

Ing. Eva HÁJKOVÁ
 doc. Ing. Jiří PAZDERKA, Ph.D.
 ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
 Katedra konstrukcí pozemních
 staveb

Vyhodnocení účinnosti provětrávaných dutin realizovaných u historické budovy porodnice U Apolináře

Efficiency Evaluation of Ventilated Air Cavities Implemented at Historical Building of Maternity Hospital U Apolináře

Recenzent
 prof. Ing. František Drkal, CSc.

Článek popisuje výsledky měření vlhkosti křídla G4 historické budovy porodnice U Apolináře v Praze, kde byla v rámci rekonstrukce realizována provětrávaná dutina za účelem snížení vlhkosti ve zdivu. Experimentálním měřením byly ověřeny teoretické předpoklady účinnosti a funkčnosti použité sanační metody.

Klíčová slova: snižování vlhkosti zdiva, provětrávaná vzduchová dutina, účinnost, historická budova

The paper describes results of humidity measurement at the wing G4 of the historical building of the maternity hospital U Apolináře in Prague, where ventilated air cavity was implemented during the restoration, in order to reduce humidity in the masonry. The experimental measurement verified the theoretical assumptions of the efficiency and functionality of the used rehabilitation method.

Keywords: reduction of masonry humidity, ventilated air cavity, efficiency, historic building

ÚVOD

V současné době jsou u řady objektů realizovány vzduchoizolační sanační metody, jejichž účinnost byla ověřena praktickými zkušenostmi. I tak zůstává stále mnoho nejasností ohledně jejich skutečného účinku na sanovanou konstrukci. Předpokládaný účinek sanace se mnohdy liší od skutečnosti, a to může mít negativní dopad na požadované snížení vlhkosti konstrukce. Důsledkem toho pak může být například změna mechanicko-fyzikálních vlastností konstrukce (zejména modulu pružnosti a pevnosti), což vede ke snižování únosnosti zdiva [1]. V některých případech je pak dokonce nutné provedení dalšího sanačního zásahu.

Pro účely komparace předpokládané a skutečné účinnosti sanace vlhkého zdiva pomocí vzduchoizolačních metod bylo vybráno křídlo historické budovy nemocnice z 19. století v Praze, ve kterém v roce 2010 proběhla rekonstrukce. Porovnáním předpokládaného účinku sanace vlhkosti během rekonstrukce a pět let po jejím ukončení lze posoudit vhodnost a efektivnost navržené sanace pomocí podélné vzduchové dutiny.

STRUČNÝ POPIS VYBRANÉHO HISTORICKÉHO OBJEKTU

Porodnice U Apolináře (obr. 1) se nachází v Praze v městské části Nové Město na pravém břehu řeky Vltavy. Budova v dnešní době slouží gynekologicko-porodnické klinice 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze a patří mezi nejdéle bez přestávky fungující porodnice na světě. Objekt je od roku 1958 zařazen do Ústředního seznamu kulturních památek České republiky.

