

Ing. Lukáš DOŠEK¹⁾
Ing. Stanislav TOMAN²⁾
Ing. Ondřej HLAVÁČEK¹⁾

¹⁾ TechOrg s.r.o., Praha
²⁾ Projektová kancelář ÚT+VZT,
Praha

Projekt vzduchotechniky a zařízení pro odvod kouře a tepla v budovách Vojenského historického ústavu Praha

Design of HVAC System and System for Smoke and Heat Removal in Buildings of the Military History Institute Prague

Recenzent
prof. Ing. František Drkal, CSc.

Příspěvek popisuje projektové řešení vzduchotechniky (VZT) a zařízení pro odvod kouře a tepla (ZOKT), které bylo připraveno pro rozsáhlou rekonstrukci objektů Vojenského historického ústavu Praha. Jde o komplex čtyř historických budov nacházejících se na úpatí vrchu Vítkov v Praze (realizace 1927 až 1929 podle návrhu architekta Jana Zázvorky st.), v nichž dnes sídlí Armádní muzeum Žižkov.

Klíčová slova: projektová dokumentace, vzduchotechnika, zařízení pro odvod kouře a tepla

The paper describes the design of HVAC system (VZT) and smoke and heat removal system (ZOKT), which was provided for extensive reconstruction of buildings of the Military History Institute Prague. It is a complex of four historical buildings located at the bottom of the Vítkov hill in Prague (realization in 1927 to 1929 according to the design of architect Jan Zázvorka Sr.) which nowadays houses the Army Museum Žižkov.

Keywords: design documentation, ventilation, smoke and heat removal system

ÚVOD

Předmětem připravované rekonstrukce památkově chráněných budov (obr. 1) jsou rozsáhlé úpravy, jejichž cílem je modernizace muzejních prostor, výstavních expozic a souvisejícího zázemí tak, aby odpovídaly trendům 21. století a současně byly důstojným místem vojenské historie našeho státu.

Práce na projektové dokumentaci byly provázány nemalými komplikacemi, které bývají s rekonstrukcemi v památkově chráněných objektech obvykle spojeny. Prioritou návrhu bylo uspořádání a koncepce expozic všech výstavních sálů, čemuž se musely přizpůsobit všechny stavební profese. Rekonstrukce se dotýká všech čtyř budov, tj. objektů A, B, C a D popisovaného komplexu.

VZDUCHOTECHNIKA

Všechny expoziční prostory jsou nuceně větrány, včetně některých dalších prostor (kavárna, atrium, zasedací místnosti apod.). Text této kapi-



Obr. 1 Letecký snímek komplexu budov Vojenského historického ústavu Praha, VHÚ (zdroj: VHÚ)

Fig. 1 Aerial photo of the building complex of the Military History Institute Prague, MHI (source: MHI)

toly se zabývá především klimatizací, která zajišťuje požadovanou teplotu a vlhkost ve většině výstavních prostor (konkrétně se jedná o více než 2500 m² výstavní plochy). V části expozic (cca 770 m²) je navržen klasický systém vzduchotechniky, vytápění a chlazení (nucené větrání VZT jednotkou + VRV systém), který zajišťuje požadovanou teplotu, nikoli však už vlhkost.

Základní okrajové podmínky pro návrh

Parametry vnitřního prostředí

Vzhledem k povaze vystavovaných předmětů byly parametry vnitřního prostředí pro návrh stanoveny následovně (viz tab. 1). Rozmezí teplot i vlhkosti je poměrně velké, protože zde nebudou vystaveny předměty, vyžadující stálé klima po celý rok (obrazy, vzácné tisky...). To příznivě ovlivňuje návrh celého zařízení. O vzduchovém výkonu rozhoduje chlazení, pokud by tedy byla požadována teplota vnitřního vzduchu např. 23 °C po celý rok, byl by celý systém podstatně větší.

Tab. 1 Parametry vnitřního prostředí

Tab. 1 Indoor environment parameters

ZIMA	teplota vzduchu	$t_i = 20\text{ °C}$
	relativní vlhkost vzduchu	min. $\varphi_i = 40\%$
LÉTO	teplota vzduchu	$t_i = 26\text{ °C}$
	relativní vlhkost vzduchu	max. $\varphi_i = 60\%$

Tab. 2 Parametry vnějšího prostředí

Tab. 2 Outdoor environment parameters

ZIMA	teplota vzduchu	$t_e = -15\text{ °C}$
	relativní vlhkost vzduchu	$\varphi_e = 90\%$
	entalpie vzduchu	$h_e = -12,9\text{ kJ/kg}_{s.v.}$
LÉTO	teplota vzduchu	$t_e = 33\text{ °C}$
	relativní vlhkost vzduchu	$\varphi_e = 40\%$
	entalpie vzduchu	$h_e = 66,1\text{ kJ/kg}_{s.v.}$

