

**České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební**

**Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering**

Ing. Roman Vávra, Ph.D.

**Zkušenosti s eliminací nejčastějších stavebně fyzikálních vad novostaveb bazénů**

**Experience with elimination of most common construction-physical defects of newly constructed swimming pools**

## **Summary**

The work presented herein summarizes author's experience with project documentation revisions, construction documentation and realization of control procedures for tenders. It deals with redevelopment of inherent construction physical defects of newly constructed swimming pools. The author gained experience with swimming pools in Frantiskovi Lazne, Prague 10 (Brumlovka), Brno (Veslarska), Kravare, Most and Olesna.

Initially the work describes the most frequent construction physical defects and their manifestations compared to times before 1989, on new swimming pools (swimming pool parks, aqua parks). He focuses on construction physical defects. Specifically, the heat technology in addition to acoustics, illumination and insolation are called construction physics. The heat technology specification within construction, including swimming pools, are in the construction standards CSN 73 0540, "Heat Protection of Buildings", co-authored by the creator of this inaugural dissertation lecture. These norms specify the construction documentation and requirements on completed buildings; Building Code (Bill No. 183/2006 Coll., Bill No. 50/1976 Coll.) and Public Notice N. 137/1998 Coll.).

Diminished life expectancy of construction elements (vertical parameter structures and roofing structures) and the building itself are the main reasons for analyses of heat technological defects; increased operating expenses, impacting condensation on inner surfaces and mildews, result in diminishing hygienic conditions of the pools.

The most evident manifestation of heat technological defects on building parameter structures during the Winter times is a formation of icicles, preceded by creation of substantial amounts of condensation of humidity, for example within the areas of roof collars, that is the connecting points of roof constructions to the parameter structures. The formation of icicles is connected to heat diffusion bridges, incepted by the original project documentation and realization of the building itself. There is an uncontrollable heat and humidity diffusion from the interior to the exterior of swimming pools.

This lecture describes origination of specific defects. The project documentation does not respect the minimum required parameters imbedded in the law. Consequently, it presents incomplete and under-dimensioned threshold conditions, not substantiated by calculations of design elements, with respect to heat technology, the documentation lacks coordination of attendant specializations (heat technology – airconditioning - space acoustics); project documentation lacks controls by the contractors.

This inaugural dissertation provides a "guide" for the elimination of physical construction defects on building structures.

## Souhrn

Předložená práce shrnuje zkušenosti jejího autora s kontrolou projektových dokumentací pro stavební řízení, projektových dokumentací tendrových a prováděcích určených k realizaci bazénů, zkušenosti s prováděním novostaveb bazénů i zkušenosti se sanací stavebně fyzikálních vad novostaveb bazénů. Specifikované zkušenosti autor předložené práce získal na bazénech ve Františkových Lázních, v Praze 10 (Brumlovka), v Brně (Veslařské), v Kravařích, v Mostě a v Olešné.

V úvodní části práce jsou popsány nejčastější stavebně fyzikálních poruchy a jejich projevy dnes v porovnání s dobou před rokem 1989 stále častěji realizovaných novostaveb bazénů, (bazénových komplexů, aquaparků, aquacenter). Ze stavebně fyzikálních poruch je nejširší pozornost v předloženém textu věnována poruchám tepelně technickým. Právě tepelná technika (stavební tepelná fyzika) vedle akustiky (stavební a prostorové), osvětlení a oslunění jedním z oborů souhrnně pojmenovaných jako stavební fyzika. Požadavky na tepelně technické vlastnosti pozemních staveb včetně bazénů jsou uvedeny v ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov, již je tvůrce této habilitační přednášky spoluautorem. Tyto požadavky jsou konkretizací požadavků kladených jak na projektové dokumentace tak na realizované stavby a jsou obsaženy ve stavebním zákoně (zákon č. 183/2006 Sb., zákon č. 50/1976 Sb.) a jeho prováděcích předpisech (např. ve vyhlášce č. 137/1998 Sb.).

Zásadním důvodem k detailnímu rozboru tepelně technických poruch bazénů konkrétně poruch obalových konstrukcí bazénů (svislé obvodové konstrukce a konstrukce střešní) je skutečnost, že tyto poruchy snižují životnost stavebních konstrukcí a staveb jako celku, zvyšují provozní náklady, ovlivňují vznik plísní a tím i hygienické podmínky v interiérech bazénů apod..

Nejzákladnějšími projevy tepelně technických poruch obvodových plášťů staveb v zimním období jsou různě hmotné rampouchy, jejichž existenci předchází vznik velkého množství zkondenzované vlhkosti např. v prostorech střešních límců, tj. v návaznostech střešních konstrukcí na konstrukce obvodové. Se vznikem rampouchů souvisí přítomnost tepelných a difúzních mostů obsažených jak v projektové dokumentaci tak v realizovaných konstrukcích, kterými dochází k nekontrolovanému šíření tepla a vlhkosti z interiéru bazénů do exteriéru.

V textu přednášky jsou také uvedeny hlavní příčiny vzniku specifikovaných poruch. V první řadě to je projektová dokumentace nerespektující na ni kladené zákonné požadavky a vycházející z neúplných nebo poddimenzovaných okrajových podmínek, tzn. vyhotovená bez výpočtového doložení správnosti dimenzování obvodových konstrukcí z hlediska tepelné techniky, projektová dokumentace nekoordinující související specializace (tepelná technika-VZT-prostorová akustika), projektová dokumentace nekontrolovatelná zhotoviteli.

V závěru habilitační přednášky je uveden „návod“ na eliminaci stavebně fyzikálních vad pozemních staveb.

**Klíčová slova:** bazény, stavebně fyzikální vady, eliminace vad pozemních staveb, šíření tepla, šíření vodní páry, difúzní mosty, tepelné mosty, poruchy stavebních konstrukcí.

**Keywords:** swimming pools, construction physical defects, elimination of defects on building structures, heat diffusion, diffusion of water vapour, diffusion bridges, heat bridges, construction defects of building structures.

© Roman Vávra, 2007  
ISBN

# OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>6</b>
1.1	Projevy stavebně fyzikálních vad .....	6
1.2	Stavební fyzika a tepelná technika.....	7
1.3	Dopady tepelně technických vad bazénů.....	7
<b>2</b>	<b>Výpočtová stavebně fyzikální posouzení.....</b>	<b>7</b>
2.1	Definice kritériálních veličin [9].....	8
2.2	Vztah mezi ČSN a legislativními požadavky .....	11
2.3	Okrajové podmínky vnitřního prostředí.....	11
2.4	Součinitel prostupu tepla.....	13
2.5	Kritická povrchová teplota.....	14
2.6	Doporučení návrhu bazénů dle ČSN 73 0540 [10].....	15
<b>3</b>	<b>Odovědnost za tepelně technické vady .....</b>	<b>17</b>
3.1	Legislativa ve stavebnictví.....	17
3.2	Příčiny vad .....	18
3.3	Postup eliminace vad .....	18
<b>4</b>	<b>Příklad sanace vadného návrhu detailu.....</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>20</b>
5.1	Eliminace stavebně fyzikálních vad bazénů .....	20
5.2	Eliminace vad pozemních občanských staveb.....	20
	<b>Literatura .....</b>	<b>22</b>
	<b>Curriculum vitae .....</b>	<b>23</b>

# 1 ÚVOD

V minulých sedmi letech se oproti předešlé době zrealizovalo v České republice velké množství bazénů (bazénových komplexů, aquacenter, aquaparků, aquadromů apod.) nejčastěji v katastrálních územích původně okresních měst nebo v typicky rekreačních lokalitách.

