

HISTORIE INVERZNÍ SKLADBY V PLOCHÝCH STŘECHÁCH

ZKUŠENOSTI Z PRVNÍ APLIKACE
SOUČASNÉ PŘÍSTUPY

33

LET OD ZVEŘEJNĚNÍ
PRVNÍ STUDIE
O INVERZNÍ SKLADBĚ
ŠTŘECH V TEHDEJŠÍM
ČESKOSLOVENSKU

25

LET ÚSPĚŠNÉ
FUNKCE NA
STŘECHÁCH
KONGRESOVÉHO
CENTRA V PRAZE



KULATÁ VÝROČÍ PRVNÍCH ÚVAH I PRVNÍ ROZSÁHLÉ
APLIKACE INVERZNÍCH SKLADEB PLOCHÝCH STŘECH
V ČESKÝCH ZEMÍCH PŘIVEDLA REDAKCI K ZÁMĚRU
POŽÁDAT AUTORA DOČ. ING. Z. KUTNARA, CSc.
O PŘIBLÍŽENÍ DŮVODŮ, KTERÉ VEDLY K MYŠLENKÁM
SMĚŘUJÍCÍM K TĚTO MODERNÍ KONSTRUKČNÍ
ALTERNATIVĚ PLOCHÉ STŘECHY.

**60. LÉTA 20. STOLETÍ
– POČÁTKY ÚSILÍ PO HLUBŠÍM
POCHOPENÍ ZÁKONITOSTÍ
NAVRHOVÁNÍ STAVEB**

Přetržená tradice rozvoje stavění zaviněná 2. světovou válkou způsobila, že v první polovině 60. let stála stavební obec dosti bezradně před řešením rozsáhlých investičních záměrů, zejména v oblasti panelové výstavby. Chtělo se a bylo třeba stavět jinak, ale nevědělo se jak. Materiály a konstrukce užívané v době první republiky se pro novou výstavbu nehodily. Prefabrikace nosné konstrukce vyžadovala i prefabrikaci střech. Tlaky na minimální pracnost a cenu vedly k pokusům o zavedení jednoplašťových bezspádových střech. Zvolená cesta přes tvárnice z plynosilikátu, kladené do struskového podsypu, s krytinou z pásů IPA, nikam nevedla. Časté nasycení stavebních materiálů i výsledných střešních pláští srážkovou vodou při dopravě i realizaci mělo nepříznivé dopady na termoizolační vlastnosti konstrukcí. Defektní krytina celému problému nasadila korunu. Používané konstrukce plochých střech se staly synonymem pro vady a poruchy panelové výstavby.

Uvedená nepříznivá situace vyžadovala řešení. Vedla ke společenské objednávce vyúsťující v řadu výzkumných úkolů. Významné byly i soukromé iniciativy jednotlivců. O jedné z cest, aplikaci expandovaného pěnového polystyrenu v plochých střechách v podobě polystyrenových dílců, informoval DEKTIME 05/2005. Nebyla to ale jediná cesta. V první polovině 70. let minulého století se kromě toho objevují i snahy po používání dvouplášťových plochých střech, které mohly být rovněž

komplexním řešením vlhkostních problémů střech té doby.

Pod tlakem praxe se v té době rozvíjí i teorie navrhování stavebních konstrukcí. Jsou například formulována první ucelená pravidla v oboru termoizolační techniky – ČSN 73 0540 /1/, resp. později Směrnice ... /3/. A právě tyto dokumenty svými požadavky na absenci kondenzace vodní páry v konstrukcích s parotěsnou vrstvou na vnějším povrchu, tedy také v jednoplašťových plochých střechách, vedly k hlubším analýzám problémů a hledání nových řešení.

Zkušenost podložená znalostí vlhkostních stavů většiny tehdy používaných skladeb střech ukazovala, že kondenzace pro ně není tím klíčovým problémem, který způsobuje poruchy. Hlavním problémem byla nasákavost hmot /4/. Nicméně normy a směrnice byly závaznými předpisy, se kterými se bylo nutno alespoň teoreticky vyrovnat.

Rozbory naznačovaly obtížnou cestu přes parotěsné zábrany i větrání jednoplašťových střech. V každém případě bylo ale čím dál zřejmější, že v jednoplašťích bude nutno na termoizolační vrstvu, případně další vrstvy, např. vrstvy spádové, používat výhradně omezeně nasákavé či nenasákavé materiály. Od tohoto požadavku byl jen krok k představě o možném obrácení pořadí hydroizolační a termoizolační vrstvy ve skladbě, budou-li materiály potřebných vlastností, které nepotřebují ochranu před vodou, k dispozici. Zdálo se, že by jím mohlo být např. pěnové sklo.

Pozn.: Výrobci klasifikovali pěnové sklo jako nenasákavý materiál schopný přijmout po ponoření



PORUCHY STAVEB
KUTNAR PROGRAM
hydro & termo izolace
a konstrukce staveb

OBJEKTY

bytové, občanské, sportovní, kulturní, průmyslové, zemědělské, inženýrské a dopravní

KONSTRUKCE

ploché střechy a terasy, střešní zahrady, šikmé střechy a obytná podkroví, obvodové pláště, spodní stavba, základy, sanace vlhkého zdiva, dodatečné tepelné izolace, vlhké, mokré a horké provoz, chladírny a mrazírny, bazény, jímký, nádrže, trubní rozvody, kolektory, mosty, tunely, metro, skládky, speciální konstrukce

DEFEKTY

průsaky vody, vlnutí konstrukcí, povrchové i vnitřní kondenzace, destrukce materiálů a konstrukcí vyvolané vodou, vlhkostí a teplotními vlivy

POUČENÍ

tvorba strategie navrhování, realizace, údržby, oprav a rekonstrukcí spolehlivých staveb od koncepce až po detail.

