



PŘECHODEM Z PREFABRIKOVANÉ PANELOVÉ VÝSTAVBY BYTOVÝCH DOMŮ NA VĚTŠINOU MONOLITICKÉ TECHNOLOGIE PO ROCE 1989 SE ZAČALA UPLATŇOVAT NOVÁ ARCHITEKTURA BYTOVÝCH STAVEB. OBVYKLE SE JEDNÁ O TŘÍ AŽ ŠESTI PODLAŽNÍ BYTOVÉ DOME SE STĚNOVOU, SKELETOVOU NEBO KOMBINOVANOU MONOLITICKOU NOSNOU KONSTRUKCÍ S MONOLITICKÝM NEBO ZDĚNÝM OBVODOVÝM PLÁŠTĚM. PRO DNEŠNÍ DOBU JSOU CHARAKTERISTICKÉ PRVKY USTUPUJÍCÍCH PRVNÍCH NADZEMNÍCH RESP. POSLEDNÍCH NADZEMNÍCH PODLAŽÍ, KTERÁ VYTVÁŘÍ KRYTÉ KOMUNIKACE PRO PĚŠÍ V PARTERU RESP. ROZLEHLÉ TERASY PRO BYTY V NEJVYŠŠÍM PODLAŽÍ. ZÁROVEŇ SE REALIZUJÍ ČÁSTEČNĚ NEBO PLNĚ PŘEDSUNUTÉ BALKÓNY. DOSTATEČNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA OBVODOVÝCH STĚN SE TĚMĚŘ VÝHRADNĚ DOSAHUJE ZATEPLENÍM STĚN VNĚJŠÍM TEPELNĚ IZOLAČNÍM KOMPOZITNÍM SYSTÉMEM S TENKOVRSŤVOU OMÍTKOU.

ZÁVADNOST, TEPELNÝCH MOSTŮ

A NÁVRATNOST OPATŘENÍ PRO JEJICH ODSTRANĚNÍ

Na těchto stavbách se vyskytují charakteristické detaily a konstrukce s typickými tepelnými mosty. Přirozenou snahou projektantů je jejich počet a účinky minimalizovat. Snaha o potlačení tepelných mostů má vliv na tvarové řešení objektu, statiku i technologii výstavby. Nutná opatření jsou často technicky velmi složitá a ekonomicky náročná.

Tepelnými mosty se označují části konstrukcí, kde je tepelný odpor významně snížen. Je to dáno

- materiálem s odlišnou tepelnou vodivostí pronikajícím plně nebo částečně obalovou konstrukcí,
- změnou tloušťky vrstvy,
- rozdílem velikosti ploch ohříváných vnitřních a ochlazovaných vnějších povrchů, jako jsou místa styků a spojů (např. kout vnějších stěn, napojení stropu na vnější stěnu).

Tepelné mosty se dělí podle výskytu na

- systematické – pravidelně se opakující – např. kotvy v kompozitních systémech a ve střechách, kotvy zavěšených fasád, krokve v šikmých střechách, atd.,
- lokální – například konzoly balkónů, konzoly stínících prvků, kotvy pro mytí fasády, sloupky zábradlí, atd.

Je zřejmé, že tepelné mosty mají vliv na tepelně-technické vlastnosti budovy. Ovlivňují zejména vnitřní povrchové teploty a v důsledku zvýšení hustoty tepelného toku i celkové tepelné ztráty budov.

POŽADAVKY KLADENÉ NA TEPELNÉ MOSTY

Požadavky stanovuje norma ČSN 73 0540-2 Tepelné ochrana budov - požadavky. Týkají se šíření vlhkosti konstrukcí a šířením tepla. Z hlediska šíření tepla norma stanovuje požadavky z hlediska energetiky a z hlediska hygieny.

- Z hlediska energetiky je stanoven požadavek na maximální hodnotu lineárního a bodového činitele prostupu tepla.
- Z hlediska hygieny je stanoven požadavek na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce.

