

VZDUCHOIZOLAČNÍ SYSTÉM JAKO METODA ODSTRAŇUJÍCÍ VLHKOST ZDIVA V PODZEMÍ

Václav Kupilík, Petra Bednářová

Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích

Abstrakt:

Ve stávající vnitřní zástavbě se zcela běžně vyskytují vlhké zděné objekty provázené plísněmi. Tento nežádoucí stav postihl i budovu jedné základní školy se zapuštěným suterénem s obvodovými stěnami provedenými ze smíšeného zdiva. Tento příspěvek jednak analyzuje podmínky šíření vlhkosti v tomto objektu, jednak řeší výběr sanační metody s méně obvyklou technologií provádění.

Klíčová slova: suterén, vlhkost, plíseň, sanační metoda.

1. Popis posuzovaného problému

Stávající školní budova svým obdélníkovým půdorysem zasahovala do tří ulic v Praze. Centrální vstup byl součástí podélné fasády situované v hlavní ulici, ostatní boční stěny zasahovaly do sousedních dvou kolmých postranních ulic. Školní budova byla stará téměř 120 let a byla v celé ploše podsklepena. Obvodové a vnitřní stěny byly klasické, zděné. Stropy nad suterénem tvořily cihelné klenby, vnitřní příčky byly rovněž zděné. Budova byla provedena bez hydroizolace, vnější suterénní stěny byly na vnější straně vyzděny z opukových kamenů.

Objekt se nacházel v postranních ulicích ve svažitém terénu, v hlavní ulici byl terén rovinný. Byl zapuštěn do terénu v rozdílné hloubce - od cca 1,3 m do 3,5 m. Vnější dešťové svody byly zakončeny litinovými lapači krytin, které byly svedeny do městské kanalizace. Ležaté svody od lapačů krytin byly v hloubce cca 1,1 m pod terénem. V hlavní ulici byl veden městský vysokotlaký vodovodní řád v těsné blízkosti školní budovy.

V suterénu u obvodových stěn byla v podélném směru situována kotelna s odvětráním do jedné z postranních ulic, dále sociální zařízení pro muže a ženy, sklad, tělocvična a posilovna. Suterénní okna měla zkosené parapety, v sociálních zařízeních byly provedené obklady do výšky 1,8 m.

Základová zemina nebyla podrobněji specifikována, vizuálně byla nepropustná s převládajícím hlinitým charakterem. Pod chodníkem byla spíše drobnivá, postupně se zvětšující hloubkou byla její soudržnost vyšší. Hladina podzemní vody v úrovni základů zjištěna nebyla, s ohledem na okolní stavby bylo možno předpokládat, že její hladina se nacházela v bezpečné hloubce pod základovou spárou.

2. Rozložení vlhkosti v suterénu

Jelikož školní budova byla bez hydroizolační vany, zemní vlhkost mohla kapilárně vzlínat porézním zdivem a v důsledku toho vytvářet na vnitřním povrchu suterénních stěn vlhké mapy. Vlhkost se nacházela zejména v pravé části suterénu mezi centrálním vstupem a úsekem mezi rohem hlavní a pravé postranní ulice a celé fasády v pravé boční ulici (posuzováno při pohledu na čelní fasádu). Ve zbývající části suterénu byla vlhkost zatím zanedbatelná.

V zasažené části vlhkem byly situovány tyto prostory: sociální zařízení pro muže a ženy, sklad, posilovna a tělocvična. Na WC-ženy se vlhkost projevovala na obvodové stěně nad keramickým obkladem výšky 1,8 m a valenou klenbou. Ve skladu vlhkost u obvodové stěny zasahovala až ke stropu, u zdi kolmo na vnější stěnu jen k podlaze. V této části se kromě vlhkých map vyskytovaly i plísňe. V místnosti WC-muži odpadávala nejen omítka pod oknem, ale i u parapetu, kde se rovněž nacházely plísňe.

Horší situace byla v posilovně, kde se shromažďovalo více osob. Zde vlhkost vystupovala až pod klenbu, ze stropu opadávala omítka. Toto prostředí bylo natolik pro žáky nevyhovující, že i na opačné straně obvodové stěny se na míčích objevovala plíseň. Sousední tělocvična na tom nebyla o mnoho lépe, poněvadž i tam pod oknem se udržovala vlhkost, v jejímž důsledku opadávala omítka.

3. Ručně hloubené výkopy

Původně se předpokládaly kolem vnějších suterénních stěn ochranné přízdívky, avšak po demontáži lešení a provedení výkopů se prokázalo, že obvodové zdivo v podzemí bylo v přímém kontaktu se zeminou bez jakýchkoli separačních vrstev.