TECHNICKÁ POMOC

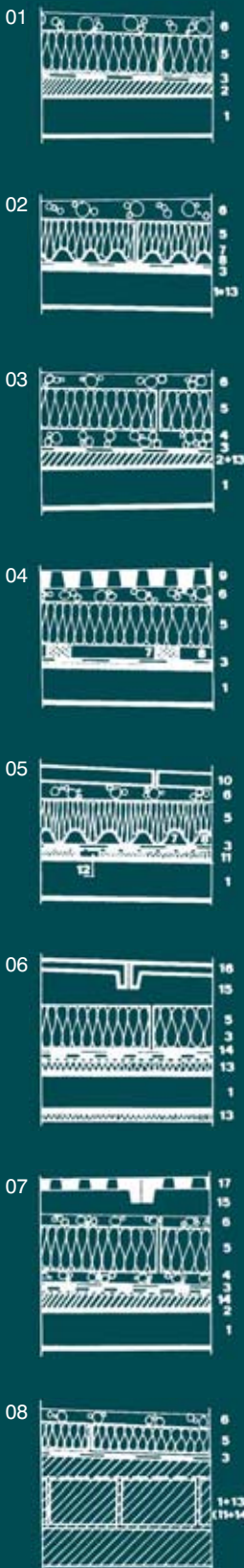
expertní a znalecké posudky vad, poruch a havárií izolací staveb

EXPERTNÍ A ZNALECKÁ KANCELÁŘ
Doc. Ing. Zdeněk KUTNAR, CSc.
IZOLACE STAVEB

zpracovatel komplexu ČSN
o střechách a izolacích staveb

se sídlem na Stavební fakultě
a Fakultě architektury ČVUT Praha

160 00 Praha 6, Tháškova 7
tel./fax: 233 333 134
e-mail: kutnar@kutnar.cz
http://www.kutnar.cz
mobil: 603 884 984



do vody nejvýše 3% vlhkosti (objemově). Vhodnost pěnového skla se však nepotvrdila – viz dále.

Další možností byla aplikace extrudovaného pěnového polystyrenu, o jehož výrobě a vlastnostech přišly příznivé zprávy z USA.

FASCINACE NOVOU SKLADBOU

Bylo zřejmé, že pokud se v praxi nenasákavost některých termoizolačních materiálů potvrdí, je k dispozici nový konstrukční princip řešení zejména jednoplášťových střech. Vždyť doposud bylo nutno vždy termoizolační materiály před vodou chránit.

Možností záměny pořadí hydroizolační – termoizolační vrstva v pořadí termoizolační – hydroizolační vrstva byl řešitelný klasický kondenzační handicap jednopláště. Navíc, a to se jevílo ještě důležitější, byla zajištěna výborná ochrana té nej důležitější vrstvy ve střeše – vrstvy hydroizolační.

Dobové představy autora o možných skladbách inverzní střechy jsou zachyceny na kopiích

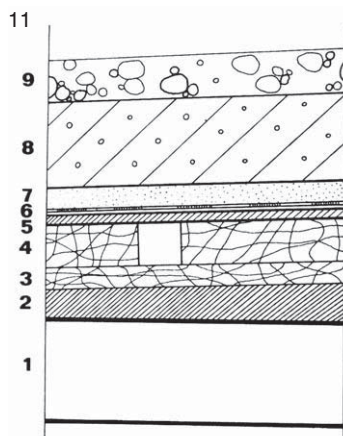
tehdy zveřejněných nákrusů /obr. 01 – 08/.

POCHYBNOSTI KOLEM NOVÉ SKLADBY A JEJICH ELIMINACE

U skladby dle /obr. 01/ lze snadno prokázat, že v důsledku příznivých difúzních odporů vrstev a jejich řazení v konstrukci v ní nedochází ke kondenzaci. Obavy však vzbuzovala situace, kdy skrze stabilizační propustný násyp a dále spárami mezi termoizolačními deskami bude na povrch hydroizolační vrstvy pronikat chladná voda například z tajícího sněhu. Pak by ve skladbě mohlo pod hydroizolační vrstvou dojít ke kondenzaci, navíc by povrchová teplota vnitřního povrchu konstrukce mohla poklesnout pod 16 °C.

