

NAVRHOVÁNÍ STŘECH NEVYTÁPĚNÝCH A NEKLIMATIZOVANÝCH ZIMNÍCH STADIONŮ

NAVRHOVÁNÍ STŘECH NEVYTÁPĚNÝCH ZIMNÍCH STADIONŮ SPOČÍVÁ ZEJMÉNA V ZABRÁNĚNÍ VZNIKU POVRCHOVÉ KONDENZACE NA SPODNÍM LÍCI STŘEŠNÍ KONSTRUKCE, V MINIMALIZACI ENERGETICKÝCH ZTRÁT A VE SPRÁVNÉ VOLBĚ DIMENZÍ A VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ POUŽITÝCH VE SKLADBĚ STŘECHY. K TOMU, ABYCHOM MOHLI SPRÁVNĚ NAVRHNOUT SKLADBU STŘECHY, JE NUTNÉ SKLOUBIT ZNALOSTI Z OBLASTÍ STAVEBNÍ FYZIKY, KLIMATOLOGIE, STATIKY A VZDUCHOTECHNIKY.

PROBLEMATIKA ZIMNÍCH STADIONŮ

U nevytápěných zimních stadionů, kde je větrání haly uskutečňováno většinou prostřednictvím velkých větracích otvorů umístěných v obvodových stěnách těsně pod střechou, je vnitřní teplota a vlhkost vzduchu značně závislá na parametrech vnějšího prostředí. Na stadionech bez vnitřní úpravy vzduchu se pohybuje relativní vlhkost vzduchu kolem 60 až 100%. Oproti tomu na stadionech klimatizovaných je vlhkost vzduchu udržována na

téměř konstantní hodnotě cca 70%. Značná relativní vlhkost zvyšuje riziko vzniku mlhy nad ledovou plochou, což je nepříznivé z hlediska provozování sportů na ledové ploše. Dalším závažným problémem je riziko vzniku povrchové kondenzace a plísní na okolních konstrukcích, zejména pak na spodním líci střešní konstrukce. Riziko roste se zvyšující se relativní vlhkostí vzduchu v interiéru, kde vodní pára kondenzuje na chladném povrchu střechy. K ochlazení vnitřního povrchu střechy dochází nejvíce vlivem tepelného sálání (radiací) mezi

střechou a ledovou plochou, kde teplejší střecha odevzdává teplo sáláním chladnější ledové ploše, čímž se led ohřívá a střecha se ochlazuje. Povrchová kondenzace způsobuje především chemickou a biologickou korozi samotné konstrukce. Neméně nepříjemným důsledkem povrchové kondenzace na spodním líci střešní konstrukce je skapávání zkondenzované vody na ledovou plochu a tvorba ledových krápníků, které jsou z hlediska provozování sportů na ledové ploše velmi nebezpečné. Z těchto důvodů

se musí zamezit, nebo alespoň ve značné míře omezit vznik povrchové kondenzace. Zimní stadiony jsou z hlediska tepelné techniky specifické tím, že problémy vznikají hlavně v jarních a podzimních měsících, kdy je v exteriéru velké množství vzdušné vlhkosti. Proto se návrh a tepelně-technické výpočty skladeb střech provádějí na teploty a vlhkosti vzduchu náležející právě tomuto období.

ZAMEZENÍ VZNIKU PVRCHOVÉ KONDENZACE

Nebezpečí vzniku rosného bodu a tedy kondenzace na spodním líci střešní konstrukce je tím vyšší, čím více je obvodová konstrukce vyhlazována ledovou plochou. Vznik povrchové kondenzace lze u nevytápěných a neklimatizovaných stadionů zamezit

- snížením radiačního účinku mezi obvodovými konstrukcemi (v našem případě střechou) a ledovou plochou,
- zvýšením proudění vzduchu kolem konstrukcí,

- zvýšením teploty povrchu (např. umělým vytápěním konstrukce).