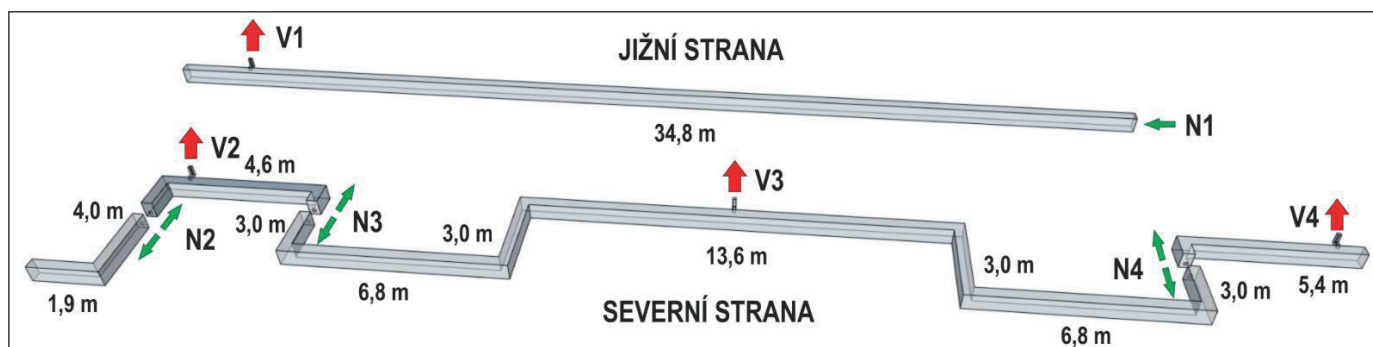
Budova v Apolinářské ulici byla postavena ve druhé polovině 19. století jako Zemská porodnice, která nahradila již nevyhovující původní pražskou veřejnou porodnici. Zemský výbor stanovil požadavek, aby stavba byla z režných, neomítnutých cihel, neboť se věřilo, že jsou bezpečnější z hlediska možného přenosu infekce. Areál Zemské porodnice navrhl a v letech 1865–1875 postavil přední český architekt a stavitel Josef Hlávka. Pro vnější vzhled zvolil novogotický sloh a navrhl stavbu tvořenou soustavou šesti pavilonů s jedenácti trakty a s vnitřním obděl-



Obr. 1 Porodnice U Apolináře (Praha – Nové Město) – celkový pohled
 Fig. 1 Maternity Hospital U Apolináře (Prague – New Town) – complete view



Obr. 2 Pohled na severní fasádu křídla G4 se vzduchovým kanálem a sklepním okénkem
 Fig. 2 View of the northern facade of the wing G4 with air flue and cellar window



Obr. 3 Schéma provětrávané dutiny s nasávacími a výdechovými otvory

Fig. 3 Scheme of the ventilated air cavity with intake and outlet openings

níkovým nádvořím. Od 90. let 20. století probíhá v budově po etapách přestavba jejích interiérů, při níž se daří skloubit moderní lékařské standardy s hodnotami historické architektury.

Objekt je založen na základových pasech z lomového kamene. Nosné stěny, jejichž tloušťka je proměnná v rozsahu 650 až 1 000 mm, jsou v úrovni suterénu a 1. NP převážně ze smíšeného (cihlo-kamenného) zdiva. Fasády jsou členité, v celém rozsahu tvořené keramickými obkladovými prvky, které jsou výrazně ovlivňovány vlhkostí. Na mnoha místech se obkladové cihelné prvky rozpadají, často až do hloubky 40 mm.

Řešená část budovy je částečně podsklepena a zahrnuje historický dutinový systém, který dříve sloužil k provětrávání spodní stavby. Bohužel v minulých letech byl tento dutinový systém zničen, protože kvůli obavám z rostoucího provozu a tím i zvyšování zatížení na stropní konstrukci došlo ke zpevnění stropu, a to tak, že zcela funkční původní dutiny, které spolehlivě sloužily k odvětrávání spodní stavby, byly zabetonovány. Důsledkem tohoto radikálního zásahu jsou značné problémy se vztlínající vlhkostí.

