



OSAZENÍ FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ NA STŘECHY S NOSNÝM TRAPÉZOVÝM PLECHEM

**METODICKÁ POMŮCKA
pro zajištění možnosti
statického posouzení plechů**

Praha, říjen 2022 – verze 3

OBSAH:

| | | |
|----|--|---|
| A. | <u>PROBLEMATIKA LOKÁLNÍCH BŘEMEN</u> | 3 |
| B. | <u>POŽADAVKY NA PODKLADY PRO STATICKÝ POSUDEK</u> | 5 |
| | B.1 DOKUMENTACE PLECHŮ | 5 |
| | B.2 HMOTNOST STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ | 6 |
| | B.3 ZATÍŽENÍ TECHNOLOGIEMI A PODHLEDY | 6 |
| | B.4 INFORMACE O FVE | 7 |
| | B.5 INFORMACE O KONSTRUKČNÍM ŘEŠENÍ STŘECHY A UMÍSTĚNÝCH TECHNOLOGIÍCH ČI DALŠÍCH POŽADAVCÍCH | 8 |
| C. | <u>DOPORUČENÍ A POZNÁMKY Z PRAXE</u> | 8 |

Tato pomůcka slouží především pro potřeby statických posudků střech s trapézovými plechy, na které mají být dodatečně instalovány fotovoltaické elektrárny (FVE), resp. fotovoltaické panely. Principy popsané v této pomůcce ale platí obecně i pro posuzování jiných zatížení působících na trapézový plech či pro návrh střech nových.

Pouze při zohlednění níže popsaných problematik a dodání nezbytných podkladů lze zodpovědně posoudit statickou únosnost a spolehlivost nově přitěžovaných střešních trapézových profilů.

A. PROBLEMATIKA LOKÁLNÍCH BŘEMEN

Trapézové plechy jsou stavebními prvky určenými pro přenášení především plošných zatížení. Zatížení lokálními břemeny lze na ně uplatnit jen omezeně. Na jednotlivé vlny trapézového plechu je třeba nahlížet jako na samostatné navzájem nespolutůsobící prvky (zjednodušeně řečeno – neboť vzájemné spolupůsobení je velmi omezené). Pro názornost nám jako příklad obdobné konstrukce může sloužit prkenná podlaha, kde žádné prkno není nijak spojené s vedlejšími prkny a působí jednotlivě – nejvíce zatíženému prknu nijak nepomůže, je-li v jeho sousedství prkno zatížené méně.

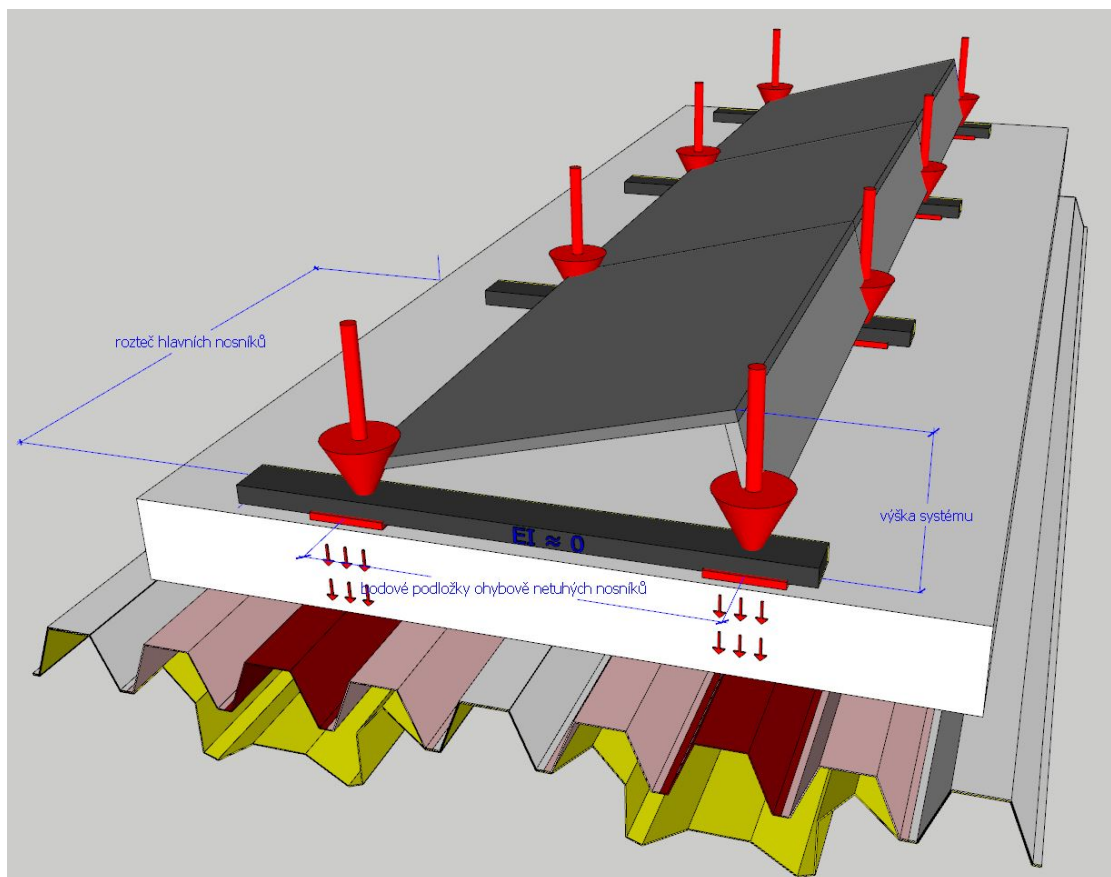
U instalace FVE je tedy důležité volit takové podpěrné konstrukce panelů, které zajistí co nejrovnoměrnější přenos veškerých zatížení (tedy i sněhu a větru) z FVE do trapézových plechů.