V pravé boční ulici byl vyhlouben výkop v délce cca 25 m a zajištěn příložným pažením. Přibližně asi v jedné polovině délky v zalomeném zdivu se nacházel stávající litinový lapač krytin s napojením na ležatý svod, který probíhal napříč výkopem. Vnější strana obnažené stěny byla provedena z vodorovně řádkovaného opukového zdiva zasahujícího na rohu až do hloubky kolem 3,5 m.

V hlavní ulici bylo vedeno v těsné blízkosti suterénní stěny vysokotlaké vodovodní potrubí, komplikující ruční výkop. Kromě tohoto vodovodního řádu a kanalizačního svodu výkopem procházela celá řada instalací, které se vynucovaly nejen ruční výkop, ale i opatrnost při hloubení. Část suterénní stěny nad terénem byla opatřena kvádry vytvářející sokl. V některých místech, např. na rohu hlavní a pravé boční ulice byly kvádry poškozené. Nejmělčí výkop byl v nevdálenějším místě od rohu, kde dosahoval hloubky cca 1,3 m. Zdivo pod terénem bylo rozšířeno oproti lici o 300 mm.

4. Varianty sanačních opatření

Posuzovaná budova vyžadovala zajištění ochrany proti účinku vztlínající kapilární vlhkosti a vlhkosti migrující ve formě vodní páry z podzákladí a ze zeminy obklopující stavební konstrukci v úrovni pod povrchem terénu. Pro tento účel v současné době existuje celá řada sanačních metod [1], které lze rozdělit na: a) přímé,

b) nepřímé.

4.1. Přímé metody

Přímé metody zahrnují:

- 1) Vkládané hydroizolace prováděné mechanickým způsobem
- 2) Plošné hydroizolace konstrukcí (z prefabrikovaných asfaltových, plastových a pryžových pásů, nátěry a nástřiky hydroizolačních hmot)
- 3) Chemické hydroizolace
- 4) Instalace aktivní elektroosmózy
- 5) Vzduchoizolační systémy
- 6) Ochrana plášťů staveb proti povětrnosti (vodoodpudivé nátěry, povrchová konzervace, těsnění spár)

Mechanické hydroizolace vkládané mohou být realizovány jako:

- a) zarážení desek z nerezového plechu do spár cihelného zdiva,
- b) řezání cihelného zdiva ve spáře řetězovými pilami,
- c) podřezávání smíšeného zdiva (kotoučovými stěnovými pilami),
- d) podřezávání smíšeného zdiva bez omezení druhu a tloušťky lanovou pilou s diamantovým lanem.

Chemické injektážní metody se dělí podle způsobu plnění injektážních vrtů na:

- a) tlakové,
- b) beztlakové - podle druhu injektážní látky rozeznáváme beztlakové injektáže:
 - b₁) utěšňující,
 - b₂) hydrofobizační,
 - b₃) impregnační.

Elektrofyzikální metody mohou být aplikovány jako:

- a) elektroosmotické metody, které charakterizuje:
 - a₁) zdroj potenciálního rozdílu elektromagnetického pole (pasivní a aktivní elektroosmóza, galvanoosmóza),
 - a₂) druh elektrod (kovové a grafitové vodiče, vodiče z grafitové barvy, z vodivého plastu, z chemické clony ve struktuře konstrukcí) při elektroosmóze aktivní,
 - a₃) poloha elektrod.
- b) magnetokinetické přístroje - funkce těchto přístrojů spočívá v tom, že ovlivňují svým vysokofrekvenčním, speciálně polarizovaným elektromagnetickým polem přitažlivé síly mezi molekulami vody a stavební substancí; Kapilární efekt je pak natolik zeslaben, že gravitační pole země, resp. elektrického pole stahuje kapilární vlhkost zpět do podzákladí.

Elektrochemické metody (kombinované) mohou být reprezentovány např. kombinací těsnící injektáže a elektrofyzikálního vysoušení zdiva. V podstatě se jedná o injektážní roztok mající kromě těsnící schopnosti ještě elektrovodivé vlastnosti.

4.2. Nepřímé metody

Nepřímé metody zahrnují zejména:

- a) sanační omítkové systémy,
- b) odvod prosakující a podzemní vody od zdiva pod terénem obvodovou drenáží a opatření pro odvod srážkové od paty zdí,
- c) přirozené a nucené větrání místností a prostor budov,
- d) úpravy povrchové teploty a průběhu teplot v konstrukcích dodatečným zateplením,
- e) snižování obsahu vlhkosti ve vnitřním prostředí budov absorpčními a kondenzačními přístroji a vysušování povrchů stěn suchým teplým vzduchem,
- f) úpravy povrchu a sklonu terénu,
- g) vytváření vodonepropustných přepážek v zeminách a základových půdách (injektáže, štětové stěny),
- h) likvidace následků biokoroze zdiva, dřevěných konstrukcí a prvků.