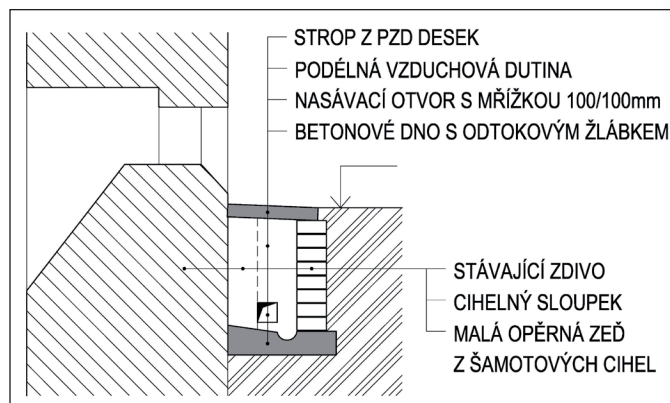
REALIZOVANÉ SANAČNÍ OPATŘENÍ POMOCÍ PODÉLNÉ VZDUCHOVÉ DUTINY

V roce 2010 byla na přání investora zhotovena projektová dokumentace na sanaci vlhkého zdiva metodou vzduchových dutin křídla G4 budovy porodnice (obr. 2). Úkolem návrhu bylo určit způsob snížení vlhkosti obvodového zdiva tak, aby nebylo stavebními pracemi zasahováno do architektonického vzhledu fasády. Při výběru sanační metody tak bylo nezbytné přihlédnout ke skutečnosti, že objekt je památkově chráněn. Z tohoto důvodu byly vyloučeny veškeré destruktivní a invazivní sanační metody (jako je např. sanační metoda uvedená v [2]). Sanace zdiva byla provedena vybudováním podélné dutiny.

Podélná dutina byla zhotovena ve výkopové rýze při severní a jižní fasádě křídla G4 (obr. 3). Její konstrukce je tvořena malou opěrnou zdí z šamotových cihel, betonovým dnem a stropem z PZD desek. PZD desky jsou uloženy na opěrné zdi a na cihelných sloupcích. Dutina má šířku 350 mm a hloubku max. 750 mm. Dno je vyspádováno do odtokového žlábků ve spádu 5 % (příčný profil) a dále k dešťovým svodům ve spádu 1-2 % (podélný profil). Připojení k dešťovým svodům je řešeno novodurovou trubicí průměru 125 mm. Rub obnaženého zdiva je opatřen vápenným povlakem. Uvažováno bylo přirozené proudění vzduchu, které dle předpokladu mělo být zajištěno tepelnými vlastnostmi proudícího vzduchu, tj. rozdílem hustot vzduchu v exteriéru a interiéru dutiny a dále výškovými rozdíly nasávacích a výdechových otvorů, tj. modifikovaným komínovým efektem.

Nasávací otvory 100/100 mm „N2–N4“ byly řešeny vyseknutím drážky do stěn anglických mini-dvorků ve výšce cca 250 mm nad úrovní dna dutiny (obr. 4). Povrch těchto otvorů byl vyhlazen vápennou maltou. Zvláštní nasávací otvor „N1“ se nachází v místě schodiště na jižní straně křídla G4 na podstupnici prvního stupně, ve výšce cca 550 mm ode dna dutiny (obr. 5).

Výdechové otvory „V1–V4“ byly provedeny do parapetů sklepních okének (slepých i funkčních) (obr. 6). Otvory jsou cca 640 mm nad úrovní dna dutiny, v místě parapetu jsou zakryty mřížkou proti hmyzu (obr. 7).



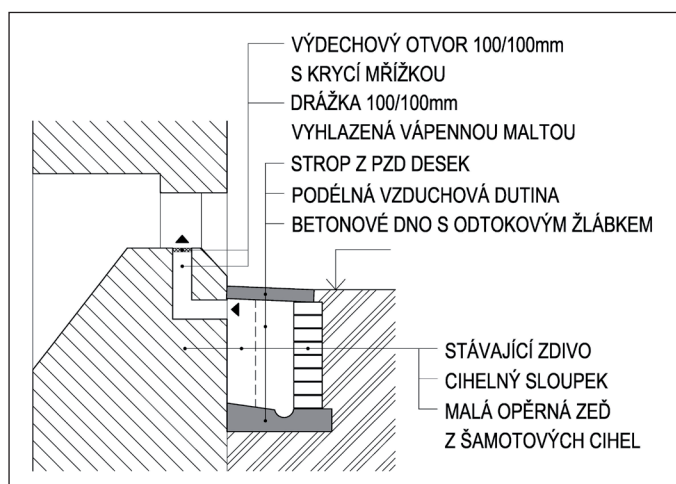
Obr. 4 Detail vzduchového pasivně provětrávaného kanálu s nasávacím otvorem „N2–N4“

Fig. 4 Detail of the passively ventilated air flue with intake opening „N2–N4“



Obr. 5 Schodiště s nasávacím otvorem „N1“

Fig. 5 Staircase with intake opening „N1“



Obr. 6 Detail vzduchového pasivně provětrávaného kanálu s výdechovým otvorem „V1–V4“

