

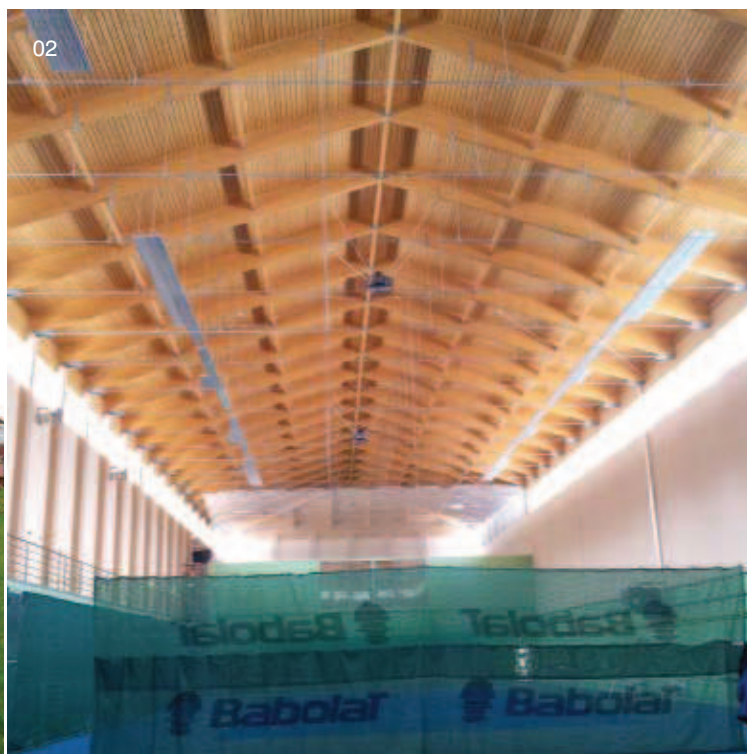
PORUCHY NA BUDOVÁCH SPORTOVNÍHO AREÁLU

V MNOHA MĚSTECH A OBCÍCH DOCHÁZÍ K BUDOVÁNÍ VÍCEÚČELOVÝCH SPORTOVNÍCH HAL A ZAŘÍZENÍ. TENTO TYP OBJEKTŮ MÁ ČASTO NESTANDARDNÍ VNITŘNÍ PODMÍNKY (NAPŘ. VYŠŠÍ TEPLoty A VLHKOST V INTERIÉRU) A NESTANDARDNÍ KONSTRUKCE (VELKÉ ROZPONY). TO VEDE K VĚTŠÍM NÁROKŮM NA PRÁCI PROJEKTANTA PŘI NÁVRHU STAVBY A NA REALIZAČNÍ FIRMU PŘI REALIZACI STAVEB. CHYBY V NÁVRHU ČI REALIZACI ZPŮSOBUJÍ, VZHLEDEM K ROZMĚRŮM OBJEKTŮ PODOBNÉHO DRUHU, VELKÉ ŠKODY.



01

02



V letech 2009 až 2010 jsme v našem znaleckém ústavu řešili zatékání střechou do sportovní haly a do souvisejícího objektu s wellness provozem. V první části našeho článku se budeme věnovat problémům sportovní haly.

POPIS OBJEKTU

Jedná se o halový objekt /obr. 01/, jehož obvodové stěny jsou z ŽB

skeletu s vyzdívkou a střecha je nesena krovem z lepených vazníků /obr. 02/.

POPIS STŘECHY

Nosnou konstrukci tvoří dřevěné lepené vazníky, na kterých jsou umístěny samonosné kompletizované dřevěné panely s integrovaným tepelným izolantem, parozábranou i doplňkovou

hydroizolací. Princip střešního panelu je vyobrazen na /obr. 03/. Skladba střechy je uvedena v tabulce /01/.