Sanační omítkové systémy se provádějí:

- a) ze sanačních suchých maltových směsí,
- b) z malt s přídavkem sanační přísady, připravovaných na stavbě.

Vzduchoizolační systémy mají nejdelší tradici v oblasti sanace vlhkého zdiva. Z hlediska aplikace sanační vzduchoizolační metody lze stavby rozdělit do následujících skupin:

- a) Stavby podsklepené s aplikací štol, mezer a kanálků podél konstrukcí s přímým stykem se zemním tělesem (suterénní zdivo),
- b) Stavby nepodsklepené s aplikací odvětrávacích štol okolo základů,
- c) Stavby nepodsklepené se soklovými dutinami – odvětrávané sokly,
- d) Vnitřní izolační přízdívky a obklady,
- e) Anglické dvorky,
- f) Odvětrávané podlahy.

Drenážní systémy umožňují plynulý odtok prosakující srážkové a podzemní vody od objektu. Některé drenážní systémy (např. Technodren) jsou založeny na spojení vodo- i plynotěsné funkce izolační fólie s příznivým působením vzduchové mezery v nopech tvarovaného výrobku, která umožňuje jak odvádění vody, tak i radonu z okolí izolované stavby. Výchozím materiálem je speciálně modifikovaný neměkčený PVC zajišťující rychlé odvedení vody k drenážnímu systému, vytvoření mikroventilační vrstvy, bezpečnou ochranu hydroizolace proti mechanickému poškození a pronikání radonu do spodní stavby.

4.3. Kombinace přímých a nepřímých metod

V praxi se přímé a nepřímé metody velmi často kombinují. Např. mechanické vkládání hydroizolací lze použít společně s chemickým injektážními nebo vzduchoizolačními

metodami, sanační omítky jsou většinou doplňkovou metodou některé metody přímé. I v našem případě by bylo možné kombinovat mechanické podřezání se svislým drenážním systémem, avšak pro správnou volbu takové jednorázové rozhodnutí nestačí.

Při výběru příslušné sanační metody je totiž nutno posoudit celý komplex vlivů a činitelů, které ovlivňují vlhkostní režim stavby tak, abychom preventivně předešli selhání sanační metody zanedbáním některé z příčin zvýšené vlhkosti konstrukce budovy. V souvislosti s ochranou staveb proti zemní vlhkosti je nutné se zabývat i ochranou konstrukce před účinky povětrnosti, srážkové vody, posoudit účinky vnitřního provozu z hlediska vlhkostního režimu a kondenzace vodní páry v konstrukci, tepelný režim budovy v celoročním cyklu, intenzitu větrání a další účinky a vlivy.

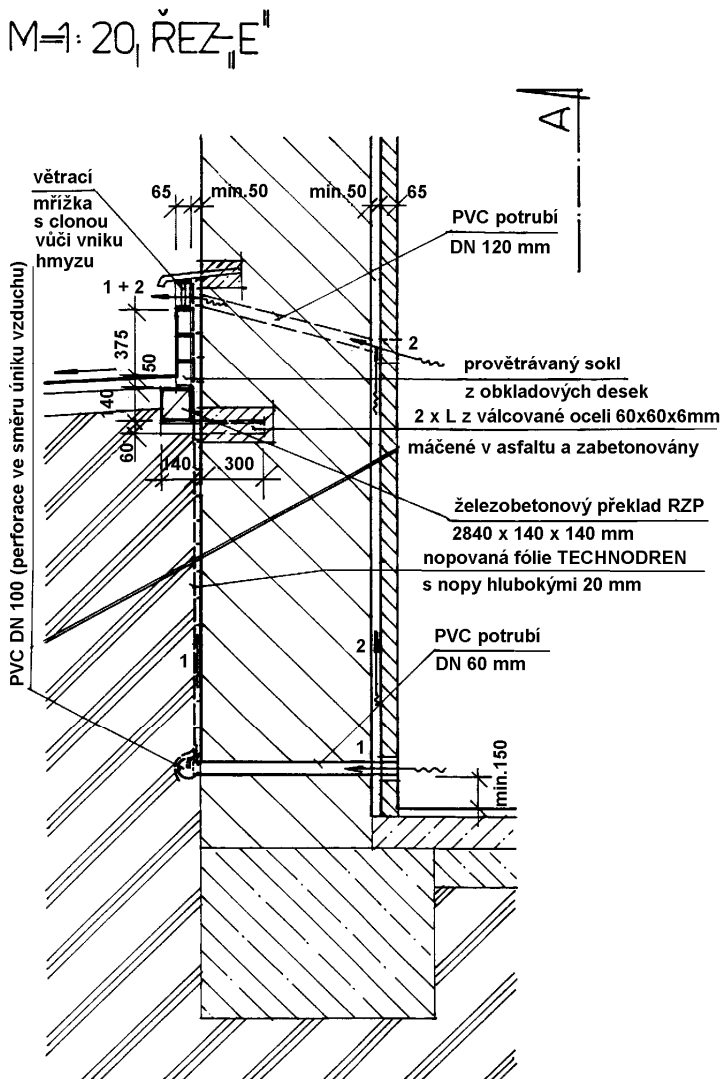
5. Optimální výběr navržené sanační metody