Fig. 6 Detail of the passively ventilated air flue with intake opening „V1–V4“



Obr. 7 Výdechový otvor v parapetu okna

Fig. 7 Outlet opening in the window sill

PŘEDPOKLÁDANÉ ÚČINKY VZDUCHOVÉ DUTINY

Za předpokladu plně funkční použité sanační metody by mělo dojít k částečnému snížení množství vody ve zdivu, která se pomocí kapilárního vztlínání šíří ze spodní stavby do vyšších poloh budovy [3], [4]. Základním funkčním principem je snaha o maximalizaci množství vodní páry difundující ze stavební konstrukce. Pro účinné snížení vlhkosti sanované konstrukce je nutné zajistit intenzivní výměnu venkovního vzduchu v bezprostřední blízkosti konstrukce tak, aby nedošlo k dosažení hodnoty relativní vlhkosti přilehlé vrstvy vzduchu $\varphi = 100 \%$. Zároveň je důležité, aby měl přiváděný venkovní vzduch co nejnižší relativní vlhkost φ [%]. Účinnost vysoušení je také dána úpravou povrchu vysušované části konstrukce. Pro dosažení co nejlepší funkce bylo nutno při realizaci po provedení výkopu obnažené zdivo řádně očistit, osekát omítku a spáry vyškrábat do hloubky minimálně 20 mm, aby byla na stěně vytvořena co největší odpařovací plocha.

Je třeba zmínit, že vzduchové izolační metody se obvykle navrhují při hmotnostní vlhkosti cihelného zdiva 7–8 %, protože jejich účinnost je poměrně nízká [5].

SKUTEČNÉ ÚČINKY VZDUCHOVÉ DUTINY, VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Stavebně technický průzkum objektu

Pět let po rekonstrukci byl na objektu proveden autory článku nový průzkum zaměřený na vlhkost [6]. Křídlo nemocnice působí zachovale díky keramickému obkladu, který úspěšně maskuje vlhkostní mapy. Keramické obkladové prvky jsou však výrazně ovlivňovány vlhkostí. V mnohých oblastech se glazované cihelné prvky rozpadají (obr. 8). V některých částech objektu (zejména v interiéru) je pouhým okem velice snadno rozeznatelná přítomnost zvýšené vlhkosti ve zdivu, která se projevuje tmavými, viditelně vlhkými skvrnami (obr. 9). Jednou z hlavních příčin vlhkostních poruch zdiva je působení srážkové vody, která se kumuluje v nejbližším okolí budovy (v okolních terénech a pod chodníkem) a do zdiva vztlíná druhotně. Dalším činitelem, jehož důsledkem je vysoké zavlhčení, je voda vztlínající do zdiva z podzákladí.

Výše popsaná podélná provětrávaná dutina byla realizována pouze při fasádě na severní a jižní straně křídla G4. V západní (čelní) části křídla G4 vzduchová dutina zhotovena nebyla. To znamená, že v tomto místě stavba není chráněna proti zemní vlhkosti žádnou sanační metodou a hrozí tedy pronikání vlhkosti do objektu.

Na jižní straně křídla G4 je přívod vzduchu do vzduchového kanálu zajištěn pouze jedním nasávacím otvorem 100×100 mm v místě schodiště „N1“. Vzdálenost mezi tímto nasávacím otvorem a prvním (a jediným na této straně) výdechovým otvorem „V1“ je přibližně 30 m. Vzhledem ke značně dlouhé vzdálenosti mezi přívodem a odtahem vzduchu je funkčnost celého odvlhčovacího kanálu omezena. Systém není opatřen žádným doplňkovým zařízením nuceného větrání umožňujícím efektivní pohyb vzduchu v dutině. Rozdíl výšky mezi nasávacím a výdechovým otvorem je zhruba 0,8 m. Rozdíl tlaku vzduchu uvnitř kanálu v místě odvodu a přívodu vzduchu je téměř nulový a komínový efekt se zde téměř vůbec neuplatní. Výdechové otvory vzduchového kanálu jsou nedostatečně udržované, jsou zde pavučiny apod. Tím je zcela znemožněna funkčnost celého odvlhčovacího systému.

