



# **Doporučení pro požární bezpečnost fotovoltaických systémů instalovaných na plochých střechách budov**

**Březen 2025**





# **Doporučení pro požární bezpečnost fotovoltaických systémů instalovaných na plochých střechách budov**

Grunde Jomaas, Aleš Jug, Nik Rus  
Slovenian National Building and Civil Engineering Institute,  
Lublaň, 2025



Název: Doporučení pro požární bezpečnost fotovoltaických systémů instalovaných na plochých střechách budov

Autoři: Grunde Jomaas, Aleš Jug, Nik Rus

Informace o vydání:

První elektronické vydání.

Odkaz na publikaci (URL): <https://www.zag.si/dl/doporuceni-fv.pdf>

Vydáno také v tištěné podobě.

Místo vydání a vydavatel: Lublaň, Slovenian National Building and Civil Engineering Institute

Rok vydání: 2025

Název originální publikace: Fire Safety Guideline for Building Applied Photovoltaic Systems on Flat Roofs

Překlad a editace: Halina Kučerová, Marcela Kubů

© Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, 2024

Projekt FRISSBE byl financován z programu Evropské unie pro výzkum a inovace Horizont 2020 na základě grantové smlouvy č. 952395.

Mezinárodní identifikátor (ISBN): 978-961-7125-15-3 (PDF)

Cena: zdarma

Katalogní zapis o publikaci (CIP) připravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 228044547

ISBN 978-961-7125-15-3 (PDF)



# Obsah

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Shrnutí .....                                            | 1  |
| Rozsah doporučení .....                                  | 2  |
| 1. Úvod .....                                            | 3  |
| 2. Požární riziko FV systémů na plochých střechách ..... | 8  |
| 3. Konstrukce plochých střech s FV systémy .....         | 13 |
| 4. Hašení požáru .....                                   | 19 |
| 5. Obecné problémy .....                                 | 22 |
| 6. Bibliografie .....                                    | 26 |

Fotografie na obálce: Požár skladu společnosti ASKO ve Vestby v Norsku v roce 2017, copyright Tor Aage Hansen/ROCKWOOL Group

Obsahem doporučení jsou pouze názory autorů. Evropská komise nenes odpovědnost za jakékoli použití informací uvedených v tomto dokumentu. Tento dokument obsahuje informace, které jsou chráněny vlastnickým právem. Tento dokument ani informace v něm obsažené nesmí být bez předchozího písemného souhlasu ZAG použity, kopírovány nebo jakýmkoli způsobem sděleny třetí straně, ať už jako celek nebo po částech. Tato publikační opatření nesmí být měněna ani z dokumentu vymazána. Evropská komise ani ZAG nenesou odpovědnost za jakékoli použití obsažených informací.





## Shrnutí

Instalace fotovoltaického systému na střechu budovy přináší nová rizika požáru budovy nebo poškození systému. Zprvce bylo prokázáno, že instalace fotovoltaických systémů zvyšují riziko vzniku požáru v důsledku selhání některé z elektrických součástí systému. Zadruhé fotovoltaická instalace může zhoršit následky požáru, protože umožní jeho rychlejší šíření po střeše a na větší plochu. Fotovoltaické systémy tedy zvyšují pravděpodobnost vzniku požáru střechy a zhoršují jeho následky. Kromě toho fotovoltaický systém na střeše vyžaduje jiný přístup při hašení požáru. Vytváří totiž podstatnou fyzickou překážku a při hašení požáru v blízkosti zařízení pod elektrickým proudem je nutné učinit bezpečnostní opatření.



Pro snížení pravděpodobnosti a zmírnění dopadů požárů souvisejících s fotovoltaikou je potřeba zavést bezpečnostní opatření. Aby tato navrhovaná opatření byla účinná, musí být podložena spolehlivými vědeckými experimenty nebo statistikami. Dokud nebudeme mít dostatečné znalosti o mechanismu požárních rizik a způsobech jejich zmírňování, měl by být při návrhu uplatňován obezřetný přístup.

U fotovoltaiky instalované na plochých střechách lze požární rizika zmírnit snížením pravděpodobnosti vznícení a snížením následků požáru. Pro snížení rizik je nezbytné postupovat podle osvědčených instalačních pokynů a zajistit správnou a pravidelnou údržbu. Kvalita a dispoziční řešení střešní konstrukce jsou zásadní pro snížení následků požáru i pro bezpečnost hasičů. Experimenty prokázaly, že z hlediska omezení následků požáru hrají střešní hydroizolační fólie a typ FV panelu menší roli ve srovnání s typem tepelněizolačního materiálu. Hlavním doporučením je proto používat nehořlavé tepelněizolační materiály, a to jak pro renovace budov, tak i novostavby, aby se požár nerozšířil na velkou plochu a aby izolační materiál nepřispěl k požáru. Pokud se zvažují jiná řešení, měla by vykazovat podobnou odolnost při experimentech, při kterých se testuje celý systém (tj. střešní segment společně s FV moduly) tak, jak bude reálně postavený, a ve velikosti několika modulů.



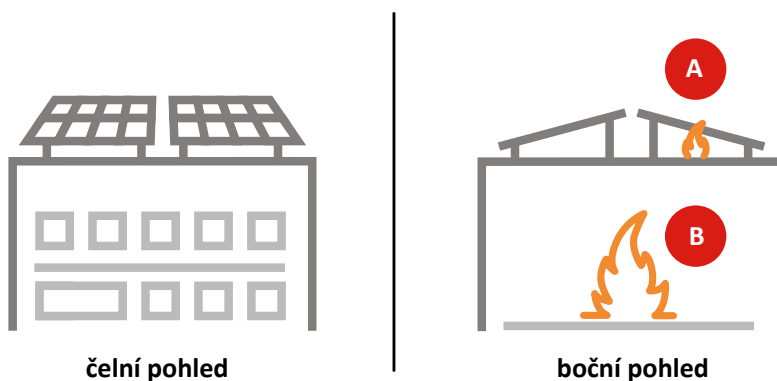
## Rozsah doporučení

Tato doporučení jsou zaměřená na budovy s plochými střechami, na kterých jsou instalované fotovoltaické (FV) systémy, tj. fotovoltaické systémy instalované na budově (BAPV). Fotovoltaické systémy integrované do stavební konstrukce (BIPV) tato doporučení nezohledňují, nicméně některá z nich platí i pro tyto systémy, zejména pokud jsou instalované na střechách. Při instalaci svislých systémů BIPV musí být zohledněny také požadavky na požární bezpečnost fasád.

Typy požárů související s FV systémy instalovanými na střechách lze rozdělit do dvou hlavních kategorií (jak je znázorněno na obrázku níže), a sice:

**A: Požáry vzniklé na střeše budovy**

**B: Požáry vzniklé uvnitř budovy**



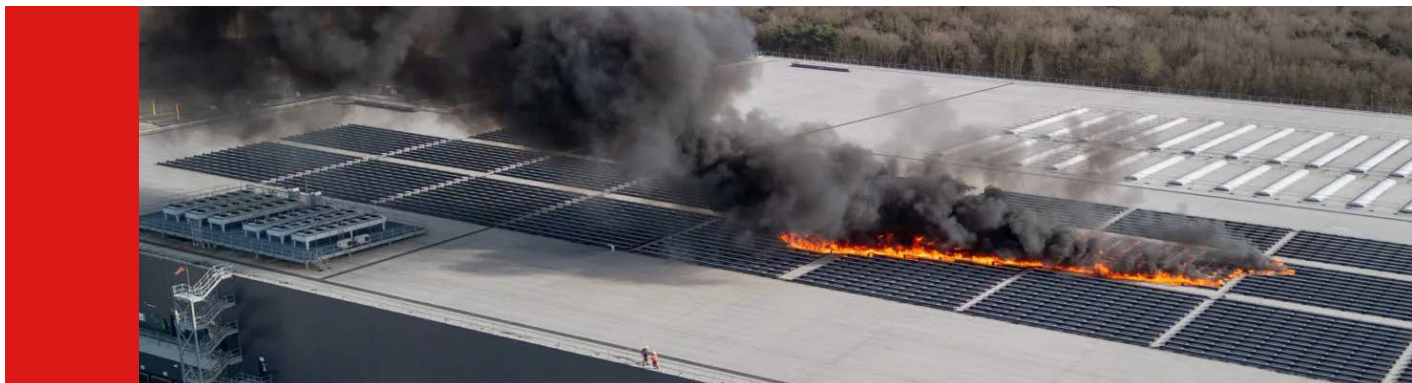
Vzhledem k tomu, že požáry vznikající uvnitř budovy by již měly být řešeny v národních stavebních předpisech a/nebo v požárních předpisech, je jim v doporučení věnována menší pozornost. Jsou však zmiňovány později v souvislosti s rozmístěním FV panelů na střeše. Pro případ požáru vzniklého uvnitř budovy a omezení rizik s tím spojených požadavky často stanovují pojišťovny. Například ve Spojeném království bude velmi pravděpodobně pro schválení Radou pro certifikaci prevence ztrát (LPCB) vyžadováno testování podle LPS-1181-1. Aby tato zkouška proběhla úspěšně, je zpravidla potřeba použít nehořlavou střešní konstrukci.

Vzhledem k tomu, že specifika vzniku požáru jsou podrobně popsána v několika jiných dokumentech, zaměříme se v těchto doporučeních na tři konkrétní oblasti: dynamiku požáru, konstrukci střechy a hašení požáru.



# 1. Úvod

V rámci plánu REPowerEU definovala Evropská komise ambiciózní plán pro povinnou instalaci střešní solární elektrárny na všechny budovy. Tato strategie je nyní implementována prostřednictvím Směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD), která do budoucna vyžaduje instalace zdrojů solární energie na většině budov.



Členské státy musí zajistit zavádění vhodných zařízení na výrobu solární energie, a sice následovně:

| od 2027                                                              | od 2028                                                                                                                                                            | od 2029                                                      | od 2030                                                                       | od 2031                                                      |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| na všech nových veřejných a nebytových budovách > 250 m <sup>2</sup> | na všech stávajících veřejných budovách > 2000 m <sup>2</sup> a na všech stávajících nebytových budovách > 500 m <sup>2</sup> , kde budova prochází větší renovací | na všech stávajících veřejných budovách > 750 m <sup>2</sup> | na všech nových bytových budovách a na všech nových zastřešených parkovištích | na všech stávajících veřejných budovách > 250 m <sup>2</sup> |

Dané požadavky způsobí bezprecedentní transformaci evropského fondu budov a významně rozšíří počty instalovaných fotovoltaických zařízení na střeších. Tato transformace s sebou přinese významné výhody z hlediska ochrany klimatu a energetiky, ale také nové bezpečnostní výzvy, které je třeba předvídat a řešit předem.

Prvotní zjištění naznačují, že riziko spojené s instalací fotovoltaiky není spojeno pouze se zvýšenou požární zátěží a možností vzniku požáru, ale také s tím, jak se požár na střeše vyvíjí. Pokud tato změna v chování požáru nebude odpovídajícím způsobem řešena, zvýší se rozsah a rychlost šíření požárů a tím i jejich intenzita a následky. Přítomnost elektricky nabitých fotovoltaických modulů, které vytvářejí fyzickou překážku, představuje rovněž problém pro zasahující hasiče.



