **se dvěma odborníky ze společnosti Indelec**.

Odpovídají zde na **nejčastější otázky**, a to s přihlédnutím k **současným normám, základním vědeckým principům a zkušenostem z praxe**.



Dva odborníci ze společnosti Indelec zodpovídají vaše dotazy



**Sylvain
FAUVEAUX**

Výzkumný pracovník v LiRi (Lightning Innovation & Research Institute) s více než 16 lety zkušeností v oboru ochrany před bleskem a více než 5 lety působení v akademické sféře. Je držitelem certifikátu **Qualifoudre N4 Expert & Trainer**, držitelem titulu **Ph.D. v oboru elektroniky** (Mines Douai / University of Bordeaux I) a **kvalifikovaným docentem** (elektronika).



**Ulric
KLUJ**

Expertní člen klíčových normalizačních komisí (**IEC TC81, CENE-LEC TC81X, AFNOR UF81**).

Jsou bleskosvody ESE v souladu s normami? A nejsou v rozporu s mezinárodními normami?



Konstrukce a instalace bleskosvodů ESE je v souladu s různými vnitrostátními a mezinárodními normami pro ochranu před bleskem, které si neodporují:

- Mezinárodní normy (IEC 62305-2) definují metodiku pro analýzu rizika blesku.
- Vnitrostátní normy (NF C 17-102, UNE 21186, NP 4426, I7 atd.) definují konstrukci, instalaci a zkoušení systémů ochrany před bleskem na bázi ESE.
- Mezinárodní normy (řada IEC 62561) specifikují technické charakteristiky a zkušební postupy pro všechny součásti systému ochrany před bleskem (svody, čítače blesků, svorky, konektory atd.).

V současné době je v technické komunitě všeobecně uznáváno, že:

- Specifikace systémů ochrany před bleskem jsou plně normalizovány.
- Konstrukce, instalace a údržba se musí řídit těmito vnitrostátními a mezinárodními normami.
- Místní předpisy a nařízení často stanoví další požadavky. Například: Portugalský úřad pro civilní ochranu vydal technickou poznámku,²⁴ podle níž je analýza rizika úderu blesku (a případná ochrana) povinná pro všechny budovy.

„Přitahují“ bleskosvody ESE blesky?



Princip bleskosvodu ESE je podobný principu Franklinových tyčí vyvinutých v 18. století: účelem není přitahovat blesky, ale zajistit preferovanou a bezpečnou cestu proudu do země a jeho rozptýlení.

Rozdíl spočívá v pokrytí: tradiční tyč chrání omezenou oblast, zatímco zařízení ESE poskytuje větší ochranný poloměr, což znamená, že k ochraně stejné budovy je zapotřebí méně zařízení. Jejich úloha a funkce však zůstávají stejné.

Jsou elektromagnetické účinky nebezpečné nebo rušivé?



Ano. **Blesk je nebezpečný nejen v místě přímého úderu** (fúze, požár, výbuch), ale také **nepřímo kvůli elektromagnetickému poli, které generuje**. Tato pole jsou hlavní příčinou přechodových přepětí.

Účinný ochranný systém proto musí kombinovat přímou ochranu (bleskosvody), **a nepřímou ochranu** (přepěťová ochranná zařízení instalovaná v elektrických rozvaděčích).

Jaké nezávislé zkoušky byly provedeny?

- Stejně jako všechna zařízení důležitá pro bezpečnost procházejí i bleskosvody ESE kombinací:
- **Laboratorních zkoušek:** Normy obsahují přílohy definující kompletní zkušební protokoly – sekvence zkoušek prostředí, fyzikálních a elektrických zkoušek, které se provádějí na stejném vzorku. Shodu mohou potvrdit nezávislé certifikační orgány.
 - **Zkoušek v reálném provozu:** Vzhledem k mimořádným hodnotám blesku (proud, délka výboje, elektrické pole, čas) nelze v laboratořích plně napodobit přirozené údery. Vědecké platformy proto provádějí zkoušky v reálném provozu v oblastech s vysokou intenzitou blesků (např. akce s vyvolanými blesky).
 - **Statistických studií:** Laboratorní data doplňují rozsáhlé průzkumy (např. IPSOS ve Francii, ST v Malajsii).
 - **Připojených zařízení:** Nejnovější generace bleskosvodů ESE přenášejí data o úderech v reálném čase, čímž umožňují průběžné ověřování předpovědních modelů a snižování rizika v reálných podmínkách.