SNÍŽENÍ RADIČNÍHO ÚČINKU

Mezi všemi povrchy, jejichž teploty jsou vyšší než absolutní termodynamická nula ($T = 0 \text{ K}$ – reálně nedosažitelná) a mezi nimiž je průteplivé prostředí (vzduch), dochází k přenosu tepelné energie sáláním (radiací). O velikosti tepelného toku sáláním rozhoduje

- emisivita (pohltivost) povrchů,
- povrchová teplota,
- geometrická poloha ozařujících se povrchů (v našem případě střešní konstrukce a ledové plochy).

Jakým způsobem a do jaké míry lze ovlivnit tepelný tok sáláním mezi střechou a ledem?

ZÁVISLOST TEPELNÉHO TOKU NA EMISIVITĚ PVRCHŮ

Emisivita (pohltivost) povrchu je vlastnost povrchové vrstvy vyzářit (pohlit) tepelné záření. Velikost tepelného toku je přímo úměrná emisivitě, tudíž

kolikrát menší emisivitu povrchu konstrukce dosáhneme, tolikrát menším tepelným tokem bude konstrukce ochlazována (ohřívána). Obecně nejmenší emisivitu mají kovy, z nichž reálně použitelným dominuje leštěný hliník ($\epsilon = 0,05$). Materiály, jako je dřevo, beton, cihly, nebo i led, dosahují emisivity kolem $\epsilon = 0,85$ až $0,98$.

ZÁVISLOST TEPELNÉHO TOKU NA POLOZE OZAŘUJÍCÍCH SE PVRCHŮ

Z hlediska geometrického uspořádání ozařujících se ploch mají na velikost tepelného toku vliv tyto parametry:

- Vzdálenost ozařujících se ploch – intenzita tepelného toku klesá se čtvercem vzdálenosti mezi ozařujícími se plochami.
- Úhel svírající normála plochy se spojnicí středů posuzovaných ploch – kolikrát je kosinus tohoto úhlu menší, tolikrát je menší tepelný tok. U standardně používaných tvarů střech (rovinná, oblouková, eliptická, parabolická



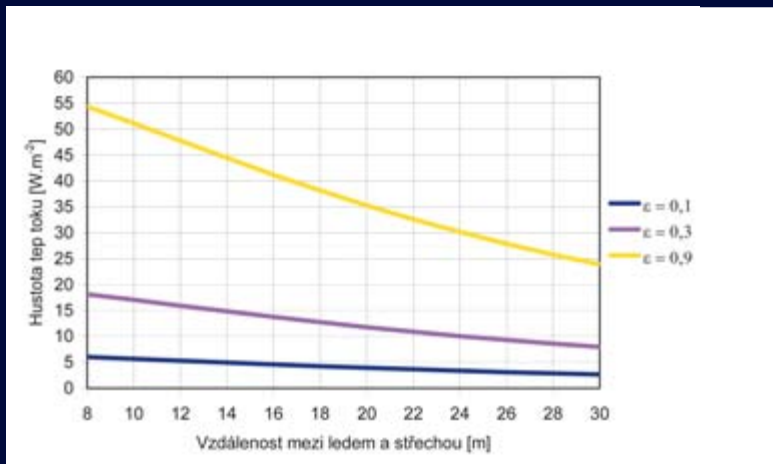
nebo hyperbolická) je část střechy v oblasti nad osou ledu téměř vodorovná. Kosinus prostorového úhlu je tedy roven jedné, tepelný tok je maximální, střešní konstrukce je v této oblasti nejvíce vychlazována a proto zde dochází nejčastěji k povrchové kondenzaci.