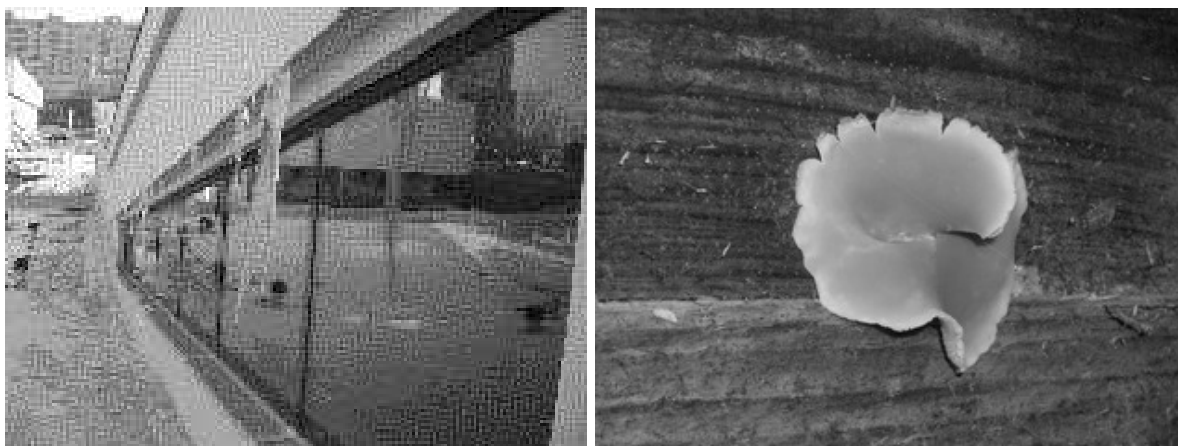
Projekční přípravy těchto bazénů proto nevycházely z dlouhodobých zkušeností specializovaných projekčních ateliérů či obdobně zaměřených stavebních realizačních společností. Obdobná absence zkušeností chyběla také provozovatelům novostaveb bazénů, staveb s velkými nároky na provozní náklady.

Financování staveb bazénů bylo zajišťováno převážně z veřejných prostředků, ale lze se i setkat se soukromými investory investujícími nejčastěji jednorázově do rozsáhlých wellnes komplexů, jejichž součástí jsou i převážně rekreační tedy nespportovní bazény.

## 1.1 Projevy stavebně fyzikálních vad

Nejobvyklejšími projevy stavebně fyzikálních vad, kterým je věnován následující text, jsou projevy typické pro zimní období, kdy se teplota venkovního vzduchu dlouhodobě pohybuje pod hranicí 0°C. Těmito okem viditelnými projevy vad jsou zejména vlhkostní mapy na exteriérových površích svislých obvodových konstrukcí a rampouchy vzniklé zmrznutím zkondenzované vzdušné vlhkosti šířící se z interiéru bazénů. Kritickými místy (detaily), na kterých se uvedené projevy vad vyskytují nejčastěji jsou detaily napojení střešních konstrukcí na konstrukce svislé stěnové. Tato místa bývají obvykle nazývána „střešní límce“ viz. obr. č. 1.

Dalšími projevy stavebně fyzikálních vad bazénů je výskyt dřevokazných hub, jejichž vzniku předchází dlouhodobé působení zvýšené vlhkosti na dřevěné konstrukce. V odborné literatuře se uvádí, že minimální velikost vlhkosti potřebné ke vzniku dřevokazných hub či plísní, které jsou také projevy stavebně fyzikálních vad, je okolo 80 % relativní vlhkosti vzduchu.



Obr. 1 – Projevy stavebně fyzikálních poruch obalových konstrukcí bazénů [15]

## 1.2 Stavební fyzika a tepelná technika

Z výše popsaných stavebně fyzikálních poruch bazénů je zřejmé, že text habilitační přednášky je zaměřen především na vady spadající pod širokou problematiku stavební fyziky, jejímž jedním z oborů je tepelná technika (tepelná stavební fyzika). Lze tedy uvést, že všechny dosud zmíněné stavebně fyzikální poruchy bazénů lze specifikovat jako poruchy tepelně technické. Tepelná technika, akustika (stavební, prostorová), osvětlení, oslunění jsou dílčí problematiky souhrnně označené jako stavební fyzika.

## 1.3 Dopady tepelně technických vad bazénů

Hlavní důvod, pro který je nutné se zabývat tepelně technickými vlastnostmi stavebních obalových konstrukcí (střešní konstrukce a konstrukce obvodové) je ten, že poddimenzování tepelně technických vlastností obalových konstrukcí jak obecně z hlediska pozemních staveb tak z hlediska bazénů má negativní vliv na:

- snížení životnosti obalových konstrukcí tak stavby jako celku,
- zvýšení provozních nákladů,
- zrychlení degradace dřevěných a kovových konstrukcí,
- vznik povrchové kondenzace,
- vznik plísní na interiérových površích stavebních konstrukcí,
- snížení bezpečnosti provozu v blízkém okolí bazénu (v případě vzniku rampouchů či degradace střešních límců),
- vznik nákladů na sanaci poruch.

Zde lze uvést, že v určitém rozsahu obsahují všechny novostavby občanských pozemních staveb tepelně technické vady stejně jako vady stavebně fyzikální. V případě bazénů je však doba nutná k výskytu vad a úroveň projevu uvedených tepelně technických vad nesrovnatelně vyšší než v případě staveb s obvyklými parametry vnitřního prostředí (velikost vnitřní teploty vzduchu, velikost relativní teploty vzduchu). Důvodem, který to vyvolává, jsou specifika vnitřního prostředí staveb s vlhkým provozem, do kterých bazény patří, kde se teploty vzduchu běžně pohybují mezi 28 až 35°C a relativní vlhkost vzduchu mezi okolo maximálních hodnot 75 % (vztaženo k prostorů v podstřeší).

## 2 VÝPOČTOVÁ STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍ POSOUZENÍ

Chceme-li kvantifikovat a kvalifikovat příčiny tepelně technických poruch staveb bazénů či jiných pozemních staveb jako bytových domů, kancelářských budov aj., je nutné vycházet z technické normy ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov, jejímž jedním ze spoluautorů je i autor přeložené habilitační přednášky. Konkrétně z požadavkové části ČSN 73 0540 Části 2 Požadavky (2005), kde jsou požadavky tepelně technické na stavební konstrukce vyjádřeny pomocí těchto kritériálních veličin:

- součinitel prostupu tepla  $U$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ],
- nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce  $\theta_{si}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ],
- pokles dotykové teploty podlahy  $\Delta\theta_{10}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ],

- šíření vlhkosti konstrukcí  $M_{ev,a}$ ,  $M_{c,a}$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ],
- šíření vzduchu konstrukcí  $i_{LV}$  [ $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-0,67}$ ],
- intenzita výměny vzduchu v místnostech  $n$  [ $\text{h}^{-1}$ ],
- tepelná stabilita v místnosti v zimním období  $\Delta\theta_v(t)$  [ $^{\circ}\text{C}$ ],
- tepelná stabilita v místnosti v letním období  $\Delta\theta_{ai,max}$ ,  $\theta_{ai,max}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ],
- stavebně energetické vlastnosti budovy  $U_{em}$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ].