Velké mezinárodní pojišťovací společnosti, které posuzují požární rizika v budovách, již uznávají dodatečná požární rizika fotovoltaických systémů instalovaných na střechách a zveřejnily doporučení, jak tato rizika pro budovy, investice a lidské životy zmírnit:



- **Poradenství v oblasti rizik společnosti Allianz:** [Požární rizika fotovoltaických systémů](#)
- **Pokyny pro poradenství v oblasti majetkových rizik společnosti AXA:** [Fotovoltaické systémy](#)
- **Pokyny pro řízení rizik společnosti RSA:** [Fotovoltaické panely](#)
- **Bezpečnostní poznámka organizace HIROC:** [Střešní solární panelové systémy](#)
- **Článek pojišťovny Zurich:** [Problémy a rizika spojená se solárními panely](#)
- **Článek pojišťovny IF:** [Uved'te svou střechu do provozu bezpečně](#)
- **Generali:** [Fotovoltaické panely na střechách a požární rizika](#) (ve francouzštině)
- **FM Global:**
  - [FM 4478 \(aktualizace\), Střešní systémy s pevnými fotovoltaickými moduly](#)
  - [Systémy a bezpečnostní listy prevence škod na majetku 1-15 společnosti FM Global](#)

Mnoho pojišťoven také uznává, že stávající požární zkoušky nejsou dostatečně vypovídající a chování střech s FV systémy při požáru dnes není dostatečně prozkoumáno. Pojišťovny proto v případě stávajících střech obvykle doporučují pod FV moduly použít nehořlavou vrstvu a omezit tak šíření požáru.

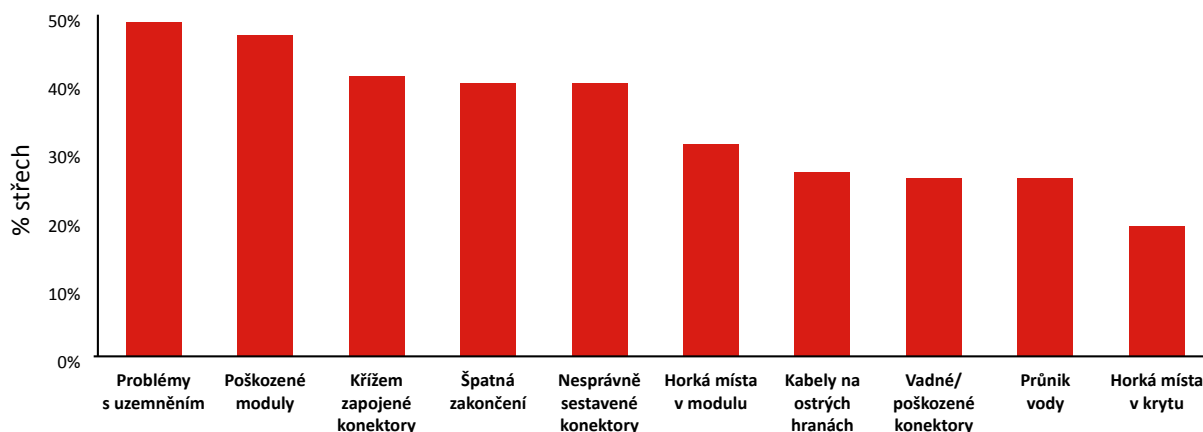
Hlavním cílem je vytvořit správné podmínky pro bezpečné zavádění fotovoltaických systémů ve velkém rozsahu. Doporučení pojišťoven se obecně uplatňují u velkých průmyslových a komerčních projektů, jako jsou nákupní centra. Tato protipožární opatření by se však měla vztahovat i na výškové a vysoce rizikové veřejné budovy, jako jsou školy, muzea či nemocnice. Doporučení pojišťoven je třeba zohlednit v národních předpisech a legislativě EU.



## Statistiky požárů souvisejících s fotovoltaikou

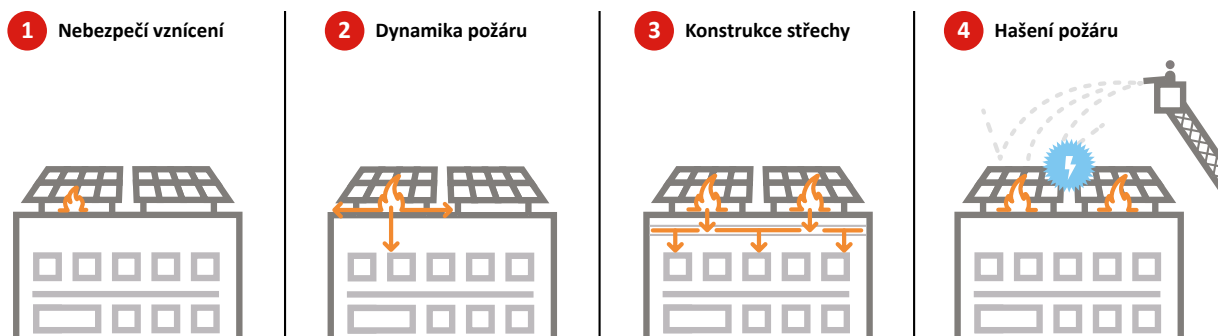
Analýza příčin požárů na střechách s fotovoltaikou od Mohda a kol. (2022) odhaduje, že očekávaný počet požárů je 29 požárů na instalovaný GW fotovoltaiky za rok. Z toho vyplývá, že jen v EU je třeba ročně očekávat desítky tisíc požárů souvisejících s fotovoltaickými systémy. Vzhledem k tomu, že je předpokládán počet požárů tak vysoký, je cílem těchto doporučení poskytnout návod, jak předejít závažným následkům požárů souvisejících s fotovoltaikou na střeše.

Kromě toho společnost Clean Energy Associates (CEA) provedla více než 600 bezpečnostních auditů střešních fotovoltaických instalací, které odhalily, že 97 procent systémů má bezpečnostní problémy související s rizikem vznícení. Podrobnosti jsou uvedeny ve sloupcovém grafu níže. Na základě těchto šetření lze předpokládat, že v průběhu životnosti jakékoli FV instalace dojde nevyhnutelně alespoň jednou ke vznícení. Tyto výsledky se shodují se zjištěním společnosti FM Global, jež uvedla, že nadále dochází ke vznícení a požárům v budovách, které dodržují jejich doporučení.



**Obrázek 1: Přehled poruch uvedených sdružením Clean Energy Associates (CEA) (<https://www.cea3.com/cea-blog/top-10-pv-rooftop-safety-risks>) v roce 2023.**

U střešní fotovoltaiky je třeba řešit nejen nebezpečí vznícení. Rozsáhlá instalace solárních fotovoltaických polí na střechách vyvolává obavy z nových požárních rizik, která lze obecně rozdělit do čtyř níže znázorněných kategorií.





## 1 Nebezpečí vznícení:

U fotovoltaiky dochází k několika druhům poruch, které představují nebezpečí vznícení. Vyskytlo se mnoho případů, kdy byla příčinou požáru porucha elektroinstalace fotovoltaických panelů a jejich rozvodů (např. degradace kontaktů nebo namáhání kabelů a spojů v důsledku pohybů FV panelů vlivem počasí). Degradace fotovoltaických systémů, resp. prodloužení provozní životnosti fotovoltaiky je jedním z klíčových faktorů pro snížení nákladů na vyrobenou elektřinu. Stárnutí fotovoltaických součástí může mít také významný vliv na požární bezpečnost budov (Mohd Nizam Ong a kol., 2021).

## 2 Dynamika požáru:

Instalace fotovoltaiky na požárně odolnou střechu změní dynamiku rozvoje požárů. Dojde-li na střeše s FV systémem k požáru, může přítomnost modulů udržet uvolněnou energii blíže ke střeše a zvýšit teploty a tepelné toky směrem ke střeše. Požáry, které by jinak mohly zůstat lokálně omezené, tak mohou postupovat rychleji a představují vyšší požární riziko.

Instalace FV systému na požárně odolnou střechu představuje další dodatečné palivo pro případný požár. FV moduly jsou obvykle vyrobeny ze skelných a hliníkových rámců s polymerními podkladovými a zapouzdřovacími materiály a vytváří další požární zátěž pro střešní konstrukci. Instalace FV systému na střechu znamená, že se požár může rozšířit i přes světlíky a protipožární stěnu, zejména pokud není dostatečně vysoká nad úrovní střechy.

## 3 Konstrukce střechy:

Existuje mnoho různých typů střešních konstrukcí, na které lze fotovoltaické systémy instalovat. V případě požáru se typ střechy a použité materiály vzájemně ovlivňují s instalovanými FV moduly. Tato interakce může zvýšit šíření požáru po střeše a rozvoj požáru. Průběh požáru je v případě střešní konstrukce s FV systémy odlišný ve srovnání s průběhem požáru u střechy bez fotovoltaiky. Kromě různých hydroizolačních krytin existuje také mnoho druhů tepelněizolačních materiálů, z nichž každý má svůj stupeň hořlavosti. Hořlavé hydroizolace a tepelné izolace mohou přispívat k rozvoji požáru a šíření plamene střešní konstrukcí nebo v prostoru mezi FV systémem a samotnou střechou. V důsledku vzájemného působení mezi fotovoltaikou a střešní konstrukcí mohou nesprávné kombinace materiálů představovat vysoké požární riziko a je nezbytné jim věnovat zvýšenou pozornost.

## 4 Hašení požáru:

FV systémy představují při hašení požáru překážku pro hasiče. Taktika hašení požárů stavebních konstrukcí zahrnuje také vertikální větrání budovy, při němž obvykle dochází k otevření střechy poblíž vrcholu nad horkými místy, která vyžadují snadný přístup na střechu.

Elektrická nebezpečí – FV systémy a odpojovače nemusí být řádně označeny a hasiči s nimi nemusí být obeznámeni (pokud nejsou vypnuty, mohou napájet obvody i po vypnutí hlavního jističe).

Exploze a chemická nebezpečí – požár může zasáhnout velké záložní baterie, které mohou představovat další chemické nebezpečí (např. kyselina sírová a fluorovodík) i nebezpečí výbuchu (plynný vodík).



Pravděpodobnost požárů fotovoltaiky na střechách souvisí s kvalitou a údržbou instalací, zatímco následky požárů souvisí s rozmístěním panelů a hořlavostí střechy, zejména pak s tepelněizolační vrstvou umístěnou bezprostředně pod střešní hydroizolací (která je hořlavá). Všimněte si, že možnost realizace fotovoltaiky na střeše s EPS izolací „bez ochranné vrstvy“ nebyla vůbec zahrnuta. Vzhledem k extrémně vysokým následkům požáru by tato možnost neměla vůbec přicházet v úvahu, a to ani při „dokonalé“ instalaci.

| Doporučeno                                                                                                                                                                                                                                                                    | Požadovaná zkouška                                                                                                                                                                                                                                                             | Nedoporučeno |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <div><b>Hořlavá izolace</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Kompetentní osoby provádějící instalaci</li><li>• Vysoce kvalitní součástky</li><li>• Pravidelná údržba</li></ul></div>   | <div><b>Hořlavá izolace</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Nekompetentní osoby provádějící instalaci</li><li>• Nekvalitní součástky</li><li>• Nedostatečná údržba</li></ul></div>   |              |
| <div><b>Nehořlavá izolace</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Kompetentní osoby provádějící instalaci</li><li>• Vysoce kvalitní součástky</li><li>• Pravidelná údržba</li></ul></div> | <div><b>Nehořlavá izolace</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Nekompetentní osoby provádějící instalaci</li><li>• Nekvalitní součástky</li><li>• Nedostatečná údržba</li></ul></div> |              |

Převzato ze ZRS:

<https://www.renew-able.co.uk/wp-content/uploads/2024/03/Zurich-whitepaper-Photovoltaic-systems-on-buildings-20231102-US42.pdf>



## KLÍČOVÉ SHRNTÍ:

**Fotovoltaické systémy integrované do budov (BIPV) a fotovoltaické systémy instalované na budovách (BAPV) jsou rozdílné systémy, a to i z hlediska požární bezpečnosti.**

- Tato doporučení se zaměřují na požární bezpečnost BAPV na plochých střechách.