Shodný princip platí pro všechna zatížení. Velmi častou chybou je zanedbání lokálního vlivu zavěšení/uložení jinak plošného zatížení. Kupříkladu, je-li zadáno, že podhled váží 20 kg/m^2 a že je kotven do každé páté vlny, je zapotřebí dimenzovat tr. plech na náhradní plošné rovnoměrné zatížení 100 kg/m^2 – tedy 5x větší, než je samotná plošná hmotnost podhledu (i zde mezilehlé vlny prakticky nepomáhají vlnám, které jsou přímo zatíženy).

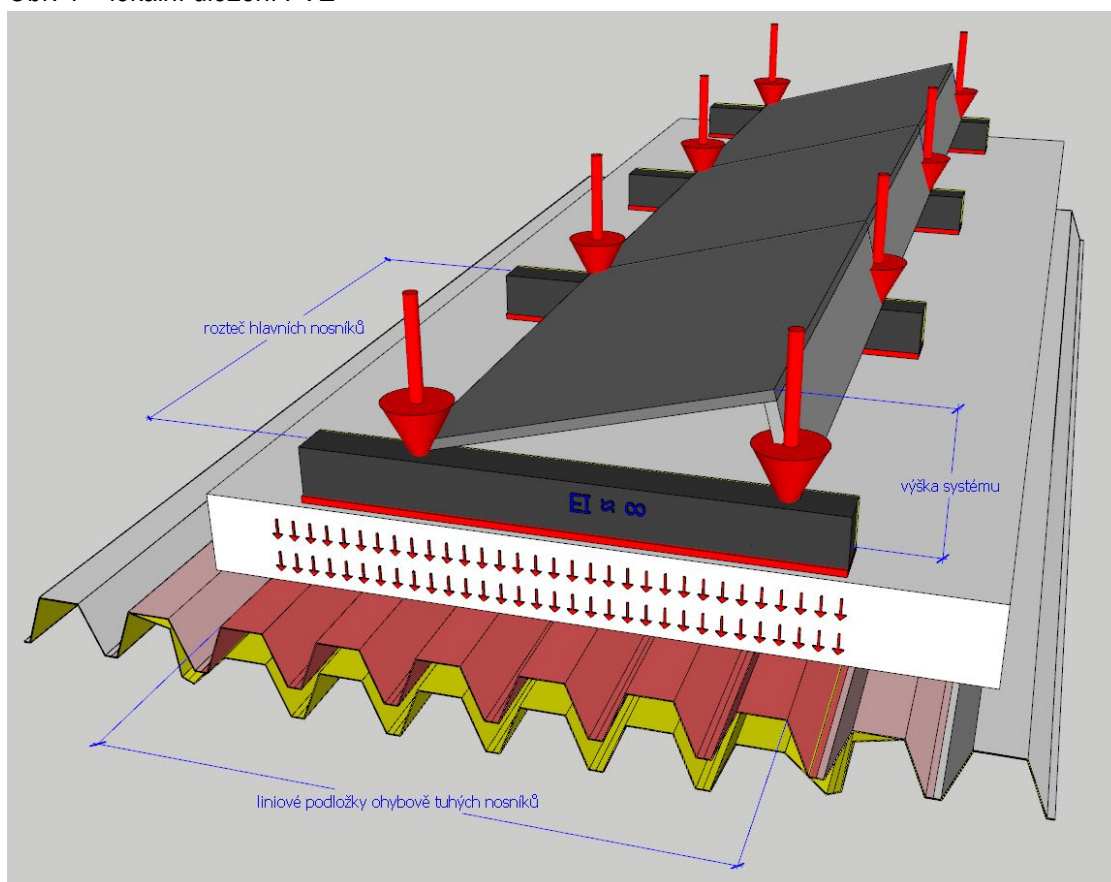
Pro názorné osvětlení této zásadní problematiky zde uvádíme schematické obrázky dvou variant uložení FVE a jejich dopady do namáhání trapézového plechu.