## 2.1 Definice kritériálních veličin [9]

Součinitel prostupu tepla  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ] vyjadřuje celkovou výměnu tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu  $R$ , zahrnuje vliv všech tepelných mostů, které jsou součástí konstrukce, je definován vztahem:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{\Phi}{(\theta_1 - \theta_2) \cdot A}$$

Kritická vnitřní povrchová teplota  $\theta_{si,cr}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] je teplota při které při definované teplotě vnitřního vzduchu  $\theta_{ai}$  a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu  $\varphi_i$  nabývá relativní vlhkost vzduchu  $\varphi_{si}$  v těsné blízkosti povrchu (v mezní vrstvě) hodnoty 80 %. Je to teplota, při které poměr částečného tlaku vodní páry a částečného tlaku nasycené vodní páry v mezní vrstvě je vyšší nebo roven hodnotě 0,8.

Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ] vyjadřuje podíl vlivu lineárního tepelného mostu na lineární tepelnou propustnost  $L^{2D}$ , je přídatným tepelným tokem charakterizující vliv lineárního tepelného mostu délky  $l$  na jeho tepelnou vodivost - lineární tepelnou propustnost.

Bodový činitel prostupu tepla  $\chi$  [ $\text{W}/\text{K}$ ] vyjadřuje podíl vlivu bodového tepelného mostu na tepelnou propustnost  $L^{3D}$ , je přídatným tepelným tokem charakterizující vliv bodového tepelného mostu na jeho plošnou tepelnou propustnost.

Celoroční množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a}$  [ $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$ ] je množství vodní páry zkondenzované ve stavební konstrukci při normových podmínkách vnějšího a vnitřního prostředí za jeden rok, podle ČSN 73 0540-3.

Celoroční množství vypařené vodní páry  $M_{ev,a}$  [ $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$ ] je množství vodní páry vypařené ze stavební konstrukce při normových podmínkách vnějšího a vnitřního prostředí za jeden rok, podle ČSN 73 0540-3.

Součinitel spárové průvzdušnosti  $i_{LV}$  [ $\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}^{0,67})$ ] průměrná průvzdušnost při referenčních podmínkách  $V_0$  vztažená na 1 m funkční spáry. Udává



průměrný objemový průtok vzduchu který proudí funkční spárou výplně otvoru délky 1 m při rozdílu tlaku vzduchu  $\Delta p = 1$ .

Intenzita výměny vzduchu v místnosti  $n$  [1/h] za definovaných vnitřních a vnějších podmínek, udává, kolikrát za hodinu se vymění v místnosti všechen vzduch (násobnost výměny vzduchu).

Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období  $\Delta\theta_v(t)$  [K] je parametrem stability tepelného stavu vnitřního prostředí po přerušení dodávky energie na vytápění. Je definován vztahem

$$\Delta\theta_v(t) = \theta_{im} - \theta_v(t)$$

Kde  $\theta_{im}$  je návrhová teplota vnitřního vzduchu [°C],  
 $\theta_v(t)$  výsledná teplota vnitřního prostoru po čase  $t$  od počátku chladnutí, to je čase od přerušení dodávky energie na vytápění (doba chladnutí) [°C].

Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období  $\Delta\theta_{ai,max}^*$  [K] je parametrem stability tepelného stavu vnitřního prostředí při zatížení budovy globálním slunečním zářením. Je dána rozdílem  $\theta_{ai,max}^*$  [°C] nejvyšší teploty vnitřního vzduchu v místnosti v letním období a  $\theta_{ai,min}^*$  [°C] nejnižší teplota vnitřního vzduchu v místnosti v letním období.

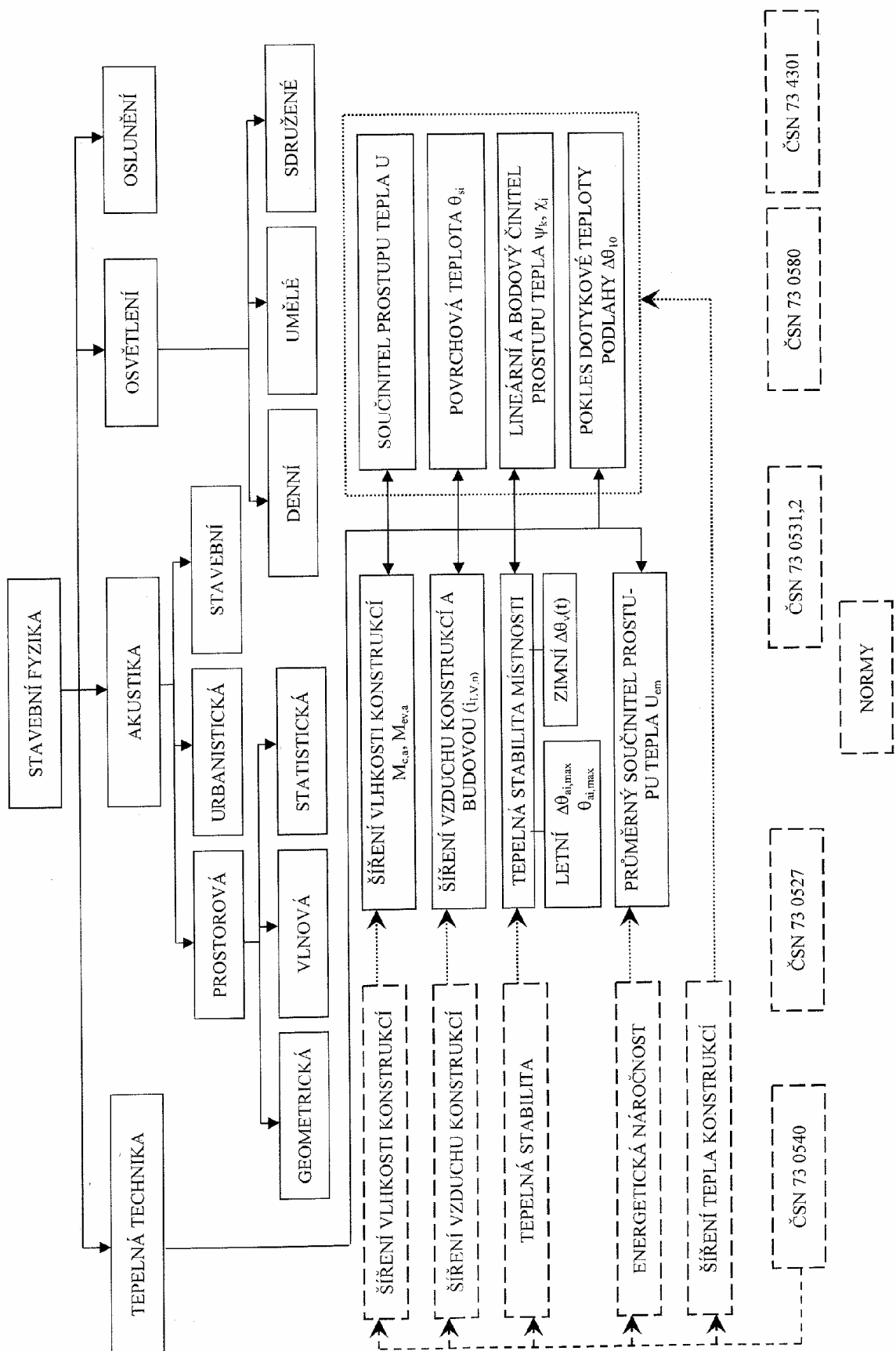
Nejvyšší teplota vnitřního vzduchu v místnosti v letním  $\theta_{ai,max}^*$  [°C], teplota vyjadřující stabilitu tepelného stavu vnitřního prostředí při zatížení budovy globálním slunečním zářením.

Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  [W/(m<sup>2</sup>.K)], součinitel prostupu tepla obálky budovy nebo její definované vytápěné zóny, zahrnující vlivy všech ochlazovaných konstrukcí tvořících systémovou hranici budovy nebo její vytápěné zóny, je definován vztahem:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A}$$

kde  $H_T$  je měrná ztráta prostupem tepla stanovená pro budovu nebo její vytápěnou zónu [W/K];

$A$  celková plocha všech ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy nebo její vytápěné zóny na systémové hranici [m<sup>2</sup>]



Obr. 2 – Obory stavební fyziky a kritéria tepelně technické veličiny vyjadřující požadavky na vlastnosti stavebních konstrukcí dle ČSN 73 0540-2 [6, 10]

## 2.2 Vztah mezi ČSN a legislativními požadavky

Je nutné si uvědomit, že ČSN 73 0540-2 (2005) je konkretizací legislativních požadavků vycházejících nejen ze stavebního zákona č. 183/2006 Sb. v platném znění (popř. ze „starého“ stavebního zákona č. 50/1976 Sb.), ale i z prováděcího předpisu stavebního zákona č. 137/1998 Sb., o technických požadavcích na výstavbu, v platném znění.

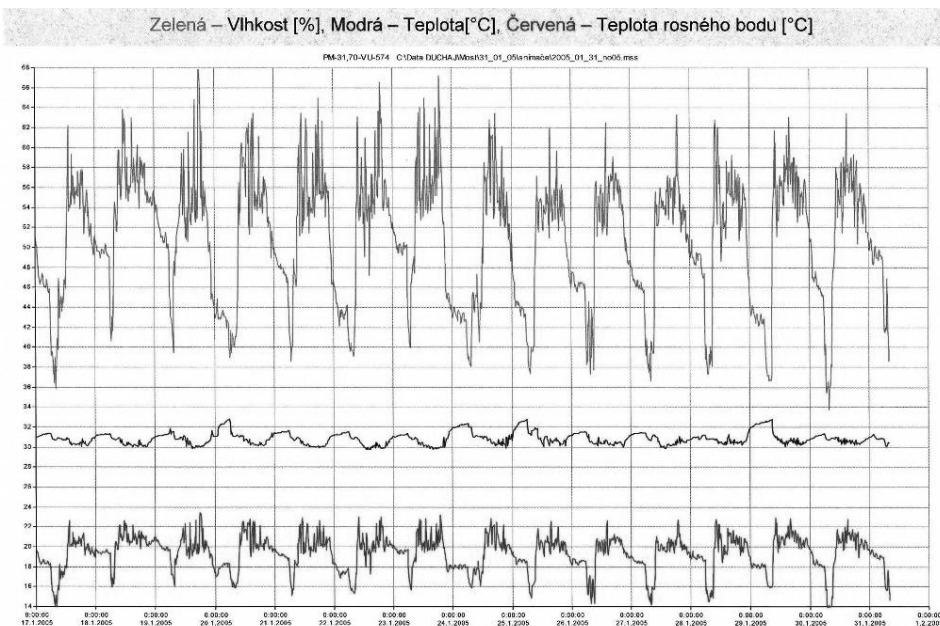
Zde ve vyhlášce č. 137/1998 Sb. resp. v jejím odstavci (1) §15 „Základní požadavky“ je uvedeno cituji: „Stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro zamýšlené využití a aby současně splnila základní požadavky, kterými jsou :

- a) mechanická odolnost a stabilita,
- b) požární bezpečnost,
- c) ochrana zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí,
- d) ochrana proti hluku,
- e) bezpečnost při užívání,
- f) úspora energie a ochrana tepla.“

Právě text uvedený pod písmenem f) vyjadřuje povinnost jak projektantů tak zhotovitelů projektovat resp. realizovat stavby, které splňují mimo jiné i požadavky tepelně technické, které jsou konkretizovány jak ČSN 73 0540 tak v §28 vyhlášky č. 137/1998 Sb., v platném znění.

## 2.3 Okrajové podmínky vnitřního prostředí

Hlavní příčinou tepelně technických poruch, jak plyne z dosavadních zkušeností, je skutečnost, že projektová dokumentace je dimenzována na obvykle nižší parametry vlhkosti vzduchu a jeho teploty.



Obr. 3 – Ukázka výstupu z monitoringu skutečných (provozních) parametrů vnitřního prostředí bazénové haly v zimním období, délka trvání monitoringu cca 3 měsíce [2]



Z důvodu předcházení tepelně technických poruch je proto nutné rozlišovat okrajové podmínky normové (dle ČSN 73 0540), okrajové podmínky provozní a okrajové podmínky požadované provozovatelem, které jsou odvislé od typu a využití bazénu (wellnes, sportovní, dětský). U okrajových podmínek je nutné, aby byly respektovány také vzduchotechnikou a byly stanoveny v závislosti na konkrétním místě (1,5 m nad podlahou, v prostoru podstřeší apod.).

## 2.4 Součinitel prostupu tepla

Požadavky na součinitel prostupu tepla uvádí ČSN 730540-2 v čl. 5.2. Pro každou stavební konstrukci musí být splněna podmínka

$$U \leq U_N, \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

kde  $U$  je součinitel prostupu tepla konstrukce a  $U_N$  jeho normou požadovaná hodnota ve  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Způsob stanovení hodnoty  $U_N$  závisí na relativní vlhkosti vnitřního vzduchu  $\varphi_i$  a na převažující návrhové vnitřní teplotě  $\theta_{im}$ . Pokud se objekt skládá z více odlišných teplotních zón, stanovují se požadavky na stavební konstrukce pro každou zónu samostatně.

Pro konstrukce v běžných objektech s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im}$  od 18 do 24 °C včetně a s relativní vlhkostí  $\varphi_i$  do maximálně 60% se pro stanovení velikosti  $U_N$  používají tabulkové hodnoty uvedené v normě ČSN 73 0540-2.

Pokud je převažující návrhová vnitřní teplota  $\theta_{im}$  mimo rozmezí 18 až 24 °C a relativní vlhkost  $\varphi_i$  je přitom maximálně 60%, používá se vztah

$$U_N = U_{N,20} \cdot \frac{700}{\theta_{im} \cdot (\theta_{im} - \theta_e)}, \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

kde  $U_{N,20}$  je základní hodnota součinitele prostupu tepla z tabulky normy ČSN 73 0540-2,  $\theta_{im}$  je převažující návrhová vnitřní teplota ve °C a  $\theta_e$  je návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období ve °C.

Při posuzování konstrukcí v prostorách s relativní vlhkostí vyšší než 60% se požadovaná hodnota  $U_N$  stanoví jako minimum z hodnot z tabulky normy ČSN 73 0540-2, resp. z vztahu, a ze vztahu

$$U_{w,N} = \frac{0,6 \cdot (\theta_{ai} - \theta_w)}{R_{si} \cdot (\theta_{ai} - \theta_e)}, \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

kde  $R_{si}$  je tepelný odpor při přestupu na vnitřní straně v  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  (uvažuje se obvykle 0,25  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ),  $\theta_{ai}$  je návrhová teplota vnitřního vzduchu ve °C,  $\theta_e$  je návrhová teplota venkovního vzduchu ve °C a  $\theta_w$  je teplota rosného bodu ve °C, kterou lze stanovit např. ze vztahů

$$\theta_w = \frac{236 \cdot \ln p - 1513,867}{23,59 - \ln p} \quad \text{pro } p \geq 610,75 \text{ Pa}$$

$$\theta_w = \frac{273 \cdot \ln p - 1751,21055}{28,9205 - \ln p} \quad \text{pro } p < 610,75 \text{ Pa}$$

kde  $p$  je částečný tlak vodní páry ve vnitřním vzduchu v Pa.