POPIS PORUCH

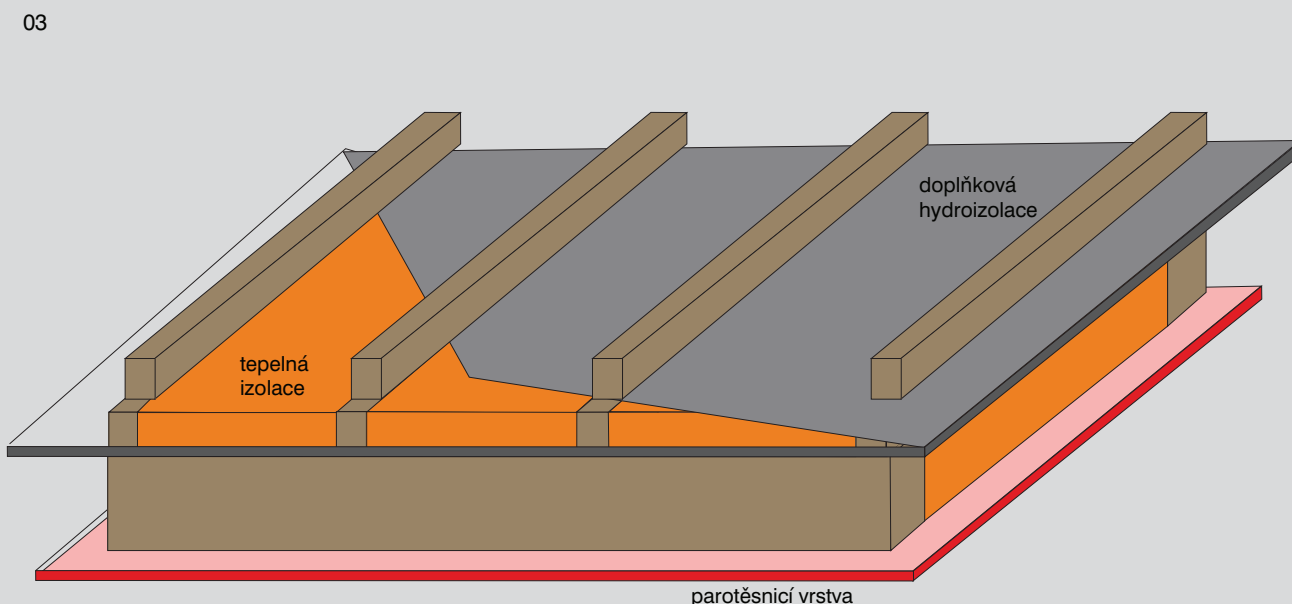
Během první zimy po dokončení stavby a zahájení provozu se začalo objevovat zatékání z podhledu haly. Voda kapala na podlahy tenisových kurtů /obr. 04/.

Tabulka 01 | Skladba střechy haly

Funkce	Výrobek	Tl. vrstvy d [mm]	Návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_u [W/(m.K)]	Faktor difuzního odporu μ_d [-]
1 Podhled	dřevěný palubkový podhled	15	0,197	9
2 Uzavřená vzduchová vrstva + nosná konstrukce	vzduch + nosný rošt	20	0,328 ¹⁾	0,2
3 Parotěsnicí vrstva	PE fólie	0,2	0,350	2000 ²⁾
4 Tepelná izolace	minerální vlákna – Isover	200	0,040	1,5
5 Doplňková hydroizolace	mikroporézní difúzní fólie	0,25	0,390	100
6 Nosná konstrukce krytiny + větraná vzduchová vrstva	vzduch + kontralatě	40	-	-
7 Nosná konstrukce krytiny + větraná vzduchová vrstva	vzduch + latě	35	-	-
8 Skládaná krytina	velkoformátová plechová krytina MAXIDEK	1	-	-

¹⁾ Ekvivalentní hodnota součinitele tepelné vodivosti zohledňující materiály vrstvy

²⁾ Ekvivalentní hodnota pro běžnou realizaci – více viz kapitola „Parametry parozábrany ovlivněné způsobem montáže“ na str. 40