Pozn.: Požadovalo se $t_i - t_{ip} < 4 K$

Aby se zabránilo poklesu vnitřní povrchové teploty pod 16 °C, byla skladba dle obr. 01 upravena do podoby uvedené na /obr. 09/. Pod hydroizolační vrstvou byla vložena doplňková termoizolační vrstva. Záměru bylo dosaženo, nicméně dobu ochlazování hydroizolace

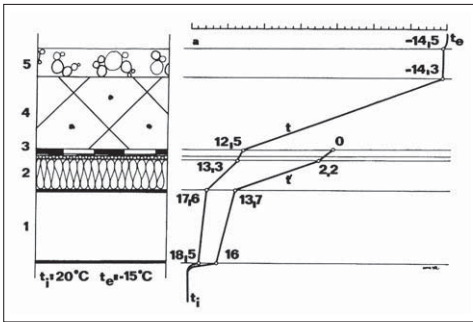


Legenda k obr. 11

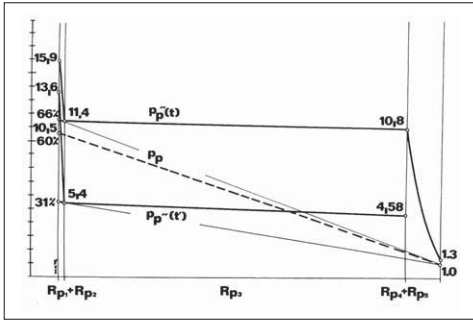
1 – nosná vrstva – žebet. deska, 2 – spádová vrstva – mazanina z cementové malty, 3, 4 – termoizolační vrstva z desek z minerální plsti o tl. 20 + 40 mm větraná kanálky, 5 – podkladní vrstva – azbestocementová deska tl. 10 mm, 6 – hydroizolační vrstva – pryžová fólie tl. 1,2 mm, 7 – podkladní vrstva – pískový podsyp tl. 20 mm, 8 – termoizolační vrstva – pěnové sklo tl. 100 mm, 9 – stabilizační násyp – kamenivo tl. 40 mm.

Legenda k obr. 01 – 08

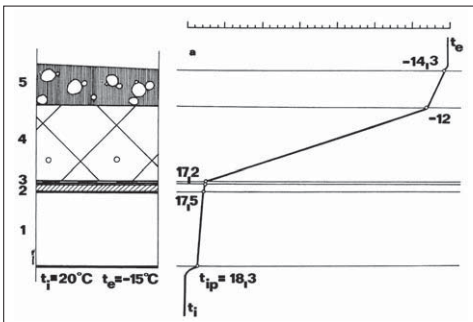
1 - nosná vrstva – žebet. deska, 2 – podkladní vyrovnávací, event. spádová vrstva, 3 – vodotěsná vrstva, 4 – propustný podsyp, 5 – termoizolační vrstva, 6 – propustný násyp, 7 – podložky vytvořené tvarováním spodního povrchu termoizolační hmoty nebo samostatně, 8 – vzduchová dutina (odvětrávaná nebo neodvětrávaná v závislosti na 1 až 5), 9 – rošt, 10 – dlaždice, 11 – pomocná vrstva termoizolační značně propustná pro vodní páru, 12 – větrací kanálek, 13 – pomocná vrstva termoizolační, 14 – mikroventilační rohož, 15 – větraná vzduchová dutina, 16 – nosná pochůzná nebo pouze ochranná či ozdobná deska, 17 – nosný pochůzný nebo pouze ochranný či ozdobný rošt.



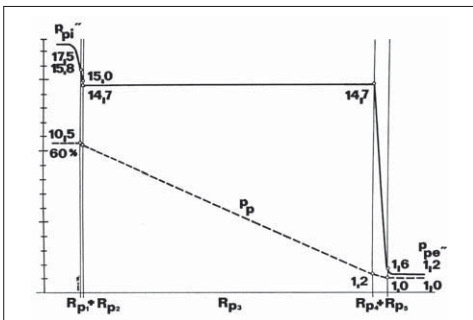
09



10



20



21

Legenda k obr. 09

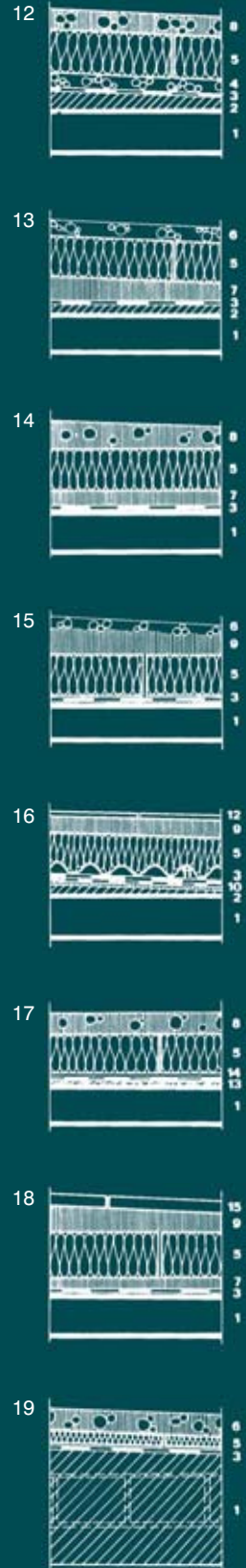
- 1 – nosná vrstva – žebet. deska tl. 100 mm,
- 2 – doplňková termoizolační vrstva – minerální plsť tloušťky 40 mm,
- 3 – hydroizolační povlak z asfaltových pásů + odvětrávací rohož celkové tl. 15 mm,
- 4 – termoizolační vrstva – extrudovaný pěnový polystyren tl. 100 mm,
- 5 – stabilizační vrstva – propustný násyp z kameniva tl. 40 mm

