

Kotevní plány střech - teorie a praxe

Aleš Oškera

Budovatelská 4817, Zlín

Abstrakt

Seznámení se základními normami a zákonnými předpisy, jimiž se řídí zpracování kotevních plánů systémů mechanicky kotvených pružných střešních hydroizolačních povlaků (MEFAWAME).

Hlavní důraz je kladen na nejčastější chyby při stanovení hodnot sání větru a posouzení odolnosti kotevního systému. Možnosti optimalizace výběru komponent mechanicky kotveného systému. Příklady některých příčin havárií mechanicky kotvených střech.



Klíčová slova: kotevní plán, odolnost proti sání větru, mechanicky kotvený systém střechy, ETAG 006, ETA, MEFAWAME

Úvod

Střešní konstrukce s mechanicky kotveným hydroizolačním povlakem právem patří k nejoblíbenějším řešením skladby střechy nejen v průmyslové ale i občanské a bytové výstavbě. Je tomu tak z důvodu rychlosti výstavby, malé závislosti na počasí i často nižší finanční náročnosti. V případě nezávadného návrhu a realizace se tak jedná o velmi efektivní způsob zastřešení objektu.

Přesto, že již od 1. 4. 2010 (tedy takřka 3 roky) platí pro stanovení zatížení a dimenzování stavebních prvků a konstrukcí **pouze systém Eurokódů** a předpisy související, do oblasti mechanicky kotvených pružných hydroizolačních povlaků střech tento stav ještě plně nepronikl.

Občas se argumentuje i údajnou nezávazností technických norem. Podle §4 Zákona č. 22/1997 Sb. nejsou sice české technické normy **obecně** závazné, podle §160 Zákona č. 183/2006 Sb. (Stavební zákon) a §9 Vyhlášky č. 268/2009 Sb. (O technických požadavcích na stavby) musí však být stavba navržena a provedena v souladu s normovanými hodnotami – tím je deklarována **závaznost ČSN** principem *Lex specialis derogat generali*.

Relativně často také dochází ke zbytečným haváriím mechanicky kotvených plochých střech, jejichž příčina tkví v nedodržení zásad pro správné kotvení, většinou se na nich podepíše i nedbalost realizačních firem ale i nesmyslný tlak investorů a vyšších dodavatelů staveb na co nejnižší cenu, bez ohledu na možnost fatálního dopadu na výslednou kvalitu díla.

Kotevní plány střech

Principem výpočtu kotevního plánu je porovnání návrhového (výpočtového) zatížení posuzované konstrukce větrem s hodnotou návrhové odolnosti (dovoleného namáhání) kotevního systému, použitého v daném systému – celé sestavě.

*Poznámka: Právě nutnost posuzování tohoto problému z **pohledu celé sestavy** je stále ještě v odborné veřejnosti přehlížena, ba dokonce ignorována, což také vede k závažným pochybením.*

Ve smyslu Stavebního zákona (§160) a ČSN EN 1990 (čl. 4.2) je zhotovitel stavby povinen nezpochybnitelně prokázat mechanickou stabilitu a odolnost kotvené střešní konstrukce, což je jeden z nejdůležitějších požadavků kladených na stavby. Je také povinen dodržovat technické normy a stavby navrhovat i provádět v souladu s normovými hodnotami (viz Vyhláška č. 268/2009 Sb. O technických požadavcích na stavby, §9).

Zatížení stavby nebo konstrukce se v současné době určuje (pouze) podle ČSN EN 1991-1-4. Pro stanovení odolnosti kotevního systému je nutno v souladu s ČSN EN 1990, čl. 4.2 Vlastnosti materiálů a výrobků použít výsledků předepsaných zkoušek, uvedených v příslušných harmonizovaných evropských technických specifikacích, jimiž mají být dokumenty ETA.

Stále poučenější stavební dozory a v neposlední řadě i pojišťovny odmítají převzít popř. pojistit mechanicky kotvené střešní pláště, které nejsou řádně navrženy a provedeny – tedy i kvalifikovaně a prokazatelně správně kotveny.

