

# OBVODOVÉ STENY BUDOV A KONŠTRUKCIE Z PÓROBETÓNU ZALIATE PRI POVODNI

## FLOODED PERIPHERAL WALLS OF BUILDINGS AND STRUCTURES FROM POROUS CONCRETE

SVETOZÁR BALKOVIC

Predmetom štúdia je správanie sa pórobetónu dlhodobo vystaveného účinkom vody pri povodni. Na základe pozorovaní zaliatých budov a získaných výsledkov možno potvrdiť, že pórobetón je vhodný na použitie aj v oblastiach vystavených nebezpečenstvu povodní, keďže zaliatie nespôsobuje trvalé zhoršenie jeho úžitkových vlastností (trvanlivosť, mineralogické zloženie, odolnosť voči vzniku plesní). Voda obsiahnutá v póroch autoklávovaného pórobetónu má alkalickú reakciu, ktorá zabraňuje vývoju väčšiny mikroorganizmov. Správne postavené budovy z pórobetónu po ich vyschnutí a renovácii môžu byť úspešne naďalej používané.

*This investigation is aimed to examine behaviour of porous concrete exposed to flood water effects in the long term. Monitoring of flooded buildings and the results obtained have proven that porous concrete is suitable for employment even in areas exposed to flood hazards. It is due to the fact that flooding does not cause permanent deterioration*

*of its utility characteristics (durability, mineralogical composition, resistance to mould generation). The water contained in pores of steam-pressure cured concrete has alkali reaction which prevents development of most microorganisms. Well-constructed buildings from porous concrete can be further used after drying up and renovation.*

V tomto roku uplynulo štyridsať rokov od veľkej povodne, ktorú na južnom Slovensku spôsobil Dunaj (kulminácia v Bratislave 15. 6. 1965). Povodeň zničila 3910 a poškodila 6180 domov. Po ustúpení vody na zaliatom území bolo potrebné asanovať mnohé objekty. Neporušené zostali objekty a rodinné domy z pórobetónu postavené z tvárníc z vtedajších závodov na výrobu pórobetónu v Bratislave a v Šaštínskych Strážach, ktoré sa mnohé po vysušení a renovácii používajú podnes. Po dobrých skúsenostiach s týmto stavebným materiálom sa rozhodlo o výstavbe závodu na výrobu pórobetónu v Dolnej Stredě (Sereď), v ktorom začala výroba veľmi rýchlo už v roku 1968, a pri-

spela tak k obnove zatopeného územia.

Nanešťastie sa tieto podmienky v tom období nevyužili na štúdium správania sa pórobetónu a jeho vlastností pri a po povodni, takže nemáme z tohto obdobia dostatok hodnoverných podkladov. V ostatnom období v dôsledku či už klimatických zmien (globálne otepľovanie), alebo rôznych iných príčin stúpa počet lokálnych povodní na celom území Európy, v rámci ktorých dochádza k zaliatiu objektov na postihnutom území. Ďalej uvedené závery z doložených pozorovaní v Poľsku po povodni v roku 1997 budú nepochybne zaujímavé aj pre širokú odbornú verejnosť.

V dôsledku povodne sa v júli 1997 mnoho budov v západnej časti Poľska ocitlo pod vodou počas viacerých dní. Vznikla otázka, ako sa správajú stavebné materiály zaliatých budov, z ktorých boli stavby zhotovené.

Na základe skorších výskumov a pozorovaní je známe, že pórobetón je materiál, ktorý sa osvedčil v obtiažnych užívateľských podmienkach, napr. v tróпоч, odolnosťou voči hubám a plesniam, nevznikla však príležitosť na preverenie, či jeho vlastnosti sa nezmenia pod vplyvom častokrát niekoľkokmetrového stĺpca povodňovej vody obsahujúcej rôzne organické zlúčeniny a chemikálie.