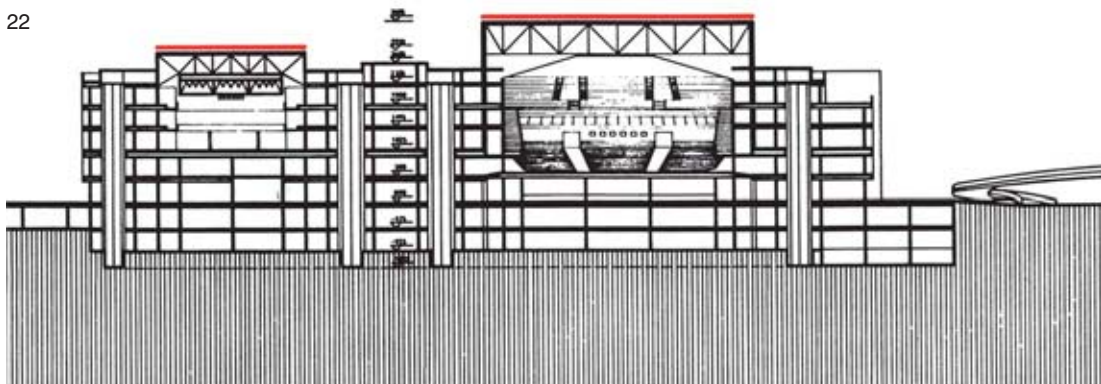
Legenda k obr. 20

- 1 – nosná vrstva – žebet. deska tl. 100 mm,
- 2 – podkladní vrstva – potěr z cementové malty tl. 20 mm,
- 3 – hydroizolační vrstva – pryžová fólie tl. 1,2 mm,
- 4 – termoizolační vrstva – expandovaný pěnový polystyren tl. 100 mm,
- 5 – stabilizační a spádová vrstva – směs hydrofobizovaného popílku a štěrku o min. tl. 40 mm.

Legenda k obr. 12 – 19

- 1 – nosná vrstva,
- 2 – podkladní vyrovnávací, event. spádová vrstva,
- 3 – vodotěsná vrstva,
- 4 – propustný podsyp,
- 5 – termoizolační vrstva,
- 6 – propustný násyp,
- 7 – hydrofobizovaný násyp,
- 8 – násyp ze směsi hydrofobizovaného a nehdrofobizovaného kameniva,
- 9 – hydrofobizovaný podsyp,
- 10 – mikroventilační rohož,
- 11 – vzduchová mezera,
- 12 – stabilizační desky,
- 13 – měkká podložka,
- 14 – volně kladený izolační povlak fóliového typu,
- 15 – dlaždice.





odstraněna – viz náčrtek průběhu parciálních tlaků vodní páry v konstrukci – /obr. 10/.

Pozn.: Průběhy odvozeny z okrajových podmínek a průběhu teplot ve skladbě. Zachycen nejnejpříznivější stav za ustálených okrajových podmínek. Osa X – difúzní odpory vrstev, osa Y – parciální tlaky vodní páry v torrech.

Určitou cestou jak odstranit kondenzaci ze skladby se jevílo i řešení uvedené na /obr. 11/. K odstranění kondenzace bylo užito větrání vrstev pod hydroizolační vrstvou. Na termoizolační vrstvu bylo aplikováno pěnové sklo.

Pozn.: Okolnost, že pěnové sklo nelze vystavit vlivu povětrnosti, se zjistila až později, a to v roce 1976 při výstavbě hotelu Thermal v K. Varech; povrchové nasycení desek vodou spolu s mrazem vede

k rozpadu struktury – proto se později zalávalo do asfaltu. Činí se tak doposud.

Jinou nadějnou cestou se jevílo ochrana termoizolační vrstvy hydrofobizovanými násypy. Ty by zabránily přístupu vody na hydroizolační vrstvu – odpadlo by i riziko krátkodobých kondenzací. Navíc by násypy bránily syčení termoizolačních hmot vodou, pokud by se předpoklady jejich nenasákavosti nepotvrdily. Možné skladby jsou zachyceny na /obr. 12 – 19/.

Průběhy parciálních tlaků vodní páry dokládají vyloučení kondenzace ze skladby /obr. 20 – 21/.

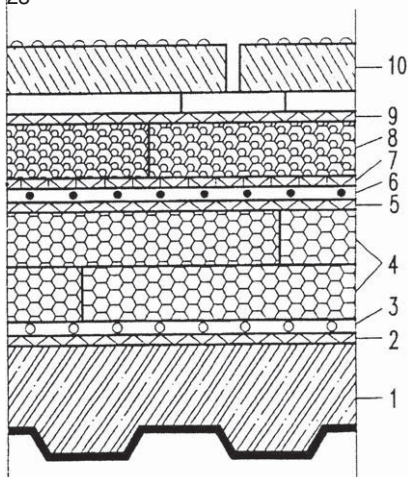
Pozn.: – Hydrofobizovaným násypům byla věnována pozornost v 60. letech 20. století. Studovány byly hydrofobizované popílky a písky [2]. Tyto materiály brání všeobecnému pronikání vody

skrze vrstvu /foto 11/. Jako samostatné vodotěsné opatření je však dle zkušeností nelze použít – podrobněji při jiné příležitosti.

– Průsaku vody do skladby lze zčásti bránit i jinými způsoby – použitím desek s drážkami, případně kladením více vrstev termoizolačních desek na vazbu – viz některé aplikace v 90. letech 20. století.