**Je třeba rozlišit požáry, které vznikají uvnitř budovy, a požáry, které se vyskytují na střeše s BAPV. Tato doporučení se zaměřují na požáry vznikající na střeše budovy.**

**U střech s fotovoltaickými instalacemi se očekává mnoho požárů.**

- Na základě výzkumu se odhaduje, že na jeden GW instalovaných fotovoltaických solárních panelů dojde k 29 požárům.
- Zdá se, že v průběhu životnosti FV systému dojde nevyhnutelně ke vznícení, a proto je zvládnutí a omezení jeho následků klíčové.
- Je třeba vzít v úvahu celý systém, včetně střešních materiálů, protože hořlavé střešní hydroizolace, hořlavé součásti (např. upevňovací prvky) a tepelněizolační materiály mohou významně přispět ke vzniku požáru.

**Klíčové aspekty požární bezpečnosti fotovoltaiky instalované na střechách, které je nutné zvážit:**

- Vznícení
- Dynamika požáru
- Konstrukce střechy – typ hydroizolace a izolace
- Hašení požáru



## 2. Požární riziko FV systémů na plochých střechách

Vzhledem k tomu, že neexistuje dostatek údajů, které by umožnily rozlišit mezi požárními riziky spojenými s různými typy instalací (horizontálními, orientovanými na jih nebo orientovanými na východ-západ), nebude takové rozlišení provedeno ani v těchto doporučeních.

Následující tři požáry upozorňují na některé problémy související s požáry na střechách s fotovoltaickými instalacemi.

- Bristol (Spojené království) – centrum We the Curious (Millen & Morgan, 2022) – požár způsoben nárazem ptáka do panelu. Od požáru je budova stále v rekonstrukci kvůli škodám způsobených vodou použitou k hašení požáru. Budova bude znovu otevřena v červenci 2024.
- McKesson, New Jersey (US) (Goldman, 2023) – požár se rozšířil přes značnou mezeru mezi FV poli.
- Traiskirchen (Rakousko) (Zach, 2019) – průmyslový komplex, kde zasahovalo více než 50 hasičů, aby zabránilo rozšíření požáru na další budovy.



Bristol, Spojené království (Millen & Morgan, 2022)

Použitá fotografie: Avonská a somersetská policie

Poznámka: Jak je označeno ve videu v této zprávě:

<https://www.itv.com/news/westcountry/2022-05-12/we-the-curious-in-bristol-to-remain-closed-after-birds-cause-fire>



McKesson, NJ, USA (Goldman, 2023)

Použitá fotografie: Městský hasičský sbor Robbinsville

<https://www.facebook.com/RTFD40>



Traiskirchen, Rakousko (Zach, 2019)

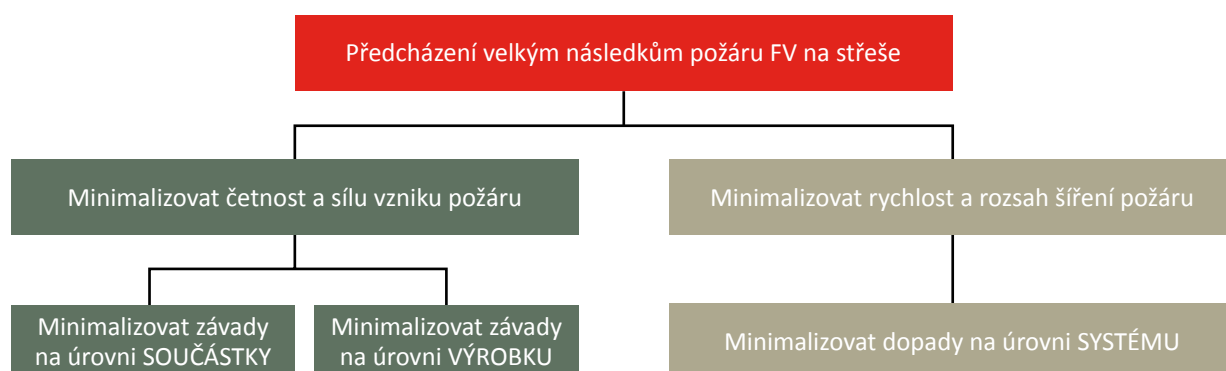
Použitá fotografie: <https://www.facebook.com/einsatzdoku/>



Jak je uvedeno níže v jednoduchém stromovém diagramu požární bezpečnosti, což je metoda analýzy rizik vyvinutá Národní asociací požární ochrany (NFPA), hlavní problémy, které je třeba řešit, aby se předešlo velkým následkům požáru FV panelů na střeše, souvisí se vznícením a šířením požáru.

Zatímco vznícení obvykle souvisí s poruchami na úrovni jednotlivých součástí a samotného výrobku, šíření požáru ovlivňuje celý systém. Navzdory tomu, že jsou součástky i výrobky důsledně zkoušeny podle elektrických norem a panely jsou testovány na hořlavost, statistiky ukazují, že u fotovoltaických systémů na střechách dochází k velkému množství případů vznícení. Vzájemné působení mezi jednotlivými součástkami je stále problematické, což naznačuje, že příčina vznícení obvykle souvisí s neodbornou instalací a nedostatečnou údržbou.

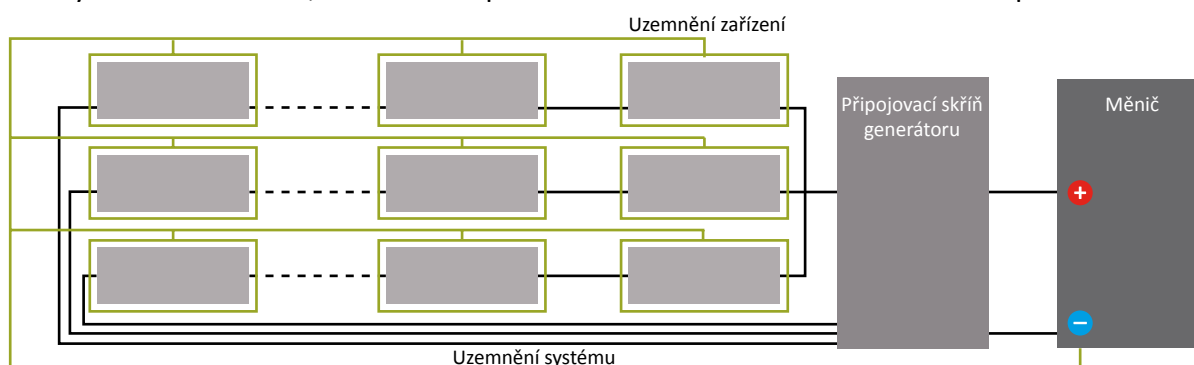
Z hlediska šíření požáru neexistuje žádná norma pro testování celého systému včetně střešní hydroizolace a tepelné izolace pod ní. Tato problematika tak zůstává i nadále největším nevyřešeným problémem souvisejícím se zmírněním požárního rizika fotovoltaických systémů na střechách.



Obrázek 2: Stromový diagram požární bezpečnosti (NFPA 550) pro požáry fotovoltaických systémů na střechách.

### Vznícení

Aby výroba elektřiny probíhala podle očekávání, skládá se každá FV instalace kromě panelů a jejich upevňovacího systému také z rozsáhlé elektroinstalace (AC a DC sítě s velkým množstvím elektrických komponent/zařízení). Pro názornost je na obrázku 3 uvedeno schéma zjednodušeného FV systému. Fotovoltaický systém tvoří různé kabely, připojovací skříně, regulátory nabíjení, obtokové diody a střídače. Všechny tyto elektrické komponenty mohou z různých důvodů selhat, a stát se tak příčinou vznícení s možností následného požáru.

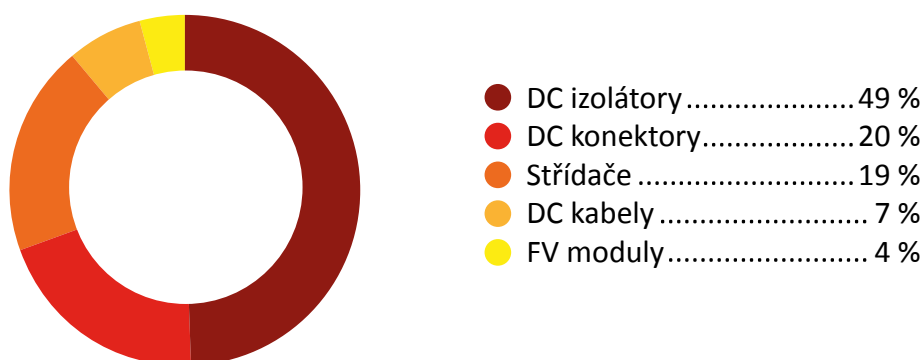


Obrázek 3: Fotovoltaický systém je komplexní systém s mnoha součástkami. Inspirováno Alam a kol., 2013



Vznik požáru může být způsoben poruchou součástky fotovoltaiky nebo vnějšími vlivy. Porucha jednotlivých součástí FV obvykle souvisí s nízkou kvalitou výrobků (praskliny ve skle způsobené mrazem, příliš horká místa atd.), špatnou instalací nebo nedostatečnou údržbou. Vnější příčiny selhání součástí jsou také různé. Může se jednat o znečištění, zastínění, nežádoucí pohyb (např. vlivem větru), náraz (ptáci, kroupy...) až po vzplanutí od hořících kusů dřeva při požárech v přírodě atd.

Významným faktem je, že zdrojem vznícení obvykle není samotný FV panel, ale jiná část instalace (viz obrázek 4). Vzhledem k tomu, že většina z těchto identifikovaných vznícení je soustředěna na rozváděči, je třeba jej chránit nejvíce. Jedním z řešení je průběžné monitorování nadměrného odporového tepla (před vznícením).



Obrázek 4: Zdroj požáru fotovoltaických zařízení dle zprávy BRE (2017).