To bolo motiváciou na prehĺbenie vedomostí v tomto smere. Obvodové steny vytipovaných budov boli zhotovené z pórobetónu vyrobeného firmou YTONG a v iných miestnych pórobetónkach. Naprogramovali sa nasledujúce úlohy:

- základná obhliadka budov zaliatých počas povodne,
- preverenie vysychania obvodových stien budov alebo dielcov v závislosti od času,
- preverenie vybraných vlastností pórobetónu ako: pevnosť v tlaku, analýza štruktúry pórovitosti, mineralogické zloženie,

Tab. 1 Výsledky meraní vysychania stien z pórobetónu

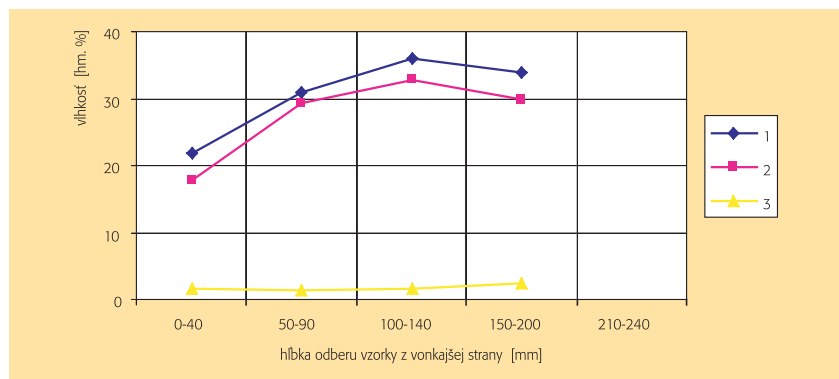
Tab. 1 Measurement results of drying out of walls made of porous concrete

Číslo obj.	Termín merania	Vlhkosť [%]							Priemer
		Hĺbka odberu vzorky z vonkajšej strany [mm]							
		0 až 50	6 až 100	110 až 160	170 až 200	210 až 250	260 až 300	310 až 360	
1	09/97	18,7	21,4	21,7	20,5	14,1			19,3
	12/97	10,6	21,6	28,1	30,3	24,4			23,0
	06/98	8,5	13,2	14,7	14,4	14,0			13,0
	10/98	5,6	5,5	4,9	4,9	5,5			5,3
2	09/97	22,8	34,8	38,8	39,4	38,1	34,1		32,8
	01/98	14,9	25,3	29,7	30,5	29,3	25,2	21,7	24,4
	06/98	8,1	15,4	18,7	18,5	18,3	16,5	15,6	15,4
	10/98	12,1	8,4	8,3	9,6	9,0	8,4	12,5	9,3
3*	09/97	22,0	31,0	36,0	34,0				30,8
	12/97	18,0	29,3	32,7	29,8				27,5
	10/98	1,7	1,3	1,7	2,3				1,6
4	10/97	51,0	52,0	51,0	50,0	50,0			50,8
	12/97	13,4	17,3	18,0	17,7	14,4			16,2
	02/99	4,5	6,8	6,7	6,3	4,3			5,7
5	10/97	32,7	37,3	34,1	33,7	31,6			33,9
	12/97	24,3	26,0	34,1	32,9	28,3			29,1
	02/99	12,8		26,7	25,5	26,6			22,9
6	10/97	43,3	45,3	44,6	44,0	40,3			43,5
	02/99	14,0	16,4	19,1	20,3	20,8			18,1

\* Objekt bol počas dvoch mesiacov vetraný a vysušovaný teplým vzduchom

Obr. 1 Priebeh vysychania 240 mm pórobetonovej omietnutej steny (objekt č. 3), 1 – september 1997, 2 – december 1997, 3 – október 1998

Fig. 1 The process of drying up of a 240 mm plastered wall built of porous concrete (construction No 3), 1 – September 1997, 2 – December 1997, 3 – October 1998



- mikrobiologické rozbery (huby, plesne, baktérie).

### POPIS ŠTUDOVANÝCH OBJEKTOV

Na štúdium boli vybrané nasledovné objekty:

1. Laboratórium IMiGW Wrocław, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego, budova vo výstavbe, použitý pieskový pórobeton. Zaliate do výšky 0,6 m, voda sa udržiavala štyri dni.