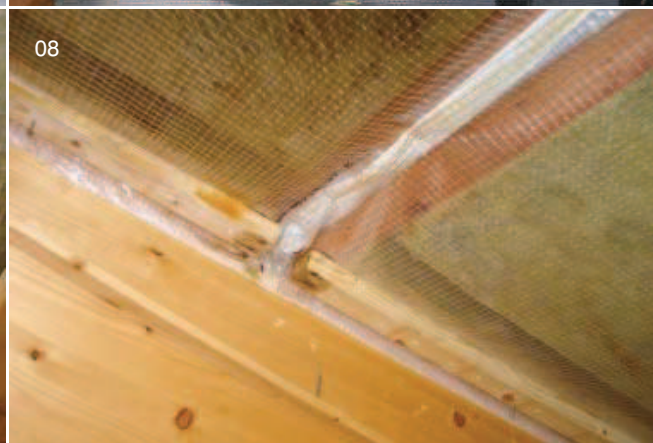
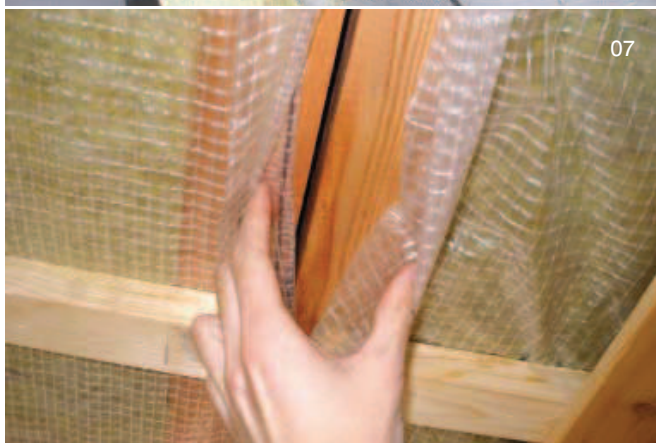
Generální dodavatel stavby povolal pracovníky našeho znaleckého ústavu, aby odhalili příčiny zatékání a navrhli způsob opravy. Pro zjištění příčin zatékání byly provedeny dva typy průzkumů. Byly provedeny lokální sondy z horní a spodní strany střešního pláště a současně bylo provedeno termovizní měření

střešního pláště za podtlaku – viz dále.

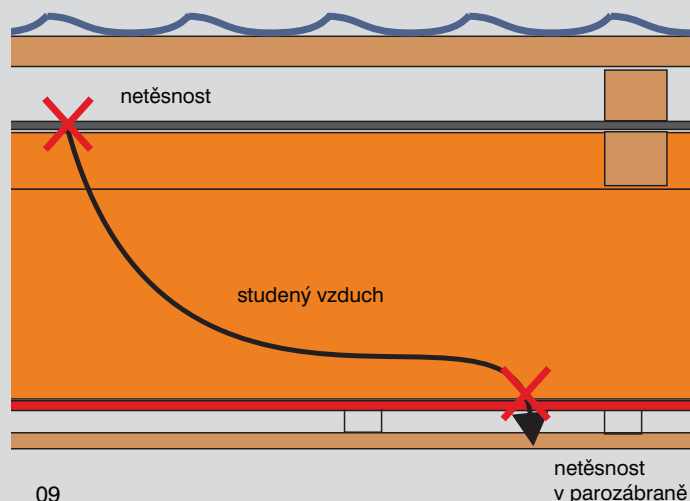
VÝSLEDKY PRŮZKUMU SONDAMI

Při lokálním průzkumu střechy z exteriéru byly zjištěny následující skutečnosti:

- Pod plechovou krytinou se objevuje voda (buď v důsledku netěsnosti krytiny, ale spíše v důsledku kondenzace na spodním povrchu plechové krytiny).
- Spojení doplňkové izolace z fólie mezi jednotlivými střešními panely je na některých místech nefunkční



- 05| Netěsnosti doplňkové izolace v místě styku čtyř panelů
- 06| Mezera mezi panely z exteriéru
- 07| Mezera mezi panely z interiéru a netěsnost v parozábraně
- 08| Netěsnosti parozábrany v místě styku dvou panelů



09

(zvláště v místech styku čtyř panelů). Je to dáno i tím, že krajní kontralatě, které jsou součástí panelu, jsou tak blízko u spáry, že napojení vrstvy doplňkové izolace nebylo možné správně provést.

- Mezi jednotlivými panely v úrovni tepelněizolační vrstvy jsou mezery – tím vzniká ve skladbě střechy „tepelný most“.
- Systém odvětrání vrstvy pod plechovou krytinou je nefunkční.

Při lokálním průzkumu střechy z interiéru byly zjištěny následující skutečnosti:

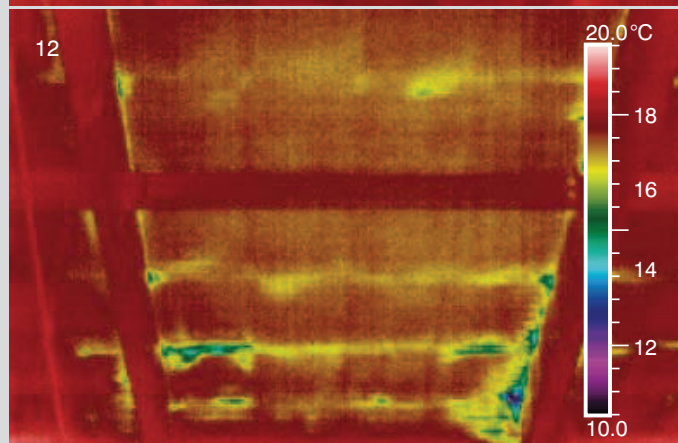
- V některých záhybech parozábrany z fólie je voda.
- Spojení parozábrany z fólie mezi jednotlivými střešními panely je na některých místech nefunkční (zvláště v místech styku čtyř panelů).