OCHLAZOVÁNÍ (OHŘÍVÁNÍ) VODOROVNÉ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE OKOLNÍMI KONSTRUKCEMI A LEDOVOU PLOCHOU V ZÁVISLOSTI NA EMISIVITĚ A POLOZE VNITŘNÍHO POVRCHU STŘECHY

U zimních stadionů standardních rozměrů bylo teoreticky i měřením zjištěno, že negativní ochlazování střechy je znatelné pouze v oblasti nad ledovou plochou (vzdálenost cca 18 – 20 m od osy ledové plochy na každou stranu). Ve větší vzdálenosti se projevuje pozitivní vliv tribun a ochlazování už není tak znatelné.

Graf 1 udává hustotu tepelného toku pro vodorovnou střechu v závislosti na vzdálenosti střechy nad ledovou plochou, emisivitě povrchu střechy, při teplotě povrchu střechy $\Theta_{si} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$, emisivitě ledu $\varepsilon = 0,98$ a teplotě ledu $\Theta_L = -7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Graf 2 udává celkovou hustotu tepelného toku, kterou je střešní konstrukce vychlazována vůči okolním konstrukcím a ledové ploše při měnící se výšce haly. Tato hodnota závisí na vzdálenosti střešní konstrukce od ledové plochy (8, 16 a 24 m), na vodorovné vzdálenosti posuzovaného bodu na střeše a středu ledové plochy a je určena emisivitou povrchu



Graf 1



Graf 2

Rovinná střecha



Rovinná střecha – sklon 15°



Parabolická střecha



Oblouková střecha



Eliptická střecha



střechy. V tomto případě $\varepsilon = 0,9$ (dřevo). Dále je v grafu uvažována teplota povrchu střechy $\Theta_{si} = 8\text{ °C}$, teplota ledu $\Theta_L = -7\text{ °C}$ a emisivita ledu $\varepsilon = 0,98$. Z grafu vyplývá, že ve vzdálenosti od středu ledové plochy větší než 18 m už výška střechy nad ledovou plochou nehraje velkou roli. To je způsobeno tím, že ledová plocha již nemá tolik vliv na ochlazování povrchu střechy a začíná se čím dál více projevovat vliv okolních konstrukcí (tribun).

VOLBA TVARU STŘEŠNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA MINIMALIZACE ÚČINKŮ RADIACE

Pro posouzení byly uvažovány modely (viz schémata), které mají vždy výšku střechy 15 m – měřeno v ose ledové plochy.

Analýzou různých tvarů zastřešení hal se dospělo k závěru, že tvar střešního pláště nemá velký vliv na velikost maximálního tepelného toku uprostřed haly, ale ani na velikost tepelných toků v příčném profilu haly. Tvary křivek v grafech 1 a 2 navádějí, že by optimálním tvarem střech měly být všechny obloukové střechy, které jsou nejvyšší nad ledovou plochou a snižují se směrem k tribunám. Tato představa je však mylná. Důkazem jsou grafy 3 a 4, kde všechny křivky (až na půleliptickou střechu, která je ode všech mírně odlišná) mají skoro stejný průběh tepelných toků.

Příčinou je opět pozitivní vliv tribun a ostatních konstrukcí, vůči kterým se střecha ochlazuje podstatně méně, nebo se dokonce ohřívá (pokud je prostor pod nimi vytápěný).

Shrňme si poznatky, které již v současnosti známe.

- Střešní konstrukce je vychlazována tím více, čím je emisivita materiálu vyšší (dřevo se vychlazuje daleko více než hliníkový plech, u oceli to závisí na povrchové úpravě a na stupni koroze. Pokud je např. ocelový plech poplastovaný nebo silně zkorodován, jsou jeho vlastnosti srovnatelné s vlastnostmi dřeva).
- Vychlazování střechy klesá se čtvercem vzdálenosti, tzn. že střecha více vzdálená od ledové plochy bude méně vychlazována jako střecha ve vzdálenosti menší.
- Neméně důležitá je teplota ledové plochy a teplota spodního povrchu střechy. Čím chladnější bude ledová plocha a čím teplejší bude spodní líc střechy, tím více se bude opět vychlazovat střecha (tato závislost není přímo úměrná, ale klesá, resp. roste se čtvrtou mocninou termodynamické teploty).
- Posledním faktorem ovlivňujícím ochlazování střechy je vzájemná poloha. Pro názornost uvádíme příklad v samostatném odstavci dále.