2. Budova občianskej vybavenosti s bytmi, Wrocław, ul. Czarnieckiego, použitý pieskový pórobeton, pred povodňou bez omietok, zaliate do výšky 1 m, voda sa udržiavala dvadsať dní.

3. Obytná budova v Buszkowicach Małych, niekoľko rokov v prevádzke, použité tvárnice z pieskového pórobetonu obojstranne opatrené omietkou. Zaliate do výšky 1,8 m nad úrovňou terénu, voda sa udržiavala viac ako tri týždne s postupným znižovaním úrovne.

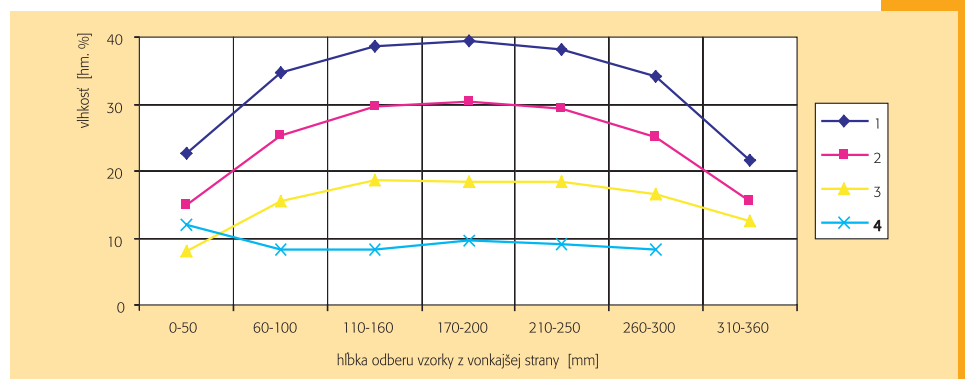
4. Veľká obytná budova v Kotowicach k. Wrocławia, počas povodne v stave výstavby, použité tvárnice z pieskového pórobetonu. Zaliate do výšky okolo 1,8 m, voda sa udržiavala viac ako tri týždne s postupným znižovaním úrovne.

5. Objekt v Olzie, dielňa používaná niekoľko rokov, použité tvárnice z pórobetonu na báze popolčeka z čierneho uhlia, obojstranne opatrené omietkou. Zaliate do výšky 2 m nad úrovňou terénu, voda sa udržiavala viac ako dva týždne.

6. Objekt v Raciborze, ohrievaná dielňa užívaná viac ako dvadsať rokov. Použité tvárnice z pórobetonu na báze popolčeka obojstranne opatrené omietkou. Zaliate do výšky okolo 2,2 m nad úrovňou terénu, voda sa udržiavala viac ako dva a pol týždňa.

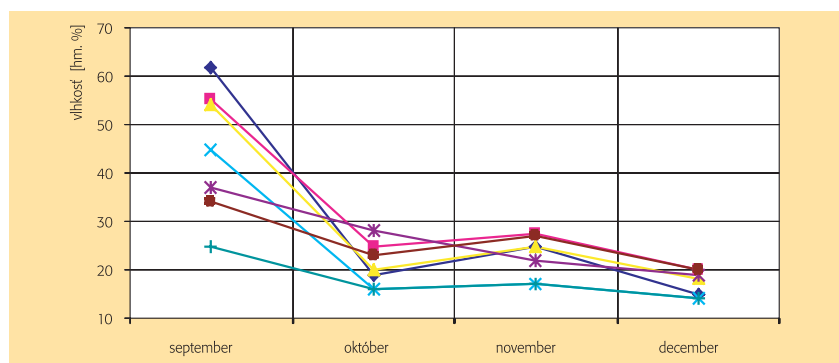
7. Obytná budova Wrocław, ul. Mysłowicka, použité tvárnice z pieskového pórobetonu, pred povodňou bez omietok. Zaliate do výšky 0,7 m, voda sa udržiavala viac ako štrnásť dní.