Parametry vnějšího prostředí

Okrajové podmínky byly voleny tak, aby celý návrh byl na straně bezpečnosti a zajišťoval požadované prostředí po celý rok (viz tab. 2). Zejména letní entalpie 66,1 kJ/kg_{s.v.} je vysoká, např. ČSN 12 7010 Změna Z1 (leden 2016) [1] uvádí entalpii pro 99% percentil (procento výskytu) hodnotu jen 64,3 kJ/kg_{s.v.} a pro 99,6% percentil 67,5 kJ/kg_{s.v.} (údaje pro lokalitu Praha – Klementinum).

Návrhové hodnoty tepelných zisků

Hodnota vnějších zisků (viz tab. 3) vychází ze součinitele prostupu tepla obvodové stěny 1,0 W/m².K (jedná se o stávající stěnu, která nebude zateplena). Základním požadavkem projektanta VZT bylo zajistit zastínění stávajících oken tak, aby expozice nebyly ovlivněny zisky od sluneční radiace. Na druhou stranu základním požadavkem profese ZOKT bylo zajistit přívod vzduchu do kouřových sekcí expozic okny. Tyto požadavky byly stavebně řešeny instalací průběžné celoplošné paneláže podél obvodových stěn ve vzdálenosti cca 0,5 m od stěn, která zacloňuje všechna okna. Paneláž má dole nad podlahou průběžný pás perforované plochy o výšce 60 cm, jímž se zajišťuje přívod vzduchu v případě požáru a v některých případech i přívod větracího vzduchu. Funkčnost tohoto nestandardního řešení byla úspěšně ověřena CFD simulací (obr. 9 až obr. 12).

Jak je patrné, cca polovinu tepelné zátěže tvoří AV technika. Velikost tepelných zisků je dána koncepcí muzea jako moderního výstavního prostoru s řadou audio a video prvků.

Tab. 3 Návrhové hodnoty tepelných zisků

Tab. 3 Design values of heat gains

Obsazenost	12 m ² /os
Tepelný zisk na osobu	65 W (= 5,4 W/m ²)
Tepelný zisk – osvětlení	10 W/m ²
Tepelný zisk – AV technika	23–28 W/m ² dle expozice
Vnější zisky	průměrně 5 W/m ²
Celkem	43–48 W/m ²

Další faktory ovlivňující návrh

Kromě klasických vstupních (číselných) parametrů bylo nutno vzít v potaz několik dalších faktorů, které souvisí s tím, že se jedná o památkově chráněný objekt a zároveň muzeum:

- ☐ veškeré umístění i materiálové řešení technologií v exteriéru (a zejména na střeše) musí respektovat požadavky památkové ochrany,
- ☐ investor striktně odmítl jakékoli vedení vody v expozicích (netýká se jen klimatizace, ale např. i kanalizace) z důvodu možného poškození exponátů,
- ☐ umístění zdrojů chladu v exteriéru je velmi problematické z hlediska hluku a vzhledu,
- ☐ zajistit transportní cesty pro montáž velkých zařízení, jako jsou VZT jednotky, je velmi obtížné.

Navržené řešení

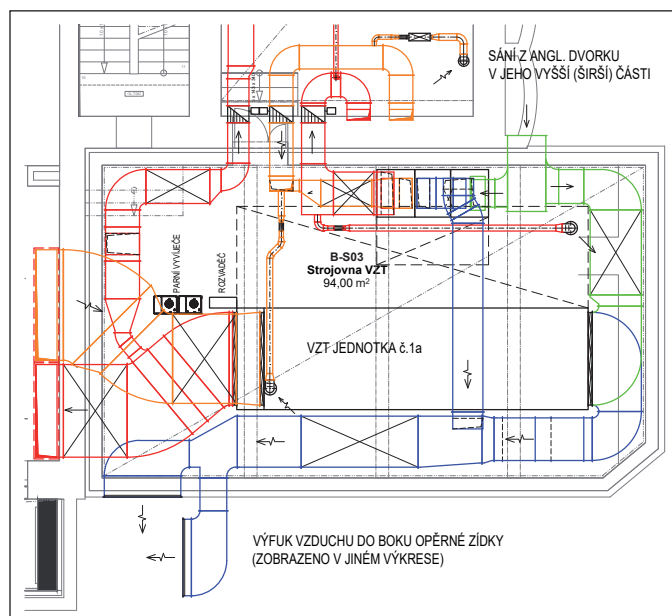
VZT jednotky

Pro zajištění teploty a vlhkosti v expozicích byly navrženy dvě jednotky přesné klimatizace, v projektu označeny č. 1a (obr. 2, obr. 3) a č. 1b (obr. 4). Kvůli nemožnosti použít vodní chlazení a instalovat venkovní zdroje hluku jsou vybaveny integrovaným chlazením. Z hlediska připojení na média tak vyžadují pouze otopnou vodu (vede v instalačním kanálu pod objektem a dále pak mimo expoziční prostory) a elektrickou energii.