PŘÍLEŽITOST NOVÝ PRINCIP POPRVÉ POUŽÍT

Nedostupnost potřebného nenasákavého termoizolačního materiálu i jiné obtíže bránily po řadu let prověření výše uvedených myšlenek. Příležitost uplatnit princip inverzní skladby se naskytla až při výstavbě Kongresového centra v Praze na konci 70. let, a sice v klasické podobě na ochozech pod pojezdnou dráhou čistícího vozíku fasády /foto 12/, ale zejména



Legenda k obr. 23

- 1 – nosná vrstva – žebet. monolitická deska sprážená s tvarovaným plechem,
- 2 – podkladní vrstva – polyesterová textilie 300 g.m², 3 – pojistná hydroizolační vrstva – fólie z polyetylenu tl. 0,6 mm, 4 – hlavní termoizolační vrstva – dvě vrstvy desek z expandovaného pěnového polystyrenu velikosti 1000 x 500 x 30 mm kladené na vazbu, 5 – separační vrstva – polyesterová textilie 400 g.m², 6 – hlavní hydroizolační vrstva – fólie z mPVC tl. 1,4 mm, 7 – separační vrstva – skleněné rouno 120 g.m², 8 – doplňková termoizolační a ochranná vrstva – desky z extrudovaného pěnového polystyrenu tl. 30 mm, 9 – ochranná vrstva – skleněné rouno 120 g.m², 10 – stabilizační a ochranná vrstva – betonové dlaždice s vymývaným povrchem velikosti 600 x 400 x 55 mm, kladené na plastové podložky Ø 150 mm a tloušťky 15 mm.



02

v podobě kombinované skladby klasické a inverzní střechy nad nejdůležitějšími prostorami té doby – Kongresovým a Koncertním sálem – /foto 01, 12/, /obr. 22/.

Po střechy nad sály se hledala velmi lehká skladba rychle proveditelná i v zimním období, kladená na železobetonovou desku spráženou s ocelovým plechem, podporovaná ocelovou příhradovou konstrukcí o rozpětí až 60 m, netečná vůči kmitání systému při přestavbě podhledu, realizovaná na vypouklou plochu a ve funkci působící v opačném tvaru.

SKLADBA STŘECH NAD SÁLY KONGRESOVÉHO CENTRA

Vytyčené požadavky na funkci i realizaci střech vylučovaly do té doby používaná řešení. Po řadě úvah byla navržena skladba jednoplášňové střechy o klasickém pořadí vrstev kombinovaná s inverzní skladbou. Užity byly dva fóliové hydroizolační systémy z měkkých plastů – hlavní a pojistný. Termoizolační funkce byla svěřena expandovanému a extrudovanému pěnovému polystyrenu. Stabilizaci a ochranu skladby zabezpečovaly betonové

dlaždice kladené na podložky. Skladbu doplňovaly separační a ochranné vrstvy ze skleněných roun, resp. polyesteru /obr. 23/.

Charakteristickým znakem skladby je volné kladení všech vrstev (prostě jakéhokoli spojení) a absence mokřých procesů.

RIZIKA ŘEŠENÍ

Nebylo jiné cesty. Ocelový skelet budovy byl vyroben se započítáním minimálního zatížení od střechy, aniž byla známa konkrétní skladba. Proto se musela



03



04



05



06



07

volit extrémně lehká a přitom pohybem konstrukce přizpůsobivá skladba. Jak se ale zachová volně kladení fólie z plastu na rozpětí 60 m? Nedojde k tak obvyklému smrštění, které podle zkušeností z jiných střech vede ke ztrátě hydroizolační funkce? Potvrdí se výhodně termoizolační vlastnosti „nenasákavého“ extrudovaného pěnového polystyrenu ve smyslu prohlášení výrobců? Neobjeví se některé nečekané zrady v chování materiálů i celé skladby? Tyto a další otázky se honily v hlavách zúčastněných odborníků.

REALIZACE STŘECH NAD SÁLY

Hlavní část realizace připadla na podzim a zimu roku 1978 a jaro 1979. Proběhla dle speciálního realizačního projektu /7/. Některé dokončovací práce se uskutečnily v roce 1980.

Vzhledem k velikosti plochy (cca 5 800 m²) se v průběhu prací vyskytly všechny druhy počasí včetně dešťů, sněžení i mrazu (až -13 °C). Kladení termoizolačních vrstev nečinilo potíže. Náročnější to bylo u fóliových hydroizolací. Tisíce

metrů styků fólií byly spojovány ručně pomocí horkovzdušného fenu, tetrahydrofuranu a zátěže pytlíku s pískem /foto 02/.

Často se pro denní záběr odhazoval ze střešní plochy sníh /foto 04/. Při tání sněhu a stékání vody po povrchu fólie na spoj se nezřídka voda z kritických míst vymetala koštětem /foto 03/.

Byla to náročná zkouška možností použité technologie i dovednosti odborníků tehdejších Stavebních izolací Praha. Práce se povedly. Střechy nevykazovaly po realizaci vady.

Řešení naznačilo směr, kam by se mohl ubírat budoucí vývoj v konstruování střech. Zkušenosti zde nabyté se staly i významným podnětem pro formulaci novelizovaného znění ČSN 73 1901 Navrhování střech /10/, vydaného v konci 90. let /11/.