8. Sklad stavebných materiálov "Budus", Wrocław, ul. Bricknera, počas povodne



Obr. 2 Priebeh vysychania 360 mm pórobetonovej neomietnutej steny (objekt č. 2), 1 – september 1997, 2 – január 1998, 3 – jún 1998, 4 – október 1998

Fig. 2 The process of drying up of a 360 mm plastered wall built of porous concrete (construction No 2), 1 – September 1997, 2 – January 1998, 3 – June 1998, 4 – October 1998



Obr. 3 Vysychanie pórobetonových tvární odobratých z priestorov zasiahnutých povodňou september – december 1997

Fig. 3 Drying up of porous concrete units taken from spaces affected by the flood of September – December 1997

a počas celého obdobia trvalo sledovaný. Tvárnice z pieskového pórobetonu uložené na paletách, továrensky fóliované, voľne uložené na skladovacej ploche. Skladovacie priestory zaliate do výšky 0,8 m, voda sa udržiavala viac ako štyri dni.

### NAVLEHNUTIE PO POVODNI A VYSYCHANIE PÓROBETÓNU

Meranie vlhkosti sa uskutočňovalo v čase

od septembra 1997 do februára 1999 na vzorkách pórobetonu získaných ako:

- valcové vývrty odobraté zo stien objektov,
- samostatné pórobetonové tvárnice odobraté zo skladov jednotlivých objektov a uložené vo forme steny chránenej pred dažďom (v CEBET-e Varšava) – tento spôsob umožňoval voľné vysychanie.

Druh steny	Vlastnosť	Pórobetón z popolčeka	Pórobetón z piesku
Jednovrstvová	Ekvivalentná difúzna hrúbka vonkajšej povrchovej úpravy [m]	0 až 1,5 1,5 až 2	0 až 1,5 1,5 až 2
	Čas vysychania [rok]	3 až 6 5 až 7	2 až 3,5 4 až 6
	Hodnota ustálenej vlhkosti [%]: priemer maximum	4,5 5,5 6 7	3 3 5 5
Dvojrvtvová	Ekvivalentná difúzna hrúbka vonkajšej povrchovej úpravy [m]	0 až 1,5 1,5 až 2	0 až 1,5 1,5 až 2
	Čas vysychania [rok]	- 6 až 11	5 až 8 -
	Hodnota ustálenej vlhkosti [%]: priemer maximum	- 6,5 - 9	4 5

Tab. 2 Orientačné hodnoty vysychania pórobetónu a hodnoty ustálených vlhkostí obvodových konštrukcií [2]

Tab.2 Rough values of drying up of porous concrete and values of stable moisture of peripheral structures [2]

Atmosferické podmienky boli typické pre miestnu klímu, neodlišujúce sa od priemerných viacročných hodnôt. Prvýkrát sa uskutočnilo meranie v septembri 1997, t.j. okolo šiestich týždňov po ustúpení povodňových vôd. Opakované meranie sa uskutočnilo od decembra 1997 do februára 1999. Výsledky meraní vysychania stien z pórobetónu sú uvedené v tab. 1 a na obr. 1 a 2.

Ako sme spomínali, prvýkrát sa uskutočnilo meranie v septembri 1997. V tom čase už nastúpilo vyschnutie pórobetónu z maximálnej vlhkosti 50 až 60 hm. %. Naďalej však bola vlhkosť vysoká a dosahovala v priemere 19,2 hm. % (objekt č. 1) a do 50 hm. % v obytnej budove (objekt č. 4). V ďalších mesiacoch (september '97 až január '98) sa vlhkosť ďalej

Tab. 3 Hodnoty ustálených, resp. výpočtových vlhkostí, na základe širokého súboru dlhodobosledovaných stavieb v rámci úlohy [3]

Tab. 3 Values of stable, or calculation moisture based on a large set of constructions monitored over a long period of time as part of project [3]

Sledovaná hodnota	Pórobetón	
	na báze popolčeka	na báze piesku
priemerná vlhkosť $\bar{V}$	4,80	3,12
smerodajná odchýlka $\delta$	0,768	0,65
max. vlhkosť = výpočtová hodnota $V_{max}$	6,34 %	4,42 %
doba vysychania, max.	72 mesiacov	48 mesiacov

znižila a po jednom až jednom a pol roku od zaliatia stien povodňovými vodami sa priblížila k úrovni ustálenej vlhkosti, mimo objektov 5 a 6, ktoré boli postavené z popolčekového pórobetónu a vysychali značne pomalšie. V tomto prípade mali vplyv aj podmienky používania objektov – jednalo sa o dielne, ktoré neboli natolko intenzívne ohrievané ako obytné budovy.