Grafy 3 a 4 udávají celkovou hustotu tepelného toku, kterou je střešní konstrukce vychlazována vůči okolním konstrukcím a ledové ploše. Tato hodnota závisí na vodorovné vzdálenosti posuzovaného bodu na střeše a středu ledové plochy a je určena emisivitami povrchů střechy. V grafu 3 je $\varepsilon = 0,1$ (hliníkový plech drsný), v grafu 4 je $\varepsilon = 0,9$ (dřevo, beton, rezavá ocel). Dále je v grafech uvažována teplota povrchu střechy $\Theta_{si} = 8\text{ °C}$, teplota ledu $\Theta_L = -7\text{ °C}$ a emisivita ledu $\varepsilon = 0,98$.

SKLADBA STŘECHY ZIMNÍHO STADIONU

HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA

Z hlediska materiálů lze použít prakticky libovolný materiál určený pro tyto účely. Zimní stadiony jsou nejčastěji zakryty plochou střechou. Pro hydroizolační vrstvu střechy jsou vhodné asfaltové pásy i plastové fólie. V teplých jarních a podzimních obdobích, kdy dochází k opačnému difúznímu toku, přebírá hydroizolační vrstva i funkci parozábrany.

TLOUŠŤKA TEPELNÉ IZOLACE

Zimní stadiony se provádějí převážně jako silně větrané, proto nemá výrazné snižování součinitele prostupu tepla (zvyšování tloušťky tepelné izolace) obvodových konstrukcí velký vliv na celkové energetické ztráty (zisky). Cílem je tedy vždy navrhovat tepelnou izolaci s ohledem na druhý

požadavek a tím je požadavek na teplotu povrchu, která by zamezila vzniku povrchové kondenzace.

Z grafu 5 vyplývá, že snižování součinitele prostupu tepla nemá příliš vliv na povrchové teploty v nočních hodinách (bez vlivu slunce). Proto není nutné ji z tohoto důvodu navrhovat velkých dimenzí. Pouze u nižších teplot v interiéru je patrný pokles povrchových teplot se vzrůstajícím součinitelem prostupu tepla. V obdobích, kdy teploty dosahují těchto nižších hodnot, je však vlhkost vzduchu v hale nižší a problémy nenastávají.

Z grafu 6 vyplývá, že velikost součinitele prostupu tepla má vliv na povrchovou teplotu v denních hodinách. Je patrné, že zvýšením součinitele prostupu tepla sice docílíme vyšší povrchové teploty, ale dochází také ke zvyšování tepelného toku, kterým je

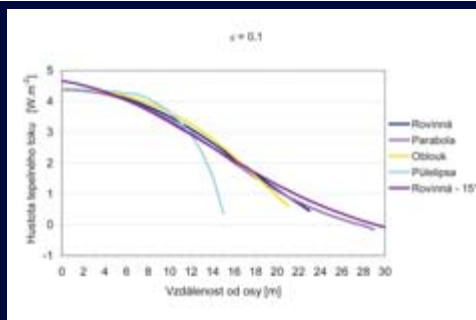
ledová plocha ohřívána. Tím rostou náklady na mrazení.