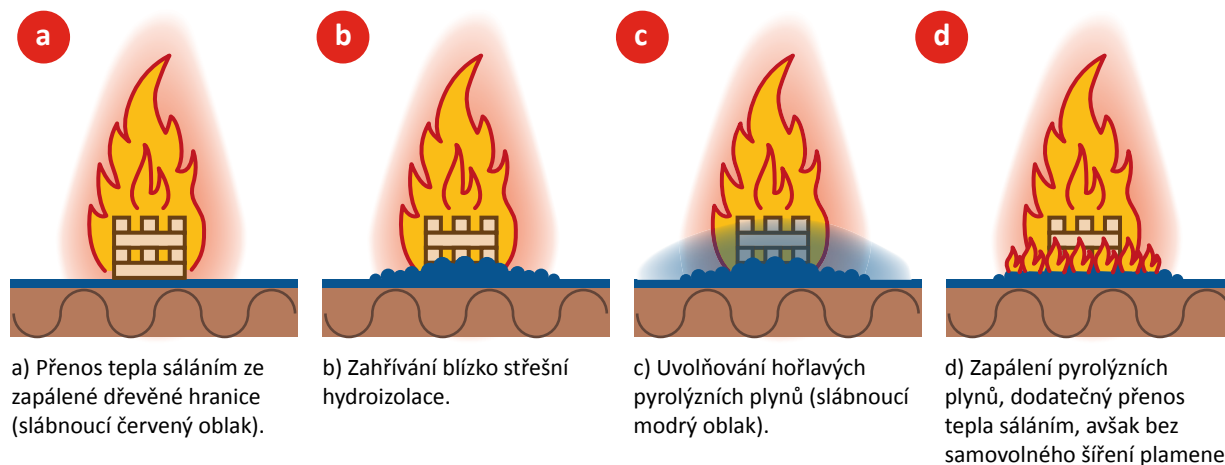
### Šíření požáru

Dynamiku požáru střechy s fotovoltaickou instalací ovlivňuje mnoho aspektů. Výzkum prokázal, že posouzení požárního rizika fotovoltaické instalace pouze na základě hodnocení jednotlivých materiálů a součástí fotovoltaiky může vést k chybným závěrům. Spíše se ukazuje, že pro správné posouzení požárního rizika je nutné k fotovoltaické instalaci přistupovat jako k systému složenému z několika částí, a to konkrétně z panelů, upevňovacího zařízení a střešní konstrukce. Za tímto účelem nyní některé pojišťovny vyvíjejí postup pro schvalování instalace FV systémů.

Přidání fotovoltaické instalace na střechu mění situaci v případě požáru, protože plamen se může dostat pod panely a značné množství tepla se odrazí zpět k povrchu střechy, což umožňuje šíření plamene tam, kde by jinak nevznikl (za předpokladu, že má použitá střešní hydroizolace odpovídající požární klasifikaci). Obrázky 5 a 6 (převzaty z Kristensen, 2022) schematicky ukazují scénáře bez a s instalovanými panely (schéma platí také pro panely instalované vodorovně se střešní konstrukcí).

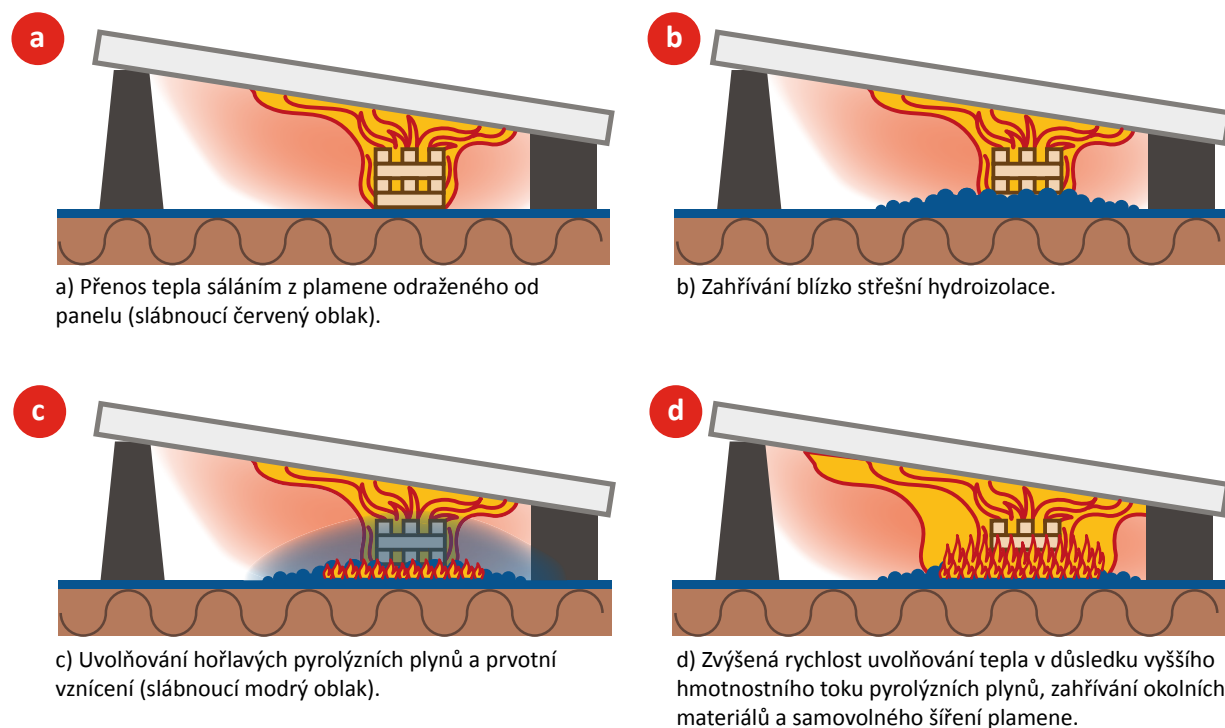


**Bez panelu:** Při experimentu se nešířil žádný plamen (nebo jen zanedbatelný) mimo zdroj vznícení, kterým byla dřevěná hranice.



**Obrázek 5: Ilustrace procesu vznícení dřevěné hranice na střešní konstrukci. Modře je znázorněna střešní hydroizolace, hnědě tepelná izolace.**

**S panelem:** Pod FV panelem se rozšířil značný plamen. Střešní hydroizolace a tepelná izolace byly použity v obou případech stejné (obrázky 5 a 6).

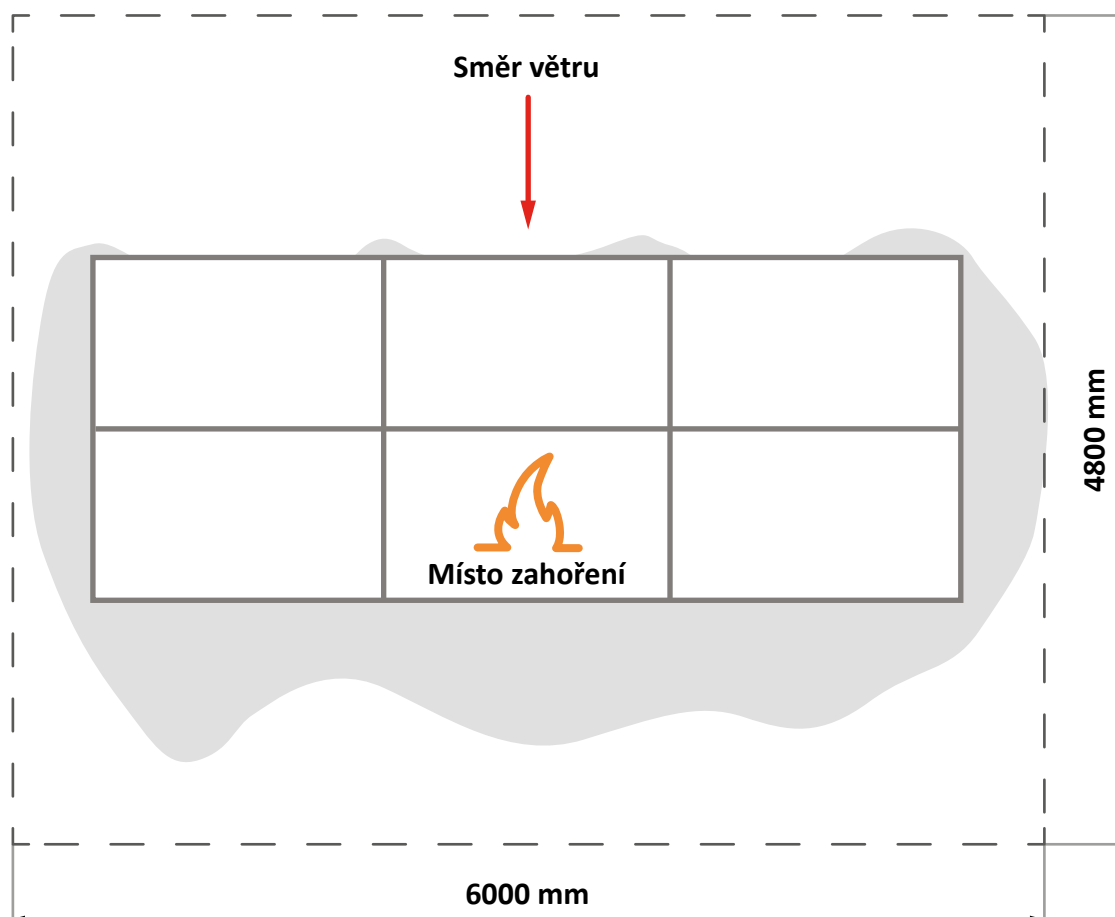


**Obrázek 6: Ilustrace procesu vznícení a šíření plamene po střeše z požáru dřevěné hranice pod FV modulem (šikmý šedý obdélník). Modře je znázorněna střešní hydroizolace, hnědě tepelná izolace.**

Obrázky 5 a 6 byly reprodukovány podle kresby Jense Steemanna Kristensena, 2022.



Skutečné požáry i experimenty prokázaly, že všechny tyto kombinace zvyšují rozsah šíření požáru nad rámec očekávaného šíření na jinak podobné střeše. Jakmile se požár dostane mimo oblast pokrytou panely, šíření požáru se obvykle po relativně krátké vzdálenosti zastaví. Obrázek níže (převzato z Kristensen a Jomaas, 2018) ukazuje následky z experimentů, které byly provedeny venku se skutečným větrem ovlivňujícím test. Šedá oblast na obrázku ukazuje rozsah šíření požáru.



**Obrázek 7: Požární experimenty na střeších s fotovoltaickými systémy ukázaly, že požáry se obvykle nešíří příliš mimo oblast fotovoltaického pole (převzato z Kristensen a Jomaas, 2018). Tato zjištění obecně potvrzují skutečné požáry na střeších.**

### 3. Konstrukce plochých střech s FV systémy

U požárů střech s fotovoltaickými systémy je zásadní pečlivě zvážit vlastnosti protipožární stěny (jak se ukázalo na případě požáru budovy ASKO v Norsku), umístění střešních větracích otvorů, vzdálenost mezi fotovoltaickými poli (c) a velikost fotovoltaického pole ( $a \cdot b$ ).

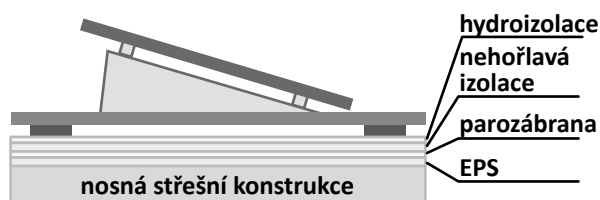


Obrázek 8: Pohled shora na střešní konstrukci s (1) protipožární stěnou, (2) střešní ventilací a (3) FV panely. Vzdálenost střešních větracích otvorů od protipožární stěny musí rovněž splňovat národní normy.

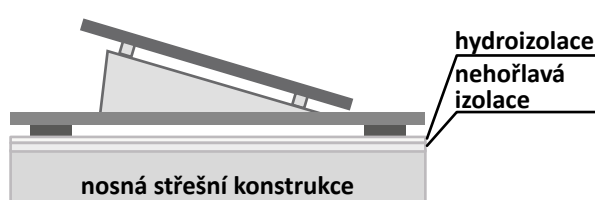
Při návrhu střešní fotovoltaické elektrárny je třeba rozlišovat mezi instalací na stávající (rekonstruované) budovy a na nové budovy. Nejvíce instalací fotovoltaiky probíhá na stávajících budovách, kdy je potřeba střechu pro umístění FV panelů upravit. Dodatečná úprava stávající střechy pro umístění solárních panelů je zdaleka nejpoužívanější, částečně s ohledem na udržitelný rozvoj, protože využití stávajících střech/budov je udržitelnější než výstavba nových.