PŘÍKLADY TEPELNÝCH MOSTŮ

Na typických stavbách popsaných v úvodu článku se vyskytují charakteristické tepelné mosty. Patří mezi ně např. dolní roh 2. n. p. nad ustupujícím 1. n. p. podporovaným železobetonovým sloupem,

zakládací lišty vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému, balkónový nosník s nepřerušeným tepelným mostem, sloupek zábradlí na terase v posledním n. p. a další.

U jmenovaných tepelných mostů jsme pro běžné podmínky (21°C, 50% /-15°C) vypočítali nejnižší povrchové teploty, tepelné toky a maximální relativní vlhkost vnitřního vzduchu při teplotě 21°C, při které detail vyhovuje z hlediska požadavků na vnitřní povrchovou teplotu. U nevyhovujících detailů jsou specifikovány nutné úpravy tepelného mostu. Výpočet povrchových teplot a tepelného toku byl proveden řešením trojrozměrného stacionárního vedení tepla podle ČSN EN ISO 10211-1 a ČSN 730540-4. Výpočet součinitelů prostupu tepla plošných konstrukcí byl proveden podle ČSN EN ISO 6946 a ČSN 730540-4.

TEPELNÝ MOST SLOUP ROHOVÝ NEZATEPLENÝ

POPIS

Skladba podlahy nad vnějším vzduchem:

Nášlapná vrstva	
Betonová mazanina	50 mm
Tep. izol. – minerální vlákna	30 mm
Železobeton	200 mm
Tep. izol. – EPS 70 F	140 mm
Omítka	

Skladba obvodové stěny:

Povrchová úprava	
Zdivo	200 mm
Tep. izol. – EPS 70 F	100 mm
Omítka	

Okrajové podmínky:

Interiér:

Návrhová teplota	21 °C
Návrhová relativní vlhkost vzduchu	50 %
Odpor při přestupu tepla R_{si}	
pro výpočet vlhkostního režimu	0,25 m ² .K/W
pro výpočet tepelného toku	0,13 m ² .K/W
– vodorovně	
pro výpočet tepelného toku	0,17 m ² .K/W
– dolů	

Exteriér:

Návrhová teplota	- 15 °C
Návrhová relativní vlhkost vzduchu	84 %
Odpor při přestupu tepla R_{se}	0,04 m ² .K/W

Limitní okrajové podmínky použití:

Interiér:

Návrhová teplota	21 °C
Návrhová relativní vlhkost vzduchu	35 %

Závěr a doporučení:

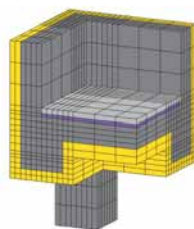
Posuzovaný detail nevyhovuje požadavku na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu. Hrozí riziko vzniku plísní a vzniku povrchové kondenzace.

Je nutno provést tato opatření:

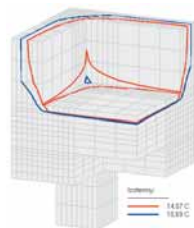
- tepelná izolace na sloupu tl. 190 mm
- zvětšení tloušťky tepelné izolace v ploše obvodové stěny na 190 mm
- zvětšení tloušťky tepelné izolace v ploše stropní konstrukce nad venkovním vzduchem na 200 mm
- zvýšení dimenze tepelné izolace v místě detailu
- odsazení čela obvodového zdiva před čelo nosníku nejméně o 50 mm

Zvýšení tepelné izolace v ploše významně zasáhne do konstrukčního řešení objektu. Zvýšení dimenze tepelné izolace v ploše významně zvýší náklady na objekt.

V případě tohoto detailu stojí za úvahy i varianta vyhnout se provedení rohového sloupu a roh stropní desky vyložit mezi dva sloupy.