Na obr. 1 je znázorněno, k jaké deformaci (ve zvětšeném měříku) trapézového plechu dochází, když úložná podkonstrukce FVE vnáší podporové síly do tr. plechu pouze lokálně. Je zde patrná značná deformace vlny tr. plechu přímo pod břemenem s odpovídajícím napětím v této vlně (tmavá červená barva). Vedlejší vlny jsou již deformované výrazně méně a i jejich napětí je menší (růžová barva). Vlny trapézového plechu mezi lokálními břemeny se pak na přenosu zatížení nepodílejí prakticky vůbec (šedivá barva).

Na obr. 2 je znázorněna situace, kdy FVE je podpírána tuhými roznášecími prvky orientovanými kolmo vůči vlnám tr. plechu. Tím je zajištěno, že se všechny vlny plechu deformují shodně a budou se tedy na přenosu zatížení podílet stejnou měrou. Výsledné deformace jsou výrazně menší než v předchozím případě, a adekvátně tomu klesá i napětí v trapézovém plechu (světlá červená barva).



Obr. 1 – lokální uložení FVE



Obr. 2 – liniové uložení FVE

Výsledný roznos zatížení výrazně ovlivňuje také tloušťka a tuhost vrstev střešního pláště. Prozatím však neexistují žádná všeobecně platná pravidla pro stanovení přijatelné deformace hydroizolační vrstvy včetně tepelné izolace a stanovení míry roznosu zatížení na jednotlivé vlny.

B. POŽADAVKY NA PODKLADY PRO STATICKÝ POSUDEK

Před zahájením komplexního statického prověřování je nutné zajistit nezbytné podklady pro jeho provedení. Při řádné správě staveb bývají všechny níže uvedené podklady k dispozici a je pouze třeba je předat osobě odpovědné za posudek.

B.1. DOKUMENTACE PLECHŮ

Aby bylo možno trapézové plechy posoudit, je nutné o nich znát následující údaje – a to **pro všechna místa střechy**:

- typ plechu – označení výrobce a konkrétního profilu (např. CB 150/280)
- jmenovitá tloušťka plechu (např. 0,75 mm)
- materiál plechu (není-li identifikace plechu dle první odrážky zcela jistá)
- rozpětí
- způsob uložení (prostý nosník, spojitý nosník o dvou polích, ...)
- šířka podpor
- případně počet vrstev, či délka „přeplátování“

Je nutno upozornit, že výše uvedené parametry mohou být v každém místě střechy různé, byť se plechy jeví na první pohled jako zcela shodné. Velmi často bývají plechy zesíleny v místě závějí (u atik, u světlíků, u VZT apod.) nebo v místě prostupů. Leckdy se využívá „momentového napojení“ plechů, kdy je jeden plech (nebo oba plechy) prodloužen za podporu a plechy jsou tak v určité oblasti „přeplátovány“ a v místě přesahu sešroubovány dohromady.

Tyto požadované údaje lze nejlépe zjistit z platného kladečského výkresu tr. plechů. Vzhledem k tomu, že při realizaci staveb bývá návrh plechů velmi často „optimalizován“ pro konkrétního dodavatele či investora, je nutné ověřit, že je k dispozici kladečský plán, podle něž byla střecha skutečně realizována.