Níže uvedený obrázek ukazuje dvě typické skladby střešních konstrukcí.

- Výzkum ukázal, že typická skladba rekonstruovaných střech, která je složená z polystyrenové tepelné izolace (EPS) a střešní hydroizolace na povrchu, vyžaduje zmírňující vrstvu, aby se zabránilo zasažení polystyrenu. Použití zmírňující vrstvy je nezbytně nutné, má-li se předejít velmi rozsáhlému požáru. Podle většiny standardů pojišťoven se tato zmírňující vrstva obvykle skládá z vrstvy nehořlavé tepelné izolace a nové střešní hydroizolace. Protože chování celé skladby je klíčové pro požární bezpečnost FV instalace, doporučuje se, aby byla účinnost zmírňující vrstvy potvrzena spolehlivými daty z experimentů nebo statistik.
- U nové střechy je žádoucí nepoužívat vysoce hořlavé tepelné izolace, jako je např. EPS na nosné střešní konstrukci. Spíše se doporučuje použít požárně bezpečnější alternativu, tj. nehořlavou tepelnou izolaci, na kterou se položí střešní hydroizolace. Doporučení nehořlavé izolace vychází z veřejně dostupných výsledků testů, které ukazují, že šíření požáru po hydroizolaci podporované FV moduly, je nezávislé na typu hydroizolace, a že následné požáry jsou natolik významné, že se do požáru zapojí i hořlavé izolační materiály.



Typická skladba střechy u REKONSTRUKCE



Typická skladba střechy u NOVÉ BUDOVY



## Střešní hydroizolace

Níže uvedená tabulka ukazuje typické střešní hydroizolace. Před uvedením na evropský trh musí být testovány podle EN 13501-5 (EN 13501-5 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – část 5: Klasifikace podle výsledků zkoušek střech vystavených vnějšímu požáru, 2016). Tabulka například ukazuje, že PVC bylo klasifikováno jako t třemi různými zkušebními metodami, protože různé země preferují různé zkušební metody. Je třeba poznamenat, že klasifikace  $B_{\text{roof}}$  se získává pro střešní systém, nikoli jen pro samotnou hydroizolaci.

Experimenty ukázaly, že v případě umístění FV panelu nad hydroizolací, může být její klasifikace  $B_{\text{roof}}$  ovlivněna, a to bez ohledu typ hydroizolace. Tato skutečnost je významnější, pokud jsou mezery mezi FV panelem a hydroizolací menší.

**Tabulka 1: Typické střešní hydroizolace a zkušební metoda použitá k získání jejich klasifikace  $B_{\text{roof}}$**

| Typ fólie (hydroizolace)                  | Zkušební metoda       |
|-------------------------------------------|-----------------------|
| TPO (Termoplastický polyolefin)           | $B_{\text{roof}}(t1)$ |
| TPO/FPA (Flexibilní polypropylenová směs) | $B_{\text{roof}}(t1)$ |
| TPO (Flexibilní polyolefin)               | $B_{\text{roof}}(t2)$ |
| PVC (Polyvinylchlorid)                    | $B_{\text{roof}}(t2)$ |
| PVC                                       | $B_{\text{roof}}(t3)$ |
| Asfalt                                    | $B_{\text{roof}}(t3)$ |
| PVC                                       | $B_{\text{roof}}(t4)$ |

## Tepelná izolace

Pokud nelze EPS ze stávající střechy odstranit, je nutné použít pečlivě zvolenou zmírňující vrstvu. Řešení se zmírňující vrstvou by mělo být otestováno tak, jak bylo skutečně provedeno, a zdroj vznícení musí být dostatečně velký, aby se pod FV panelem plně rozvinul požár.

Tepelná izolace hraje důležitou roli při zadržování nebo uvolňování tepla vznikajícího při požáru. Pokud tepelná izolace umožňuje rychlejší prostup většího množství tepla do střešního souvrství, pak ho méně zůstává v místě hoření (na povrchu střechy). Tím se snižuje rychlost šíření požáru. A naopak, pokud tepelná izolace umožňuje pronikání menšího množství tepla do střešního souvrství, zachová se ho více v místě hoření a rychlost šíření požáru se zvýší. Za povšimnutí stojí, že rychlejší šíření požáru může být žádoucí, protože takto může ochránit např. spodní vrstvu EPS. To však platí za předpokladu, že se oheň zastaví na okraji FV pole, což nemusí platit pro kapající/tavící se typy hydroizolací (např. asfalt).

Pokud je navíc součinitel prostupu tepla (hodnota U) různých izolačních souvrství stejný, předpokládá se, že příspěvky různých izolačních materiálů k dynamice požáru budou stejné. Nicméně i u izolačních souvrství se stejnou hodnotou U bylo zjištěno, že se z hlediska doby trvání požáru chovají odlišně.



Experimenty Kristensena a Jomaase ukázaly, že déletrvající požáry mohou zasáhnout hořlavé izolační materiály, a tím potenciálně umožnit šíření požáru z obálky budovy do jejího interiéru.

Významný rozdíl mezi skladbami střech je spojen s rekonstrukcemi stávajících a nových střech. Výběr materiálů může podstatně ovlivnit požární bezpečnost. Důsledky změn provedených na stávající budově z hlediska požární bezpečnosti nejsou často zvažovány na stejné úrovni, jako u nové budovy.

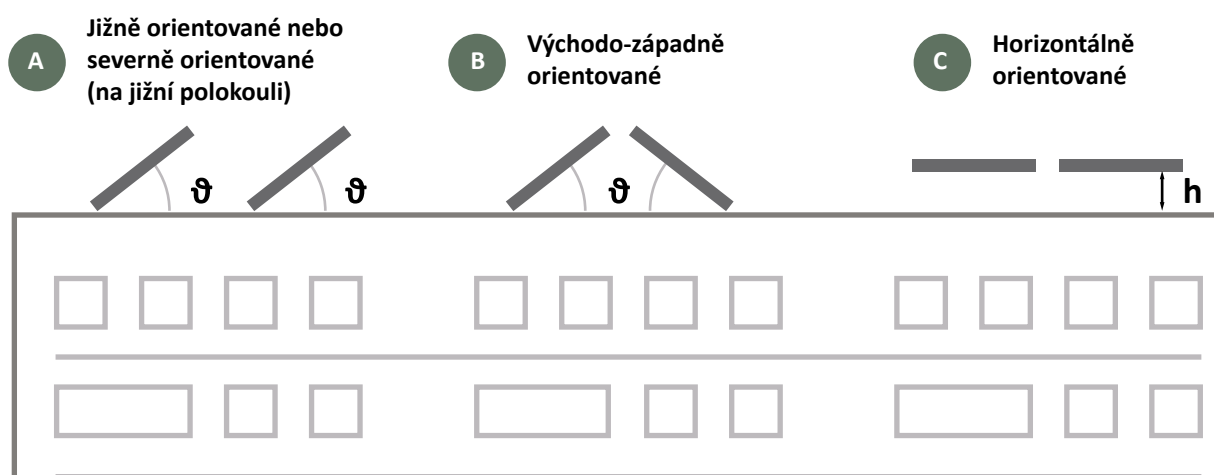
V konečném důsledku jde o zmírnění požárního rizika. Hořlavé izolační materiály použité na střeše představují větší požární zatížení, jinými slovy palivo, které může vzplanout a přispět ke vzniku požáru v případě nepředvídané požární události.

### Typ fotovoltaického modulu

Existuje několik typů FV modulů, například sklo-fólie (UL 790 třída C), sklo-sklo (UL 790 třída C) nebo sklo-sklo (UL 790 třída A). Šíření požáru ovlivňují všechny typy modulů, přestože mezi nimi mohou existovat určité rozdíly. Experimenty ukázaly, že dokonce i ocelová deska vedla k podobnému šíření jako fotovoltaický modul. Snížení rizika by tedy nemělo být založeno pouze na výběru FV modulu.

FV moduly hrají zásadní roli při šíření požárů střech souvisejících s fotovoltaikou. Mohou být buď jedním ze zdrojů vznícení, nebo se mohou zapojit do požáru, který vznikl mimo FV instalaci. Jejich přítomnost zásadně přispívá k horším následkům požáru souvisejícího s FV ve srovnání s požárem střechy bez FV systému. Následující body podrobněji vysvětlují, jak výběr a umístění solárních panelů a prvků kolem nich na střeše ovlivňuje riziko požáru budovy.

FV systémy se obvykle instalují ve třech různých orientacích, jak ukazuje níže zjednodušený boční pohled na budovu s FV panely na ploché střeše. V poslední době si získaly zvýšenou pozornost také vertikální panely. Počáteční testování ukázalo, že tato orientace nevede ke scénáři šíření požáru znázorněnému na obrázku 6 (Jomaas, Simakovs a Rus, 2024; Bellini, 2024).



Boční pohled



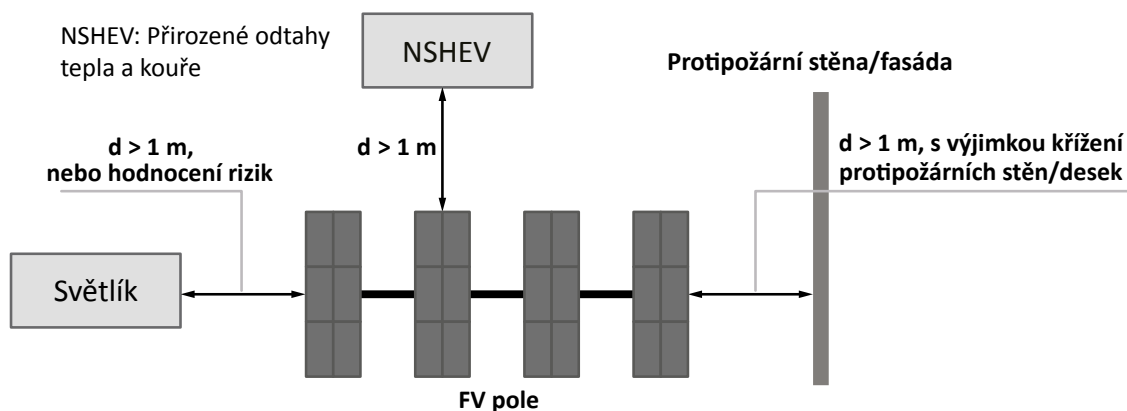
### Sklon panelů a jeho umístění (geometrie panelů)

Rozhodujícími parametry jsou výška mezery mezi FV panely a povrchem střechy a sklon panelů. Čím nižší je výška mezery, tím je větší množství tepla přenášeného zpět do střešní konstrukce, což vede k rychlejšímu rozvoji požáru a šíření plamene. Výzkum provedený Kristensenem a kol. (2020) ukázal, že existuje kritická výška mezery, což znamená, že při určité výšce se požár chová podobně, jako by panely na střeše nebyly. Za předpokladu, že je použita správná střešní hydroizolace, lze při instalaci panelů s výškou mezery přesahující tuto kritickou hodnotu (která musí být stanovena pro celou skladbu) výrazně snížit riziko požáru.