Pomalšie vysychanie týchto stien bolo spojené s vlastnosťami popolčekového pórobetónu, ktorý vysychá pomalšie než pórobetón pieskový. Z prv uskutočnených experimentov s použitím pórobetónu na báze piesku je známe, že vlhkosť sa stabilizuje v období jedného až dvoch rokov, kým v pórobetóne na báze popolčeka dva až tri roky a aj tak je ešte vyššia. K podobným záverom vedú aj výsledky Výskumno-vývojového ústavu prefabrikácie v Bratislave z osemdesiatych rokov. Orientačné hodnoty vysychania pórobetónu a hodnoty ustálených vlhkostí obvodových konštrukcií sú podľa [2] uvedené v tabuľke 2.

#### VPLYVY KONŠTRUKCIE PÔSOBIACE NA VYSYCHANIE PÓROBETÓNU

Z výsledkov dlhodobého sledovania vlhkostí boli definované vplyvy na priebeh vysychania [3]. Na jeho priebeh majú vplyv tieto činitele:

- Druh pórobetónu – pórobetón na báze popolčeka, pórobetón na báze piesku.
- Druh konštrukcie – jednovrstvové, dvojrvtvové.
- Hrúbka konštrukcie (len pre jednovrstvové). Rozdiely podľa hrúbky sú v rýchlosti vysychania – čím hrubšia, tým pomalšie vysychanie.
- Vplyv difúzneho odporu vonkajšej povrchovej úpravy – jeden z najvýznamnejších činiteľov. Čím väčší difúzny odpor povrchovej úpravy (veľkosť ekvivalentnej difúznej hrúbky), tým pomalšie vysychanie. Podľa veľkosti ekvivalentnej

difúznej hrúbky sa delia na: 0 až 0,5 m; 0,5 až 1,5 m; > 1,5 m.

- Vplyv parozábrany alebo parobrzdny na vnútornej strane konštrukcie – negatívny vplyv.
- Vplyv svetových strán, resp. slnečnej radiácie – vplyv je nepodstatný.
- Ostatné vplyvy – vplyv zvýšenej relatívnej vlhkosti mikroklímy.
- Vplyv nesprávnych konštrukčných detailov, resp. ich chybného prevedenia.

Intenzita vysychania v našom prípade konštrukcií po povodni závisí tiež od okolitých podmienok (teplota, vlhkosť). V budove vysušovanej teplým vzduchom (objekt č. 3) pri súčasnom vetraní počas dvoch mesiacov klesla priemerná vlhkosť pórobetónu v priereze steny na veľmi nízku hodnotu – 1,6 hm. %.

Sťaženie vysychania, ako sme už povedali, predstavuje omietka. Po prvých troch mesiacoch vlhkosť omietnutých stien (obr. 1) bola vyššia v priemere o 3 hm. % od neomietnutých (obr. 2). Výsledky tiež ukázali, že obojstranné vysychanie pórobetónu zvyšuje jeho intenzitu. Možno to vidieť na výsledkoch štúdia vysychania zaliatých tvárnic zo skladov. Tvárnice boli skladované vo forme na sucho ukladanej steny prekrytej voči vplyvom počasia. Tvárnice mali v septembri 1997 rôznu počiatočnú vlhkosť pohybujúcu sa v hraniciach 62 až 25 hm. %. Po prvom mesiaci vysušovania sa pohybovala v hraniciach 26 až 16 hm. %. V tomto období prebiehalo vysychanie veľmi intenzívne, na čo mali vplyv priaznivé klimatické podmienky (príjemný a teplý prelom mesiacov september a október). Čím bola počiatočná vlhkosť vyššia, tým bola intenzita vysychania väčšia.