Dokumentace průzkumu je na obr. /05 až 08/.

VÝSLEDKY TERMOVIZNÍHO MĚŘENÍ ZA PODTLAKU

Princip měření vychází z toho, že při vytvoření podtlaku v interiéru dochází případnými netěsnostmi v obálce k nasávání studeného vzduchu z exteriéru /obr. 09/. Porovnání termovizních snímků za běžného stavu a za podtlaku lokalizuje chladnější místa – tj. netěsnosti parozábrany /obr. 10 až 12/.

Měření prokázalo, že ve střešním plášti jsou netěsnosti. Změřením celé střechy byly tyto netěsnosti na spodním povrchu střechy (netěsnosti parozábrany) přesně lokalizovány.



SHRnutí PŘÍČIN ZATÉKÁNÍ

Příčinou zatékání byla dle našeho názoru netěsnost parozábrany a doplňkové izolace střešního pláště. Vlhký teplý vzduch, který pronikal netěsnostmi v parozábraně, zkonduzoval na spodním povrchu plechové krytiny. Kondenzát poté ukápl zpátky na doplňkovou izolaci a jejími netěsnostmi pronikal do střechy a posléze vytekl netěsnou parozábranou do interiéru.

Dle našeho názoru byl jedním z hlavních důvodů nekvalitního spojení doplňkové izolace i parozábrany sám princip kompletizovaných střešních panelů. Tak, jak byly panely konstruovány, nedávaly šanci montážní firmě provést spolehlivé spojení vrstev. I mezery mezi panely byly dány montážní tolerancí a i při nejlepší vůli se tento problém nedal systémově řešit.

OPRAVA STŘECHY

Na základě zhodnocení příčin zatékání jsme společně

s investorem a generálním dodavatelem rozhodli o následujícím způsobu rekonstrukce střešního pláště.

Odstranit vrstvy:

- plechová krytina;
- laťování;
- doplňková izolace;

Poté provést celoplošně nové vrstvy:

- tepelná izolace ve dvou vrstvách;
- doplňková izolace s lepenými spoji;
- kontralatě vymezující dostatečnou větranou mezeru;
- laťování a původní krytina.

Tato část rekonstrukce střechy vyřeší tepelný most mezerou mezi panely. Nová doplňková izolace bude souvislá v celé ploše a bude bránit pronikání vody do střechy při případném zatečení krytinou při kondenzaci na spodku plechové krytiny.

Záběry z pokládky doplňkové izolace, laťování a krytiny jsou na obr. /13 a 14/.

CO ALE S NETĚSNOU PAROZÁBRANOU? JE NUTNÉ PROVÉST JEJÍ VÝMĚNU?

Tato výměna bude na rozdíl od výměny vrchních vrstev střechy technologicky velmi nepříjemná (použití vysokého věžového lešení v již hotovém interiéru). Nepříjemnosti nastanou i z hlediska provozního – oprava zvenku provoz v hale výrazně neomezí, ale oprava zevnitř provoz v hale uzavře (tj. pro investora nastane ekonomická ztráta). Proto jsme zvažovali a výpočtově hodnotili nutnost opravy parozábrany. Vzali jsme v úvahu, že:

- Střecha byla doplněna novou tepelnou izolací.
- V hale jsme změřili relativně příznivé parametry vnitřního prostředí (17 °C, 45 %).
- Stávající parozábrana plní částečně funkci, zvláště, pokud se podaří utěsnit největší netěsnosti.