Stavebně vlhkostní průzkum objektu

V rámci stavebně vlhkostního průzkumu bylo provedeno měření vlhkosti zdiva na venkovní fasádě, uvnitř vzduchové dutiny a v nasávacím a výdechovém otvoru (výsledky měření viz tab. 2). Průzkum byl prováděn kapacitním vlhkoměrem Greisinger GMK 100 (princip měření vlhkosti kapacitním vlhkoměrem je uveden v [7]). Měření přístrojem (nepřímá metoda) by mělo být ještě ověřeno metodou přímou, tj. gravimetrií (odběr vzorků a následná analýza v laboratoři), neboť gravimetrická metoda není zatížena téměř žádnými rizikovými faktory, typickými pro měření vlhkosti pomocí přístrojů. Protože se však jedná o destruktivní metodu měření, z hlediska památkové ochrany objektu nebylo možné tuto metodu použít. Dále bylo provedeno měření teploty a vlhkosti ve výdechovém otvoru pomocí digitálního teploměru a vlhkoměru Greisinger GFTH 95. Na základě naměřených hod-

Tab. 1 Klasifikace vlhkosti zdiva podle [8]

Tab. 1 Masonry humidity classification according to the [8]

Vlhkost zdiva w v % vlhkosti	Stupeň vlhkosti
$w < 3 \%$	velmi nízká
$3 \% \leq w < 5 \%$	nízká
$5 \% \leq w < 7,5 \%$	zvýšená
$7,5 \% \leq w < 10 \%$	vysoká
$w > 10 \%$	velmi vysoká



Obr. 8 Degradace keramického obkladu
Fig. 8 Degradation of the ceramic wall tiling



Obr. 9 Viditelná vlhkost v interiéru
Fig. 9 Visible humidity in the interior

Tab. 2 Naměřené hodnoty vlhkosti kapacitním vlhkoměrem Greisinger GMK 100
Tab. 2 Measured values of humidity according to the capacity hygrometer Greisinger GMK 100

Profil	Výška [m]	Výsledná vlhkost [%]	Hodnocení vlhkosti dle [8]	Profil	Výška [m]	Výsledná vlhkost [%]	Hodnocení vlhkosti dle [8]
1	0,005	9,7	vysoká	15	0,005	8,1	vysoká
	0,6	8,0	vysoká		0,6	5,2	zvýšená
2	0,005	7,1	zvýšená	18	0,005	8,1	vysoká
	0,6	6,4	zvýšená		0,6	5,1	zvýšená
5	0,005	9,1	vysoká	19	0,005	8,3	vysoká
	0,6	5,4	zvýšená		0,6	5,5	zvýšená
6	0,005	10,9	velmi vysoká	22	0,005	8,7	vysoká
	0,6	9,3	vysoká		0,6	7,0	zvýšená
9	0,005	8,6	vysoká	27	0,005	10,2	velmi vysoká
	0,6	7,2	zvýšená		0,6	7,2	zvýšená
10	0,005	9,5	vysoká	34	0,005	7,9	vysoká
	0,6	7,1	zvýšená		0,6	7,6	vysoká
11	0,005	11,3	velmi vysoká	39	0,005	9,6	vysoká
	0,6	8,4	vysoká		0,6	9,0	vysoká

not došlo ke zhodnocení efektivnosti a účinnosti již použité sanační metody, v závislosti na velikosti snížení vlhkosti obvodového zdiva.

Zjištěné hodnoty vlhkosti (tab. 2) byly vesměs v oblasti kategorie vysoké a velmi vysoké, průměrně ve výšce 0,6 m kolem 9,5 %. Hodnoty relativní vlhkosti vzduchu naměřené v nasávacích a výdechových otvorech se pohybovaly od 81,9 do 88,9 %.