Jsou zařízení ESE instalována hlavně v Evropě, kde je nízká hustota blesků?

- Nikoli. V Evropě se instalace řídí převážně **právními nebo regulačními požadavky**. V tropických oblastech s velmi vysokou hustotou blesků je ochrana naprostou nezbytností pro:
- **záchranu životů** (školy, sportoviště, venkovské oblasti – např. program bangladéšského ministerstva pro zvládání pohrom);
 - **zajištění kontinuity služeb** (dopravní a energetické infrastruktury);
 - **zachování kulturního dědictví**;
 - **zachování průmyslových procesů** navzdory klimatickým rizikům.

Dá se energie blesku získávat a uchovávat?

- Myšlenka je to lákavá, ale dnes pro to neexistují technologie:
- Zatím **nemůžeme přesně předpovědět**, kam blesk udeří.
 - **Žádná technologie v současné době** neumožňuje uchovávat extrémně vysoké proudy dodávané v milisekundách.

Blesk jako obnovitelný zdroj energie je prozatím nevyužitelný.

Zvyšuje se aktivita blesků?

- **Ano.** Jak bylo vysvětleno v oddíle 3, změna klimatu přímo ovlivňuje blesky. Očekává se, že konvektivní bouře, v nichž hrají hlavní roli blesky, budou častější, intenzivnější a rozšířenější.

S každým oteplením o + 1 °C se v atmosféře udrží přibližně o 7 % více vlhkosti – to je klíčový faktor, který je příčinou bouří. Klimatické modely se sbližují:

- **+ 50 %** úderů blesku v USA do roku **2100**¹⁶
- **+ 41 %** blesků s dlouhým výbojem (LCC) do **2090** v některých regionech

Mezi nejexponovanější regiony patří Jižní Amerika, západní část Severní Ameriky, jihovýchodní Asie a středomořská Evropa.

Které profese se zabývají instalací systémů ochrany před bleskem?

- Původně se instalací jak přímých (bleskosvody), tak nepřímých (přepětová ochrana) systémů zabývali elektromontéři.

Již více než 20 let se však **odvětví stále více specializuje**, s **odbornými školicími a certifikačními programy** (např. UL Label, Qualifoudre) a **nezávislými inspekčními službami** pro zajištění shody s normami a místními předpisy.

Tito specializovaní a certifikovaní odborníci zajišťují, že instalace jsou bezpečné, v souladu s předpisy a efektivní.

9 – ZÁVĚR

RIZIKO BLESKŮ SE ZVYŠUJE

Vzhledem ke změně klimatu, pořád citlivějším infrastrukturám závislým na elektronice a stále nedostatečné kultuře řízení rizik se **nepostačující ochrana stala strategickou zranitelností.**

Ochrana před bleskem není dobrovolnou volbou – jde o nutnost. A je to odborná záležitost.

Vyžaduje přesné technické znalosti: analýzu rizik, výběr vhodného systému, dodržování mezinárodních norem, zvládnutí instalace, předvídání požadavků na údržbu.

Špatná volba nebo nepřesná instalace mohou ohrozit celý systém. Tuto úroveň komplexnosti je třeba brát vážně, a to již ve fázi návrhu projektu.