CO VYDRŽÍ

Klíčová a strategická otázka veškerého konání v oblasti stavění. Jedná se o problém vlastností a trvanlivosti materiálů a konstrukcí v čase. Na to ale může dát odpověď zase jen čas. A ten přišel po 20 letech v roce 1999. V období příprav zasedání mezinárodních obchodních organizací a bank byla možnost stav střešních konstrukcí nad sály prověřit /8/, /9/.



08

TERMOIZOLAČNÍ VRSTVA	POMĚRNÁ HMOTNOST VLHKOSTI	POMĚRNÝ OBJEM VLHKOSTI	OBSAH VODY VE VRSTVĚ
	u_m (%)	u_o (%)	(kgm^{-2})
EXTRUDOVANÝ PĚNOVÝ POLYSTYREN ($\rho = 40 \text{ kgm}^{-3}$)	65,4	2,61	0,78
EXPANDOVANÝ PĚNOVÝ POLYSTYREN ($\rho = 20 \text{ kgm}^{-3}$)	-	-	-
HORNÍ DESKA	20,5	0,41	0,12
DOLNÍ DESKA	33,8	0,68	0,20
CELKOVÝ OBSAH VODY V TEPELNÝCH IZOLANTECH			1,10 kgm^{-2}

VLHKOSTNÍ STAV STŘECH

V osmi místech byl pomocí sond a následných laboratorních šetření kontrolován vlhkostní stav termoizolačních hmot a ve dvou místech u atik pak pomocí velkoplošných sond proběhla komplexní kontrola skladby /foto 05 až 08/.

Průměrná vlhkost termoizolačních materiálů, odvozená ze všech odběrů, je uvedena v tabulce.

Dále bylo zjištěno, že ve vrstvách roun je vázán asi 1 kgm^{-2} vody. Celkem tedy skladba obsahuje přibližně 2 kgm^{-2} vody (bez dlaždic a nosné vrstvy), což je velmi malé množství.

STAV HYDROIZOLAČNÍCH VRSTEV

I když se pojednání podrobněji nezabývá hydroizolačními aspekty navrhování střech ve smyslu přímé blokace srážkové vody, je zde na místech se alespoň zmínit o šetřeních týkajících se vlastností fóliových povlaků použitých na diskutované střeše.

Na površích fólií z chráněné polohy ve skladbě i na površích fólií z atik (fólie stabilizované vůči vlivu povětrnosti) nebyly nalezeny viditelné stopy stárnutí, např. charakteristické rozpraskání povrchu v důsledku úniku změkčovadel. Zašpinění povrchu fólií z atik bylo možno zčásti odstranit pouhým omytím vodou /foto 09/. Spodní plochy byly nalezeny čisté a lesklé jako u nových fólií /foto 10/. Exaktní laboratorní vyšetření fólií, uskutečněné anonymně v Institutu testování a certifikaci ve Zlíně,

ukázalo, že vzorky odebrané ze sond splňují s velkou bezpečností požadavky ČSN i DIN (největší síla při zkoušce tahem, protažení největší silou při zkoušce tahem i ohyb za chladu). Vlastnosti byly srovnatelné s nově dodávanými fóliemi. To bylo velké a nečekané překvapení, zejména u fólií z nechráněné polohy atik.

VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ

Závěrem průzkumu bylo možno konstatovat:

a/ Ve skladbě střešního pláště nebyla zaznamenána destrukce hlavních stavebních materiálů vlivem vlhkosti, teploty či jiných faktorů.

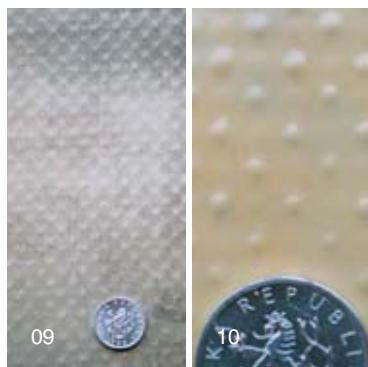
Diskuze: Desky tepelných izolantů, hydroizolační fólie i betonové dlaždice si zachovávají tvar i strukturu.

Pozn.: K určité ztrátě soudržnosti došlo u skleněných roun, pozorovatelné při vyjímání ze skladby, ochrannou a separační funkci ale plní.

V roznášecí desce plastových podložek dlaždic vznikají trhliny, patrně stárnutím, ty ale nenarušují funkci podložek.

U hydroizolační fólie z mPVC došlo v průběhu času ke smrštění o velikosti do 0,1%, v důsledku čehož se fólie v některých místech posunula od atik o cca 6 cm. Tento posun je ale velmi malý a nevedl ke ztrátě hydroizolační funkce fóliového systému.

b/ Skladba střešního pláště má příznivý vlhkostní režim



11 | Kapka vody na hydrofobizovaném popílků

Diskuze: Vlhkosti termoizolačních materiálů jsou přijatelné.

Pozn.: Porovnej cca 2 kgm^{-2} vody v posuzované skladbě s obsahem vody v klasických skladbách střech vytvořených z nasákových materiálů, které nezřídka obsahovaly 50 až 100 kgm^{-2} vody.

c/ Termoizolační vlastnosti střechy jsou vyhovující

Diskuze: Tepelný odpor posuzované střechy se pohybuje kolem hodnoty $2,0 \text{ m}^2 \text{ KW}^{-1}$, což splňuje požadavky kladené v ČSN 73 0540 na starší střešní konstrukce.