PAROTĚSNÁ VRSTVA

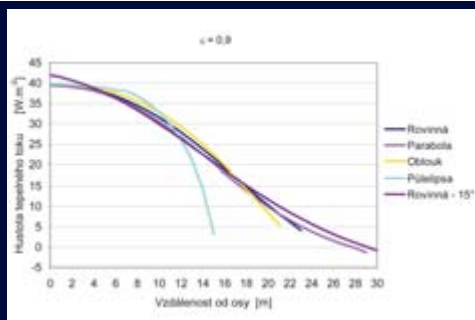
Parotěsná vrstva omezuje difúzi vodní páry skrz konstrukci střechy. V teplých měsících dochází k obrácenému difúznímu toku a funkci parotěsné vrstvy přebírá hydroizolační vrstva. Původně navržená parotěsná vrstva pod tepelnou izolaci působí negativně svým difúzním odporem. Není proto vhodné parozábranu předimenzovávat (asfaltový pás s hliníkovou vložkou při hydroizolaci z PVC-P fólie). Nutné je difúzní odpory parozábrany a hydroizolační vrstvy spolu co nejvíce vyrovnat.

NOSNÁ KONSTRUKCE

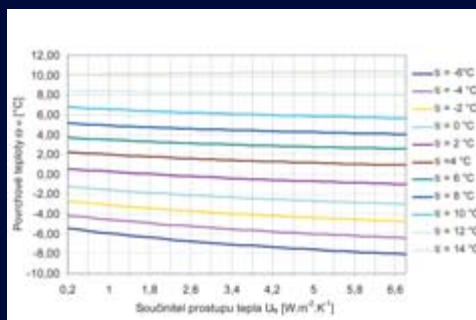
Nosná konstrukce musí odolávat nejen veškerému silovému zatížení, ale také zatížení klimatickému. Jedním z nich je působení vysoké



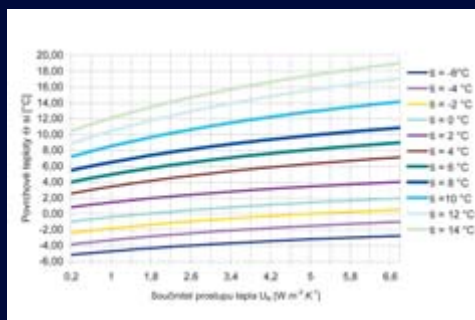
Graf 3



Graf 4



Graf 5



Graf 6

vzdušné vlhkosti, které způsobuje korozi a hnilobu materiálů.

Klíčovou materiálovou charakteristikou spodního líce střešní konstrukce z hlediska povrchových teplot je emisivita. Jak již bylo řečeno, nevhodnější jsou materiály s nízkou emisivitou (kovy). Je nutné si uvědomit, že pouhá povrchová vrstva degraduje emisivní vlastnosti materiálů značným způsobem. Jako ideální se tedy jeví materiály na bázi hliníku s velice tenkou povrchovou úpravou.

DOPORUČENÉ SKLADBY S OHLEDEM NA STŘÍDAJÍCÍ SE TEPELNÝ TOK

Navrhuje-li se střecha zimního stadionu s ohledem na proměnný tepelný tok, je výsledkem jednoplášťová střecha s „parozábranou“ na obou stranách tepelné izolace. V případě nevytápěných a neklimatizovaných zimních stadionů nemá tedy význam navrhovat např. dvouplášťové střechy s větranou vzduchovou mezerou. Výjimkou jsou případy, kdy horní plášť plní jinou funkci – např. hlavní

hydroizolaci (s tím, že povlaková vrstva ve spodním plášti plní funkci pojistné hydroizolace), pohledovou nebo nášlapnou.

V úvahu přicházejí tyto skladby jednoplášťových plochých střech:

Skladba 1

- Hydroizolační vrstva z SBS modifikovaných asfaltových pásů – ELASTEK 40 COMBI.
- Tepelná izolace z pěnového polystyrenu EPS 100 S Stabil s nakaširovaným asfaltovým pásem – POLYDEK EPS 100 TOP.
- Parozábrana z SBS modifikovaného asfaltového pásu s hliníkovou vrstvou – např. BOERNER DACO KSD.
- Dřevěné bednění nebo trapézový plech – DEKPROFILE. (Použití dřevěného bednění je daleko problematictější z hlediska zamezení vzniku povrchové kondenzace).