SCHEMA TEPELNÉHO MOSTU



IZOLINIE 3D (POVRCHOVÉ TEPLOTY)

TEPELNÝ MOST SLOUP KRAJNÍ NEZATEPLENÝ

POPIS

Skladba podlahy nad vnějším vzduchem:

Shodná s předcházejícím detailem

Skladba obvodové stěny:

Shodná s předcházejícím detailem

Okrajové podmínky:

Shodné s předcházejícím detailem

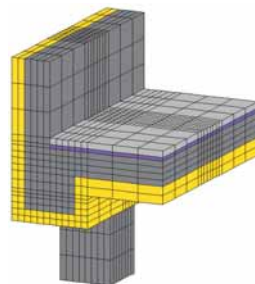
Limitní okrajové podmínky použití:

Interiér:

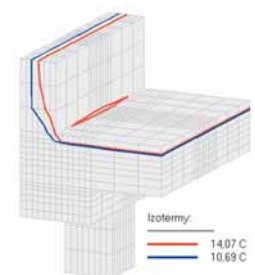
Návrhová teplota	21 °C
Návrhová relativní vlhkost vzduchu	45 %

Závěr a doporučení:

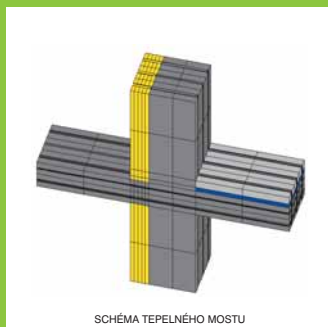
Posuzovaný detail nevyhovuje požadavku na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu. Hrozí riziko vzniku plísní. Je nutno provést tepelnou izolaci na sloupu o tloušťce 100 mm.



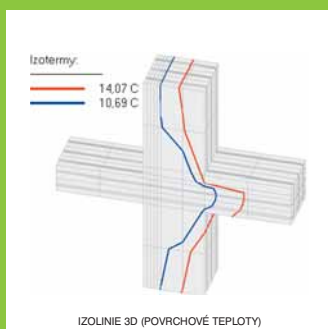
SCHEMA TEPELNÉHO MOSTU



IZOLINIE 3D (POVRCHOVÉ TEPLOTY)



SCHEMA TEPELNÉHO MOSTU



IZOLINIE 3D (POVRCHOVÉ TEPLoty)

TEPELNÝ MOST BALKÓNOVÝ NOSNÍK S NEPŘERUŠENÝM TEPELNÝM MOSTEM

POPIS

Skladba podlahy:

Nášlapná vrstva	
Betonová mazanina	50 mm
Teplná izolace – minerální vlákna	30 mm
Železobeton	200 mm
Povrchová úprava	

Skladba obvodové stěny:

Povrchová úprava	
Zdivo	200 mm
Teplná izolace – EPS 70 F	100 mm
Omítka	

Stupeň vyztužení balkónového nosníku: 0,0012

Okrajové podmínky:

Shodné s předcházejícím detailem

Limitní okrajové podmínky použití:

Interiér:

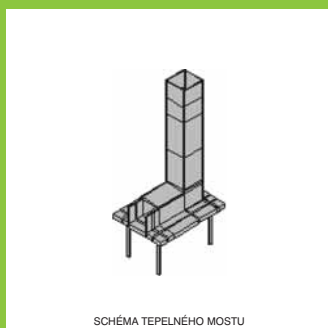
Návrhová teplota	21 °C
Návrhová relativní vlhkost vzduchu	40 %

Závěr a doporučení:

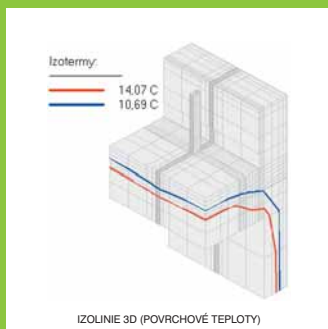
Posuzovaný detail nevyhovuje požadavku na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu. Hrozí riziko vzniku plísní. Není splněn ani požadavek na lineární činitel prostupu tepla.