10 – ODKAZY

1. NASA – Lightning Data (2025). <https://www.earthdata.nasa.gov/topics/atmosphere/lightning>

2. Fakir Mohan University. (2024). Study published in Environment, Development and Sustainability.

3. Munich RE, Climate change is showing its claws:The world is get-ting hotter, resulting in severe hurricanes, thunderstorms and floods (2025), <https://www.munichre.com/en/company/media-relations/media-information-and-corporate-news/media-information/2025/natural-disaster-figures-2024.html>

4. StruckByLightning.org – Database of lightning-related incidents.

5. Xweather. (2024). Charged up: Xweather reveals the full extent of lightning risk for U.S. wind farms. <https://www.xweather.com/blog/article/xweather-reveals-lightning-risk-for-wind-farms>

6. BBC News. (2022). Texas wind turbine catches fire after lightning strike. <https://www.bbc.com/news/av/world-62276831>

7. Le Marin. (2025). Lightning strikes broken offshore wind turbine at Vineyard Wind 1 in the U.S. <https://lemarin.ouest-france.fr/energie/energies-marines/la-foudre-sabat-sur-leolienne-brisee-du-parc-offshore-vineyard-wind-1-aux-etats-unis-374dbb84-f9e6-11ef-b88c-bcd52c36774a>

8. Les Echos (2015). A Google data center hit by lightning : <https://www.lesechos.fr/2015/08/un-data-center-de-google-touche-par-la-foudre-252612>

9. Wikipedia (Accessed 08/09/2025), https://en.wikipedia.org/wiki/Matanzas_oil_storage_facility_explosion

10. NASA. (2022). Steamy Relationships: How Atmospheric Water Vapor Amplifies Earth’s Greenhouse Effect.

11. Romps, D.M., Seeley, J.T., Vollaro, D., Molinari, J. (2014). Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming. Science, 346(6211), 851–854. <https://doi.org/10.1126/science.1259100>

12. Pérez-Invernón, F.J., Gordillo-Vázquez, F.J., Huntrieser, H. et al. (2023). Variation of lightning-ignited wildfire patterns under climate change. Nature Communications, 14, 739. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36500-5>

13. Geophysical Research Letter (March 2021) : <https://agupubs.online-library.wiley.com/doi/10.1029/2020GL091366>

14. Pérez-Invernón, F.J., Huntrieser, H., Gordillo-Vázquez, F.J., Soler, S. (2021). Influence of the COVID-19 lockdown on lightning activity in the Po Valley. Atmospheric Research, 263.

15. Wright, C. J., Thornton, J. A., Jaeglé, L., et al. (2025). Lightning de-clines over shipping lanes following regulation of fuel sulfur emis-sions. Atmospheric Chemistry and Physics, 25, 2937–2946 : <https://doi.org/10.5194/acp-25-2937-2025>

16. Pérez-Invernón, F.J., Gordillo-Vázquez, F.J., Huntrieser, H. et al. (2023). Variation of lightning-ignited wildfire patterns under climate change. Nature Communications, 14, 739. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36500-5>

17. EIOPA (2025). Natural Catastrophes: Is your home covered? Findings from a sample-based analysis on the clarity of NatCat coverage in Household Insurance Product Information Documents. EIO-PA-BoS-25/192, 19 May 2025.

18. World Bank (2025), « Tackling natural catastrophe insurance pro-tection gaps – a global imperative » : <https://www.resbank.co.za/en/home/publications/publication-detail-pages/media-releases/2025/g20-natural-catastrophe-insurance>

19. EEA, CATDAT, RiskLayer GmbH. Annual economic losses caused by climate-related extremes in Europe : <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/economic-losses-from-climate-related/an-nual-economic-losses-caused>

20. CATDAT (RiskLayer GmbH), EIOPA, EM-DAT. Dashboard on insu-rance protection gap for natural catastrophes – European Union. europa.eu. Natural catastrophes include both geological disasters (e.g., earthquakes, volcanic eruptions) and climate-related disasters (droughts, extreme temperatures, floods, mass movements, storms, wildfires).