Sklon panelů vytváří tzv. komínový efekt, kdy se do ohně nasává větší množství kyslíku, a ještě více zvyšuje rychlost šíření plamene. Důsledky tohoto chování nejsou jednoznačné, stejně jako u rychlejšího šíření požáru, o kterém je řeč v části o tepelné izolaci. Rychlejší šíření plamene obvykle zkrátí celkovou dobu trvání požáru. Konstrukce střechy je tak vytavena teplem po kratší dobu, což potenciálně vede k menším následkům (protože se sníží riziko přenosu do konstrukce střechy).

### Rozmístění a velikost FV polí (konfigurace polí)

Požadavky na vzdálenost mezi FV poli a jejich maximální velikost stanovují některé národní předpisy. Tyto parametry jsou důležité, protože ovlivňují šíření požáru na střechách. Na obrázku níže je uveden příklad z Itálie (Cancelliere a kol., 2016), na kterém jsou znázorněny vzdálenosti mezi poli, od požárních stěn, světlíků a prostupů pro odvod tepla a kouře. Tato čísla se v jednotlivých zemích poněkud liší, a proto by bylo užitečné požadavky na instalaci sjednotit. Je však nutné mít na paměti, že by sjednocení požadavků mělo být založeno na výzkumu. Zároveň se předpokládá, že vzdálenosti budou různé pro různé FV instalace s různou konstrukcí střechy a geometrií FV panelů.



**Obrázek 9: Doporučená vzdálenost mezi poli a vzdálenost od požárních stěn, světlíků a kouřových a tepelných odvodů. Převzato z Cancelliere, 2016.**

Ve většině předpisů, které vydávají pojišťovny nebo bezpečnostní poradci, jsou uvedena dvě opatření (viz tabulku níže), a to plocha pole a rozestupy mezi nimi. Plocha pole je předepsána v rozmezí od 40 m x 40 m do 45 m x 45 m a rozestupy mezi poli by měly být od 1 m do 2 m v závislosti na některých dalších požadavcích uvedených v jednotlivých pokynech.



**Tabulka 2: Doporučená velikost pole a vzdálenosti kolem pole, jak jsou uvedeny v různých pokynech.**

| Vydavatel        | Velikost pole                             | Vzdálenosti mezi poli a od ostatních prvků na střeše |
|------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Allianz          | 45 m x 45 m                               | 1.2 m                                                |
| AXA XL           | 45 m x 45 m                               | 1.2 m nebo 1.8 m <sup>1</sup>                        |
| Pojištění RSA    | 46 m x 46 m                               | 1.2 m                                                |
| SZPV             | 40 m x 40 m                               | 1.0 m nebo 2.0 m <sup>2</sup>                        |
| BVS <sup>3</sup> | do 1,800 m <sup>2</sup> (cca 42 m x 42 m) | 1.0 m nebo 2.0 m <sup>4</sup>                        |
| VdS 2234         | 40 m x 40 m                               | > 5 m                                                |

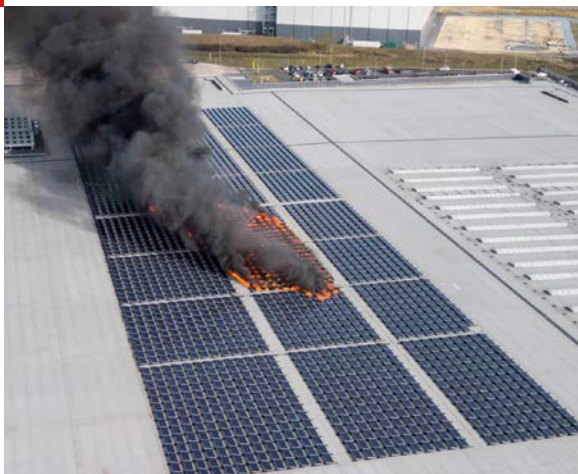
1. Požadovaná vzdálenost od okraje střechy k FV je 4 stopy (1,2 m) pro střechy s délkou nebo šířkou menší než 250 stop (75 m) a 6 stop (1,8 m) pro střechy s délkou nebo šířkou větší než 250 stop (75 m).
2. U plochých střech větších než 40 m x 40 m musí být pole omezeno na maximálně 40 m x 40 m. Mezi takovým polem a okrajem střechy musí být minimálně 1,0 m široký přístupový pás. Mezi dvěma takovými poli musí být volný průchod o šířce alespoň 2,0 m.
3. Dokument se zaměřuje pouze na střechy o ploše větší než 1800 m<sup>2</sup>.
4. 1,0 m pro případy s nehořlavým povrchem střechy (např. šetrkový povrch o tloušťce 5 cm), pokud je střešní plášť hořlavý (také klasifikace Broof(t1) bez ochrany šetrkovým povrchem o tloušťce 5 cm), musí být zachována vodorovná vzdálenost 2 m.

Požár ASKO v Norsku („Brannen i ASKO-bygget“, 2017), jenž vznikl od nabíjecího vysokozdvizného vozíku, je velmi dobrým příkladem vzniku požáru uvnitř budovy, který později ovlivnila fotovoltaika. Požár se z jednoho vnitřního požárního úseku rozšířil skrz střechu s FV systémem a poté se šířil do dalšího požárního úseku. Rozsáhlé rozšíření požáru způsobily dva faktory: FV systém (panely a skladba střechy) a chybějící prodloužení protipožární stěny nad úroveň střechy. Požár zničil plochu 9000 m<sup>2</sup> z celkových 100 000 m<sup>2</sup> a způsobil škodu v hodnotě přibližně 200 milionů norských korun (výše škody byla při nedávné aktualizaci zdvojnásobena kvůli přerušení obchodu a logistiky). Díky rozsáhlému hasebnímu zásahu se podařilo požár lokalizovat v požárním úseku mrazicího skladu objektu.



Požár ASKO v Norsku se rozšířil přes mnoho polí a také přes vnitřní protipožární stěnu, čímž byl překročen požární úsek.

Použitá fotografie: Požár skladu společnosti ASKO ve Vestby v Norsku v roce 2017, copyright Tor Aage Hansen/ROCKWOOL Group



Použitá fotografie: CambsNews/Terry Harris

Požár v distribučním centru Lidl v Peterborough ve Spojeném království v únoru 2024 se také rozšířil přes mnoho uliček. Směr šíření požáru navíc ukazuje, že při orientaci panelů na jih je šíření snazší na „vyšším konci“ nakloněného panelu (na fotografii směrem vlevo). Šíření tímto směrem také podpořil vítr. Zároveň se zdá, že k šíření požáru přispěly polypropylenové (tj. hořlavé) podložky, což je v souladu se zjištěními Kristensena a Jommase (2018).



#### KLÍČOVÉ SHRNUÍ:

- Riziko požáru na střechách s FV panely je větší než u střech bez panelů.
- Posouzení požární bezpečnosti fotovoltaické instalace se musí provést na úrovni celého systému, protože jednotlivé komponenty FV nemusí být nutně rizikové. Skutečné riziko však vzniká, když se jednotlivé komponenty zkombinují a musí se posoudit jako systém.
- Dynamiku požáru souvisejícího s FV zásadně ovlivňují tyto parametry:
  - výška mezery
  - sklon panelů
  - skladba střechy (hydroizolační materiály a tepelné izolace...)
  - konfigurace polí (velikost pole a vzdálenosti mezi poli)
- Typ panelu není tak podstatný jako výše uvedené parametry.
- Všechny hydroizolace umístěny pod FV panely se zapojují do požáru a vedou k šíření mimo místo vzniku (pokud jsou panely dostatečně blízko povrchu střechy).
- Na základě výše uvedeného se doporučuje používat nehořlavé izolační materiály a upevnění pro minimalizaci rizika požáru.



## 4. Hašení požáru

Hašení požárů střech s fotovoltaikou je z větší části stejné, ať už požár vypukne uvnitř budovy nebo na střeše. Obecně platí, že hašení vyžaduje:

1. Bezpečný přístup na střechu
2. Bezpečný zásah na střeše
3. Úspěšné použití hasební látky (voda, pěna...)



Fotografie střechy a zasahujících hasičů pořízená v Robbinsville, New Jersey, USA.

Použitá fotografie: Edmund Haemmerle

Instalace fotovoltaiky na střeše může narušit všechny tyto aspekty. Je proto nezbytné dbát na následující skutečnosti:

- 1 Neumísťovat fotovoltaické panely u okraje střechy na žádné straně. Zajistit uličky mezi fotovoltaickými poli bez překážek pro účinný zásah hasičů z jakéhokoli přístupového bodu na střeše.
- 2 Rozšířit protipožární stěny, aby se zabránilo neočekávanému rozvoji požáru, zajistit dostatečně pevnou konstrukci střechy a možnost vypnutí hlavního jističe, aby se snížilo riziko úrazu elektrickým proudem.
- 3 Pro úspěšné použití hasební látky je nutné být blízko požáru, protože FV panely jinak blokují proud hasiva k ohnisku požáru. Tento bod souvisí se dvěma předchozími skutečnostmi. Z důvodu ochrany životního prostředí je rovněž důležité omezit množství použité vody.

FV panely produkují potenciálně smrtelné množství stejnosměrného proudu, kdykoli jsou vystaveny světlu, které je zdrojem energie. Všechny solární fotovoltaické systémy obsahují izolační spínače, většina měničů má zařízení pro detekci obloukových poruch a některé solární fotovoltaické systémy mají další elektronickou ochranu navrženou k monitorování a „vypnutí“ fotovoltaického systému v případě poruchy. Nicméně všechna tato elektromechanická zařízení jsou zapojena po proudu před samotnými solárními panely. FV panely a kabeláž vedoucí k prvnímu bodu elektromechanické ochrany tak zůstávají pod napětím, dokud FV panely přijímají



světlo. Ať už je fotovoltaický systém přímo zdrojem vznícení, nebo se na něm podílí nepřímo (zdroj vznícení je mimo fotovoltaický systém), pro zasahující hasiče představuje nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Požáry FV panelů proto nesmí hasit nevyškolené osoby. Panely je nutné co nejdříve odpojit, a pokud je FV systém porušený, hrozí zásah stejnosměrným elektrickým proudem a požár. Nelze očekávat, že hasiči budou při příjezdu k požáru podrobně rozumět různým technologiím fotovoltaických systémů. Potřebují jednoduchou a účinnou metodu, jak bezpečně odpojit fotovoltaický systém přímo u zdroje výroby energie.

Velký požár ve skladu v Noardburgumu v Nizozemsku z 20. května 2021 poukazuje na navazující ekologické problémy, které mohou vzniknout v důsledku požárů fotovoltaických systémů (Bellini, 2021). Magistrát v tiskové zprávě uvedl, že obdržel 73 oznámení od obyvatel, kteří byli znepokojeni přítomností fragmentů fotovoltaických modulů na svých pozemcích. Podle Urse Muntwylera, experta na požáry fotovoltaických instalací a generálního ředitele švýcarské strojírenské společnosti Ingeniebüro Muntwyler, jsou nalezené fragmenty, které jsou vidět i na snímku zveřejněném v tiskovém prohlášení obce, podobné těm, které našel po požáru fotovoltaiky ve švýcarské vsi Lanzenhäusern.



Požár v Noardburgumu v Nizozemsku vyvolal obavy o životní prostředí několik kilometrů od místa požáru.