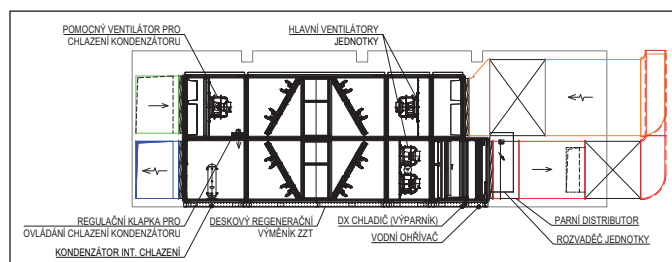
Složení jednotek je následující:

Přívodní část obou jednotek je složena z filtrů (M5+F7), přepínacího deskového regeneračního výměníku ZRT s velmi vysokou účinností přenosu tepla (min. 90 % dle DIN EN 308:1997) a vlhkosti (min. 72 %), směšovací komory, přímého výparníku integrovaného chlazení pro chlazení a odvlhčování vzduchu, vodního výměníku pro ohřev vzduchu, parního zvlhčovače a ventilátoru s EC motorem. Odvodní část je složena z filtru (M5), přepínacího deskového regeneračního výměníku ZRT, směšovací komory, kondenzátoru přímého chlazení a ventilátoru s EC motorem. Jednotky rovněž obsahují pomocný ventilátor pro letní provoz, který zajišťuje chlazení kondenzátoru v období, kdy není možné zajistit jeho chlazení odváděným vzduchem. Parní distributor je z prostorových důvodů navržen tak, aby měl velmi krátkou rozptylovou vzdálenost – max. 50 cm. Srdcem jednotek je potom jejich regulace. Navrženy jsou vysoce kvalitní jednotky od renomovaného výrobce, jejichž regulace pracuje s tzv. h-x modulem, který na základě teplot a vlhkosti v jednotlivých proudech vzduchu dopočítává entalpii a vyhodnocuje optimální chod jednotky z hlediska spotřeby energie.

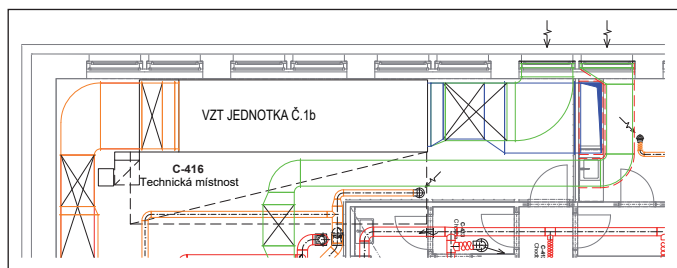
Návrhová teplota přiváděného vzduchu je 16 °C pro léto a 34 °C pro zimu. Vzduchový výkon jednotky č. 1a činí 25 300 m³/h a jednotky č. 1b 10 600 m³/h. Vzduchový výkon pomocného ventilátoru je u obou jednotek vždy o něco vyšší, konkrétně 32 200 m³/h u zař. 1a a 15 800 m³/h u zař. 1b. Je to z toho důvodu, že při zvolené teplotě přívodního vzduchu 16 °C by navržený průtok jednotky nestačil odvádět teplo z kondenzátoru integrovaného chlazení, a je proto nutné použít třetí ventilátor s vyšším průtokem právě pro chlazení kondenzátoru. Větší jednotka 1a



Obr. 2 Umístění jednotky (půdorys) přesné klimatizace č. 1a ve strojovně VZT
Fig. 2 Location (ground plan) of the precision air conditioning unit No. 1a in the HVAC boiler room



Obr. 3 Pohled (vertikální) na jednotku č. 1a s pomocným ventilátorem pro chlazení kondenzátoru integrovaného chlazení v letním období
Fig. 3 View (vertical) on unit 1a with auxiliary fan for cooling of the integrated cooling condenser in summer season



Obr. 4 Umístění jednotky (půdorys) přesné klimatizace č. 1b ve strojovně VZT
Fig. 4 Location (ground plan) of the precision air conditioning unit No. 1b in the HVAC boiler room

je umístěna v samostatné, nově zbudované strojovně v suterénu objektu (obr. 2, obr. 3). Při návrhu hráli roli mj. fakt, že strojovna se nachází na samé hranici pozemku a má proto nepravidelný tvar (zkosení v JV rohu). Rozměry jednotky jsou 8,3/2,4/3,7 m a hmotnost 6,5 tuny. Montáž jednotky je navržena po částech stropem strojovny, strop bude proveden po montáži jednotky.