Poznámky:

- Všechny dřevěné prvky musejí být účinně chráněny proti biologickému napadení.
- Místo parozábrany s vložkou z hliníkové fólie lze použít dva asfaltové pásy bez hliníkové vložky – např. GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL.
- Jako hydroizolační vrstvu lze při

sklonu > 3° použít jeden asfaltový pás určený pro jednovrstvé systémy – např. ELASTEK 50 SOLO. V tomto případě se nedoporučuje použít parozábranu z asfaltového pásu s hliníkovou vložkou.

- Jako hydroizolační vrstvu lze použít plastové fólie – např. ALORPLAN 35176. V tomto případě je nutné použít parozábranu dle použité fólie (u PVC-P musí být parozábrana z asfaltových pásů bez vložky z hliníkové fólie). V žádném případě se nedoporučuje použití PE fólie.

Skladba 2

- Hydroizolační vrstva z SBS modifikovaných asfaltových pásů – ELASTEK 40 COMBI + GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL.
- Tepelná izolace z pěnového skla kaširovaná asfaltem – např. FOAMGLAS READY BOARD.
- Asfaltové lepidlo za studena.
- Asfaltový penetrační nátěr.
- Trapézový plech – DEKPROFILE.

Poznámky:

- Jednotlivé desky jsou mezi sebou plnoplošně spojeny asfaltem za studena.
- Maximální průhyb trapézového plechu musí být max. 1/240 rozpětí.



NEJDŮLEŽITĚJŠÍ POZNATKY PRO NAVRHOVÁNÍ ZIMNÍCH STADIONŮ BEZ ÚPRAVY VZDUCHU

Přestože jsou období, kdy se relativní vlhkost vzduchu v interiéru vyšplhá až na hodnotu 100%, lze při dodržení jistých pravidel vznik povrchové kondenzace na vnitřním líci střešní konstrukce značně omezit. Shrňme si tedy pravidla, která by měl projektant při návrhu dodržet:

Navrhovat vnitřní povrchy střešních plášťů s nízkou emisivitou (pohltivostí). Jako nejvhodnější z použitelných stavebních materiálů je čistý hliník s $\epsilon = A = 0,05$. Většina plechových hliníkových konstrukcí je opatřena ochrannou vrstvou, která vlastnosti diametrálně zhoršuje na $\epsilon = A = 0,3$ až $0,95$.

Haly by měly být co nevíce rozlehlé a co nejvyšší. Minimální vzdálenosti, které je vhodné dodržet, jsou uvedeny v tabulce 1.

Ve vzdálenosti cca 20 m od osy ledové plochy již není nutné navrhovat výšku střechy s ohledem na ochlazování (je však nutno zajistit konstrukční a hygienická minima).

Co nejvíce omezit počet zavěšených těles pod podhledem (akustické podhledy, osvětlovací technika), hlavně nad středem ledové plochy.

Tvar zastřešení nehraje příliš velkou roli. Proto je možné volit rozmanitá řešení střech. Je nutné však zajistit minimální výšku střechy v ose ledové plochy. Dále není vhodné, aby se na vzdálenost cca 20 m střešní konstrukce k ledové ploše příliš přibližovala.

| VLHKOST VZDUCHU V INTERIÉRU [%] | EMISIVITA STŘEŠNÍHO PODHLEDU [-] | VÝŠKA STŘECHY NAD LEDOVOU PLOCHOU [m] | | |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|
| | | 5° C | 10° C | 15° C |
| 95 | 0,1 - hliníkový plech | 8 m | 8 m | 8 m |
| | 0,3 - ocelový plech | 26 m | 26 m | 26 m |
| | 0,9 - dřevěné bednění | 35 m | 35 m | 35 m |
| 90 | 0,1 - hliníkový plech | 8 m | 8 m | 8 m |
| | 0,3 - ocelový plech | 8 m | 8 m | 8 m |
| | 0,9 - dřevěné bednění | 35 m | 35 m | 35 m |
| 80 | 0,1 - hliníkový plech | 8 m | 8 m | 8 m |
| | 0,3 - ocelový plech | 8 m | 8 m | 8 m |
| | 0,9 - dřevěné bednění | 8 m | 12 m | 18 m |