Výpočty prokázaly, že při započtení nové skladby a změřených parametrů vnitřního prostředí, jsme schopni připustit



Tabulka 02 | Hodnocení střešní skladby

Parametr	Jednotka	Požadavek	Vnitřní prostředí 17°C, 45 %	Vyhoví
Teplotní faktor (povrchová teplota) – extrém plísňě	[-] ([°C])	> 0,764 (8,75)	0,958 (15,51)	+
Teplotní faktor (povrchová teplota) – extrém kondenzace	[-] ([°C])	> 0,672 (5,51)	0,958 (15,51)	+
Součinitel prostupu tepla	[W/(m²K)]	< 0,24 (0,31)	0,17	+
Kondenzace	[-]	ANO/NE	NE	+
Bilance kondenzace	[-]	AKTIVNÍ	AKTIVNÍ	+
Množství zkondenzované vodní páry	[kg/(m².rok)]	< 0,10	0	+
Vlhkost ve větrané vzduch. mezeře	[%]	< 90	85	+
Teplotní faktor horního pláště	[-]	> 0,305	0,333	+
Dřevo průměr venku i uvnitř	[%]	< 18	11	+

difúzní odpor parozábrany ve výši 0,5 % (více informací o započítávání funkčnosti parozábrany v kapitole „Parametry parozábrany ovlivněné způsobem montáže“ viz str. 40). Tj. pro správné fungování nové skladby střechy nám postačuje i nekvalitně udělaná parozábrana.

Vyhodnocení takto hodnocené střešní skladby ukazuje tab. /02/.

Pro větší spolehlivost řešení jsme se rozhodli využít přesné lokalizace netěsností parozábrany na základě provedeného termovizního měření za podtlaku a nechali jsme parozábranu lokálně opravit.

Následující dva roky jsme prováděli kontinuální měření parametrů vnitřního prostředí pod střechou a sledovali, zda nepřekračují hodnoty, které jsme zahrnuli do posouzení. Hodnoty teploty a vlhkosti během

sledovaného období nepřekročily „mezí hodnoty“.

Po dvou letech fungování haly jsme provedli průzkum stavu střechy. Zatékání se během sledovaného období neobjevilo a při měření vlhkosti dřeva a tepelné izolace střechy z interiéru nebyla změřena nadměrná vlhkost.





15

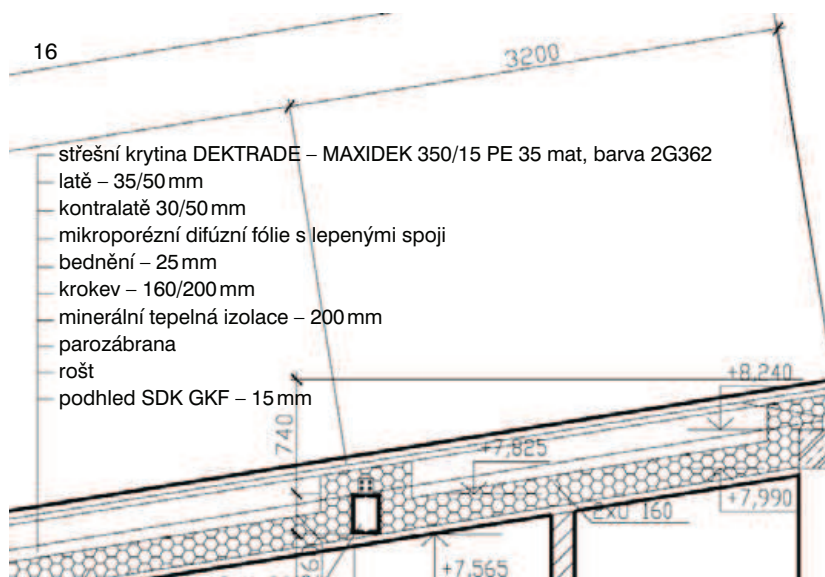
V druhé části našeho článku se budeme věnovat problémům wellness provozu.

POPIS OBJEKTU WELLNESS

Wellnes provoz /obr. 15/ je umístěn spolu s posilovnou v objektu s obvodovými stěnami z cihelného zdiva, popis skladby střechy viz následující odstavec.

POPIS SKLADBY STŘECHY

Střecha je nesena krovem s dřevěnými krokvemi a vaznicemi z ocelových profilů. Skladba celé střechy je uvedena v tabulce /03/ a na obr. /16/.