Vliv správného stanovení okrajových podmínek na požadavek součinitele prostupu tepla je dobře vidět z tabulky 1.

Tab. 1: Vliv okrajových podmínek na požadavek součinitele prostupu tepla

Typ okrajových podmínek	okrajové podmínky	Součinitel prostupu tepla
dle projektové dokumentace	20°C / 50%	0,240 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
návrhové podmínky dle ČSN	29,5°C / 85%	0,130 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
provozní podmínky	33°C / 70%	0,107 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>

## 2.5 Kritická povrchová teplota

Norma ČSN 730540-2 stanovuje požadavky na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu odlišně pro neprůsvitné konstrukce a pro výplně otvorů (okna, dveře). Pro neprůsvitné konstrukce je kritériem vyloučení vzniku plísní, pro okna je kritériem vyloučení povrchové kondenzace vodní páry.

Za hranici vyloučení vzniku plísní je pokládána relativní vlhkost vnitřního povrchu 80%. Pokud je povrchová relativní vlhkost nižší, vznik plísní je prakticky vyloučen. Při vyšší relativní vlhkosti je naopak riziko velmi značné. Kritická povrchová relativní vlhkost pro vyloučení povrchové kondenzace je 100%.

Konkrétní požadavky stanovuje ČSN 730540-4 v čí. 5.1. Stavební konstrukce v běžných prostorech s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu do maximálně 60% musí ve všech místech svého vnitřního povrchu splňovat podmínku

$$\theta_{si} \geq \theta_{si,N} = \theta_{si,cr} + \Delta\theta_{si}, \quad [^{\circ}\text{C}]$$

kde  $\theta_{si}$  je nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce ve °C,  $\theta_{si,cr}$  je kritická vnitřní povrchová teplota ve °C a  $\Delta\theta_{si}$  je bezpečnostní teplotní přírážka ve °C podle Tab. 2 a Tab. 3.

Tab. 2: Bezpečnostní přírážka pro neprůsvitné konstrukce [10]

Způsob vytápění	těžká konstrukce	lehká konstrukce
	bezpečnostní přírážka $\Delta\theta_{si}$ [°C]	
nepřerušované	0	0,5
tlumené s poklesem výsledné teploty do 7°C včetně	0,5	1,0
Přerušované s poklesem výsledné teploty větším než 7°C	1,0	1,5

Tab. 3: Bezpečnostní přírážka pro výplně otvorů [10]

Způsob vytápění	Otopná tělesa pod výplněmi otvorů	
	Ano	ne
	bezpečnostní přírážka $\Delta\theta_{si}$ [°C]	
nepřerušované	-1,0	0
tlumené s poklesem výsledné teploty do 7°C včetně	-0,5	0,5
Přerušované s poklesem výsledné teploty větším než 7°C	0	1,0

Kritická vnitřní povrchová teplota  $\theta_{si,cr}$  je teplotou, při níž bude relativní vlhkost na vnitřním povrchu konstrukce dosahovat předepsané maximální hodnoty. Pro výplně otvorů je předepsaná kritická relativní vlhkost 100%, takže v tom případě je kritická vnitřní povrchová teplota  $\theta_{si,cr}$  shodná s teplotou rosného bodu.

Pro neprůsvitné konstrukce je stanovení kritické povrchové teploty  $\theta_{si,cr}$  poněkud obtížnější. Základní tabulkové hodnoty kritické povrchové teploty jsou uvedeny v ČSN 73 0540-3 v závislosti na teplotě vzduchu a jeho relativní vlhkosti. Kritickou vnitřní povrchovou teplotu lze ovšem stanovit i výpočtem. V takovém případě se vychází z kritického parciálního tlaku nasycené vodní páry stanoveného ze vztahu

$$p_{sat,cr} = \frac{100 \cdot p_i}{\varphi_{si,cr}} \quad [Pa]$$

Kde  $p_i$  je částečný tlak vodní páry ve vnitřním vzduchu v Pa a  $\varphi_{si,cr}$  je kritická relativní vlhkost, která se uvažuje 80%. Kritickou vnitřní povrchovou teplotu lze pak určit ze vztahů

$$\theta_{si,cr} = \frac{237,3 \cdot \ln(p_{sat,cr}/610,5)}{17,269 - \ln(p_{sat,cr}/610,5)} \quad [^{\circ}C] \quad \text{pro } p_{sat,cr} \geq 610,5 \text{ Pa}$$

$$\theta_{si,cr} = \frac{265,5 \cdot \ln(p_{sat,cr}/610,5)}{21,875 - \ln(p_{sat,cr}/610,5)} \quad [^{\circ}C] \quad \text{pro } p_{sat,cr} < 610,5 \text{ Pa}$$

Pokud je relativní vlhkost vnitřního vzduchu vyšší než 60%, připouští ČSN 73 0540-2 nesplnění požadavku na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu, ovšem s tím, že musí být splněn požadavek na součinitel prostupu tepla a současně musí být zajištěna bezchybná funkce konstrukce při povrchové kondenzaci a vyloučeno nepříznivé působení kondenzátu na navazující konstrukce.

Vliv správného stanovení okrajových podmínek na teplotu rosného bodu je dobře vidět z tabulky 4.

Tab. 4: Vliv okrajových podmínek na teplotu rosného bodu

Typ okrajových podmínek	okrajové podmínky	teplota rosného bodu
dle projektové dokumentace	20°C / 50%	10,19°C
návrhové podmínky dle ČSN	29,5°C / 85%	27,69°C
provozní podmínky	33°C / 70%	27,76°C

## 2.6 Doporučení návrhu bazénů dle ČSN 73 0540 [10]

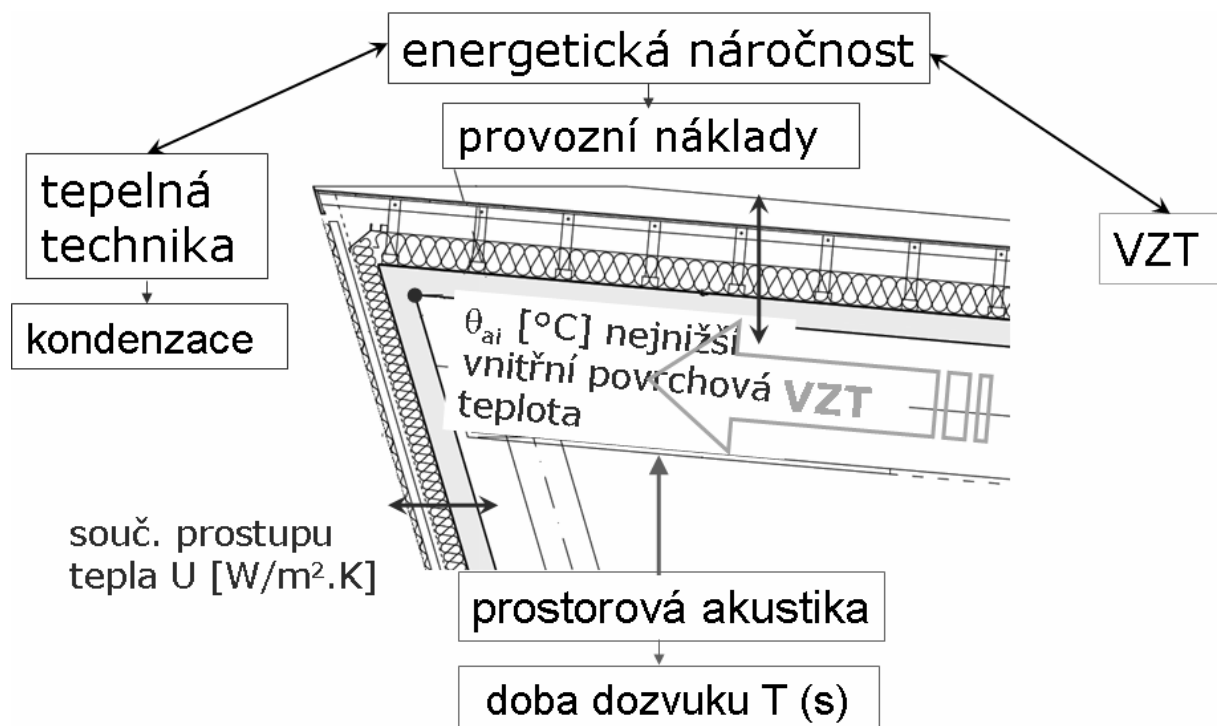
Bazénové haly se navrhují při dodržení těchto zásad:

- a) obvodové stěny a střechy navrhovat zvláště pečlivě, s vyloučením vlivu tepelných mostů a s nenasákavými vnitřními povrchy odolávajícími stékání kondenzátu po vnitřním povrchu;

- b) pro konstrukce stěn bazénových hal, sprch a dalších vlhkých a mokrých provozů nepoužívat silně nasákové materiály (např. pórobeton);
- c) velikost prosklených ploch navrhovat uvážlivě, s převahou zasklení na osluněných fasádách, zasklení přitom navrhovat s velmi nízkým součinitelem prostupu tepla;
- d) vnitřní povrch prosklených konstrukcí ofukovat přiváděným větracím vzduchem ze spojitých podlahových nebo nadokenních výústek, s dostatečným dosahem proudu vzduchu;
- e) pokud se k prosklené stěně ofukované přiváděným větracím vzduchem podle c) doplní z vnitřní strany další (jednoduché) zasklení a vytvoří se tak využitelný meziprostor (umístění rostlin apod.), musí se současně řešit čištění a údržba v tomto prostoru (obslužné lávky apod.);
- f) prosklené obvodové stěny řešit jako odolné proti stékajícímu kondenzátu;
- g) střešní konstrukce přednostně řešit jako dvouplášťové, v případě potřeby i s nucenou výměnou vzduchu ve větrané vzduchové vrstvě. (Podmínkou je vzduchotěsnost spodního pláště.)

Hromadné sprchy by neměly být u vnějších stěn a neměla by u nich být navrhována okna. Pokud je nutné okna navrhnout, pak parapety oken musí být řešeny tak, aby odváděly stékající kondenzát bez poškozování navazujících konstrukcí.

Sauny a prohřívárny se doporučuje umísťovat do středu dispozice a řešit je bez oken.

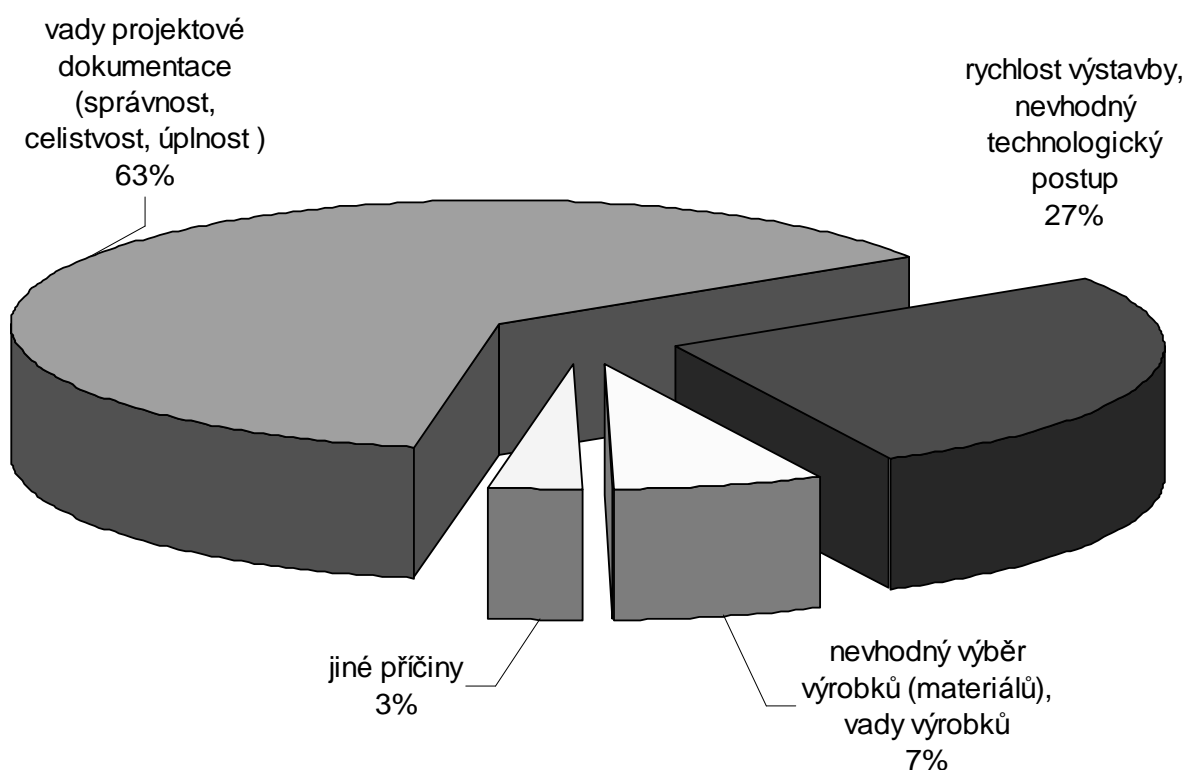


Obr. 5 – Ukázka návrhu kritického detailu respektujícího požadavky tepelně technické, energetické, prostorové akustické i vzduchotechnické (hygienické)



### 3 ODPOVĚDNOST ZA TEPELNĚ TECHNICKÉ VADY

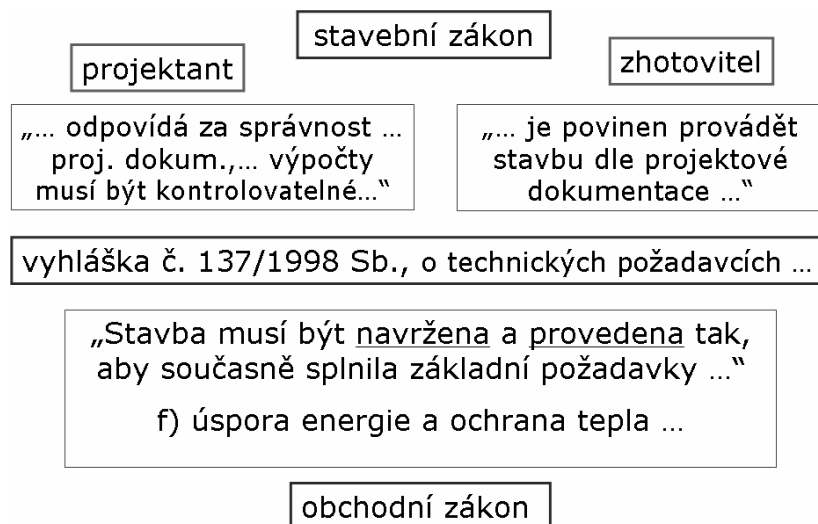
Mluvíme-li o odpovědnosti za tepelně technické vady je nutné dospecifikovat do jakého období tyto vady řadíme. Z hlediska vypracování projektové dokumentace, která obsahuje řešení nerespektující požadavky ČSN, je odpovědnost za vady dokumentace nutné hledat u projektanta. V případě samotné realizace je ideální, když odborné zázemí zhotovitele je na takové úrovni, která mu umožní odhalit alespoň zásadní pochybení, která jsou obsažena v tendrové dokumentaci. V případě pochybností zhotovitele vůči obsahu tendrové dokumentace je vhodné, aby zhotovitel na zjištěná pochybení upozornil investora dle § 551 obchodního zákona. Zjištěná pochybení vůči projektové dokumentaci mohou být nejčastěji zhotovitelem prezentována jako neúplná, nesprávná, nekoordinovaná či nekontrolovatelná projektová dokumentace.