Vzhledem k prokázané vlhkosti v části objektu mezi centrálním vchodem a rohem hlavní a pravé boční ulice a celé suterénní stěny ve pravé postranní ulici se sanace vztahovala pouze na tuto oblast. Ve zbývajících částech, zejména u kotelny, se zatím zdálo být postačující zlepšení výměny vzduchu provětrávacími otvory umístěnými ve dveřích vedoucích do kotelny.

Při výběru optimální sanační metody se vychází z následujících podmínek:

- objekt byl téměř do 2/3 výšky suterénu zapuštěn v terénu (hloubka zapuštění od terénu byla v rozmezí cca 1,3 až 3,5m),
- venkovní kanalizační řad byl položen výše než úroveň dna výkopu obnažených vlhkých suterénních stěn (muselo by být provedeno přečerpání vody ze vsakovací jámy, do které by byla svedena drenáž),
- tloušťka suterénního zdiva dosahovala 900 mm,
- zdivo suterénní stěny bylo smíšené - z vnější strany hygroskopická opuka, z vnitřní strany pálená cihla,
- vnitřní prostor suterénu byl vytápěn,
- kolem objektu byl přiléhající chodník, takže nebylo možno použít otevřený výkop,
- malá propustnost přilehlé zeminy kolem upravovaného objektu,
- vedení vysokotlakového vodovodu pod chodníkem v těsné blízkosti suterénní stěny,
- posuzovaný vnitřní prostor suterénu byl rozdělen mnoha neizolovanými příčkami a nosnými stěnami,
- spolehlivost a účinnost navržené sanační metody,
- rychlost provedení s ohledem na podzimní období,
- možnost případného rozšíření navržené sanační metody i v místech, kde se zatím nerealizovala, neboť celý objekt byl v hlavní ulici dlouhý necelých 60 m a boční strany měly rozměr cca 25 m,
- adekvátní finanční náklady na sanaci,
- umístění suterénních oken poměrně nízko nad terénem (cca do 0,5 m),
- bezproblémová možnost v případné aplikaci dalších doplňkových sanačních metod.

S uvážením všech uvedených faktorů byla navržena metoda [4] využívající na vnitřní straně suterénu proudění vzduchu vyvedeného do fasády, na vnější straně pak přiléhající fólii Technodren odolávající bočnímu tlaku zeminy s nopy tloušťky 20 mm. Tato fólie spojuje vodo- i plynotěsnou funkci s příznivým působením vzduchové mezery v nopech tvarovaného výrobku pro odvod vlhkosti. Její propojení s vnitřním prostorem kanálky ve vzdálenostech 0,8 až 1,0 m je patrné z obr. 1a a 1b.