Menší jednotka č. 1b je umístěna ve strojovně VZT ve 4. nadzemím podlaží (obr. 4). Její rozměry jsou 7,0/1,75/2,4 m, hmotnost 3,5 tuny. Montáž bude nutná opět po částech. V tomto případě bude montáž velmi obtížná, protože se jedná o stávající prostor, kam se bude muset jednotka nastěhovat oknem – z toho důvodu je navrženo dělení na menší transportní díly, než je obvyklé.

Větrání, vytápění a chlazení jednotlivých expozic

Vzduchovody budou od jednotek vedeny do jednotlivých expozic, kde budou zakončeny distribučními elementy (anemostaty s parafínovou kapslí, která mění směr vyfukovaného vzduchu podle teploty přiváděného vzduchu – v zimě směřují teplý vzduch dolů a v létě studený vzduch foukají do boků). Distribuční elementy jsou rozmístěny rovnoměrně po celém prostoru. Odvod vzduchu je zajištěn centrálním odvodním potrubím pod stropem uprostřed místnosti. Každá expozice bude regulována samostatně pomocí VAV regulátorů na přívodu i odvodu. VAV regulátory budou ovládány na základě čidel CO_2 , teplotních čidel a čidel vlhkosti.

ZAŘÍZENÍ PRO ODVOD KOUŘE A TEPLA

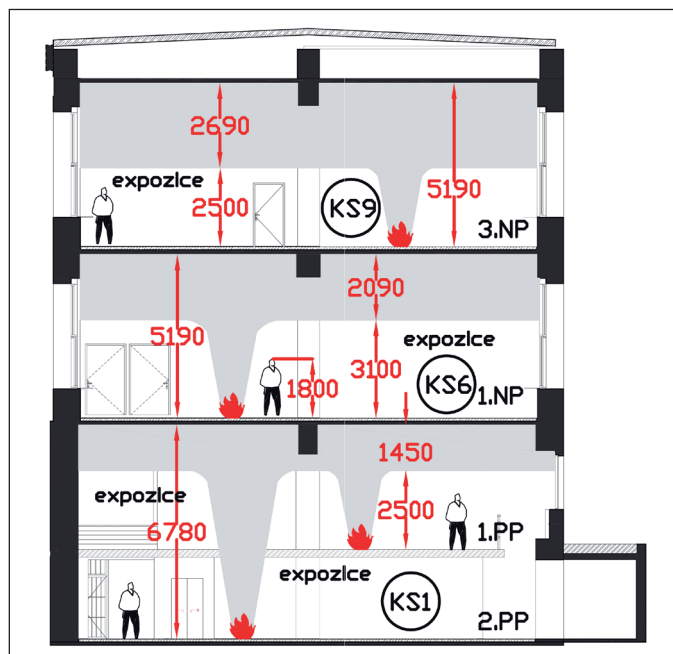
Výchozím podkladem pro návrh zařízení ZOKT byl projekt požární bezpečnostního řešení stavby. Zde byly stanoveny požadavky, ve kterých prostorách musí být navrženo zařízení ZOKT. Jde o následující prostory: **expozice** (jednotlivé expozice jsou umístěny od 2. PP do 3. NP ve třech objektech B, C a D), **vstupní hala** (1. PP, objekt D), **prostor hlavního schodiště v objektu C** (1. NP až 3. NP, objekt C) a nově navrhované **atrium** (1. NP až 3. NP, objekt D). Uvedené prostory jsou součástí **jednoho vícepodlažního požárního úseku**, pro který byl určen II. stupeň požární bezpečnosti.

Jde o prostory, kde z hlediska požární ochrany musí zařízení ZOKT **prioritně zabezpečit ochranu osob** při složitých evakuačních podmínkách. Je evidentní, že dalším cílem je rovněž ochrana majetku, resp. vzácných a mnohdy ojedinělých exponátů nenahraditelného významu.

Stavební a dispoziční řešení jednotlivých expozičních místností, sálů, chodeb, schodišť a dalších prostor tohoto požárního úseku bylo účelně rozděleno do ucelených **kouřových sekcí**, které budou požárně odvětrány zařízením ZOKT.