Na základe širokého súboru dlhodobosledovaných stavieb v rámci úlohy [3] boli vyčíslené hodnoty ustálených, resp. výpočtových vlhkostí (tab. 3), ktoré zodpovedajú uvádzaným v [1]. Rozdiel je v dobe vysychania, ktorá je podľa tohto prameňa kratšia – max. 36 mesiacov.

#### PEVNOSŤ V TLAKU

Na odobratých normových vzorkách zo stien bola stanovená pevnosť v tlaku vo vlhkom stave a po vysušení (tab. 4).

Na základe výsledkov možno konštatovať, že **pórobetón (po povodni) má relatívne dobrú pevnosť. Dokonca ešte pri vlhkosti 45 hm. % pri objemovej hmotnosti 500 kgm<sup>-3</sup> má pevnosť v tlaku 3 MPa.**

## ŠTRUKTÚRA PÓROVITOSTI

### A MINERALOGICKÉ ZLOŽENIE

Štruktúra pórovitosti pórobetónu po povodni sa nelíši od pórobetónu nevystaveného extrémnym podmienkam. Nepotvrdil sa negatívny vplyv úplného nasýtenia vodou na štruktúru pórobetónu. Rovnako ani mineralogické zloženie pórobetónu sa neodlišovalo od typového. Vo vzorkách nebola potvrdená prítomnosť rozpustných solí (napr. sírany, chloridy), prítomnosť ktorých by mohla byť spájaná s ústupom povodňových vód.

### MIKROBIOLOGICKÉ SKÚŠKY

Pórobetón vzhľadom na pórovitú štruktúru, podobne ako keramické materiály, pohlcuje značné množstvo vody. Na rozdiel od keramických materiálov, ktoré vo vodnom prostredí majú neutrálnu reakciu, pórobetón vytvára alkalické prostredie. **Voda obsiahnutá v póroch autoklávaného pórobetónu má alkalickú reakciu, ktorá zabraňuje vývoju väčšiny mikroorganizmov.**

Produkty látkovej premeny väčšiny živých organizmov majú kyslú reakciu. Tieto produkty v styku so zložkami pórobetónu – kremičitanmi a uhličitanmi – podliehajú rozkladu a rýchlej mineralizácii. **Možno povedať, že pórobetón má „dezinfekčné“ vlastnosti a mimo svojej pórovitosti nevytvára prostredie pre rozvoj mikroorganizmov a plesní.** Tieto závery boli plne potvrdené kompetentnými mikrobiologickými pracoviskami. Preukázali len ojedinelý vznik baktérií a plesní výlučne na povrchu pórobetónových dielcov. Ich rozvoj v podpovrchovej vrstve bol preukázaný len na pórobetóne skladovanom vo fóliovom balení. Ojedinelé kolónie plesní v styku s atmosférou vznikajú prakticky vždy a na každom stavebnom materiáli. Nemá to vplyv na hygienické podmienky v budovách a v ich bezprostrednom okolí, keďže tieto plesne sa stali trvalou zložkou nášho životného prostredia.

### ZÁVER

Preverené budovy z pórobetónu, ktoré boli zaliat pri povodni v júli 1997, a výsledky skúmania oprávňujú k tvrdeniu, že **pórobetón po povodni nestráca svoje výhodné úžitkové vlastnosti a budovy po renovácii môžu byť užívané naďalej.**

V zaliatych budovách sa nepotvrdilo poškodenie stien z pórobetónu spôsobené zatopením, ktoré by sa prejavilo do pol roku od povodne v júli 1997.

Ako postupovať, aby čo najskôr po opadnutí povodňovej vody bolo možné plnohodnotne využívať priestory?