21. Arnold, A. (2025). Europe ‘can’t cope’ with extreme weather costs, warns insurance watchdog. Financial Times : <https://www.ft.com/content/32b588a7-b470-4012-8bc2-f9eea3f17902>

22. Bryan, K. (2024). Swiss Re says industry failed to estimate impact of extreme weather. Financial Times : <https://www.ft.com/content/48b3e54a-771a-4a12-a412-527c34311ca9>

23. GAR Special Report (2024), Forensic insights for future resilience - Learning from past disasters : <https://www.undrr.org/publication/gar-special-report-2024-forensic-insights-future-resilience-lear-ning-past-disasters>

24. ANEPC (2002), Nota Técnica n.º 29 - Para-raios : https://prociv.gov.pt/media/wqlkbluj/nt_29_2022.pdf

25. London Metal Exchange. Market data on metals.

26. Fauveaux, S., Blervacque, L.-P. (2023). Concerns About the Sustaina-bility of Copper Based Lightning Protection. GROUND’2023 Procee-dings, 10th LPE International Conference on Grounding & Lightning Physics and Effects, Belo Horizonte, Brazil.

27. University of Geneva. (2023). Deflecting lightning with a laser lightning rod. <https://www.unige.ch/medias/2023/devier-la-foudre-grace-au-paratonnerre-laser>

28. NTT Corporation (2025). World’s First Successful Lightning Triggering and Guiding Using a Drone. Communiqué de presse, 18 avril 2025 : <https://group.ntt/en/newsrelease/2025/04/18/250418a.html>

29. PGA (2019) : <https://www.pgatour.com/article/news/latest/2019/08/24/third-round-suspended-tour-championship-six-injured-following-lightning-strike-east-lake-golf-club>

30. ILPA (2021), Early Streamer Emission Lightning Rods installa-tion location statistics worldwide, International Lightning Pro-tection Association : <http://www.intlpa.org/early-streamer-emis-sion-lightning-rods-installation-location-statistics-worldwide>

31. Association of Electrical Equipment, Control-Command and Related Services Industries. <https://gimelec.fr/>

32. IPSOS Survey (2002) – MEDD / GIMELEC / INERIS

33. Gimelec (2015). Preliminary report on the French “P.D.A.” technology.

34. International and national standards (e.g. IEC 62305-3, NF EN 62305-3, NF C 17-102, NF EN 62561).



EY | Budování lepšího pracovního světa

EY buduje lepší pracovní svět tím, že vytváří nové hodnoty pro klienty, lidi, společnost a planetu a zároveň buduje důvěru v kapitálové trhy.

Díky datům, umělé inteligenci a pokročilým technologiím pomáhají týmy EY klientům s jistotou utvářet budoucnost a hledat odpovědi na nejpálčivější problémy dneška i zítřka.

Týmy EY pracují v celém spektru služeb v oblasti auditů, poradenství, daní, strategií a transakcí. Týmy EY, které se opírají o znalosti odvětví, celosvětově propojenou multidisciplinární síť a rozmanité partnery v ekosystému, mohou poskytovat služby ve více než 150 zemích a teritoriích.

Všem jde o to, abyste utvářeli budoucnost s důvěrou.

Zkratka EY označuje globální organizaci a může se vztahovat na jednu nebo více členských firem Ernst & Young Global Limited, z nichž každá je samostatným právním subjektem. Ernst & Young Global Limited, společnost s ručením omezeným ve Spojeném království, neposkytuje služby klientům. Informace o tom, jak společnost EY shromažďuje a používá osobní údaje, a popis práv, která jednotlivci mají podle právních předpisů o ochraně osobních údajů, jsou k dispozici na adrese ey.com/privacy. Členské firmy EY nevykonávají právní praxi tam, kde to zakazují místní zákony. Další informace o naší organizaci najdete na webu ey.com.

© 2025 Ernst & Young Advisory.
Všechna práva vyhrazena.
SCORE no. 009301-25Gbl.

ED None
Fotografie: Indelec, Shutterstock, Adobe Stock, Unsplash, Pexels.

Tento materiál byl připraven pouze pro obecné informační účely a nelze na něj spoléhat jako na účetní, daňové, právní nebo jiné odborné poradenství. Konkrétní rady vám poskytnou vaši poradci.

ey.com