Použitá fotografie: NoorderNieuws/de Vries Media

Požáry, které vzniknou uvnitř budovy, mají častěji větší rozsah i dopad na životní prostředí. Kouřová mračna jsou rozsáhlá a mohou zanést části fotovoltaických panelů velmi daleko (jak dokazuje požár v Nizozemsku), což způsobuje obavy o životní prostředí v širokém okolí. Při velkých požárech spotřebují hasiči také více vody, což zvětšuje pravděpodobnost kontaminace půdy a podzemní vody v okolí požáru. V blízkosti obzvláště chráněného prostředí by proto měly být důsledně zvažovány i tyto aspekty.



## KLÍČOVÉ SHRNUÍ:

- Pokud se má zabránit rozšíření požáru z vnitřku budovy na střechu, je obvykle nutné použít nehořlavou střešní konstrukci.
- Protipožární stěny musí být dostatečně vysoké nad úrovní střechy, aby se zabránilo šíření mezi požárními úseky.
- Instalované FV systémy ovlivňují schopnost hasičského sboru úspěšně uhasit požár.
  - Je nutné zajistit přístup a bezpečný zásah.
  - Zajistěte možnost aplikovat hasební látku přímo na oheň, nikoli na samotné panely.



Hasič v kouři z požáru fotovoltaiky na střeše v Robbinsvillu, NJ, USA. Ramali a kol. (2023) navrhli, aby se hasiči před, během a po požárech fotovoltaiky řídili seznamem bezpečnostních pokynů. Jedním z nich je používat osobní ochranné pracovní prostředky.

Použitá fotografie: NoorderNieuws/de Vries Media

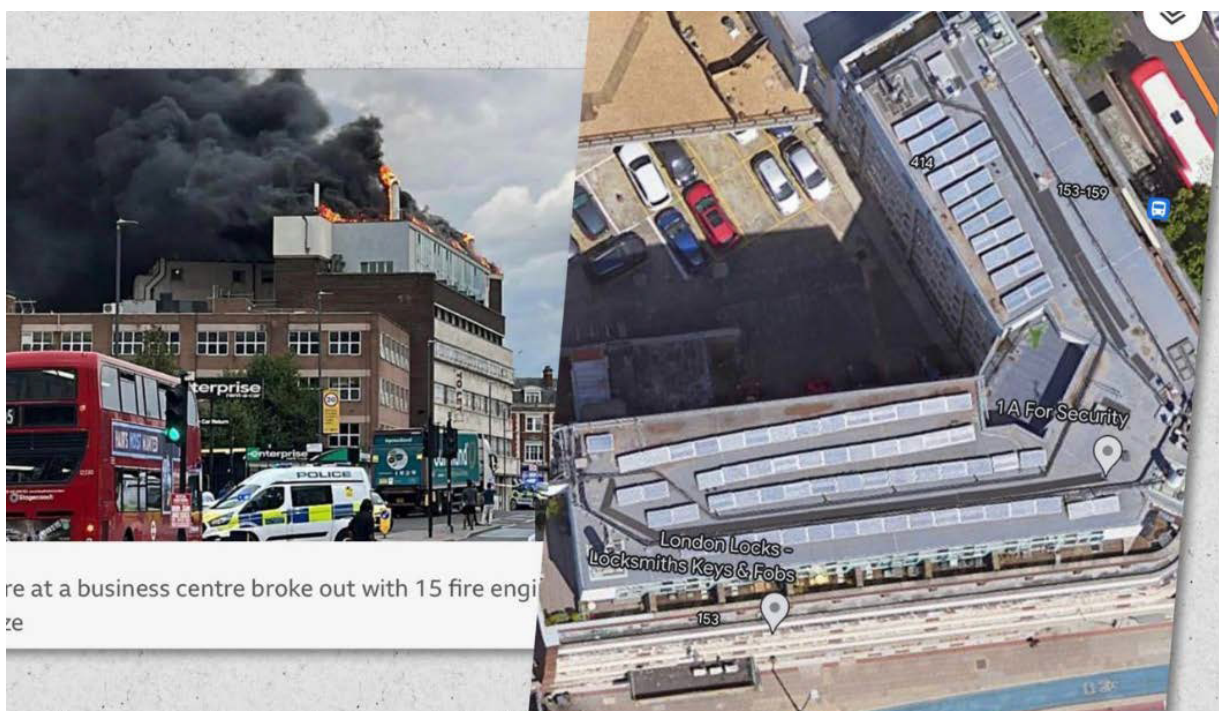


## 5. Obecné problémy

Existují obecné problémy související s požární bezpečností instalovaných fotovoltaických systémů na střechách. Například není (zatím) běžné mít instalovány detekční systémy a často se spoléhá na lidský faktor. Požár střechy se tak může rozvinout dříve, než je vizuálně zpozorován. Další obecné problémy souvisí se špatnou instalací a nedostatečnou údržbou.

Příkladem rozsáhlého požáru souvisejícího s obecnými problémy je srpnový požár v 2023, kdy začalo hořet na střeše v Londýně ve Velké Británii. Předpokládá se, že ke vznícení došlo ve fotovoltaickém systému instalovaném na střeše. Oheň se nakonec rozšířil přes střechu a donutil obyvatele k rychlé evakuaci, protože když se uvnitř budovy spustily alarmy, byl požár již poměrně rozsáhlý. Jak je vidět z níže uvedených fotografií, systém zřejmě nebyl instalován podle běžných doporučených postupů a na vině také mohla být jeho špatná údržba. FV pole byla buď instalována velmi nerovnoměrně, nebo jimi pohnul vítr či jiné síly, což je častá a známá příčina namáhání elektrických kabelů, která může způsobit obloukový výboj a vznícení materiálu na střeše.

Je známým faktem, že pohyb fotovoltaických panelů při silném větru nebo bouři může vést k poruchám a riziku vznícení. To znamená dodatečnou zátěž pro systém FV. Zvýšená zátěž může způsobit další problémy, mezi které patří poškození FV způsobené samotným přetížením nebo ovlivnění izolačního materiálu pod fotovoltaikou.



Výňatek z novinového článku o požáru střechy v Londýně spolu se snímkem FV systému na střeše budovy z Mapy Google.

<https://www.bbc.com/news/uk-england-london-66622684>



### Kvalifikace instalačních firem

Příčina velkého počtu požárů fotovoltaiky (více než 55 %) přímo nebo nepřímo souvisí s její instalací, a to konkrétně s panely, izolátory, měniči a konektory. Počet požárů vzniklých v důsledku těchto poruch by se mohl výrazně snížit, pokud bychom se zaměřili na proces instalace.

Studie zabývající se osvědčením osob instalačních firem provedená společností BRE (BRE, 2011) zjistila, že v mnoha evropských státech neexistuje žádný certifikační systém, který by instalačním firmám a jejich pracovníkům umožňoval prokázat potenciálním klientům svou způsobilost a kvalitu práce. To představuje překážku pro rozšiřování fotovoltaických systémů v Evropě, protože složitost fotovoltaických systémů a jejich vysoké náklady znamenají, že zákazníci mohou mít obavy investovat do fotovoltaiky bez ujištění o způsobilosti osoby provádějící instalaci. Podle zjištění (BRE, 2011) mezi klíčové oblasti, které by měly být zahrnuty do certifikačních školení, patří dodržování platných předpisů, směrnic a požadavků na instalaci a údržbu, řešení problémů specifických pro dané místo instalace a výkon systému, technické kompetence, řízení kvality a péče o zákazníky.

V návaznosti na zjištění BRE byly prostudovány další pokyny s cílem zjistit, kolik z nich výslovně obsahuje požadavky na adekvátní certifikaci, kvalifikaci či školení osob provádějících instalaci fotovoltaiky. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 3.

**Tabulka 3: Přehled pokynů vyžadujících certifikaci osob zajišťujících instalaci fotovoltaiky**

| Země        | Organizace                                              | Požadovaná certifikace |
|-------------|---------------------------------------------------------|------------------------|
| Německo     | Allianz (Allianz Risk Consulting, 2019)                 | ANO                    |
| Německo     | VdS (VdS, 2023)                                         | ANO                    |
| Francie     | AxaXL (AXA XL Risk Consulting, 2021)                    | ANO                    |
| UK          | RSA (RSA Insurance Group, 2020)                         | NE                     |
| Slovinsko   | SZPV (SZPV, 2016)                                       | ANO                    |
| Rakousko    | BVS (BVS - Brandverhütungsstelle, 2022)                 | NE                     |
| Kanada      | Canadian solar (Canadian Solar Inc., 2020)              | ANO                    |
| Čína        | Longi (LONGi Solar Technology Co., Ltd., 2023)          | ANO                    |
| Čína        | JA solar (Shanghai JA Solar Technology Co., Ltd., 2019) | ANO                    |
| Jižní Korea | LG (LG Electronics Deutschland GmbH, 2019)              | ANO                    |



## Provoz a údržba fotovoltaiky

Data ukazují, ve kterých oblastech lze zlepšit údržbu FV systémů (Pester a kol., 2017):

- Kontrola vnitřních částí stejnosměrných izolátorů (odběr vzorků, pokud je jich velký počet), kontrola přehřátí, vlhkosti a uvolněných svorek.
- Metodika pro odběr vzorků jakýchkoli stejnosměrných konektorů montovaných na místě (problém u konektorů sestavených v továrních podmínkách je méně pravděpodobný).

Je nutné zavést flexibilní mechanismus kontroly a údržby nebo použít systém monitoringu a sběru dat k rozhodnutí, zda je naplánovaná údržba nezbytná pro snížení rizika požáru (Wu a kol., 2020).

Údržba fotovoltaických zařízení by měla zahrnovat následující čtyři postupy údržby (NREL, 2018):

### **Správa údržby:**

Uvědomit si odpovědnost za každou z následných částí údržby a jasně je stanovit

### **Preventivní údržba:**

Plánovaná údržba se často provádí v intervalech doporučených výrobcem, jak to vyžadují záruky na zařízení.

### **Nápravná údržba:**

Nutná k opravě poškození nebo výměně vadných součástí. Některé úkony nápravné údržby, jako je resetování měniče nebo resetování komunikace, je možné provádět na dálku. Méně naléhavé úkony nápravné údržby lze také kombinovat s plánovanou preventivní údržbou.

### **Údržba na základě stavu:**

Využívá v reálném čase informace ze záznamníku dat k plánování preventivních opatření nebo oprav údržby tím, že předvídá poruchy nebo je zachytí včas.



Přestože to předpisy nestanovují, typické údržbové práce na fotovoltaických systémech zahrnují:

- Kontrolu kabelových spojů a zakončení s ohledem na uvolnění a korozi.
- Kontrolu kabelových svazků, zda jsou čistě svázané a chráněny.
- Kontrolu čistoty, případného poškození a strukturální integrity FV pole.
- Kontrolu střešních prostupů a těsnění proti povětrnostním vlivům.
- Údržbu baterií, která může zahrnovat čištění, doplnění elektrolytů, vyrovnaní nabití a v případě nutnosti výměnu.

Údržba solárních FV systémů je definována v normách IEC 62446a 2. IEC 62446-1 je mezinárodní standard pro testování, dokumentaci a údržbu fotovoltaických systémů připojených k síti. Stanovuje standardy pro to, jak musí projektanti a osoby provádějící instalaci FV systémů připojených k síti poskytovat informace a dokumentaci zákazníkům.