Funkce		Výrobek	Tl. vrstvy d [mm]	Návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_u [W/(m.K)]	Faktor difuzního odporu μ_a [-]
1	Podhledová vrstva	sádkokarton	15	0,197	9
2	Uzavřená vzduchová vrstva + nosná konstrukce	vzduch + nosný rošt	50	0,328 ¹⁾	0,2
3	Parotěsnicí vrstvy	PE fólie	0,2	0,350	2000 ²⁾
4	Tepelná izolace	minerální vlákna – Isover	200	0,040	1,5
5	Uzavřená vzduch. vrstva + krokve	vzduch + dřevo	200	1,026	0,1
6	Dřevo	dřevěné bednění	25	0,410	15
7	Doplňková hydroizolace	mikroporézní difúzní fólie	0,25	0,390	100
8	Nosná konstrukce krytiny + větraná vzduchová vrstva	vzduch + kontralatě	40	-	-
9	Nosná konstrukce krytiny + větraná vzduchová vrstva	vzduch + latě	35	-	-
10	Skládaná krytina	velkoformátová plechová krytina MAXIDEK	1	-	-

¹⁾ Ekvivalentní hodnota součinitele tepelné vodivosti zohledňující materiály vrstvy

²⁾ Ekvivalentní hodnota pro běžnou realizaci – více viz kapitola „Parametry parozábrany ovlivněné způsobem montáže“ na str. 40

³⁾ Tyto vrstvy již nejsou v tepelnětechnickém výpočtu níže zohledněny – ve výpočtu jsou uvažovány vrstvy po větranou vzduchovou vrstvu, tedy vrstvy 1 až 7

POPIS PORUCH

Během první zimy po dokončení stavby a zahájení provozu se začalo objevovat masivní zatékání a vlhnutí konstrukcí pod stropem /obr. 17/.

V rámci průzkumu objektu jsme provedli sondy z exteriéru střechy a hlavně jsme se zaměřili na posouzení samotného návrhu skladby (vzhledem k náročnosti vnitřního prostředí pod střechou).

VÝSLEDKY PRŮZKUMU

Při lokálním průzkumu střechy z exteriéru bylo zjištěno následující:

- Pod plechovou krytinou se objevuje voda (v důsledku kondenzace na spodním povrchu plechové krytiny a případně i netěsnosti krytiny v některých detailech).
- V místě prostupů střechou (vývod vzduchotechniky) není doplňková izolace dotěsněna.
- Systém odvětrání vrstvy pod plechovou krytinou je nefunkční.

ZHODNOCENÍ NÁVRHU SKLADBY

Provedli jsme zhodnocení výše uvedeného návrhu skladby. Návrhové parametry vnitřního

vzduchu jsme použili dle ČSN 73 0540-3 pro wellness provoz (pro bazénové haly).

Návrhové parametry vnějšího vzduchu dle ČSN 73 0540-3 pro teplotní oblast 4 a pro nadmořskou výšku 800 m n. m.:

- návrhová teplota vnějšího vzduchu θ_{e} : -18°C;
- návrhová relativní vlhkost vnějšího vzduchu ϕ_{e} : 85%.

Návrhové parametry vnitřního vzduchu dle ČSN 73 0540-3 [3] pro wellness provoz (pro bazénové haly):

- návrhová teplota vnitřního vzduchu $\theta_{ai,u}$: 29°C;
- návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\phi_{ai,u}$: 85%;
- vlhkostní třída: V.

Posouzení dle požadavků ČSN je v tabulce /04/.

Původní skladba šikmé střechy výpočtově nevyhovuje v prostředí nad wellness z hlediska součinitele prostupu tepla, množství zkondenzované vodní páry, celkové bilance vlhkosti, vlhkosti dřeva a relativní vlhkosti ve větrané vzduchové vrstvě. Příčinou chybného návrhu byl pravděpodobně nesprávný způsob započítání parametrů parozábrany – viz následující kapitola.



Tabulka 04 | Posouzení skladby

Hodnota	Jednotka	Požadavek	26 °C / 85 % + 65 %	Hodnocení
Součinitel prostupu tepla	[W/(m²K)]	< 0,14	0,18	!
Kondenzace	[-]	ANO/NE	ANO	
Bilance kondenzace	[-]	AKTIVNÍ	AKTIVNÍ	+
Množství zkondenzované vodní páry	[kg/(m².rok)]	< 0,10	2,4907	!
Vlhkost ve vzduch. mezeře extrém – kondenzace	[%]	< 100	100	!
Dřevo průměr venku i uvnitř	[%]	< 18	28	!
+ ... vyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2 ! ... nevyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2				

PARAMETRY PAROZÁBRANY OVLIVNĚNÉ ZPŮSOBEM MONTÁŽE

Při hodnocení skladby je třeba započítat správně parametry jednotlivých vrstev.