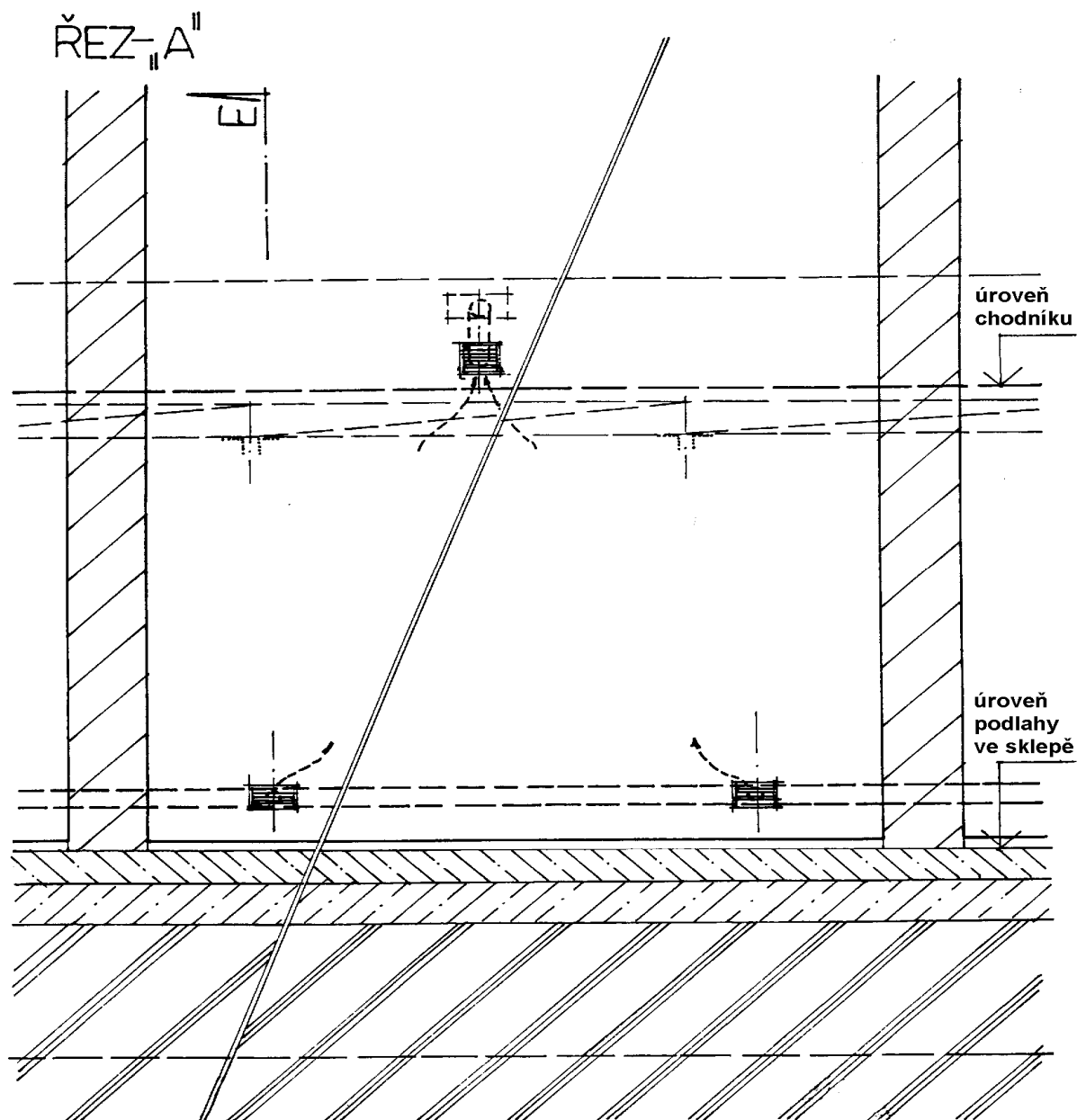


Obr. 1a: Svislý řez obvodovou suterénní odvětrávanou stěnou v návaznosti na obr. 4b

Zdroj: vlastní

Fólie však musela být vyvedena nad terén min. 300 mm, aby byl umožněn odvod proudícímu vzduchu na základě rozdílu teplot a tlaku (diference vodního sloupce) vnitřního a vnějšího vzduchu. Při tom bylo nutno respektovat jednak polohu suterénních oken, jednak tloušťku sněhové pokrývky v zimním období na chodníku, jednak svažující se terén. Z toho důvodu bylo nutno sokl vytáhnout až k parapetům suterénních oken a provést jej ve svažitém terénu odstupňovaně. Vzhledem k blízkosti se zimě bylo nutno na podzim dokončit vytažení fólie nad terén a s vnější úpravou soklu pokračovat až na jaře následujícího roku.

S ohledem na tuto skutečnost, odolnost soklu proti povětrnostním vlivům, odstříkující srážkové vodě a mechanickým nárazům, architektonický vzhled budovy, životnost, způsob a pracnost provedení (na nopované fólii bez nosiče nelze provádět omítkoviny) byl navržen předsazený sokl s provětrávací dutinou zhotovený ze zavěšených desek.