ČSN EN 1991-1-4

Česká technická norma pro určení zatížení větrem ČSN EN 1991-1-4 platí již od dubna 2007. Pro usnadnění přechodu od „staré“ normy ČSN 73 0035 k systému Eurokódů tedy měla odborná veřejnost plně tři roky, kdy souběžně platily obě normy.

Je s podivem, že se stále setkáváme se stanovením zatížení podle neplatných norem – např. podle DIN 1055, která se svými výsledky blíží hodnotám podle zrušené české normy, tedy přibližně polovičním až čtvrtinovým ve srovnání s oněmi platnými podle Eurokódu. Jistě je to způsobeno pohodlností (zdarma poskytnutý software od partnera z jiné země, který nelze upravit), neznalostí a ignorantstvím, zarážející je ale (skutečně vyřčený) argument, že „zákazníkům se to líbí, protože nemusí používat tolik kotev“...

Bohužel jsou časté i případy, kdy zpracovatel použije hodnoty, spočítané programem podle DIN, ale deklaruje je jako hodnoty podle ČSN EN.

Pro správný výpočet zatížení větrem je nutno dbát především na následující hodnoty:

Stanovení kategorie terénu

Neznalost konkrétního místa stavby nebo nerespektování vlastností okolního terénu je častá chyba hlavně u regenerovaných bytových domů, které je nutno kotvit odlišně, nacházejí-li se uprostřed velmi rozlehlého sídliště (až kategorie IV) nebo na jeho okraji u rozlehlého lánu (kategorie II).

Často dochází k tomu, že realizační firma si s cílem ušetřit nechá zpracovat jeden „typový“ výpočet kotevního plánu, podle něž realizuje několik objektů, bez ohledu na jejich

skutečnou polohu. Rozdíly v zatížení jsou mnohdy překvapivé s nečekaným dopadem do počtu kotev.

Tab. 1: Vliv kategorie terénu - Hodnoty zatížení [kN/m²] pro budovu 28x32m, výšky 10,6m, s plochou střechou bez atiky ve II. větrné oblasti.

Oblast	Kategorie terénu		Nárůst zatížení a počtu kotev
	IV	II	
Vnitřní (I)	0,142	0,280	Cca. 2x
Návětrná (H)	0,853	1,680	
Okrajová (G)	1,422	2,800	
Rohová (F)	1,778	3,500	

Zdroj: ČSN EN 1991-1-4

Součinitel vnějšího tlaku

Tvarový součinitel		
	Horní	Dolní
tvarový součinitel F_{cpe} =	-1,80	-
tvarový součinitel G_{cpe} =	-1,20	-
tvarový součinitel H_{cpe} =	-0,70	-
tvarový součinitel l_{cpe} =	-0,20	0,200

Vzájemná záměna lokálního a celkového součinitele vnějšího tlaku pro pozemní stavby může také způsobit poddimenzování kotevního systému.

Zdroj: Archiv autora

Tab. 2: Vliv hodnoty součinitele vnějšího tlaku pro objekt bez atiky – platí pro všechny větrné oblasti

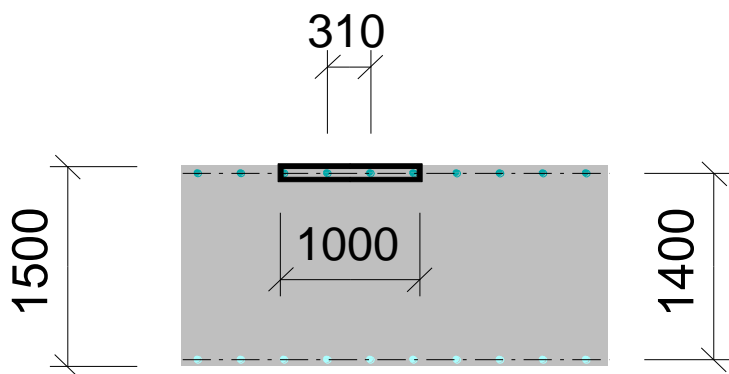
Oblast	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	Nárůst zatížení
Rohová (F)	-1,8	-2,5	1,389x
Okrajová (G)	-1,2	-2,0	1,667x
Návětrná (H)	-0,7	-1,2	1,714x

Zdroj: ČSN EN 1991-1-4

Počet kotev

K nejkurióznějším chybám při návrhu a zdrojům nedorozumění při realizaci patří neschopnost určení hustoty kotev.