Není-li takový projekční podklad k dispozici, je zapotřebí provést zaměření plechů, odebrat vzorky a provést jejich laboratorní vyhodnocení (tloušťku jádra plechu nelze zjistit prostým odměřením – nejprve je zapotřebí odborně odstranit všechny povlaky včetně zinkové vrstvy, dále je nutné provést tahovou zkoušku pro ověření mechanických vlastností atp.). U finálního posouzení (nejedná-li se o studii) by mělo být odebráno a analyzováno dostatečné množství vzorků, aby bylo možné vypracovat „Náhradní kladečský plán“ pro celou střechu.

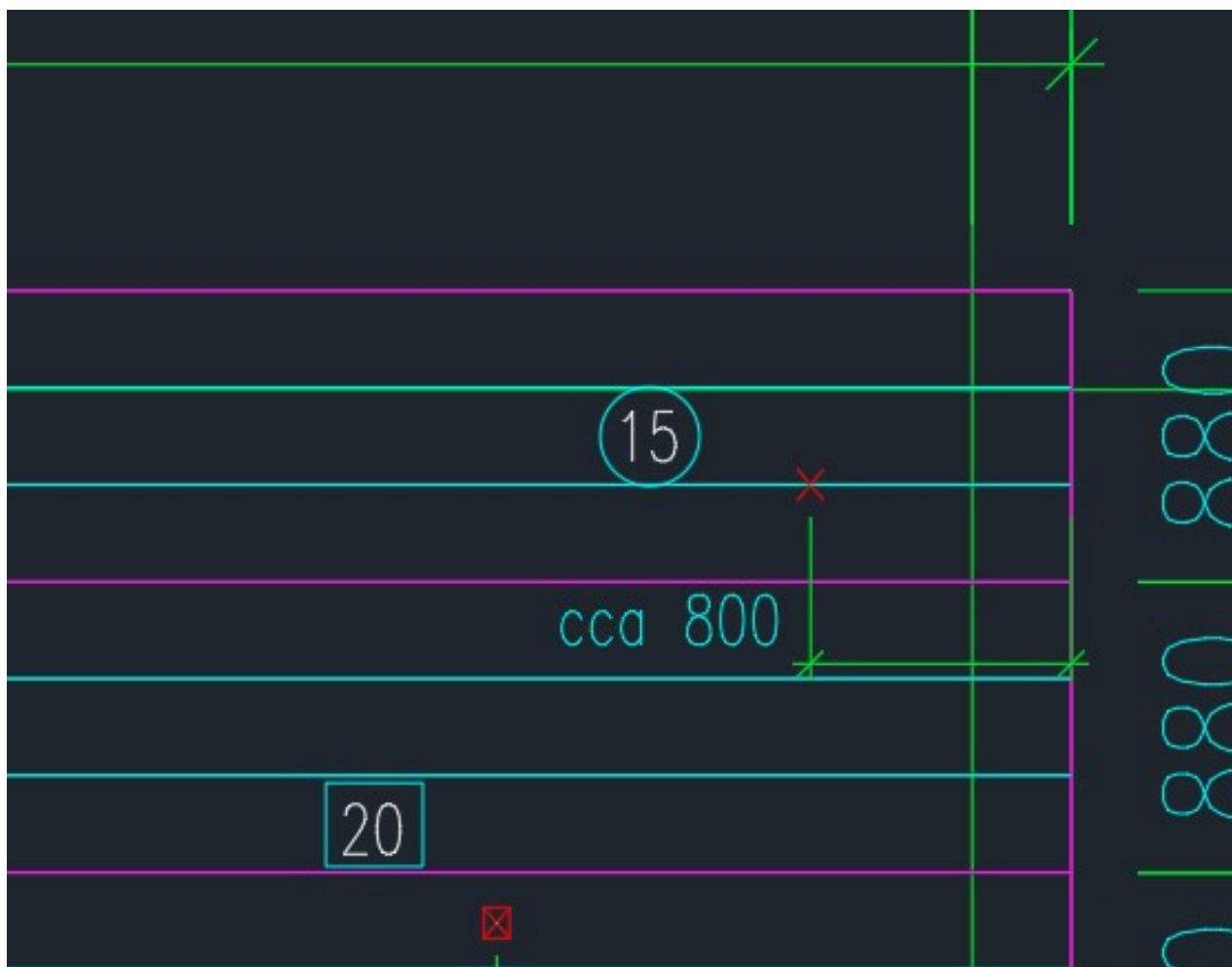
B.2. HMOTNOST STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ

Vzhledem k tomu, že při návrhu trapézových plechů mohlo být uvažováno s jinou skladbou střechy, než jaká byla finálně realizována, je vhodné skutečnou hmotnost skladby střechy ověřit pomocí stavebního průzkumu (odběr a vyhodnocení vzorků) – čímž je někdy možno získat i nezanedbatelnou rezervu do výsledného posudku.