Tabulka 1

| VÝŠKA STŘECHY NAD LEDOVOU PLOCHOU [m] | EMISIVITA STŘEŠNÍHO PODHLEDU [-] | VLHKOST VZDUCHU V INTERIÉRU [%] | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------|-------|
| | | 5° C | 10° C | 15° C |
| 8 | 0,1 - hliníkový plech | 89 | 88 | 89 |
| | 0,3 - ocelový plech | 85 | 84 | 85 |
| | 0,9 - dřevěné bednění | 75 | 73 | 69 |
| 16 | 0,1 - hliníkový plech | 89 | 88 | 89 |
| | 0,3 - ocelový plech | 86 | 84 | 86 |
| | 0,9 - dřevěné bednění | 79 | 78 | 74 |
| 24 | 0,1 - hliníkový plech | 89 | 89 | 89 |
| | 0,3 - ocelový plech | 88 | 88 | 86 |
| | 0,9 - dřevěné bednění | 81 | 81 | 78 |

Tabulka 2

PŘÍKLAD ZÁVISLOSTI VELIKOSTI TEPELNÉHO TOKU NA VZÁJEMNÉ POLOZE POSUZOVANÝCH PLOCH

Vezměme si dvě desky o šířce 30 m nacházející se ve vzdálenosti 10 m. Spodní deska bude představovat ledovou plochu a horní střechu. Rozdělme si tedy horní desku (střechu) na tři části o šířce pruhu 10 m /viz obr./ . Střední část střešiny tedy bude vodorovná. Segment střešiny vlevo bude také vodorovný. Vpravo bude segment pootočen o 45° tak, aby představoval šikmou část obloukové střešiny. Vezměme, že teploty a emisivity střešních segmentů budou stejné a teplota ledu bude po celé ploše konstantní. Pak středový segment bude vzdálený od ledové plochy 10 m, normály ledu i středového segmentu, ale i spojnice středů ploch budou vertikální, prostorový úhel bude roven nule, tudíž kosinus bude roven jedné. Tepelný tok bude tedy maximální a jeho velikost bude

$$q = q_n \cdot 1 \cdot 1 / 10^2 = q_n \cdot 0,01 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$$

U levého segmentu bude vzdálenost středu ledu a střešiny 14,1 m, prostorový úhel bude 45° ($\cos 45^\circ = 0,707$). Výsledný tepelný tok tedy bude roven

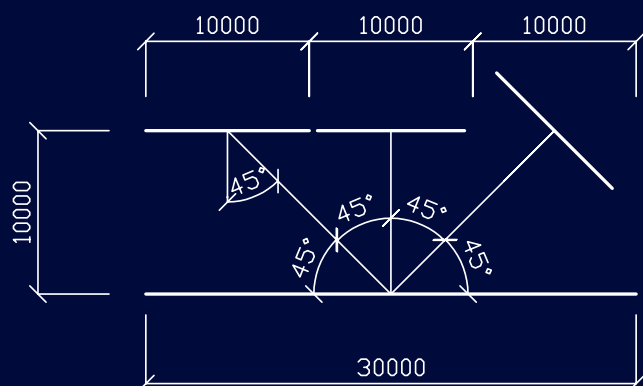
$$q_{n,1} = q_n \cdot 0,707 \cdot 0,707 / 14,1^2 = q_n \cdot 0,0025 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$$

U pravého segmentu bude vypadat příklad následovně. Vzdálenost středů ozařovaných ploch bude stejná 14,1 m, úhel mezi spojnici středů a normálou ledové plochy bude 45° => $\cos 45^\circ = 0,707$, ale úhel mezi spojnici středů a normálou segmentu střešiny bude 0° => $\cos 0^\circ = 1$. Výsledný tepelný tok tedy bude

$$q_{n,1} = q_n \cdot 0,707 \cdot 1 / 14,1^2 = q_n \cdot 0,0036 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$$

Je tedy patrné, že největší tepelný tok (vychlazování) je na střední segment. Dále z hodnot vyplývá, že u pravého segmentu dochází k většímu ochlazování než u segmentu levého, i když jsou ve stejné vzdálenosti.