Obr. 6 – Podíl jednotlivých příčin na celkovém množství vad pozemních staveb

#### 3.1 Legislativa ve stavebnictví

Základní požadavky na realizované stavby i na projektovou dokumentaci vycházejí ze stavebního zákona, z jeho prováděcích předpisů (tzn. z vyhlášek č. 137/1998 Sb. vztahující se ke správnosti jak realizací tak projektové dokumentace a č. 499/2006 Sb. vztahující se k úplnosti dokumentace) konkretizovaných požadavkovými ČSN.



Obr. 7– Legislativní odpovědnosti za tepelně technické vady [12, 13]

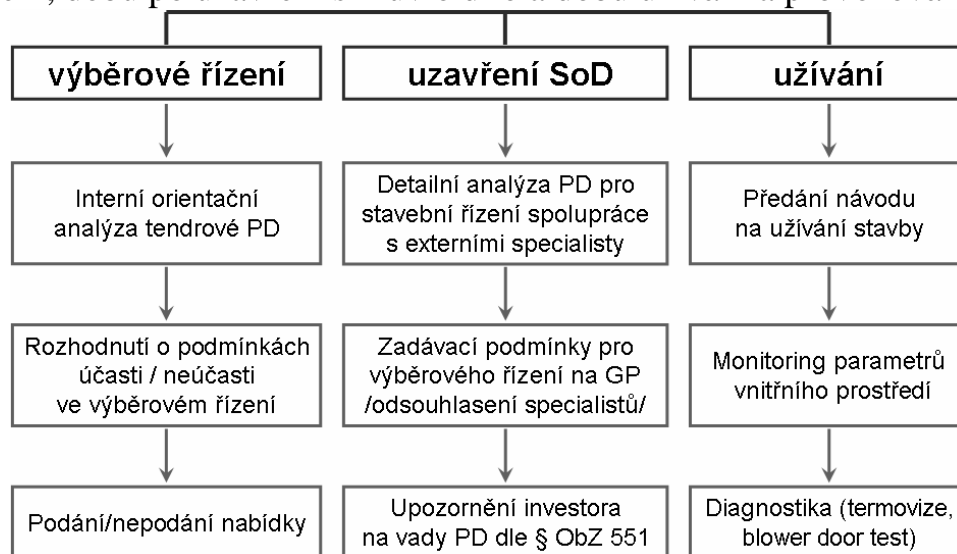
### 3.2 Příčiny vad

Nejzásadnějším příčinami vad bazénů jsou:

- nerespektování požadavků kladených na projektové dokumentace ze strany projektantů,
- neexistence výpočtových doložení správnosti dimenzování konstrukcí ze strany projektantů,
- nekoordinace profesí ze strany projektantů,
- neúplné či nesprávné určení parametrů vnitřního prostředí bazénů ze strany investorů,
- nerespektování parametrů vnitřního prostředí, na které byly stavby s bazény navrženy ze strany jejich provozovatelů.

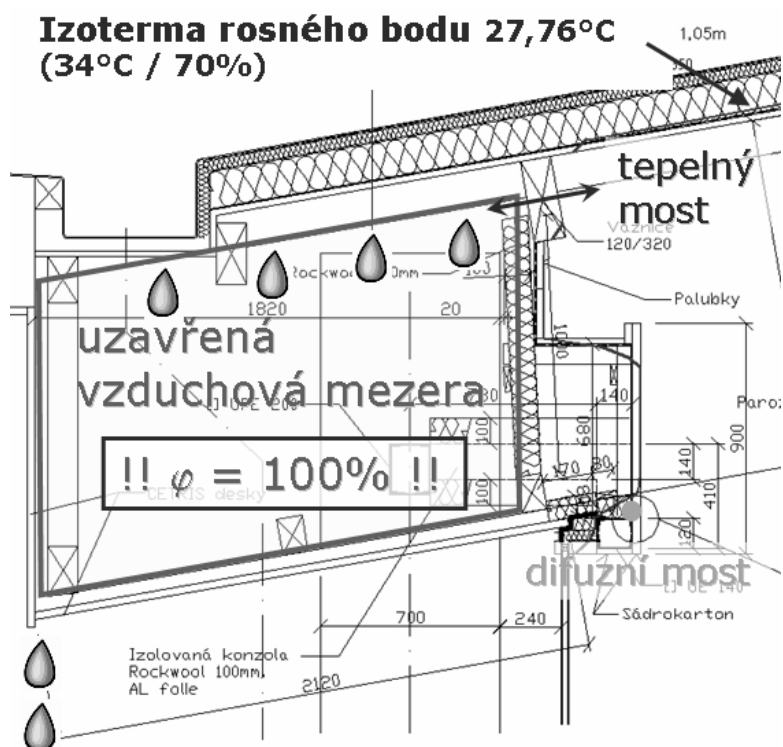
### 3.3 Postup eliminace vad

Následující diagram ukazuje postup eliminace vad staveb odděleně pro výběrová řízení, dobu po uzavření smluv o dílo a dobu užívání a provozování stavby.

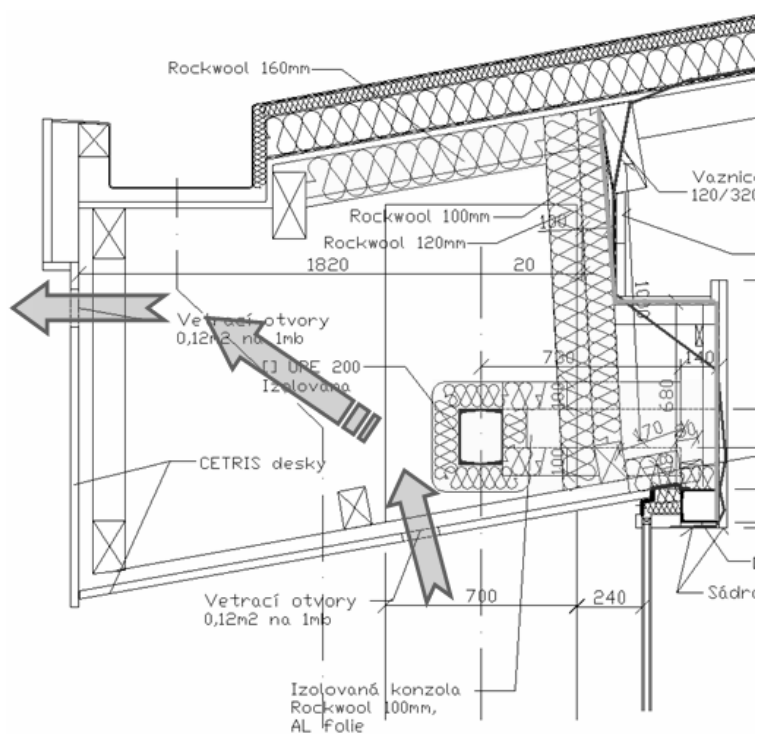


Obr. 8– Postupový diagram eliminace vad bazénů

## 4 PŘÍKLAD SANACE VADNÉHO NÁVRHU DETAILU



Obr. 9 – Návrh střešního límce bazénové haly dle projektové dokumentace ne-  
správně obsahujícího tepelné mosty, difúzní mosty, uzavřenou vzduchovou me-  
zeru apod.