### Nedostatek statistik

Hodnocení rizik vždy zahrnuje pravděpodobnost posuzované události a její důsledky. Aby bylo možné řádně posoudit rizika požárů souvisejících s fotovoltaickými zařízeními, musela by existovat spolehlivá data o počtu požárů souvisejících s fotovoltaickým zařízením a rozsahu škod, které způsobily. Přístupy ke shromažďování údajů se však mezi zeměmi velmi liší, a než budou zavedena příslušná opatření ke zlepšení a sjednocení procesů shromažďování dat, bude komplexní posouzení rizik vzácné.

### Nedostatek aktualizovaných údajů o budovách

Chybí aktualizované údaje o budově, ke kterým by hasiči měli přístup v okamžiku výjezdu k požáru. V ideálním případě by měli být schopni získat tyto informace:

#### 1. Instalace

- a. Rozvržení FV systému ☒
- b. Specifikace FV systému ☒
  - I. Typ ☒
  - II. Stáří ☒
  - III. Přítomnost bezpečnostních zařízení (např. mikroměniče) ☒

#### 2. Střešní konstrukce

- a. Typ fólie ☒
- b. Použitý izolační materiál (hořlavý versus nehořlavý) ☒
- c. Použitý typ nosné konstrukce (hořlavý versus nehořlavý) ☒

### Poděkování

Tato práce byla inspirována workshopem pořádaným FM Global, NFPA a ROCKWOOL na dánské ambasádě v Bruselu v březnu 2023. Práce byla možná díky ekonomické podpoře ROCKWOOL a projektu FRISSBE, který získal finanční prostředky z programu Evropské unie pro výzkum a inovace Horizont 2020 na základě grantové smlouvy č. 952395.



## 6. Bibliografie

Alam, M.K., Khan, F.H., Johnson, J., & Flicker, J. (2013). PV faults: Overview, modeling, prevention and detection techniques [Závady fotovoltaiky: Přehled, modelování, prevence a metody detekce]. 2013 IEEE 14th Workshop on Power Electronics and Power Quality (COMPEL), 1–7. [ODKAZ na článek](#)

Allianz Risk Consulting. (2019). FIRE HAZARDS OF PHOTOVOLTAIC (PV) SYSTEMS [POŽÁRNÍ RIZIKA FOTOVOLTAICKÝCH (FV) SYSTÉMŮ]. Allianz Risk Consulting. [ODKAZ](#)

AXA XL Risk Consulting. (2021). Property Risk Consulting Guidelines: PHOTOVOLTAIC SYSTEMS [Pokyny pro poradenství v oblasti majetkových rizik: FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY]. AXA XL Risk Consulting. [ODKAZ](#)

Bellini, E. (26. května 2021). Major fire at solar-powered warehouse in the Netherlands raises concerns among nearby residents [Rozsáhlý požár skladu se solárním napájením v Nizozemsku vzbudil obavy u obyvatel žijících v okolí]. PV Magazine International. [ODKAZ](#)

Bellini, E. (2024, March 15) Tests show rooftop fires propagate slowly with vertical PV systems [Zkoušky ukazují, že u vertikálních FV systémů se střešní požáry šíří pomalu]. PV Magazine International. [ODKAZ](#)

Brannen i ASKO-bygget. (19. srpna 2017). Brann & Redning. [ODKAZ](#)

BRE (WP leader) (2011). Review of current PV installer certification schemes in Europe [Revize stávajících schémat certifikace osob instalujících FV v Evropě] (WP5 –D5.1). [ODKAZ](#)

BVS – Brandverhütungsstelle. (2022). PV systems – Fire protection requirements for the installation of PV systems on hall roofs with areas larger than 1,800 m<sup>2</sup> [FV systémy – Požadavky na požární ochranu pro instalace FV systémů na střeších hal s plochou větší než 1800 m<sup>2</sup>]. BVS – Brandverhütungsstelle. [ODKAZ](#)

Canadian Solar Inc. (2020). Installation manual of standard solar modules [Návod na instalaci solárních modulů]. Canadian Solar Inc. [ODKAZ](#)

Cancelliere, P. (2016). PV electrical plants fire risk assessment and mitigation according to the Italian national fire services guidelines [Posouzení a zmírnění požárních rizik fotovoltaických elektráren podle italských národních směrnic pro požární služby]. Fire and Materials, 40(3), 355-367. [ODKAZ na článek](#)

ČSN EN 13501-5 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 5: Klasifikace podle výsledků zkoušek střež vystavených vnějšímu požáru (s. 38). (2016). [ODKAZ](#)

Goldman, J. (24. července 2023). Solar Panels Burn in Massive NJ Warehouse Fire - Fire Engineering: Firefighter Training and Fire Service News [Solární panely shořely při rozsáhlém požáru skladu – Požární technika: školení hasičů a zprávy z hasičské služby], Rescue. [ODKAZ](#)

Jomaas, G., Simakovs, K., Rus, N., (2024). Mitigating PV fire risk [Zmírňování rizik požáru FV]. FPA Fire & Risk Management Journal. [ODKAZ](#)

Kelley, D. (6. září 2013). Rooftop solar panels become new enemy of U.S. firefighters [Střešní solární panely novým nepřítelem amerických hasičů]. Reuters. [ODKAZ](#)

Knarud, J., & Heskestad, A. (1. ledna 2019). Building fire codes as a part of the national security Emphasizing critical deliveries to industry and consumers [Předpisy požární bezpečnosti budov coby součást národní bezpečnosti Důraz na kritické dodávky průmyslu i zákazníkům]. [ODKAZ](#)

Kristensen, J. S. (2022). Fire risk of photovoltaic installations on flat roof constructions [Požární rizika fotovoltaických instalací na plochých střešních konstrukcích]. The University of Edinburgh. [ODKAZ](#)

Kristensen, J.S; Jacobs, B.; Jomaas, G. (2022) “Experimental Study of the Fire Dynamics in a Semi-enclosure Formed by Photovoltaic (PV) Installations on Flat Roof Constructions,” [„Experimentální studie dynamiky požáru v polouzavřeném prostoru vytvořeném fotovoltaickou (FV) instalací na ploché střešní konstrukci“] Fire Technology, Díl 58, 2017-2054. [ODKAZ na článek](#)



Kristensen, J.S.; Faudzi, F.B.M.; Jomaas, G. (2020) "Experimental study of flame spread underneath photovoltaic (PV) modules," [„Experimentální studie šíření plamene pod fotovoltaickými (FV) moduly“] Fire Safety Journal, Díl 120. [ODKAZ na článek](#)

Kristensen, J.S.; Jomaas, G. (2018) "Experimental Study of the Fire Behaviour on Flat Roof Constructions with Multiple Photovoltaic (PV) Panels," [„Experimentální studie chování ohně na ploché střešní konstrukci s více fotovoltaickými (FV) panely“] Fire Technology, Díl 54, 1807-1828. [ODKAZ na článek](#)

Kristensen, J.S.; Merci, B.; Jomaas, G. (2018) "Fire-Induced Re-Radiation underneath Photovoltaic Arrays on Flat Roofs," [„Zpětné sálání způsobené ohněm pod fotovoltaickými poli na plochých střeších“] Fire and Materials, Díl 42, 316-323. [ODKAZ na článek](#)

Mohd Nizam Ong, N.A.F.; Sadiq, M.A.; Md Said, M.S.; Jomaas, G.; Mohd Tohir, M. Z.; Kristensen, J.S. (2022) "Fault Tree Analysis of Fires on Rooftops with Photovoltaic Systems." [Analýza stromové struktury požárů na střeších s fotovoltaickými systémy] Journal of Building Engineering, 46, 103752. [ODKAZ na článek](#)

LG Electronics Deutschland GmbH. (2019). Installation Manual: PV Solar MODULE [Návod na instalaci: Solární FV MODUL]. LG Electronics Deutschland GmbH. [ODKAZ](#)

LONGi Solar Technology Co., Ltd. (2023). Installation Manual for LONGi Solar PV Modules [Návod na instalaci k solárním FV modulům LONGi]. LONGi Solar Technology Co., Ltd. [ODKAZ](#)

Millen, R., & Morgan, W. (10. dubna 2022). Bristol's We The Curious fire—Everything we know about the blaze so far [Požár centra We The Curious v Bristolu – Vše, co se dosud o požáru ví]. SomersetLive. [ODKAZ](#)

Mohd Nizam Ong, N.A.F., Mohd Tohir, M.Z., (2021). Investigation of the effects of photovoltaic (pv) system component aging on fire properties for residential rooftop applications [Vyšetřování dopadů stárnutí součástek fotovoltaických (FV) systémů na vlastnosti požáru u instalací na střeších obytných budov], SFPE Europe Magazine, Vydání 21. [ODKAZ](#)

NREL. (2018). Best Practices for Operation and Maintenance of Photovoltaic and Energy Storage Systems [Osvědčené postupy pro provoz a údržbu fotovoltaických systémů a systému ukládání energie]; 3. vydání (10.2172/1489002). [ODKAZ](#)

Pester, S., Coonick, C., Crowder, D., Parsons, J., & Shipp, M. (2017). Fire and Solar PV Systems – Recommendations for the Photovoltaic Industry [ ] (P100874-1006 Issue 2.5). BRE. [ODKAZ](#)

Ramali, M.R., Mohd Nizam Ong, N.A.F., Md Said, M.S., Mohamed Yusoff, H., Baharudin, M.R., Tharima, A.F., Akashah, F.W., Mohd Tohir, M.Z., (2023). A Review on Safety Practices for Firefighters During Photovoltaic (PV) Fire [Revize bezpečnostních postupů pro hasiče při požáru fotovoltaiky (FV)]. Fire Technol 59, 247–270. [ODKAZ na článek](#)

RSA Insurance Group. (2020). Risk Control Guide PHOTOVOLTAIC (SOLAR) PANELS [Směrnice pro řízení rizik FOTOVOLTAICKÉ (SOLÁRNÍ) PANELY]. RSA Insurance Group. [ODKAZ](#)

Rus, N., Jomaas, G., (2024). PV guidelines – are the recommendations sufficiently evidence-based? [FV směrnice – jsou doporučení dostatečně podložena důkazy?] SFPE Europe Magazine, Vydání 33. [ODKAZ](#)

Shanghai JA Solar Technology Co., Ltd. (2019). Installation manual for JA Solar photovoltaic modules [Návod na instalaci k solárním fotovoltaickým modulům JA]. Shanghai JA Solar Technology Co., Ltd. [ODKAZ](#)

SZPV. (2016). Smernica SZPV 512: Smernica o požarni varnosti sončnih elektrarn. Slovensko združenje za požarno varstvo. [ODKAZ](#)

VdS 2234 (2018). Firewalls And Complex Partition Walls [Protipožární stěny a komplexní příčky]. [ODKAZ](#)

VdS. (2023). Photovoltaik-Anlagen auf Dächern mit brennbaren Baustoffen. [ODKAZ](#)

Wu, Z., Hu, Y., Wen, J. X., Zhou, F., & Ye, X. (2020). A Review for Solar Panel Fire Accident Prevention in Large-Scale PV Applications [Rekapitulace pro prevenci požárů solárních panelů u velkých FV aplikací]. IEEE Access, 8, 132466–132480. [ODKAZ na článek](#)

Zach, K. (2019). Meterhoher Rauch: Brand auf Ex-Semperit-Gelände in Traiskirchen. Kurier [ODKAZ](#)

ZRS (Zurich Resilience Solutions). (2023) Photovoltaic (PV) systems on buildings - Pre-design, design, installation, and operation [Fotovoltaické (FV) systémy na budovách – návrh, projekt, instalace a provoz] [ODKAZ](#)