B.3. ZATÍŽENÍ TECHNOLOGIEMI A PODHLEDY

Při návrhu tr. plechu bývá uvažováno s náhradním plošným zatížením (většinou v intervalu 10 – 50 kg/m², dnes běžně i 100 kg/m²) jako s rezervou na technologické rozvody v objektu, na podhledy a pod. Tato rezerva leckdy nebývá vyčerpána a může být využita pro osazení FVE. Je však zapotřebí důsledně uvážit problematiku lokálních břemen (viz část A této pomůcky). Z toho důvodu je ve většině případů nutné provést podrobnou hmotnostní a geometrickou analýzu skutečně osazených břemen a vytvořit „mapu zatížení“ vztahenou ke kladečskému plánu tr. plechů tak, aby bylo zřejmé, kde a jakou hodnotou je zatížena každá jednotlivá vlna plechu.

Na obr. níže je příklad mapy zatížení (výstřižek z rohu objektu). Označené hodnoty zatížení jsou v kg. Půdorysná poloha v jednom směru je daná polohou vlny. Vzdálenosti od kraje, líce podpory atp. je vhodné zakótovat. Hodnota v kroužku a jednoduchý křížek v tomto příkladu značí zavěšené břemeno, hodnota ve čtverci a křížek ve čtverečku pak značí břemeno uložené na střeše.



Obr. 3 – příklad mapy zatížení

Je však třeba také dostatečně uvážit určitý výhled na budoucí využití konstrukce a ponechat vhodnou rezervu na případné budoucí dodatečné rozvody či jiná podvěšená nebo na střeše umístěná zatížení.

B.4. INFORMACE O FVE

O FVE, která má být na střechu instalována, je zapotřebí zjistit tyto údaje:

- hmotnost panelů
- hmotnost podpěrné konstrukce
- hmotnost veškerých balastních konstrukcí (dlaždic atp.),
- hmotnost rozvodných skříní, kabeláže apod.
- výška a sklon vůči střešnímu plášti (kvůli správnému uvážení závějí vytvářejících se za FVE)
- konstrukční řešení podpor panelů (především z hlediska správného uvážení problematiky lokálních břemen – viz část A této pomůcky)
- geometrická poloha panelů a podkonstrukce

B.5. INFORMACE O KONSTRUKČNÍM ŘEŠENÍ STŘECHY A UMÍSTĚNÝCH TECHNOLOGIÍCH ČI DALŠÍCH POŽADAVCÍCH

O konstrukci střechy a technologiích je nutné zjistit:

- výšku atik nad střešní plášť
- polohu prostupů
- polohu výměn
- přítomnost zesilujících lemů pro menší prostupy střechou
- rozměry (včetně výšek nad střešní plášť) světlíků
- rozměry (včetně výšek nad střešní plášť) a rozmístění technologií pro VZT (či jiných technologií)
- požadavky požárně bezpečnostního řešení stavby na střešní plášť
- zda jsou trapézové plechy využívány pro stabilizaci hlavní nosné konstrukce střechy
- jiné požadavky na trapézový plech