Požární scénáře a návrhové požáry

Při výpočtu byly zvoleny požární scénáře a návrhové požáry tak, aby co nejvíce odpovídaly pravděpodobnému rozvoji a průběhu požáru v jeho



Obr. 5 Ukázka návrhových požárů v expozicích objektu C

Fig. 5 Example of design fires in exhibition rooms of the building C

počátečním stadiu [2], [3], [5], [6]. Vycházelo se z rozdělení objektu do požárních úseků a kouřových sekcí, požárního rizika a evakuačních podmínek. V objektu je navrženo celkem 11 kouřových sekcí (označení KS1 až KS11). Pro ochranu osob musí být dodržena normou požadovaná čistá (nezakouřená) výška vzduchu alespoň 2,5 m nad podlahou v průběhu evakuace [2]. Jedinou výjimkou bylo nutno stanovit v kouřové sekci KS6 (speciální expozice C-111 v 1. NP), kde byla zvolena hodnota nezakouřené výšky nad podlahou 3,1 m s ohledem na výšku zde vystaveného největšího exponátu – legionářského vagónu, jímž budou procházet návštěvníci (obr. 5). Výpočty prokázaly, že je splněn požadavek na bezpečnou evakuaci osob s dostatečnou rezervou.

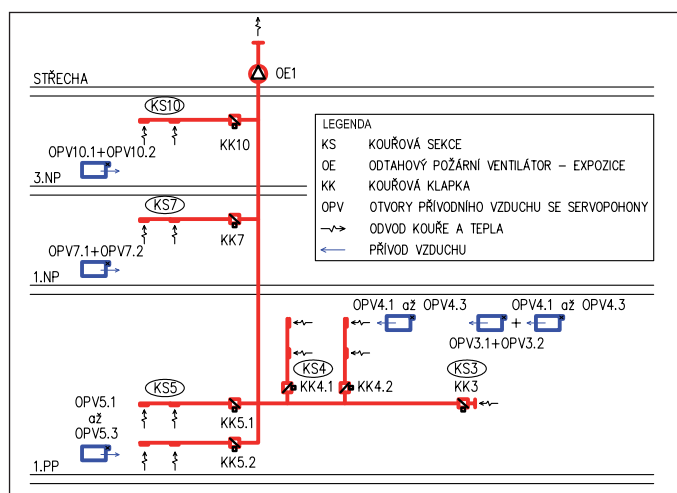
Při výpočtech bylo zohledněno, že v objektu nebude instalováno sprinklerové stabilní hasicí zařízení. Výpočty byly provedeny pro všech 11 kouřových sekcí, přičemž pro návrh zařízení ZOKT byly použity výsledky nejnepríznivějších návrhových požárů v nejvíce exponovaných kouřových sekcích.

Koncepce systému odvodu kouře a tepla

Systém odvodu kouře a tepla bude sestávat z tří zařízení: ZOKT č. 1 – Expozice, ZOKT č. 2 – Expozice, ZOKT č. 3 – Atrium.

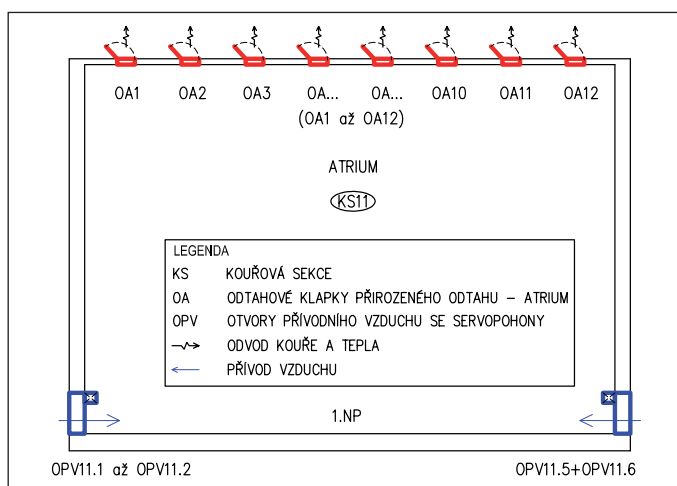
Zařízení ZOKT č. 1 a č. 2 (všechny expozice, vstupní hala, hlavní schodiště) jsou navržena jako **podtlaková s nuceným odvodem kouře a přirozeným přívodem vzduchu**. Odvod kouře a tepla je zajištěn požárně klasifikovaným potrubím (single a multi) [4], [7], [8] a požárními ventilátory [4], [9], [8]. V kouřových sekcích je odtahové potrubí umístěno pod stropem a přes potrubní kouřové klapky [11] zaústěno do společné odtahové trasy vedoucí do svislých šachet a k odtahovým požárními ventilátorům osazeným v půdním a střešním prostoru s výdechem do venkovního prostoru. Přívod vzduchu z venkovního prostředí je zajištěn otevíravými okny, případně dveřmi (viz obr. 6) na základě impulsu od elektrické požární signalizace.