Výsledky kapacitního měření

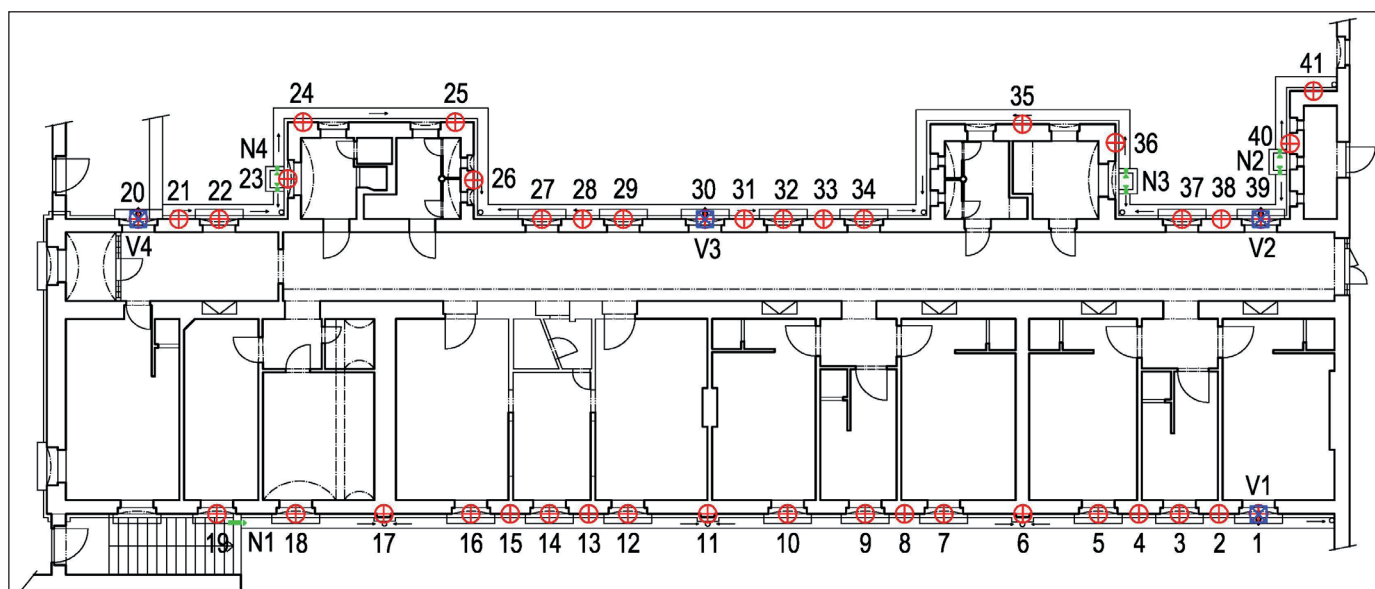
U objektu bylo autory článku provedeno měření celkem na 41 místech, ve dvou výškových úrovních. Místa měření jsou vyznačena na zjednodušeném schématu (obr. 10). Nasávací otvory jsou označeny písmenem „N“, výdechové otvory jsou označeny jako „V“. Vyhodnocení měření vlhkosti bylo provedeno dle normy [8], která předepisuje a

kategorizuje přiměřené a zvýšené hodnoty hmotnostní vlhkosti zdiva, které jsou směrné (tab. 1). Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 2. Výška měřicích bodů je udána od úrovně upraveného terénu, tzn. od horní hrany krycích PZD desek.

ZÁVĚR

S přihlédnutím ke skutečnosti, že se jedná o památkově chráněný objekt, byla při výběru sanační metody vyloučena veškerá opatření invazivního a destruktivního charakteru.

Vzduchoizolační metody jsou vhodnou volbou pro snížení vlhkosti zdiva u historických staveb, neboť svým provedením respektují požadovanou míru ochrany původních stavebních materiálů a konstrukcí. Sní-



Obr. 10 Půdorysné schéma objektu s vyznačenými místy měření kapacitním vlhkoměrem Greisinger GMK 100

Fig. 10 Ground plan of the object with marked points of measurement using capacity hygrometer Greisinger GMK 100

žování vlhkosti zdiva pomocí vzduchových dutin je poměrně zdoluhavý proces, přičemž hmotnostní vlhkost ve zdivu bývá zpravidla snížena maximálně o 4 až 5 %. Měření vlhkosti pomocí kapacitního přístroje potvrdilo přítomnost vztlínající vody ve zdivu.