C. DOPORUČENÍ A POZNÁMKY Z PRAXE

- Statické posouzení trapézových plechů s nepříznivým výsledkem může zcela znemožnit plánovanou investici do FVE. Je tedy zapotřebí věnovat se této problematice zavčas a s náležitou péčí (především z hlediska zajištění potřebných podkladů).
- Podpěrná konstrukce FV panelů splňující nároky na zajištění rovnoměrného roznosu zatížení do trapézového plechu (viz část A této pomůcky) nemusí být ta nejlevnější a mnozí dodavatelé takovou konstrukci ani nenabízejí. Někteří dodavatelé FVE se dokonce debatám na toto téma brání a místo předkládání technických podkladů vytváří obchodně přitažlivé brožury a lákavé nabídky.
- Bez zajištění rovnoměrného roznosu zatížení od FVE je příznivý výsledek statického posudku tr. plechů málo pravděpodobný.
- Vzhledem k tomu, že trapézové plechy bývají předmětem velmi tvrdého konkurenčního boje, bývá velmi často jejich statický návrh proveden s nulovou rezervou. To pochopitelně výrazně omezuje možnost budoucího přetížení. Pokud tedy plechy nebyly přímo navrženy pro budoucí instalaci FVE, tak se značnou pravděpodobností při posouzení na dodatečnou instalaci nevyhoví (a to i v případě zajištění rovnoměrného roznosu zatížení). Pokud však technologické zatížení není na části střechy instalováno (což také bývá častý případ), je možné, že při použití vhodné podkonstrukce trapézový plech vyhoví.
- Zajištění všech potřebných podkladů pro posudek může být značně náročné (jedná se mnohdy o téměř detektivní práci s určením především zatížení od lokálních břemen). Proto doporučujeme zpracovat nejprve jen jakousi „studii proveditelnosti“, která na nějaké typické části konstrukce orientačně prověří, zda lze vůbec očekávat příznivý výsledek komplexního posouzení.
- V případě, že není možné s příznivým výsledkem posoudit plechy na přetížení od FVE, nezbyvá než volit jiná řešení – nahradit střešní plechy za silnější (což znamená kompletní rekonstrukci střešního pláště) či celoplošně doplnit výměny pod střechu tak, aby se snížilo rozpětí trapézových plechů. Lze také zvážit instalaci nové nadstřešní pomocné konstrukce pro osazení FVE (staticky nezávislé na trapézových

plechách), jejíž osazení přímo na vazníky (či vaznice) však může opět narážet na trapézové plechy a to v případě, že ty působí jako spojitý nosníky a jejich porušení prostupem (pro sloupek nadstřešní konstrukce pro FVE) by zásadním způsobem změnilo jejich statické schéma.

Pokud by byla pro upevnění FVE použita roznášecí konstrukce zakotvená pouze do hlavní nosné konstrukce a nikoliv do trapézových plechů, mohou být trapézové plechy namáhány od přetížení dodatečnými sněhovými návěsemi, jejichž vliv závisí na konstrukčním řešení roznášecí konstrukce (zejména její výšce). Možné rezervy v únosnosti plechu se musí stanovit dle konkrétních podmínek finálního konstrukčního řešení uložení FVE pomocí dodatečného výpočtu trapézových plechů, který zohlední:

- Případnou změnu statického působení trapézového plechu při vytvoření prostupu plechem v místě střední podpory spojitého nosníku (tzn. např. změna statického schématu ze spojitého nosníku na prostý).
- Případné změny šířek podpor v místech prostupu trapézovým plechem.
- Polohu plechu vůči překážkám na střeše (atika, přiléhající vyšší objekty, světlíky atp.).
- Skutečné zatížení skladbou střechy a dalšími technologiemi.

- V případě nepříznivých výsledků posudků dle platných norem je možno zvážit vypracování alternativní statické analýzy využívající podrobnějších dat od hydrometeorologického ústavu a také probabilistického rozboru historie zatížení, který by byl zpracován ve spolupráci s Kloknerovým ústavem ČVUT. Cena tohoto alternativního posudku se pohybuje v řádu vyšších desítek tisíců Kč. V této analýze lze uvážit i případně kratší požadovanou životnost, než kterou definuje norma pro nové objekty, snížené součinitele zatížení atd. Výsledky takové analýzy bývají příznivější, než výsledky posudku dle standardních postupů aktuálních norem, nicméně není možné dopředu garantovat, že závěr bude zcela uspokojivý.

- V případě, že se jedná o stávající konstrukci a existuje podklad, podle kterého jsou plechy vyrobeny a namontovány, bývá před realizací nutné konstrukci a uložení plechů prohlédnout. Dosavadní zkušenosti bohužel ukazují na časté neodborné provádění montáže a následných úprav konstrukcí. Tyto zásahy do konstrukcí mohou zcela měnit původní představy o působení plechů a o stavu jejich případných rezerv (např. nezajištěné prostupy, nadměrné namáhání od zavěšených technologií, neodborné úpravy a údržba atp.).