Je nutno provést některé z následujících opatření:

- použít balkónový ISO-nosník s přerušeným tepelným mostem
- provést zateplení balkónového nosníku



SCHEMA TEPELNÉHO MOSTU



IZOLINIE 3D (POVRCHOVÉ TEPLoty)

TEPELNÝ MOST SLOUPEK ZÁBRADLÍ NA STŘEŠE

POPIS

Skladba střechy:

Hydroizolační vrstva	
Extrudovaný polystyren XPS	150 mm
Spádová vrstva – polystyrenbeton	140 mm
Železobeton	200 mm
Omítka	

Skladba obvodové stěny:

Povrchová úprava	
Zdivo	200 mm
Teplná izolace – EPS 70 F	100 mm
Omítka	

Okrajové podmínky:

Interiér:

Návrhová teplota	21 °C
Návrhová relativní vlhkost vzduchu	50 %
Odpor při přestupu tepla R_{s3}	
pro výpočet vlhkostního režimu	0,25 m ² .K/W
pro výpočet tepelného toku	0,13 m ² .K/W
– vodorovně	
pro výpočet tepelného toku	0,10 m ² .K/W
– nahoru	

Exteriér:

Návrhová teplota	- 15 °C
Návrhová relativní vlhkost vzduchu	84 %
Odpor při přestupu tepla R_{se}	0,04 m ² .K/W

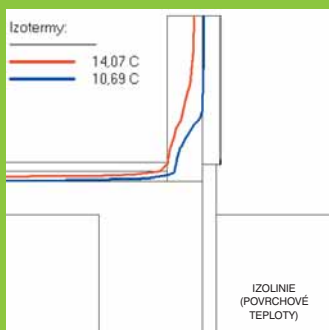
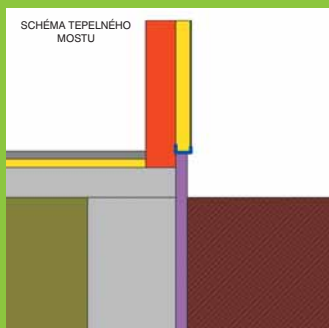
Limitní okrajové podmínky použití:

Interiér:

Návrhová teplota	21 °C
Návrhová relativní vlhkost vzduchu	55 %

Závěr a doporučení:

Posuzovaný detail vyhovuje požadavkům normy.



TEPELNÝ MOST ZAKLÁDACÍ LIŠTA KONTAKTNÍHO ZATEPLOVACÍHO SYSTEMU

POPIS

Skladba podlahy:

Nášlapná vrstva
 Betonová mazanina
 Tepelná izolace – EPS 100
 Železobeton

50 mm
 60 mm
 200 mm

Skladba obvodové stěny:

Povrchová úprava
 Zdivo
 Tepelná izolace – EPS 70 F
 Omítka

200 mm
 100 mm

Tepelná izolace soklu:

Extrudovaný polystyren XPS 80 mm

Zakládací lišta:

Materiál – ocel, tloušťka 2 mm

Okrajové podmínky:

Shodné s předcházejícím detailem

Zemina:

Návrhová teplota 5 °C
 Odpor při přestupu tepla R_{se} 0 m².K/W

Limitní okrajové podmínky použití:

Interiér:

Návrhová teplota 21 °C
 Návrhová relativní vlhkost vzduchu 50%

Závěr a doporučení:

Posuzovaný detail vyhovuje požadavkům norem.

Z uvedených posuzovaných tepelných mostů nevyhovuje energetickému požadavku ČSN 73 0540-2 na bodový nebo lineární činitel prostupu tepla pouze nezateplený balkónový nosník. Z hlediska hygienických požadavků na nejnižší povrchovou teplotu nevyhovuje balkónový nosník a oba sloupky (krajní a rohový).