Je ale pravdou, že by do výsledku měly vstoupit další vlivy (jako např. ohřívání od tribun), které eliminují mírné navýšení ochlazování oproti střešám plochým. To ve výsledku znamená, že se střešní konstrukce obloukové a ploché chovají při reálných poloměrech přibližně stejně /graf 3 a 4/.



Pokud je možné provádět úpravu vzduchu v interiéru, je vhodné vlhkost vzduchu redukovat minimálně na hodnoty uvedené v tabulce 2.

Pokud se navrhuje vzduchotechnická zařízení, je vhodné vyústky směřovat i nad ledovou plochu tak, aby napomáhaly pohybu vlhkosti nasyceného vzduchu nad ledovou plochou.

Volit konstrukce podhledů co nejvíce odolné z hlediska občasných kondenzací vodní páry a případně řešit i odvod kondenzátu.

Při ověřování vzniku povrchové kondenzace výpočtovými postupy standardně používanými ve stavební fyzice je nutné v závislosti na vzdálenosti střešiny nad ledovou plochou a na typu materiálu spodního líce střešní konstrukce snížit vypočtenou hodnotu o 2 až 3 (4 – u dřevěného bednění) °C. Podrobnější informace o problematice výpočtů jsou k dispozici u autora článku.

Při navrhování zavěšených podhledů je nutné dodržovat všechna pravidla zmíněná výše a je nutné také prověřit možný vznik povrchové kondenzace na podhledu.

Při návrhu střešního pláště je vhodné navrhovat vrstvu zabraňující pronikání vlhkosti z obou stran tepelné izolace (většina povlakových hydroizolací = parozábrana => jednoplášťové střešiny).

Tloušťku tepelné izolace u zimních stadionů větraných přirozeným způsobem volit v rozmezí cca 50 – 80 mm. Tepelné izolace navrhovat z méně nasákových materiálů (EPS, XPS, pěnové sklo).

Je nutné docílit toho, aby vzduch z exteriéru mohl proudit zespodu kolem střešní konstrukce. Proto není vhodné navrhovat příčně orientované plnostěnné nosníky umístěné těsně pod střešním pláštěm.

ZÁVĚR

Zimní stadiony jsou svým způsobem unikátní objekty, které se od ostatních liší v mnoha směrech. Pokud bychom se zaměřily na stavební část, a to především na námi probírané střechy, bude asi i člověku nezasvěcenému do problematiky navrhování obvodových plášťů budov jasné, že u zimních stadionů bude návrh asi trochu složitější než u většiny objektů pozemních staveb. Na druhou stranu jsme ke konci článku dospěli k tomu, že ideální druh střechy je jednoplášťová s klasickým pořadím vrstev. Pokud bychom si znovu prošli obsah článku, došli bychom k tomu, že převážná část byla zaměřena na volbu geometrie střechy a druh použitého materiálu na spodním líci střešního pláště. V tomto spočívá asi největší úskalí správného návrhu střechy, poněvadž do hry vstupuje kromě přenosu tepla vedením a prouděním i sálání (stává se v určitých případech dominantním principem přenosu tepla), které nám ochlazuje povrchové vrstvy střechy a zapříčiňuje vznik povrchové kondenzace. Při návrhu je však vždy nutné, ostatně jako vždy, postupovat komplexně a střechu vyřešit jako celek, včetně funkční nosné konstrukce, hydroizolační vrstvy, atd.

< ANTONÍN ŽÁK >