Zařízení č. 3 (Atrium – obr. 7) je navrženo s **přirozeným odvodem kouře a tepla a s přirozeným přívodem vzduchu**. Odvod zajišťují střešní odtahové klapky pro odvod kouře a tepla [10], které jsou opatřeny servopohonem. Přívod venkovního vzduchu je vstupními dveřmi do atria. Zařízení



Obr. 6 Funkční schéma zařízení ZOKT č. 1 – Expozice

Fig. 6 Functional diagram of ZOKT system No. 1 – Exhibition rooms



Obr. 7 Funkční schéma zařízení ZOKT č. 3 – Atrium

Fig. 7 Functional diagram of ZOKT system No. 3 – Atrium

bude v tzv. duálním provedení, umožňujícím jak funkci v případě požáru, tak běžné větrání atria. Prioritu má funkce požárního větrání.

Všechna zařízení ZOKT budou aktivována systémem elektrické požární signalizace (EPS). Graficky je koncepce zařízení patrná z výkresů funkčních schémat (obr. 6, obr. 7).

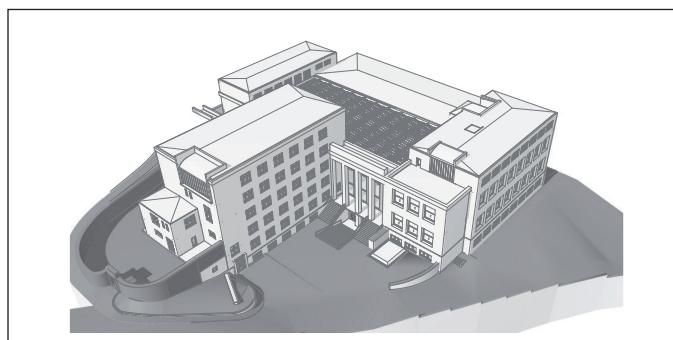
Výkonové parametry zařízení ZOKT

Každé zařízení ZOKT je dimenzováno na základě výpočtů návrhových požárů v nejnepríznivějších kouřových sekcích, které jsou k danému zařízení připojeny. Jednotlivá zařízení ZOKT byla dimenzována podle následujících hlavních návrhových parametrů (viz tab. 4).

Tab. 4 Hlavní návrhové parametry

Tab. 4 Main design parameters

	ZOKT č. 1 – Expozice	ZOKT č. 2 – Expozice	ZOKT č. 3 – Atrium
Objemový průtok odváděného kouře V_o [m³/h]	36 000	48 000	72 800
Objemový průtok přiváděného venkovního vzduchu V_p [m³/h]	22 000	40 000	61 500
Návrhová teplota odváděného kouře $t_{g,návrh}$ [°C]	300	300	200



Obr. 8 Vizualizace komplexu VHÚ Praha s novým zastřešením vnitřního nádvoří (atrium)

Fig. 8 Visualization of MHI Prague complex with new indoor courtyard (atrium)

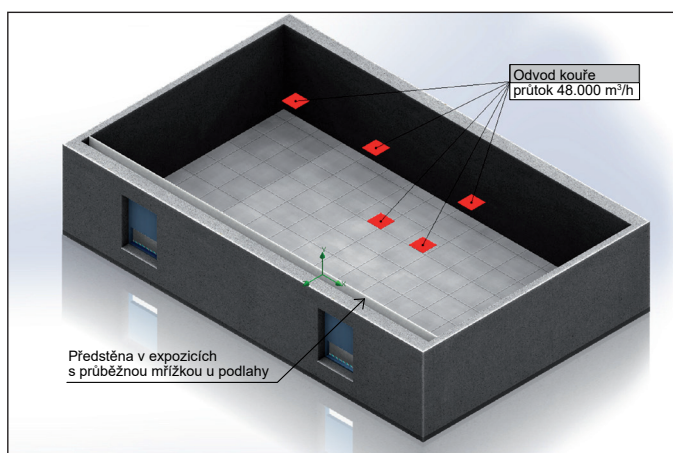
Odvod kouře a tepla

Kouř a teplo jsou z expozičních prostor (ZOKT č. 1 a č. 2) odváděny dvěma centrálními požárními ventilátory ve střešním provedení, zakomponovanými do střešní konstrukce tak, aby bylo vyhověno požadavkům památkářů a současně byla zajištěna požární bezpečnost. Ventilátory musí mít požární klasifikační třídu alespoň $F_{300}/120$ (funkčnost při teplotě 300 °C minimálně po dobu 120 minut).