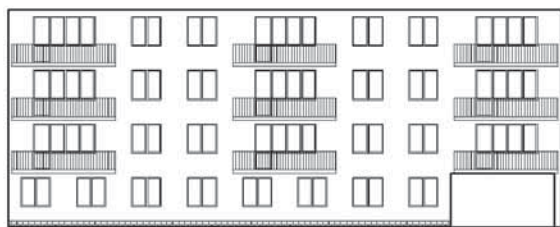
01 | Schémata fasád uvažovaného vzorového domu



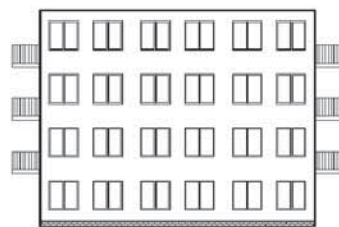
západní fasáda



jižní fasáda



východní fasáda



severní fasáda

VLIV TĚPELNÝCH MOSTŮ NA CELKOVOU ENERGETIKU BUDOVY

Vliv popsaných tepelných mostů na celkovou energetiku budovy jsme posuzovali na příkladu bytového domu /obr. 01/.

Budova je postavena na obdélníkovém půdorysu. Tvoří ji čtyři nadzemní podlaží. Objekt je částečně podsklepen jedním podzemním podlažím. V jižní části objektu je druhé nadzemní podlaží předsazeno před první. Nadzemní podlaží jsou využita k bydlení. V podzemním podlaží jsou umístěny garáže a technické místnosti objektu. Předpokládá se, že jsou tyto prostory temperovány. Svislou nosnou konstrukci tvoří železobetonové sloupy, vodorovnou železobetonové desky uložené do nosných železobetonových průvlaků. Obvodové stěny jsou zděné. Na obvodové stěny je proveden tepelně izolační kompozitní systém. Tepelnou izolaci tvoří expandovaný polystyren. Vnější povrchová úprava je tvořena akrylátovou omítkou. Okna jsou uvažována jako plastová s dvojitým zasklením. Střecha je plochá, jednoplášťová. Krytinu tvoří modifikované asfaltové pásy.

POSUZOVANÉ TĚPELNÉ MOSTY

Vliv vybraných tepelných mostů na celkovou energetiku vzorové budovy bude posouzen pro 2 stavy konstrukčních detailů tepelného mostu:

- detaily bez přerušení tepelného mostu tepelným izolantem
- detaily s přerušeným tepelným mostem /obr. 02/

Pozn.:

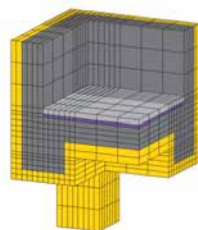
Na vzorovém objektu je mnoho dalších tepelných mostů (ostění, nadpraží, parapety, atiky, atd.), u kterých byly tepelné toky stanoveny pomocí orientačních hodnot lineárního činitele prostupu tepla dle norem ČSN EN ISO 14683 a ČSN EN ISO 13370. U těchto tepelných mostů nejsou stanoveny možné úpravy ke snížení tepelných toků ani jejich ekonomická vyhodnocení.

Výsledky výpočtů jsou shrnuty v tabulce /01/.

02 | Navržená přerušení tepelných mostů

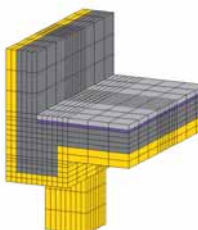
Na železobetonovém nosném sloupu je ve venkovním prostředí provedeno zateplení o tloušťce tepelného izolantu 100 mm.

$$\Psi = 0,074 \text{ W/m.K}$$



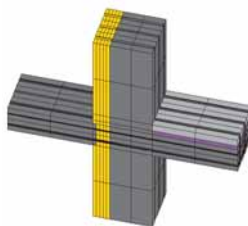
Na železobetonovém nosném sloupu je ve venkovním prostředí provedeno zateplení o tloušťce tepelného izolantu 100 mm.

$$\Psi = 0,085 \text{ W/m.K}$$



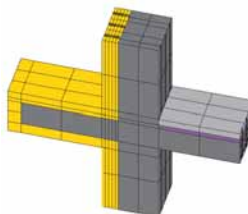
Balkónový nosník je proveden jako ISO-nosník. Tepelný most je přerušen tepelnou izolací o tloušťce 80 mm.