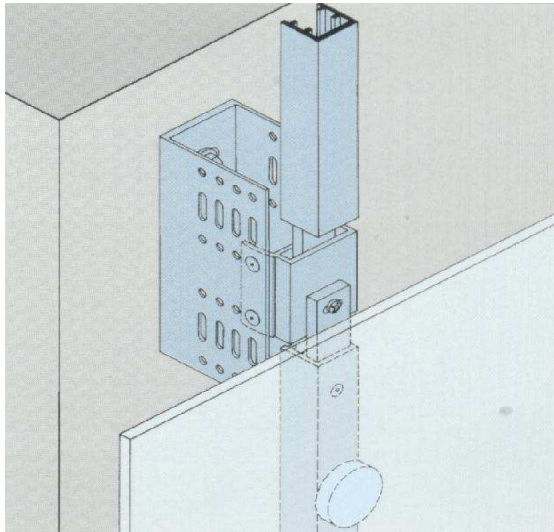
Obr. 1b: Vnitřní pohled na odvětrávací otvory v návaznosti na obr. 1a
Zdroj: vlastní

6. Varianty vnějšího soklu

Provětrávané sokly umožňují osazení desek ve svislé poloze, ačkoliv podklad není ideálně rovný. Montují se nezávisle na počasí a mohou být přesně rektifikovány. Zavěšené provětrávané sokly mohou být provedeny z obkladových desek kamenných (vzhledem k charakteru a nátěru budovy např. z travertinu nebo z umělého kamene s různou zrnitostí. Jejich zavěšení lze realizovat pomocí různých kovových příchytek, jak je zachyceno na obr. 2 a 3.

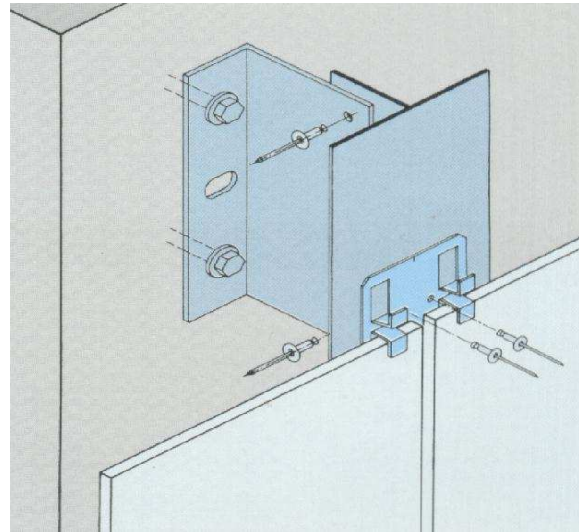
Krycí deska chránící dutinu před zatékáním může být buď kamenná, keramická nebo plechová, ale v každém případě zakončená okapničkou nebo žlábkem na rubové straně desky

pro odkapávání dešťové vody. Také dostatečný přesah by měl chránit mřížku s vývodem proudícího vzduchu do vnějšího prostředí.



Obr. 2: Připevnění pomocí disků

Zdroj: vlastní



Obr. 3: Připevnění desek pomocí rohových úchytek

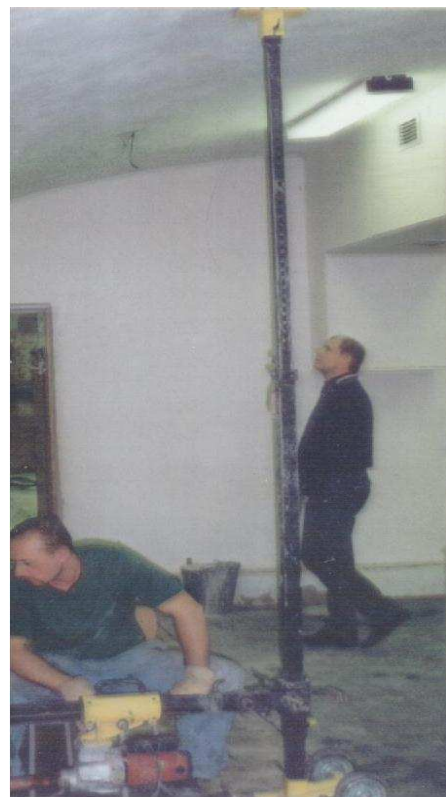
Zdroj: vlastní

7. Technologický postup při provádění

Při realizaci zvolené sanační metody (obr.1a) byly provrtávány spodní kanálky z interiéru lehkou vrtací soupravou z interiéru rozepřenou mezi stropem a podlahou (obr. 4), a to v mírném spádu (podobně jako u zaústění sopouchu do komínu) ze dvou důvodů:

- a) pro zlepšení tahu odváděného vzduchu,
- b) aby případná kondenzace vodní páry uvnitř stěny mohla stékat do plastového nebo plechového kanálku umístěného ve vnitřní dutině mezi novou vnitřní příčkou a stávající stěnou. Tento kanálek byl vyspádován (min. 1 %) do rohu jednotlivých místností a v těchto místech opatřen otvorem výměnu nádoby s případným kondenzátem. Toto opatření bylo však předpokládáno jako pojistné řešení, poněvadž při dobrém tahu se vlhkost měla odvádět proudícím vzduchem.