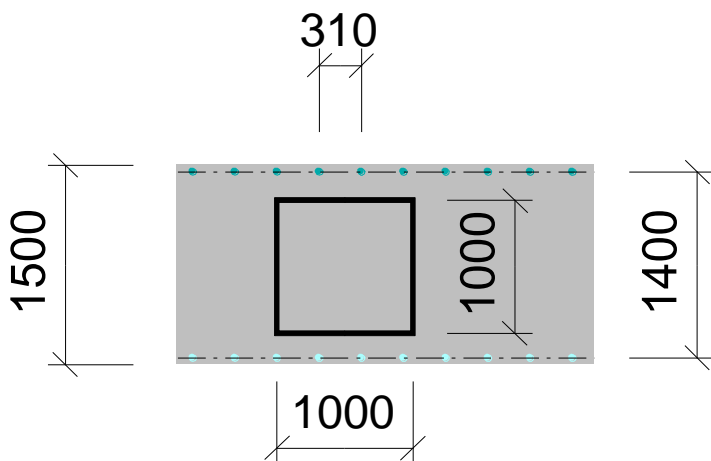
Obr. 1: Určení počtu kotev na běžný metr...



Zdroj: Autor

Co si myslet o projektantovi, jenž suverénně prohlásí, že při kotvení do TRP s roztečí vln 310mm to znamená 4ks kotev v běžném metru... To, že mj. i tímto postupem obhajoval svůj chybný výpočet, vypovídá o jeho kvalitách.

Obr. 2: Určení počtu kotev na metr čtvereční...



Zdroj: Autor

Dalo hodně práce přesvědčit stavební dozor, že i když v jeho umístěném čtverci 1x1 m není žádná kotva, rozhodně to neznamena, že při daném způsobu kotvení není na střeše deklarovaných 2,304 ks/m² kotev.

ETAG 006 a ETA – stanovení návrhové odolnosti kotvy

Řídící pokyn ETAG 006 je ve smyslu ČSN EN 1990 a Zákona č.22/1997 platným podkladem pro posouzení vhodnosti výrobku k určenému použití. Jedním z jeho výstupů by mělo být i stanovení návrhové odolnosti (dovoleného namáhání) kotevního systému, která by měla být uvedena v Evropském technickém schválení (ETA).

Je nutno podotknout, že srozumitelnost tohoto dokumentu je spíše horší, některá ustanovení jsou nepřesně formulována, což vede k nejednoznačné interpretaci a neoprávněnému „zvýhodnění“ některých výrobků. Některé ze zásad jsou z pohledu praktického uplatnění obtížně realizovatelné, ba až nesmyslné.

Po několikaletém používání v praxi se zdá, že význam ETAG 006 je spíše v rovině komerční než technické a bylo by dobré se vážně zasadit o jeho novelizaci.

Pokyn je nicméně schválen a je platný. Výrobců, kteří se jeho ustanoveními řídí, je však žalostně málo – zkoušky mají účinně provedeny takřka všichni významní výrobci kotev, z výrobců hydroizolací však pouze zlomek.

Závaznost pokynu ETAG 006 by bylo určitě prospěšné posoudit po legislativní stránce. Absence dokumentu ETA pro sestavu mechanicky kotveného pláště by totiž mohlo znamenat i to, že tento výrobek není vhodný pro použití ve stavební části staveb – viz §3 Zákona č. 102/2001 Sb. O obecné bezpečnosti výrobků.

Největší změnou, jejíž nerespektování přináší nejvážnější problémy a pochybení, je zcela odlišný způsob posuzování stavebních výrobků – v tomto případě stanovení hodnoty dovoleného namáhání resp. dovoleného zatížení kotevního prvku.

Dříve byli poskytovateli a garanty této veličiny většinou výrobci kotev a pro výpočet se většinou doporučovala hodnota 0,400 kN/kotevní místo.