Pozn.: Rozumí se požadavky kladené na střešní konstrukce v r. 1999.

Poměrně vysoká hodnota tepelného odporu skladby střechy souvisí s příznivou závislostí součinitele tepelné vodivosti na vlhkosti u pěnového polystyrenu.

V případě rekonstrukce střechy se na ni v budoucnosti doporučuje nahlížet jako na novou konstrukci a volit tepelný odpor skladby

nejméně dvojnásobný oproti současnému stavu.

d/ Hydroizolační vlastnosti jsou v ploše střechy zachovány

Diskuze: Exaktní hodnocení vlastností hlavní hydroizolační vrstvy střechy – fólií z mPVC ukazuje, že v průběhu 20 let nedošlo k žádnému podstatnému snížení parametrů; vlastnosti stávajících fólií jsou srovnatelné s vlastnostmi fólií nových. Navíc je ve skladbě střechy užita pojistná hydroizolační vrstva – fólie z polyetyleny, která zjevně při vizuelním ohledání nevykázala žádné změny ani pohyby a je plně funkční.

e/ Hydroizolační vlastnosti střechy jsou ohroženy v některých detailech

Diskuze: V několika místech došlo k proražení fólií na atikách, patrně při vyvěšování transparentů. Zjištěna i destrukce průchodek bleskosvodného vedení z tuhého plastu či trhliny nad styky fóliových plechů na atikách. Uvedené defekty je nutno v rámci údržby odstranit.

NIC NETRVÁ VĚČNĚ

Střechy nad sály Kongresového centra byly navrženy s plánovanou trvanlivostí 15 let. Poté se předpokládala částečná či úplná výměna skladby v závislosti na zjištěném stavu. Po 20leté expozici

nebyly zjištěny zásadní defekty v ploše u žádných z hlavních vrstev. Stejně je tomu i dnes. Údržba některých detailů je ale nezbytná. Jaké koncové trvanlivosti se dosáhne, je otevřenou otázkou. Za rozumné lze pokládat pravidelné sledování stavu konstrukce, zejména hydroizolační vrstvy, a podle zjištěných okolností je třeba přistoupit včas k potřebné obnově. Výhodou je, že se tak může stát bez bouracích prací, pouze demontáží původních materiálů a položením materiálů nových.

UNIKÁTNÍ ŠANCE

Systematické sledování střešní konstrukce nad sály Kongresového centra, a to od realizace přes období funkce až do doby nezbytné obnovy, by mohlo trochu podkrýt skrytá tajemství trvanlivosti moderních materiálů a konstrukcí a poskytnout věrohodné podklady pro návrhy konstrukcí nových včetně jejich ekonomických hodnocení. Pozornost by v tomto směru měla být věnována všem stavebním konstrukcím. To je ale úkol, který naše stavebnictví čeká v celém 21. století.

DLOUHÁ CESTA, NEBO RYCHLÝ POKROK

V životě člověka je třetina století dlouhá doba, v historii stavění časový zlomek, ve kterém se podařilo díky rozvoji techniky přejít od prvních mlhavých představ o nové inverzní konstrukci v reálné

řešení plnicí bez zjevných problémů požadované funkce. Varianty řešení inverzních skladeb přitom nejsou zdaleka vyčerpány.

SOUČASNÁ PRAXE

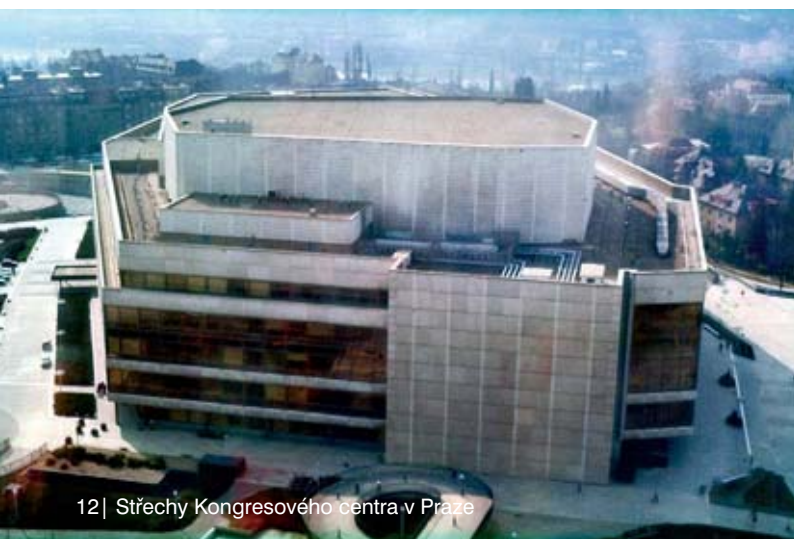
O přístupech mladé generace inženýrů a techniků k řešení inverzních střešních konstrukcí v reálné praxi pojednává následující příspěvek.

< KUTNAR > foto: Kutnar

Pozn. V úvaze byly pouze naznačeny některé momenty vývoje. Podrobně se lze s celou problematikou seznámit v citovaných podkladech.