Najdôležitejšie je zabezpečiť intenzívne vysychanie počas prvých dvoch mesiacov s intenzívnym vetraním. Neodporúča sa vysušovanie veľmi horúcim vzduchom po povodni, keď rýchle vysušenie povrchov z pórobetónu môže spôsobiť vznik trhlin v dôsledku rozdielu napätí medzi vysušenou vrstvou a silne vlhkým jadrom. Ak vonkajšia omietka má slabú prídržnosť (odúvanie, dutý zvuk pri poklepe), je potrebné ju čo najskôr odstrániť, čo súčasne uľahčí vysušovanie samotnej pórobetónovej steny. Podobne je potrebné postupovať aj pri vnútorných povrchových úpravách – odstrániť tapety, farbu a vrstvu omietky, ak sa oddeľujú od podkladu. Holá stena vysychá rýchlejšie. Doba vysychania bude závisieť od mnohých činiteľov. V procese vysychania môže byť výhodne využité centrálné ohrievanie (ÚK) so zabezpečením intenzívneho vetrania priestorov, a to aj v tom prípade, keď kondenzácia vlhkosti pochádzajúcej zo stien môže naň vplyvať nepriaznivo. Pred začatím vysušovania je potrebné skontrolovať a opraviť ríny a odkvapy na dažďovú vodu. Podmienkou úplného vysušenia je likvidácia všetkých zdrojov vlhkosti. Okrem týchto „klasických“ spôsobov môžu byť použité špecializované metódy a zariadenia na vysušovanie.

Vysušovanie môže priniesť výsledky len v správne navrhnutých a postavených objektoch, kde nedochádza k trvalému vlhnutiu pórobetónových stien napr. v dôsledku nasiaknutia z dôvodu nesprávne prevedenej hydroizolácie.

V prípade vzniku povrchových vlasových trhlin nie je potrebná ich oprava. Odporúča sa opatriť povrch steny hydrofóbnym náterom. Opravy povrchovej úpravy závisia od stupňa jej poškodenia a druhu úpravy. V prípade straty súdržnosti s podkladom je potrebné povrchovú úpravu odstrániť a naniesť novú po vysušení objektu. Pred nanášaním povrchovej úpravy je potrebné stenu očistiť a umyť vodou. Z priebehu prirodzeného vysychania stien vyplýva, že nové nanosenie omietok je možné najskôr po jednom roku od ústupu vody. Nanášanie omietok sa odporúča za stáleho neslnečného počasia pri teplote +5 až 30 °C. Neodporúča sa pri teplotách pod +5 °C a pri daždi. Na povrchové úpravy sa používajú klasické cementovo-vápenné omietky,

Objemová hmotnosť [kgm <sup>-3</sup> ]	Vlhkosť [hm. %]	Pevnosť v tlaku [MPa]
400	0	2,6
	16,9	2,2
500	0	3,9
	16,5	2,9
	45,0	3,0
600	0	5,5
	11,2	4,3

Tab. 4 Pevnosť v tlaku vo vlhkom stave a po vysušení nameraná na odobratých normových vzorkách zo stien

Tab. 4 Compressive strength of wet walls and after drying up, measured from standard samples taken from the walls

prípadne hotové suché omietkové zmesi určené na pórobetón.

Na základe pozorovaní zaliatych budov a získaných výsledkov možno potvrdiť, že pórobetón je vhodný na použitie aj v oblastiach vystavených nebezpečenstvu povodní, keďže zaliatie nespôsobuje trvalé zhoršenie jeho úžitkových vlastností (trvanlivosť, mineralogické zloženie, odolnosť voči vzniku plesní). Správne postavené budovy z pórobetónu po ich vyschnutí a renovácii môžu byť úspešne naďalej používané.

Článok bol pripravený s čiastočným použitím materiálu [1] a s láskavým súhlasom autorov.

Ing. Svetozár Balkovic, CSc.  
Ústav anorganickej chémie SAV  
Dúbravská cesta 9, 845 36 Bratislava  
e-mail: uachsbal@savba.sk

Článok byl lektorován.

#### Literatúra:

- [1] Górska B., Laś M., Romanowski J., Rybarczyk T., Zapotoczna-Sytek G.: Badania betonu komórkowego w ścianach budynków zalanych podczas powodzi, Poradnik nr.3, Stowarzyszenie Producentów Betonów, Warszawa, 2003
- [2] Šimovič J., Szomolányiová K.: Průručka o použití pórobetónu v bytovej, občianskej a priemyselovej výstavbe, Bratislava, 1987
- [3] Kratochvíla A. a kol.: Objektivizácia tepelne-technických parametrov pórobetónu, Záverečná správa úlohy OZ – 12 – 4/84, WÚP Bratislava, 1985