Je zřejmé, že tato víceméně empiricky stanovená hodnota neodrážela skutečnou odolnost kotevního prvku ve spojení s konkrétním hydroizolačním povlakem – neodrážela totiž rozdílnou kvalitu povlaku.

Podle ETAG 006 je garantem hodnoty dovoleného namáhání kotevního systému (zatím výlučně) výrobce hydroizolace, jako (formální) dodavatel celé sestavy. Průměrné hodnoty návrhové odolnosti se nyní pohybují u „dobrých“ výrobků většinou v rozmezí 0,600 – 0,800 kN.

Provedení příslušných zkoušek je poměrně finančně náročné, zpracování výsledků do podoby ETA autorizovanou osobou je navíc i časově náročné. Důsledkem je, že řada výrobců nemá pro své systémy ETA a kvalifikované posouzení odolnosti kotevního systému je tak prakticky nemožné. V tom případě se používá „stará“ hodnota 0,400kN. V tom případě je ihned zjevné, že něco není v pořádku a taková konstrukce je z pohledu legislativy a možných následků případné havárie střešní konstrukce nepříliš čistá, ba až nebezpečná.

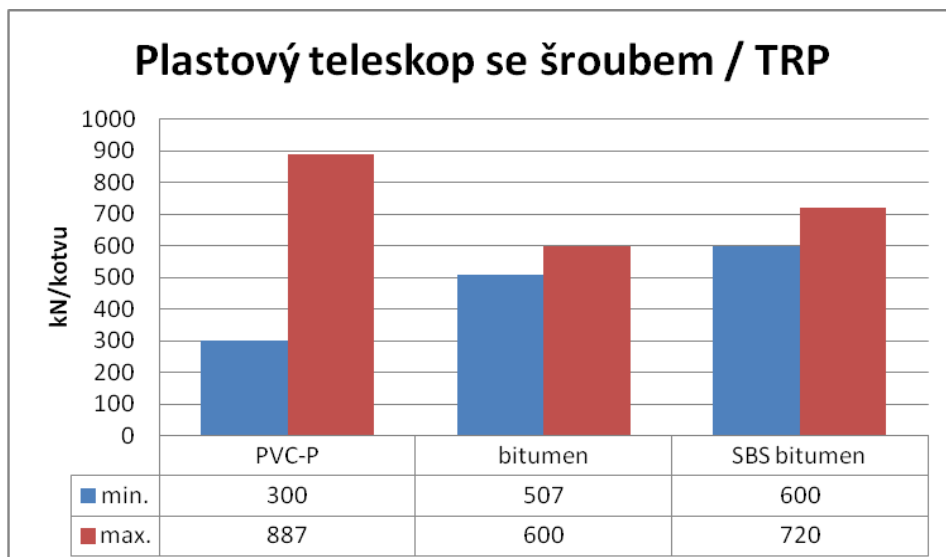
Na druhé straně jsou i výrobky, pro něž byla ETA vydána, nebyla však zveřejněna (zpřístupnění výsledků zkoušek totiž – nepochopitelně – není povinné) nebo dokonce není jednotlivými dodavateli respektována. Bývá to mnohdy z komerčních důvodů – prodej vyššího počtu kotev u „papírově“ dostatečně odolného systému je ekonomicky nesporně zajímavý.

Řídícím pokynem ETAG 006 popsané metodiky zkoušení komponent MEFAWAME buď nejsou zcela jednoznačně definovány, nebo jsou formulovány tak, že dovolují dezinterpretaci a zkreslení výsledků vlivem subjektivní chyby posuzovatele.