PODKLADY

- 1/ Řehánek, J.: ČSN 73 0540 Tepelnětechnické vlastnosti stavebních konstrukcí (1965).
- 2/ Kutnar, Z.: Ploché střechy. Diplomová práce. ČVUT Praha, Fakulta stavební (1965).
- 3/ Řehánek, J. a kol.: Směrnice pro navrhování a posuzování obytných panelových budov z hlediska stavební tepelné techniky. Díl I, II. VÚPS Praha (1971, 1972).
- 4/ Kutnar, Z.: Skladby střešních pláštů. Přednáška a příspěvek do sborníku z konference Komplexní řešení plochých střech. Praha (1972).
- 5/ Kutnar, Z. – Smolka, J.: ČSN 73 1901 Navrhování střech (formulace 1972 – 75, účinnost od 1. 4. 1977).
- 6/ Kutnar, Z.: Studie zastřešení Kongresového centra v Praze (1978).
- 7/ Buják, J.: Realizační projekt střešního pláště nad sály KC Praha. Stavební izolace Praha (1978).
- 8/ Kulhánek, F.: Vlhkostní režim střešních pláštů Kongresového centra v Praze. Znalecký posudek (1999).
- 9/ Kutnar, Z.: Střechy Kongresového a Koncertního sálu KC Praha. Expertní posudek (1999).
- 10/ Kutnar, Z.: Návrh revidovaného znění ČSN 73 1901 Navrhování střech (1984).
- 11/ Kutnar, Z. – Bozděch, Z. – Minář, I. – Skřivan, K.: ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení (1999).
- 12/ Kutnar, Z.: Sborník z výročního kongresu STŘECHY 2002 – ploché střechy 1972 – 2002.
- 13/ ARCHIV expertní a znalecké kanceláře KUTNAR.



12 | Střechy Kongresového centra v Praze

INVERZNÍ STŘECHY

INVERZNÍ STŘECHA JE STŘECHA S OPAČNÝM POŘADÍM IZOLAČNÍCH VRSTEV, KDY TEPELNĚ IZOLAČNÍ VRSTVA SPOČÍVÁ NA HYDROIZOLAČNÍ VRSTVĚ. TEPELNÁ IZOLACE INVERZNÍ STŘECHY MUSÍ BÝT NENASÁKAVÁ A MRAZUVZDORNÁ. VRSTVY INVERZNÍ STŘECHY SE OBVYKLE STABILIZUJÍ PROTI ZATÍŽENÍ VĚTREM VRSTVOU KAMENIVA NEBO DLAŽBY NA PODLOŽKÁCH. OPROTI NEVĚTRANÝM STŘECHÁM S KLASICKÝM POŘADÍM VRSTEV LZE INVERZNÍ STŘECHY NAVRHOVAT NAD PROSTŘEDÍ S NÁROČNĚJŠÍMI TEPELNĚ VLHKOSTNÍMI PODMÍNKAMI.

NAVROVÁNÍ Z HLEDISKA TEPELNÉ TECHNIKY

Podmínky, kdy se uplatňují přednosti inverzní střechy, jsou

- převládající směr difúzního toku z interiéru do exteriéru v průběhu roku,
- nižší difúzní odpor vrstev nad tepelnou izolací než je difúzní odpor extrudovaného polystyrenu.

Pokud alespoň jedna z těchto podmínek není splněna (např. vegetační střecha s drenážní a hydroakumulační vrstvou z profilované plastové fólie), je třeba konstrukci střechy individuálně posoudit.

U inverzních střech dochází v důsledku pronikání srážkové vody pod tepelnou izolaci ke snížení jejího tepelně izolačního účinku. Aby nedocházelo k významnému snížení povrchových teplot konstrukce je vhodné, aby vrstvy pod hydroizolací vykazovaly tepelný odpor minimálně $0,75 \text{ m}^2\text{k/W}$. Vliv pronikání srážkové vody na součinitel prostupu tepla lze zohlednit pomocí korekce vypočtené podle ČSN EN ISO 6946 nebo za dále uvedených podmínek zvýšením součinitele prostupu tepla konstrukce o 5%.

- Tepelně izolační dílce jsou spojované na drážku a zatížené.
- Hydroizolace je v předepsaném sklonu min. 1° dle ČSN 73 1901.
- Povrch střechy je ve sklonu a odvodněn.

Inverzní střechy lze použít nad interiéry vlhkostní třídy max. 5 (budovy s velmi vysokou vlhkostí – pivovary, bazénové haly), v teplotních oblastech I a II do 800 m n. m.



TEPELNÁ IZOLACE Z EXTRUDOVANÉHO POLYSTYRENU

Tepelná izolace inverzní střechy musí být nenasákavá a mrazuvzdorná. Pro inverzní střechy se doporučuje používat značkový extrudovaný polystyren, u kterého nebyl jako plnicí plyn použit freon. Absencí freonu sice dochází k nepatrnému zvýšení tepelné vodivosti, materiál však nepoškozuje životní prostředí. V sortimentu společnosti DEKTRADE jsou zastoupeni dva producenti vhodného extrudovaného polystyrenu:

- DOW Chemical (deska s polodrážkou určená do inverzních střech ROOFMATE SL)
- BASF (deska s polodrážkou určená do inverzních střech STYRODUR 3035 CS)

V sortimentu obou výrobců jsou dále k dispozici desky s perem a drážkou a s rovným řezem pro izolace podlah, konstrukce s vysokým dopravním zatížením, ztracené bednění, izolace překládů, izolace spodní stavby, atd.

K inverzním střechám se v některém z příštích čísel vrátíme.