$$\Psi = 0,020 \text{ W/m.K}$$



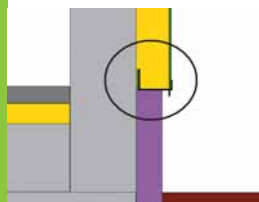
Průběžná železobetonová deska bez přerušení tepelného mostu je obalena tepelnou izolací o tloušťce 40 mm.

$$\Psi = 0,393 \text{ W/m.K}$$



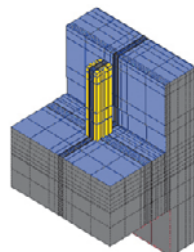
Ocelová základací lišta kontaktního zateplovacího systému je kotvena do nosné železobetonové konstrukce přes plastovou podložku o tloušťce 5 mm.

$$\Psi = 0,154 \text{ W/m.K}$$



Konstrukce ocelového sloupku zábradlí bude zateplena 50 mm extrudovaného polystyrenu do výšky 700 mm nad úroveň tepelné izolace na střeše.

$$\Psi = 0,106 \text{ W/m.K}$$



TABULKA 01

Druh konstrukce	Počet jednotek (plocha, délka, objem, počet)	Součinitel prostupu tepla, lineární a bodový činitel prostupu tepla před úpravou	Součinitel prostupu tepla, lineární a bodový činitel prostupu tepla po úpravě	Rozdíl teplot mezi prostředními oddělenými danou konstrukcí	Tepelné ztráty před úpravou tepelného mostu	Tepelné ztráty po úpravě tepelného mostu	Potřeba tepla na vytápění před úpravou tep. mostu	Potřeba tepla na vytápění po úpravě tepelného mostu	Úspora	Úspora	Investiční náklady	Prostá návratnost	Reálná návratnost
	ks	W/K	W/K	°C	W	W	GJ	GJ	GJ	Kč	tis.Kč	roky	roky
Bodové tepelné mosty													
Sloup rohový	2,00	0,15	0,074	36	10,8	5,3	0,1	0,05	0,05	0,02	5,3	279,2	152
Sloup krajní	2,00	0,17	0,085	36	12,2	6,1	0,1	0,06	0,06	0,02	5,3	249,7	143
Sloupek zábradlí	100,00	0,143	0,106	36	514,8	381,6	5,1	3,8	1,33	0,47	52,5	112,7	84
Lineární tepelné mosty													
Balkónový nosník – ISO nosník	100,80	0,78	0,02	36	2830,5	72,6	28,3	0,7	27,55	9,64	476,3	49,4	44
Balkónový nosník – zateplený	100,80	0,78	0,393	36	2830,5	1426,1	28,3	14,2	14,03	4,91	280,5	57,1	49
Zakládací lišta KZS	93,00	0,156	0,154	36	522,3	515,6	5,2	5,2	0,07	0,02	7,8	333,7	169

Z posouzení vlivu tepelných mostů na celkovou energetiku budovy vyplývá, že z hlediska celkové potřeby tepla na vytápění ke krytí tepelných ztrát je významný pouze nezateplený balkónový nosník. Potřeba tepla na vytápění ke krytí tepelných ztrát tímto tepelným mostem při zateplení plošných obalových konstrukcí na požadované hodnoty součinitele prostupu tepla, činí přibližně 3,8% z celkové potřeby tepla na vytápění. Pokud jsou plošné konstrukce zateplené na hodnoty doporučené, činí tato potřeba tepla dokonce 4,6% z celkové potřeby tepla na vytápění objektu. Ostatní posuzované tepelné mosty činí jednotlivě méně než 1% z celkové potřeby tepla na vytápění. Přesto byly pro všechny posuzované detaily navrženy úpravy, které potřebu tepla na vytápění snižují. Z ekonomického vyhodnocení těchto úprav vyplývá, že reálně návratná je však pouze úprava balkónového nosníku, tedy použití balkónového nosníku s vloženým tepelným izolantem sloužícím jako přerušení tepelného mostu. Zajímavé je, že ekonomicky návratné není ani

zateplení všech venkovních ploch balkónového nosníku. Je to dáno poměrně vysokou technologickou náročností provedení zateplení a nižšímu energetickému efektu úpravy v porovnání s použitím balkónového nosníku s přerušeným tepelným mostem.