Jeden z význačných evropských výrobců střešních kotev shromáždil výsledky všech zkoušek systémů kotvených hydroizolací, které byly provedeny v různých evropských zkušebnách s jeho kotvami. Výsledky jsou velmi zajímavé a navíc dostatečně ilustrativní pro pochopení významu použití správné – reálné hodnoty odolnosti:

Vliv materiálové báze na hodnoty návrhové odolnosti kotevního systému

Graf 1: Různé materiálové báze kotvené hydroizolace

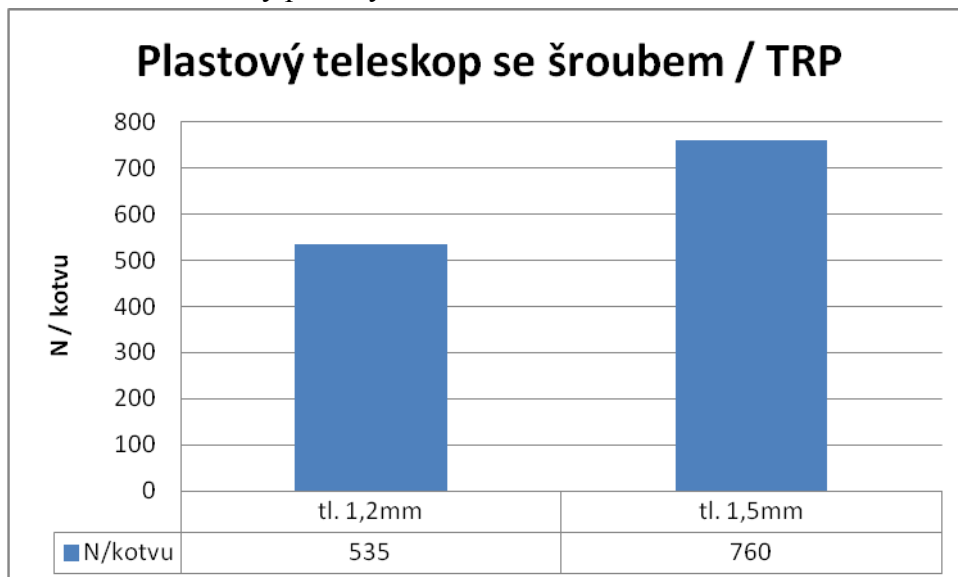


Zdroj: Autor

Z grafu 1 je patrné, že z pohledu jednotlivých typů a výrobců vykazuje kotvení systém nejvyrovnanější výsledky s klasickým těžkým bitumenovým pásem, určeným pro mechanické kotvení. Modifikovaný SBS pás má také poměrně vyrovnané výsledky, hodnoty jsou ale navíc cca. o 20% lepší. Absolutně nejlepších ale i nejhorších výsledků dosahuje fólie PVC – hodnoty se mohou lišit až 3x.

Vliv tloušťky materiálu na hodnoty návrhové odolnosti kotveního systému

Graf 2: Vliv tloušťky pásu hydroizolace PVC-P



Zdroj: Autor

Na grafu 2 jsou zobrazeny výsledky odolnosti kotveního systému stejného hydroizolačního pásu renomovaného evropského výrobce a to pro tloušťky 1,2 mm a 1,5 mm. Každá tloušťka byla zkoušena v jiném zkušebním ústavu, v různou dobu a zřejmě i různou metodikou.

Zajímavé je, že hodnota pro tl. 1,5mm, naměřená neznámou metodikou ještě před vydáním řídicího pokynu ETAG 006 s jejím popisem, se shoduje s později zveřejněným údajem v technickém schválení ETA, platným podle zpracovatele i pro menší tloušťku fólie. Cca. 2 roky po vydání ETA byla provedena nová zkouška pouze pro menší tloušťku, kdy byl naměřen přibližně o 30% horší výsledek, než udává ETA.