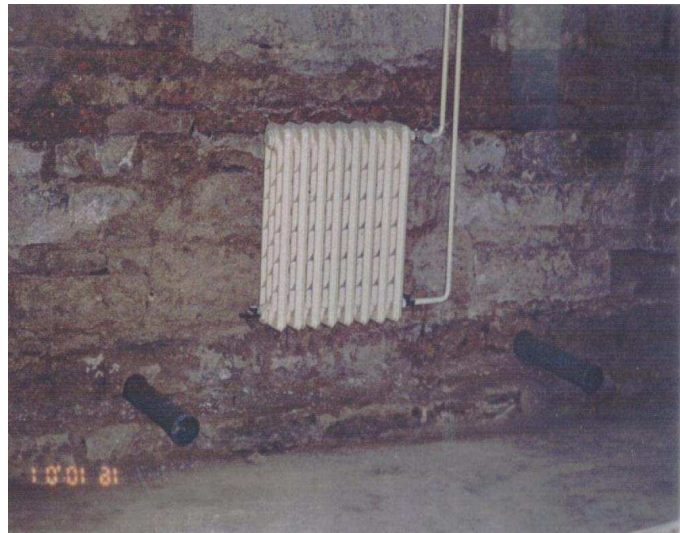
Na vnitřní straně suterénní stěny byly vývrty provedeny tak, aby po položení podlahy vyčnívaly cca 100 mm nad úroveň nášlapné vrstvy (obr. 5). Na vnější straně byly kanálky ve spodní části podlahy zaústěny do většího vodorovného potrubí z tlakového plastu (např. polypropylénu) \varnothing 100 mm, který byl v horní části



Obr. 4: Lehká přenosná vrtací souprava s rozepřením mezi podlahou a stropem

Zdroj: vlastní

proříznut co největším počtem štěrbin pro odvod přiváděného vnitřního vzduchu a dočasně zakryt páskou proti zanesení nečistotami (obr. 6). Čela tohoto vodorovného potrubí byla vodotěsně uzavřena a nopovaná fólie přetažena přes toto sběrné potrubí (těsně před zakrytím sběrného potrubí byla krycí ochranná páska odstraněna). Tímto způsobem bylo možno i zabránit případné zvednuté hladině spodní vody,



Obr. 5: Vrtání příčných otvorů ze suterénních prostorů

aby nedocházelo k jejímu zatékání zpětně do interiéru. Sběrné potrubí mělo být pro stabilizaci podbetonováno a kolem zasypano makadamem nebo hrubým štěrkem.

Zdroj: vlastní

Příčné spádované kanálky ve spodní části podlahy byly ve zdivu v horní části perforovány pro průnik vlhkosti seshora do potrubí, dno však bylo bez otvorů pro případný odvod kondenzátu. Vložené trubky \varnothing 60 mm v příčných kanálcích v maximálních osových vzdálenostech do 1 m byly ukončeny ve vnitřní dutině (obr. 7).



Obr. 7: Vývody příčného plastového potrubí do interiéru

Zdroj: vlastní



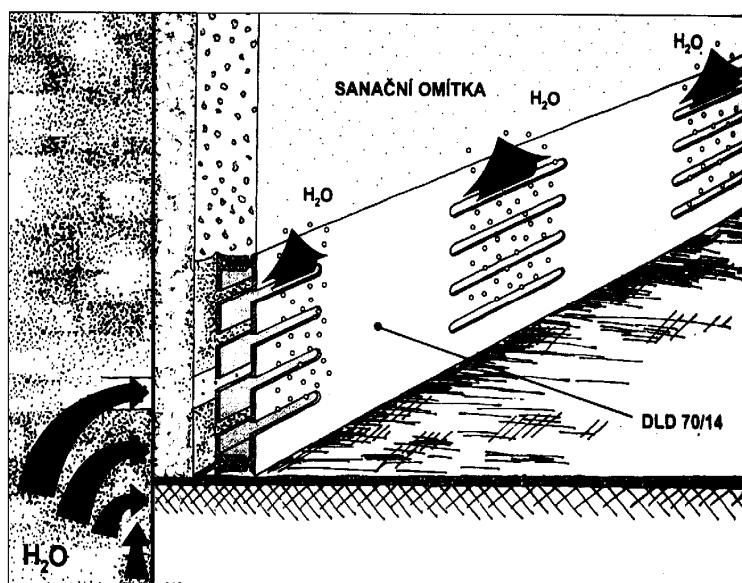
Obr.6: Kolmé napojení příčných otvorů do sběrného potrubí před zakrytím nopovanou fólií (žlutočerná páska má funkci dočasné ochrany před zanesením zeminou)