Výsledky průzkumu a měření provedeného autory článku ukázaly, že navržený způsob snížení vlhkosti zdiva byl principiálně správný, avšak jeho konkrétní provedení v daném případě nevedlo k účinnému provětrávání vzduchové dutiny. Značně dlouhé vzdálenosti mezi přívodem a odtahem vzduchu omezovaly funkčnost odvlhčovacího kanálu a celý princip přirozeného proudění vzduchu. Příčinou nízké účinnosti byla také absence nepřímých sanačních opatření, v tomto případě údržby výdechových otvorů vzduchové dutiny.

Pokud má být provedená sanace vlhkého zdiva daného objektu účinná a spolehlivá, bude potřeba zajistit údržbu výdechových otvorů vzduchového kanálu a rovněž bude nutné zřídit další odvětrávací otvory. Nejefektivnějším řešením by byla obnova historického dutinového systému, který původně sloužil k provětrávání spodní stavby a který se jevil v minulosti jako velmi účinný. Tato úprava již byla provedena u jiného křídla této budovy a účinnost zásahu je hodnocena jako velmi efektivní a systém je plně funkční. Toto řešení je do budoucna uvažováno i v případě křídla G4 v souvislosti s eventuální obnovou suterénu. Zároveň je však finančně velmi nákladný, zejména kvůli manuální náročnosti, a v současné době nejsou na tuto úpravu finanční prostředky.

Kontakt na autora: eva.hajkova@fsv.cvut.cz

Poděkování: Článek byl vytvořen za podpory projektu „Analýza účinnosti moderních metod sanace vlhkých budov“, číslo grantu SGS15/128/OHK1/2T/11.

Použité zdroje:

- [1] WITZANY, J., ČEJKA, T., ZIGLER, R. The Effect of Moisture on Significant Mechanical Characteristics of Masonry. *Engineering structures and technologies*. 2010, roč. 2, č. 3, s. 79 - 85. ISSN 2029-2317.
- [2] PAZDERKA, J., ZIGLER, R. The improvement of the “metal sheets” waterproofing method as a contribution to sustainable building. *Building Engineer*. 2014, roč. 89, č. 1, s. 20 - 23. ISSN 0969-8213.
- [3] PIAIA, J.C.Z., CHERIAF, M., ROCHA, J.C., MUSTELIER, N.L. Measurements of water penetration and leakage in masonry wall: Experimental results and numerical simulation. *Building and Environment*. 2013, roč. 61, s. 18–26. ISSN 0360-1323.
- [4] JANSSEN, H., DERLUYN, H., CARMELIET, J. Moisture transfer through mortar joints: A sharp-front analysis. *Cement and Concrete Research*. 2012, roč. 42, č. 8, s. 1105–1112. ISSN 0008-8846.
- [5] BALÍK, M. *Odvlhčování staveb*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0765-9.
- [6] PAZDERKA, J., HÁJKOVÁ, E. *Závěrečná zpráva projektu SGS13/110/OHK1/2T/11*. Praha: ČVUT, 2014.
- [7] PAZDERKA, J., HÁJKOVÁ, E. Analysis of moisture in masonry. *Building Engineer*. 2014, roč. 89, č. 9, s. 20–24. ISSN 09698213.
- [8] ČSN P 73 0610:2000. Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení.

Absorbéry zemního tepla

Absorpční systém zemního tepla firmy GeoCollect, Hamburg, je navržen k zachycení cenné tepelné energie okolní zeminy pomocí podpovrchového kolektoru plněného směsí voda/glykol z hloubek 1 až 2 metry. Jeden modul v podobě roštu z trubek o délce 900 mm a šířce 350 mm zachytí výkon 100 W. Dvěma absorbéry o ploše 1,4 m² uloženými 2 řadami v hloubce 1,5 m s odstupem 700 mm lze zachytit 145 W. Energii lze přenášet do tepelného čerpadla.

Pramen: CCI 06/2015, s. 24

(AB)

Informace denně již 13 let zdarma!