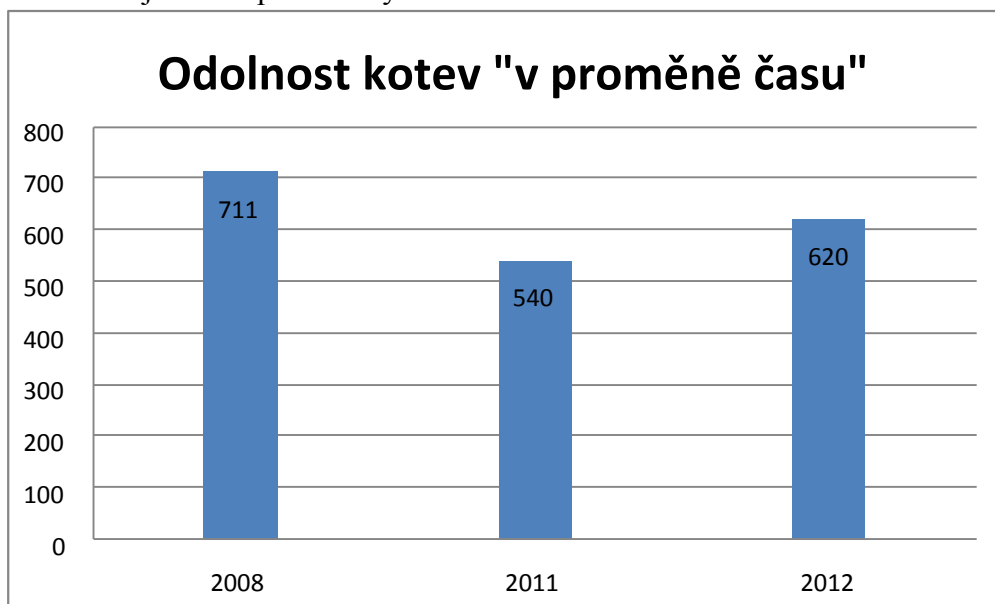
Může to znamenat, že druhý z ústavů neprovedl zkoušku vinou špatného postupu, stejně jako to, že tloušťka hraje v určování odolnosti větší roli, než je výrobce ochoten přiznat. Oficiálně však garantuje vyšší hodnotu.

Možné je však i jiné vysvětlení rozptylu naměřených hodnot, a to např. v čase proměnlivá kvalita posuzované hydroizolace.

Další subjektivní vlivy na hodnoty návrhové odolnosti kotevního systému

Nějakým jiným subjektivním vlivům by napovídaly i výsledky zkoušek pro jinou fólii na bázi PVC-P, prováděné v rozmezí let 2008-2012 toutéž předepsanou metodikou. Pro kotvení byla vždy použita kombinace plastového teleskopu se šroubem:

Graf 3: Stejná fólie při 3 různých zkouškách



Zdroj: Autor

Kuriózní je, že zkouška z roku 2011 byla zahrnuta jako podklad pro sestavení ETA a podle ní se kotvy, použité ve zkoušce z roku 2012, vůbec nesmí použít. Zkouška však dokázala, že tomu tak není, ba dokonce s „papírově“ slabšími kotvami bylo dosaženo lepších výsledků.

Velké a nečekané problémy mohou vzniknout, pokud výsledek zkoušek některého konkrétního typu kotev výrazně převyší kotvy ostatní a tento typ bude použit i pro zkoušku celé sestavy.

Pokud výrobce MEFAWAME zvolí tuto cestu, dopustí se v touze po co nejlepším výsledku často fatálního omylu. Může tím výrazně omezit možnost používání kotev jiných výrobců – jejich použití je možné buď jen za podmínky drastického omezení výpočtové

odolnosti kotev, nebo je použit nelze vůbec. Důsledky tohoto kroku v komerční oblasti jsou potom nepříjemné avšak neodvratné.

Tab. 3: Návrhová odolnost kotev po interpolaci

Typ kotev	W_{adm} [N]	Počet kotev
Použité při zkoušce MEFAWAME	541	100 %
Jiné (nejběžnější) typy	318	170 %

Zdroj: Autor

Možnosti optimalizace

Přes všechny nedostatky je řídicí pokyn ETAG 006 platný a podle ČSN EN je nutno jej používat pro posouzení vhodnosti zvolené sestavy.

Navíc se automaticky nabízí možnost využít deklarovaných vlastností certifikovaných výrobků pro úsporu investičních nákladů, snížení pracnosti a zároveň zvýšení spolehlivosti střešní konstrukce. Ušetřit se zdá mnoha způsoby:

- Volbou šířky pásu hydroizolace
- Změnou kotevního systému na „kvalitnější“
- Změnou hydroizolace na „kvalitnější“
- Objektivizací hodnoty odolnosti kotevního systému

Tab. 4: Optimalizace výběru komponent (kombinace hydroizolace a kotev)