Z atria (ZOKT č. 3) jsou zplodiny hoření odváděny střešními klápkami pro přirozený odvod kouře a tepla, které jsou zabudovány do nově navrhovaného proskleného zastřešení atria (obr. 8). Tyto střešní klápkové musí mít požární klasifikační třídu alespoň $B_{300}/30$ (funkčnost při teplotě 300 °C minimálně po dobu 30 minut) a dále musí mít klasifikaci spolehlivosti pro otevírání a zavírání Re 1000, klasifikaci při zatížení sněhem SL 250, při zatížení sání větrem WL 1500 a při nízké teplotě okolí T (-15).

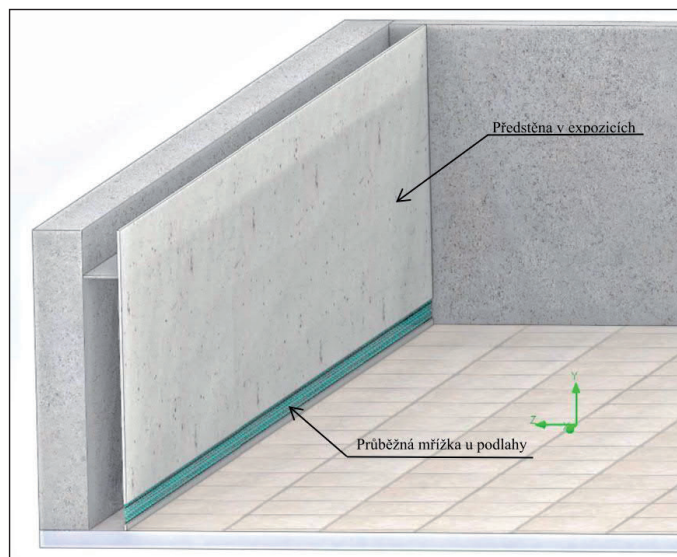
Přívod vzduchu pro zařízení ZOKT

Nedílnou funkční součástí zařízení ZOKT je zajištění přívodu venkovního vzduchu. Musí ho být nejméně tolik, aby v návrhové době, na kterou je zařízení navrhováno a dimenzováno, byla zachována hmotnostní bilance mezi odvodem kouře a přívodem vzduchu, a současně aby v odvětrávaných prostorech byl zajištěn dostatečný podtlak a zplodiny hoření se nešířily do ostatních částí stavby. Přívod vzduchu zajišťují automaticky otevíraná okna, případně dveře. V expozičních prostorech, kde jsou před okny navrženy celoplošné předstěny (důvodem je ochrana exponátů, tj. minimalizace vlivu oken na stálost vnitřního mikroklimatu) je přívod vzduchu zajištěn nestandardním řešením. To spočívá v instalaci průběž-



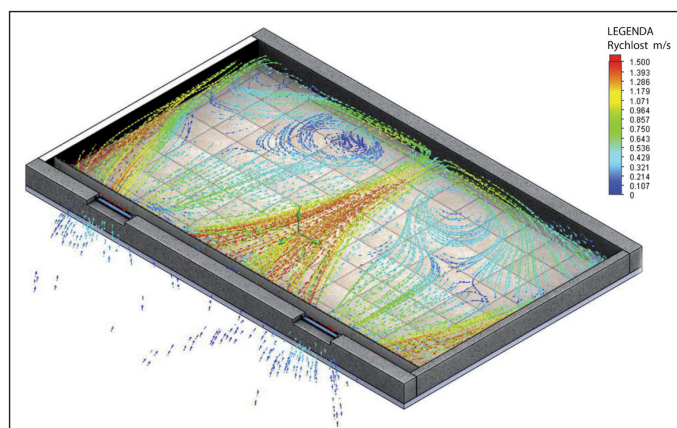
Obr. 9 Modelová CFD konfigurace přívodu vzduchu pro systém ZOKT okny přes vnitřní předstěnu expozic (červené čtverce znázorňují odtahové mřížky pod stropem)

Fig. 9 Model CFD configuration of air supply for the ZOKT system by windows through the internal pre-wall of the exhibition rooms (red squares indicate the exhaust grilles under the ceiling)



Obr. 10 Přívod vzduchu pro systém ZOKT do expozic průběžnou mřížkou nad podlahou (model 3D)

Fig. 10 Air supply into exhibition rooms for the ZOKT system via a continuous grid above the floor (3D model)



Obr. 11 CFD simulace přívodu vzduchu pro systém ZOKT do expozic (rychlostní obraz proudění vzduchu, horizontální řez nad podlahou)

Fig. 11 CFD simulation of air supply into exhibition rooms for the ZOKT system (airflow velocity field, horizontal cross-section above the floor)