Z energetického hlediska by se dalo říci, že všechny posuzované tepelné mosty, které vyhovují požadavku na lineový či bodový činitel prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2, není nutno dále upravovat. Tyto tepelné mosty (kromě sloupku zábradlí na střeše a zakládací lišty KZS) jsou však problematické z hlediska vnitřních povrchových teplot. Požadavek na vnitřní povrchovou teplotu je tedy rozhodující pro realizaci úprav těchto tepelných mostů.

NÁVRATNOST ODSTRANĚNÍ TEPELNÝCH MOSTŮ PŘI ÚPRAVÁCH Z DŮVODU NÍZKÉ PVRCHOVÉ TEPLoty

Problematiku vnitřních povrchových teplot si demonstrováme na detailu nezatepleného krajního a rohového sloupku. Tloušťka tepelné izolace

obvodových stěn a podlahy nad vnějším vzduchem byla navržena tak, aby vyhovovala požadavku na součinitel prostupu tepla v ploše podle normy ČSN 73 0540-2. Vypočtený bodový součinitel prostupu tepla tohoto detailu vyhovuje požadavku normy ČSN 73 0540-2. Detaily jsou energeticky vyhovující a další úpravy detailů vedoucí ke snížení tepelných ztrát tímto tepelným mostem jsou ekonomicky nenávratné. Požadavek na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce je 14,07 °C.

KRAJNÍ SLOUP

U detailu krajního sloupku je možné výpočtově docílit vyhovujících hodnot vnitřní povrchové teploty provedením vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému na venkovní části sloupku po celé jeho výšce. Nebude tím významně ovlivněn architektonický vzhled a tepelný most bude řešen efektivně. Tloušťka tepelného izolantu je uvažována 100mm. Pro zateplení se předpokládá použití tepelné izolace z minerálních vláken.

ROHOVÝ SLOUP

U rohového sloupu je jeho pouhé dodatečné zateplení z hlediska výpočtového splnění požadavku na vnitřní povrchovou teplotu nedostačující. Požadavek je splněn až při zvýšení dimenze tepelné izolace v místě detailu v kombinaci se zvýšením tloušťky tepelné izolace v ploše fasády. Tloušťka tepelné izolace bude zvýšena u obvodové stěny na 190 mm, u podlahy nad vnějším vzduchem na 200 mm. Tloušťka tepelné izolace v tepelně izolačním kompozitním systému na sloupu je také 190 mm.

Pro tato opatření je tedy nutno předsadit obvodové stěny před čelo železobetonového nosníku o minimálně 50 mm a téměř zdvojnásobit tloušťku tepelné izolace v ploše přílehlých konstrukcí. S těmito úpravami je nutno uvažovat již ve fázi statického návrhu konstrukce a návrhu tloušťky tepelné izolace plošných obvodových konstrukcí.

Na posuzovaných stavbách tato opatření obvykle realizována nejsou. Přesto problémy s nízkou povrchovou teplotou a tedy kondenzací a vznikem plísní běžně nenastávají. Příčina je tedy ve výpočtové metodě, resp. tedy v součinitelích odporu při přestupu tepla, které jsou pro detaily s běžnými povrchovými úpravami nezakryté nábytkem stanoveny na straně bezpečnosti (pokud se detail navrhne a posoudí s těmito hodnotami odporů, bude při zachování okrajových podmínek vždy v pořádku).

V případech, kdy jsou detaily v koutech zakryty nábytkem, mohou být naopak součinitele odporu při přestupu tepla problematické. Nábytek v detailu působí jako vnitřní tepelná izolace – tedy snižuje vnitřní povrchovou teplotu obvodové stěny. Snižovaná teplota však není uvažována při stanovení předepsaného odporu. Podrobněji se této problematice věnujeme v následujícím článku.

<Tomáš Kupsa>