Kombinace sestavy	Počet kotev		Délka svárů	
	[ks]	Nárůst	[bm]	Nárůst
Optimální kombinace	6 970	0 %	3 470	0 %
Původní kombinace	17 130	+ 146 %	8 172	+ 136 %

Zdroj: Autor

Tabulka 4 dokladuje výsledek optimalizace, provedené na pokyn realizační firmy, již se nelíbil navržený způsob kotvení, jenž byl v souladu s normou vypočten pro jí vybranou kombinaci „cenově výhodné“ hydroizolace a kotevního systému. Po změně skladby na materiály, jež jsou jen mírně dražší, došlo k výrazné úspoře na počtu kotev i výměře svárů pro přelepení vložených řad kotev. Zároveň se snížilo riziko jejich špatného provedení a tím se zvýšila spolehlivost střechy.

Některé další realizační chyby a příčiny havárií

Obr. 3: Absence okrajové řady kotev



Zdroj: Autor

Obr. 4: Kotvy příliš blízko okraje, navíc přetažené



Zdroj: Autor

Co potřebujeme

Současná úprava navrhování a posuzování mechanicky kotvených hydroizolačních povlaků podle Eurokódů je určitě prospěšná – vnáší do celé problematiky prvky objektivitu. Aby však výsledek tohoto snažení nebyl podobně kontraproduktivní jako jiné úřednické směrnice např. o obutí kadeřnic, chovu slepic, zákazu ohřívání guláše, povinné kvóty řídicích míst pro ženy a podobné unijní nesmysly, je nutná veřejná **diskuze odborníků** a následné **kvalifikované připomínkování** resp. i následná změna.

V oblasti stanovení zatížení se jedná např. o:

- Vliv vnitřních atik
- Vliv střešních nástaveb
- Stanovení minimální šířky okraje
- Minimální počet kotev v oblastech působení sání větru
- Posuzování střech, stabilizovaných násypy

V oblasti posuzování vhodnosti a certifikace je to např.:

- Povinnost zveřejnění všech údajů, nutných pro posouzení vhodnosti a bezpečnosti použití pro všechny komponenty MEFAWAME

- Upřesnění metodiky zkoušení kotev i celých sestav tak, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků
- Úprava podmínek, kdy je nutno provést zkoušku ve skutečném měřítku (změna materiálové skupiny plastových prvků, změna geometrie objímky nebo podložky,...)
- Změna nebo úprava možnosti použití jiných než zkoušených kotev v případě, kdy během zkoušky nedojde k jejich poškození

Závěr

Tak jako u všeho platí i o problematice mechanicky kotvených hydroizolačních povlaků, že záleží na tom, kdo to dělá. Pokud se návrhu i realizace ujmou profesionálové v pravém slova smyslu (nikoliv podle honosnosti jména zaměstnavatele), může vzniknout velmi ekonomická a spolehlivá střešní konstrukce. Je však nutno všemi dostupnými prostředky nejen šířit nové teoretické poznatky, ale i aktivně zpracovávat připomínky a zkušenosti z praxe a účinně je zahrnovat do zákonných předpisů a norem popř. směrnic a příruček.

Reference

ČSN EN 1991-1-4, 2007. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, duben 2007.

ETAG 006, 2000. *Systém mechanicky kotvených pružných střešních hydroizolačních povlaků*, EOTA, Kunstlaan 40 Avenue des Arts, B – 1040 Brussels, březen 2000.

Design of mechanically fastened roof waterproofing membranes – theory and practice

Explanation of principle standards and statutory instruments, regulating design of mechanically fastened flexible roof waterproofing membranes (MEFAWAME).

Main emphasis is put on most common errors in determining wind loads and evaluating admissible (design) load of the fasteners. Optimizing possibilities in selecting single components of mechanically fastened system. Some examples of collapsed structures and the reasons of their breakdown.

Keywords: MEFAWAME, ETA, ETAG 006, resistance to wind load, system of mechanically fastened waterproofing membranes, design of fastening

Kontaktní adresa: ing. Aleš Oškera, Inženýrská a expertní kancelář, Budovatelská 4817, 760 05 Zlín, e-mail:

kotveni@volny.cz