Zdroj: vlastní

Horní kanálky, umístěny vzhledem ke spodním kanálkům střídavě, byly vrtány opačně, tj. z exteriéru do interiéru. Jejich sklon závisel na výškových poměrech terénu vůči stropu podzemních místností, ale v každém případě musely být vyspádovány směrem dovnitř. Minimální šířka vnitřní dutiny byla 50 mm.

Pro další vylepšení odvodu vlhkosti ze zdiva bylo možno v interiéru pod omítku nebo jiný podklad provést přechod mezi podlahou a svislou stěnou pomocí perforované difúzní lišty (obr. 8). Difúzní lišta je vyrobena ze speciálního PVC a dovoluje vlhkosti difundovat na základě vzduchových kanálků. Materiál použitý k výrobě je netoxický, požárně samozhášivý, vyhovující jak normě IEC 1048-1, tak ČSN 37 0001. Bílý povrch lze barevně upravit akrylátovými barvami. Rozměry lišty jsou 70 x 14 x 2500 mm, velikost otvorů je 4 x 50 mm. (Orientační cena z r. 2000 je 85,-Kč/1bm).

Vzhledem k tomu, že suterénní stěna byla pod terénem rozšířena, bylo nutno z vnější strany stěnu přisekat, popř. proříznout a zarovnat tak, aby její zkosení od vodorovné roviny bylo alespoň 70°. Vyvedení nopované fólie nad terén mělo být alespoň 300 mm z důvodu sněhové pokrývky v zimním období. Přesahy jednotlivých fólií byly provedeny na vzdálenost pěti nopů. Provětrávací kanálky byly zakončeny provětrávací mřížkou pod krycí deskou, která s dostatečným přesahem zakrývala dodatečně osazený zavěšený sokl z obkladových desek (viz předchozí oddíl 6).



Obr. 8: Difúzní lišta dvoudílná interiérová 70/14 nad podlahou

Zdroj: vlastní

Pod nízkými suterénními okny byla nopovaná fólie zakončená pod parapetem. Ostění kolem otvorů bylo buď přisekáno a obloženo kontaktním způsobem nebo bylo možno okna vyměnit za menší a potom přisekání vynechat. Volbu materiálu pro obkladový materiál bylo nutno jednak prokonzultovat s Pražským ústavem památkové péče, jednak podmínit finančními možnostmi a architektonickým vzhledem.

8. Závěr

Navržená sanační metoda respektovala požadavky investora a specifické podmínky budovy staré více než 100 let. Umožnila případné rozšíření i v těch místech, kde zatím není realizována a bezproblémovou návaznost na další stavební úpravy.

Použitá literatura

- [1] KUPILÍK, V. Poruchy v suterénech vlivem vlhkosti. *Projekt*, 3, 1999, č.7–8, str. 32–35 ISSN 1211-9490.
- [2] KUPILÍK, V. Poruchy v suterénech vlivem vlhkosti (pokračování). *Projekt*, 3, 1999, č. 9, str. 36–37. ISSN 1211-9490.
- [3] KUPILÍK, V. Poruchy v suterénech vlivem vlhkosti (dokončení). *Projekt*, 3, 1999, č. 10, str. 36–37. ISSN 1211-9490.
- [4] KUPILÍK, V. Odborný posudek k odstranění nadměrné vlhkosti z 23. 9. 2009
- [5] <http://www.dashofer.cz/?cid=9934&coolurl=1>

AIR – INSULATION SYSTEM AS METHOD LIQUIDATING MOISTURE OF MASONRY IN BASEMENT

Abstract:

Humid buildings with moulds occur quite usually in the existing internal development. Such undesirable technical state also affected one of school building with in-ground basement whose exterior walls are carry out from composite masonry. On the one hand this paper analyses the conditions of moisture migration, on the second hand it solves the selection of maintenance method with less used technology.

Key words: basement, dampness, mold, Remediation method.

Kontaktní adresa:

doc. Ing. Václav Kupilík, CSc., Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, Okružní 517/10, 370 01 České Budějovice, e-mail: kupilik@mail.vstecb.cz

Ing. Petra Bednářová, Ph.D., Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, Okružní 517/10, 370 01 České Budějovice, e-mail: bednarova@mail.vstecb.cz