Velký zřetel je třeba brát na započítání parametrů parozábrany. Výrobci fólií pro parozábrany standardně udávají faktor difúzního odporu (tj. parametr, který popisuje těsnost materiálu vůči pronikání vzduchu) v ploše materiálu, tj. např. 100 000. Je ale třeba si uvědomit, že parozábrana musí být parotěsná jako „celá vrstva“. Co je nám platná úžasná těsnost (tj. vysoký faktor difúzního odporu) ve výseku plochy základního materiálu, když při montáži vznikají netěsnosti ve spojích a napojení na okolní konstrukce. S tímto faktem pracuje i často využívaný software TEPLO. V sekci zadávání parametrů jednotlivých vrstev

umožňuje uživateli započítat vliv způsobu zabudování parozábrany na celkovou hodnotu faktoru difúzního odporu.

V praxi našeho znaleckého ústavu počítáme s tím, že i při **pečlivém a kvalitním** zabudování parozábrany „zespodu“ je reálné dosáhnout pouze průměrně **10 %** hodnoty faktoru difúzního odporu deklarované pro daný materiál. Při **běžném provedení** (spíše nekvalitním) pak může průměrná hodnota klesnout až na **2 %** deklarovaného difúzního odporu.

Ještě horší je fakt, že v lehké skladbě netěsnosti vedou nejen ke snížení difúzního odporu, ale také k netěsnosti pro proudící vzduch, jejichž vliv ve výpočtu nelze postihnout.

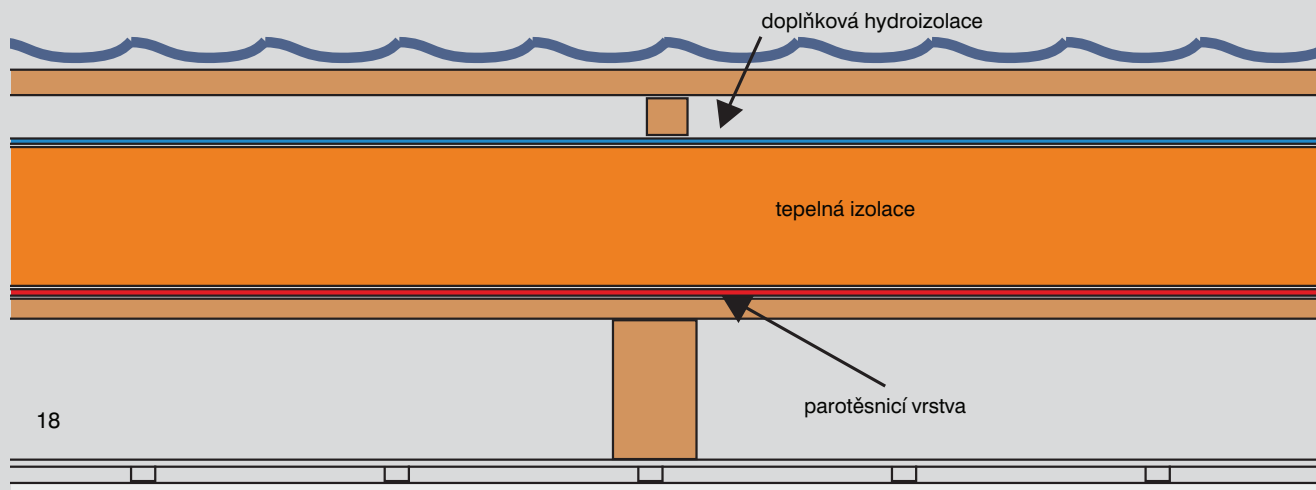
Způsob započítání parozábrany je závažné pochybení a vede k návrhům střešních skladeb, které jsou poté zatíženy nadměrnou kondenzací. Pro

ilustraci je níže provedeno posouzení střešní skladby nad řešeným wellness, ve kterém nebyl uvažován „vliv zabudování“ na parametry parozábrany a současně nebyly uvažovány specifické parametry interiéru. Takto posuzovaná skladba výpočtově vyhoví, ale jak ukázala realita, již po prvním roce se objevily vážné funkční problémy.

Zajištění vyššího procenta funkčnosti parozábrany je jeden z hlavních důvodů, které nás vedou k podpoře tzv. nadkroevních skladeb, při kterých se parozábrana aplikuje na rovný podklad „shora“ bez potřeby řešit některé složité detaily (např. ukončení na dělicích stěnách podkroví). Při tomto řešení s využitím samolepicích asfaltových pásů si troufáme započítat hodnotu průměrného difúzního faktoru až na 100 % hodnoty uváděné pro materiál v ploše.