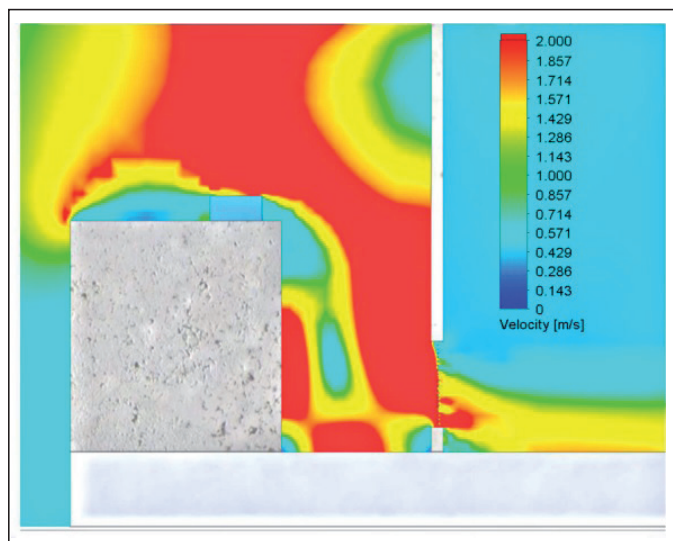
né mřížky osazené v předstěně nad podlahou. Simulační metodou CFD byla funkčnost takového řešení ověřena (obr. 9 až obr. 12).

Kvalitativní požadavky na komponenty zařízení ZOKT

V projektové dokumentaci jsou přesně specifikovány všechny požadavky na jednotlivé komponenty všech zařízení ZOKT. Musí být použity pouze certifikované výrobky, které musí splňovat požadavky harmonizovaných norem řady ČSN EN 12101 (část 1 až 10) a klasifikační normy ČSN EN 13501-4+A1.

Aktivace zařízení ZOKT

V celém objektu bude instalován systém elektrické požární signalizace (EPS), který zajistí aktivaci zařízení ZOKT a prostřednictvím EL jejich uvedení do chodu. Současně se odstaví chod veškeré provozní vzduchotechniky a uzavrou se příslušné požární klapky VZT zařízení. To se netýká požárního větrání chráněných únikových cest. Detekce kouře bude zajišťována kouřovými hlásiči (v případě atria lineárními hlásiči) umístěnými v kouřových sekcích. Požaduje se adresná detekce a identifikace zasažené kouřové sekce v celé její ploše včetně grafické nadstavby systému a monitoring provozního stavu zařízení ZOKT.



Obr. 12 CFD simulace přívodu vzduchu pro systém ZOKT do expozic (rychlostní obraz proudění vzduchu, vertikální řez oknem, prostorem předstěny a přívodní mřížkou)

Fig. 12 CFD simulation of air supply into exhibition rooms for the ZOKT system (airflow velocity field, vertical cross-section through window, pre-wall and inlet grid)

ZÁVĚR

Na internetové stránce Vojenského historického ústavu Praha byla uveřejněna informace, že od 10. července 2017 je Armádní muzeum Žižkov dlouhodobě uzavřeno. Důvodem je komplexní rekonstrukce jeho budovy. Realizační fáze tedy již započala. Předpokládané otevření zmodernizovaného muzea je stanoveno na rok 2020.

Kontakt na autory: lukas.dosek@techorg.cz, sttoman@centrum.cz, ondrej@techorg.cz

Použité zdroje:

- [1] ČSN 12 7010. Změna Z1. Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení. ÚNMZ 2016.
- [2] ČSN 73 0802. Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty. ÚNMZ 2009.
- [3] ČSN 73 0804. Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty. ÚNMZ 2010.
- [4] ČSN 73 0810. Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení. ÚNMZ 2016.
- [5] ČSN EN 1991-1-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. ÚNMZ 2004.
- [6] ČSN P CEN/TR 12101-5. Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 5: Směrnice k funkčním doporučením a výpočetním metodám pro větrací systémy odvodu kouře a tepla. ÚNMZ 2008.
- [7] ČSN EN 12101-7. Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 7: Potrubí pro odvod kouře. ÚNMZ 2011.
- [8] ČSN EN 13501-4+A1. Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 4: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti prvků systémů pro usměrňování pohybu kouře. ÚNMZ 2010.
- [9] ČSN EN 12101-3:2003. Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 3: Technické podmínky pro ventilátory pro nucený odvod kouře a tepla. ÚNMZ 2003.
- [10] ČSN EN 12101-2. Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 2: Technické podmínky pro odtahové zařízení pro přirozený odvod kouře a tepla. ÚNMZ 2004.
- [11] ČSN EN 12101-8. Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 8: Klapky pro odvod kouře. ÚNMZ 2011.