Obr. 10 – Návrh sanace střešního límce bazénové haly, který eliminuje množství  
tepelných mostů, difúzních mostů a propojuje prostor vzduchové mezery  
s exteriérovým prostředím

## 5 ZÁVĚR

### 5.1 Eliminace stavebně fyzikálních vad bazénů

V době přesných výpočetních modelů a specializovaných softwarů nejsou obvykle součástí projektových dokumentací zpracovaných pro realizaci bazénů (jak příkládaných k žádosti o vydání stavebního povolení tak projektových dokumentací realizačních) výpočetní doložení správnosti navržených konstrukcí.

V případě bazénů jako staveb se specifickým vlhkým vnitřním prostředím je nutné navrhovat stavebně fyzikální vlastnosti obalových konstrukcí současně s návrhem vzduchotechnických zařízení (dimenze VZT zařízení vycházejí z požadavků na velikost interiérové relativní vlhkosti vzduchu a jeho teploty) popř. s návrhem prostorově akustickými opatřeními ve vazbě na ekonomiku provozu. Primárně je tedy nutné, aby rámci výpočtových posouzení vlastností uvedených konstrukcí byly splněny všechny požadavky na ně kladené. Ze zkušenosti je možné jednoznačně napsat, že výpočtová posouzení musí být již součástí projektové dokumentace ke stavebnímu povolení. Nejsou-li tato výpočtová posouzení provedena vůbec je to první předpoklad směřující ke vzniku vad realizované stavby. Dalším souvisejícím faktem je, že v případě, že nejsou provedeny výpočtová posouzení není možné ani ze strany zhotovitelů na vady projektové dokumentace přijít. Dle § 551 obchodního zákoníku by na skutečnost „nekontrolovatelnosti“ projektové dokumentace měl zhotovitel v nezbytně krátké době upozornit investora, neboť právě „kontrolovatelnost“ dokumentace je jednou z požadavků kladených na projektovou dokumentaci stavební zákonem (viz § 159 a § 160 zákona č. 183/2006 Sb. v platném znění).

Cestou resp. prvním z jejich kroků ke zlepšení výše uvedeného stavu tzn., cestou vedoucí k eliminaci stavebně fyzikálních vad bazénů, je důsledné vyžadování plnění zákonných povinností kontrolovatelným způsobem jednotlivých účastníků realizace bez vazby na to jedná-li se o projektanty, specialisty, technické dozory investorů či zhotovitele a provozovatele.

Cesta k eliminaci stavebně fyzikálních poruch pozemních staveb z pohledu jejich zhotovitelů tedy vede směrem ke kontrole tendrových projektových dokumentací a dokumentací pro stavební povolení, v nichž je obvykle prvopočátek vad realizovaných pozemních staveb.

### 5.2 Eliminace vad pozemních občanských staveb

V době přesných výpočetních modelů a specializovaných softwarů nejsou součástí projektových dokumentací mnoha významných staveb občanských pozemních staveb (bytové domy, kancelářské budovy, obchodní komplexy aj.) výpočetní doložení správnosti navržených konstrukcí, právě ta jsou první příčinou vad a poruch budoucích staveb.

Ilustrací tohoto stavu je fakt, že největší množství reklamovaných vad např. bytových domů, resp. bytových jednotek jsou vady související s existencí tepelných mostů v obvodových konstrukcích (nejčastěji v místech styků výplní otvorů s obvodovými a střešními konstrukcemi), vady související

s poddimenzováním stavebně akustických vlastností mezibytových stěn a stropů, vady související s nesplněním požadavků na dobu proslunění a intenzitu denního osvětlení apod..

Cestou ke zlepšení uvedeného stavu vede přes vyžadování výpočetních posouzení správnosti navržených konstrukcí, skladeb konstrukcí, detailů či dispozic bytových jednotek.

## LITERATURA

- [1] BREWSTER, M. Q.: Thermal Radiative Transfer and Properties, John Wiley and Sons, New York, 1992
- [2] KEIM L.: Zpráva z průběžného monitorování parametrů vnitřního, venkovního prostředí a prostředí v římsách multifunkčního sportovního areálu Most, VÚPS Praha 2005
- [3] MODEST, M. F.: Radiative Heat Transfer, Academic Press, Inc., second edition, New York 2003
- [4] MORRIS G. DAVIES.: Building Heat Transfer, John Wiley and Sons, Ltd., Chichester, West Sussex 2004
- [5] VAVERKA, J. – CHYBÍK, J. – MRLÍK F.: Stavební fyzika 2 – stavební tepelná technika, VUT Brno 2000.
- [6] VAVERKA, J. a kol.: Stavební tepelná technika a energetika budov, VUT Brno 2006.
- [7] VÁVRA R.: Habilitační práce – Veličiny charakterizující sálavé vlastnosti neprůteplivých stavebních materiálů, Praha 2006
- [8] VÁVRA R.: Technologický den, Pozemní stavby Metrostav a.s., 2004
- [9] ČSN 73 0540-1 – Tepelná ochrana budov. Část 1: Terminologie, ČSNI 2005
- [10] ČSN 73 0540-2 Z1 – Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky, ČSNI 2005
- [11] ČSN 73 0540-4 – Tepelná ochrana budov. Část 4: Výpočtové metody, ČSNI 2005
- [12] Vyhláška č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu
- [13] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- [14] Zákon č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- [15] Fotodokumentace multifunkčního sportovního areálu, Most 2004
- [16] <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodaz/>

# CURRICULUM VITAE

Ing. Roman Vávra, Ph.D.

## Vzdělání:

- dosažení titulu Ing.: 1996, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební
- dosažení titulu Ph.D.: 2000, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

## Praxe:

1995 – dosud: Metrostav, a.s.

1995 – 1997: praktikant, asistent stavbyvedoucího při rekonstrukci Obecního domu na Náměstí Republiky v Praze 1,

1995 – 2006: specialista útvaru technologií a materiálů na centrále,

2006 – dosud: vedoucí útvaru technologií a materiálů na centrále.

## Pedagogická činnost:

1996 – 2007: asistent, odborný asistent a přednášející, Stavební fakulta ČVUT v Praze, katedra stavebních hmot

## Publikační činnost:

- Svoboda, L., Bažantová, Z., Myška, M., Novák, J., Tobolka, Z., Vávra, R., Vimmrová, A., Výborný, J.: Stavebné materiály, Vydavatel: Jaga group, s.r.o., Bratislava 2005. ISBN 80-8076-014-4
- Svoboda, L., Bažantová, Z., Myška, M., Novák, J., Tobolka, Z., Vávra, R., Vimmrová, A., Výborný, J.: Stavebné materiály, Vydavatel Jaga group, s.r.o, Bratislava 2004. ISBN 80-8076-007-1
- Keim, L., Šála, J., Vávra, R.: ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov Část 3: Návrhové hodnoty veličin, 2005
- Vávra, R.: Vliv tepelné odrazivosti povrchových úprav na tepelné ztráty, In: 7. ročník Mezinárodní konference Energy efficiency business week 2000, sborník na CD, Praha Kongresové centrum 2000