Tabulka 05 | Posouzení skladby bez započítání vlivu zabudování parozábrany a se standardními podmínkami interiéru

Hodnota	Jednotka	Požadavek	21 °C / 50 %	Hodnocení
Součinitel prostupu tepla	[W/(m²K)]	< 0,24	0,18	+
Kondenzace	[-]	ANO/NE	ANO	
Bilance kondenzace	[-]	AKTIVNÍ	AKTIVNÍ	+
+ ... vyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2 ! ... nevyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2				



SHRNUTÍ

Příčinou zatékání do prostoru wellness byl dle našeho názoru špatný návrh střešní skladby z tepelněizolačního hlediska. Ve skladbě během roku kondenzovalo nadměrné množství vody, která pak vytékala ven.

Zatékání do střešní skladby bylo podpořeno ještě nedostatečným sklonem střechy a netěsnostmi v doplňkové izolaci, což vedlo k pronikání srážkové vody dovnitř.

OPRAVA STŘECHY

Princip opravy střechy spočíval v nahrazení stávající skladby střechy, která nad náročným prostorem těžko vyhoví, správně dimenzovanou skladbou tzv. „nadkroevní střechy“. Princip této skladby je zachycen na obr. /18/. Hlavními výhodami této skladby jsou:

- princip montáže parozábrany (seshora, v ploše na pevný podklad);
- odstranění tepelných mostů skrz nosné prvky střechy.

Při rekonstrukci střechy /obr. 19 až 21/ byly tedy navrženy a zrealizovány následující práce:

Byly odstraněny následující vrstvy střechy z exteriéru:

- plechová krytina;
- laťování;
- doplňková izolace;
- lokálně bylo odstraněno bednění a vybrána tepelná izolace.

Poté bylo provedeno:

- doplnění bednění;
- souvrství z asfaltových pásů (jeden s hliníkovou vložkou) – pojistná a parotěsná vrstva;
- tepelněizolační desky

DEKPIR TOP 022 tl. 80mm + DEKPIR TOP 022 tl. 80mm;

- doplňková hydroizolace – fólie s monolitickou funkční vrstvou;
- kontralatě + odvětrávaná mezera tl. 80 mm;
- velkoformátová plechová krytina MAXIDEK.

Nová skladba vyhověla posouzení dle ČSN /tab. 06/.

Po dvou letech fungování haly jsme provedli průzkum stavu střechy. Zatékání se během sledovaného období neobjevilo.

Tabulka 06 | Posouzení nové skladby

Hodnota	Jednotka	Požadavek	26 °C / 85 % + 65 %	Hodnocení
Součinitel prostupu tepla	[W/(m²K)]	< 0,14	0,14	+
Kondenzace	[-]	ANO/NE	ANO	+
Bilance kondenzace	[-]	AKTIVNÍ	AKTIVNÍ	+
Množství zkondenzované vodní páry	[kg/(m².rok)]	< 0,10	0,0068	+
Vlhkost ve vzduch. mezere extrém – kondenzace	[%]	< 100	72,6	+
Dřevo průměr venku i uvnitř	[%]	< 18	13	+
+ ... vyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2 ! ... nevyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2				



19



20



21

ZÁVĚR ZNALCE

Poruchy na sportovní hale ilustrují problematiku používání velkoplošných kompletizovaných panelů. Princip kompletizace sice urychluje montáž, ale přináší s sebou problém s napojením jednotlivých dílců. Napojení všech funkčních vrstev mezi jednotlivými dílci bývá technologicky nedotažené a prováděcí firmy nejsou schopné provést kvalitní napojení. V naší praxi se s poruchami způsobenými netěsnostmi mezi kompletizovanými panely často setkáváme.

Poruchy na wellness provozu ukazují na problematické fungování střech s mezikrokevní izolací. Princip těchto střech vede ke komplikované montáži některých funkčních vrstev (např. parotěsnicí vrstvy). Princip skladby s sebou nese i riziko tepelných mostů přes nosné prvky střechy. Tato rizika jsou ještě zvýrazněna použitím skladby s mezikrokevní izolací nad prostory s „náročnými“ parametry interiéru. Při návrhu střešních skladeb zatím často dochází k pochybení při započítání správných parametrů parozábrany.

<Radim Mařík>
Znalecký ústav
ATELIER DEK