

# **Ľahké betóny v strešných konštrukciách - možnosti, efektívnosť a vplyv použitia polystyrénbetónu (PsB) a penobetónu (PBG) na znižovanie energetickej náročnosti budov**

**Ing. Róbert Rudišin, PhD., Ing. Stanislav Tóth, PhD., Ing. Walter Scherfel**

Technická univerzita v Košiciach  
Stavebná fakulta, Ústav budov a prostredia  
e-mail: robert.rudisin@tuke.sk, stanislav.toth@tuke.sk, scherfel@sircontec.com

## **Abstract**

V súčasnosti, vzhľadom k pretrvávajúcej hospodárskej kríze sa v stavebníctve čoraz častejšie stretávame s projektovaním a výstavbou energeticky hospodárnych, tzv. „nenáročných“ budov. Tomuto faktu sa podriaďuje aj výskum, vývoj, ale aj výber vhodných stavebných materiálov, návrh konštrukcií a konštrukčných detailov zabezpečujúcich súčasne viac funkcií. Súčasný výskum a vývoj nabáda na opätovný návrat k overeným, tradičným, ale aj novým konštrukčným riešeniam a materiálom. Inovácie sa nevyhli ani oblasti navrhovania a projektovania strešných konštrukcií. Vhodná voľba materiálu a skladby strešnej konštrukcie priamo súvisí s kvalitou vnútornej klímy budovy, tepelno-technickými parametrami konštrukcie ako celku, ale aj s celým radom ďalších parametrov zvyšujúcich, resp. znižujúcich celkovú úroveň teplotného komfortu, kvality a životnosti navrhovanej strešnej konštrukcie. Znova sa do povedomia dostáva myšlienka zrýchlenia a zefektívnenia procesu výstavby, zníženia nákladov, ale aj odstránenia, resp. nahradenia niektorých zdĺhavých mokrých procesov prostredníctvom čiastočne - panelového spôsobu výstavby. V článku sa zameriavame na možnosti využitia ľahkých betónov (LB), ako sú polystyrénbetón (PsB) a penobetón (PBG) v procese navrhovania a projektovania plochých, šikmých a strmých strešných konštrukcií. V článku prezentujeme súčasné možnosti ich použitia, ako spádovej vrstvy, či tepelnoizolačnej vrstvy jednoplášťových plochých striech, ale súčasne sa zaoberáme aj víziou do budúcnosti, spojenou s využitím tohto typu materiálov v obnovennej genéze čiastočne -panelovej výstavby pri výrobe panelov pre nosnú vrstvu strešného plášťa dvojplášťových plochých striech a nosnú a zároveň aj tepelnoizolačnú vrstvu šikmých a strmých striech.

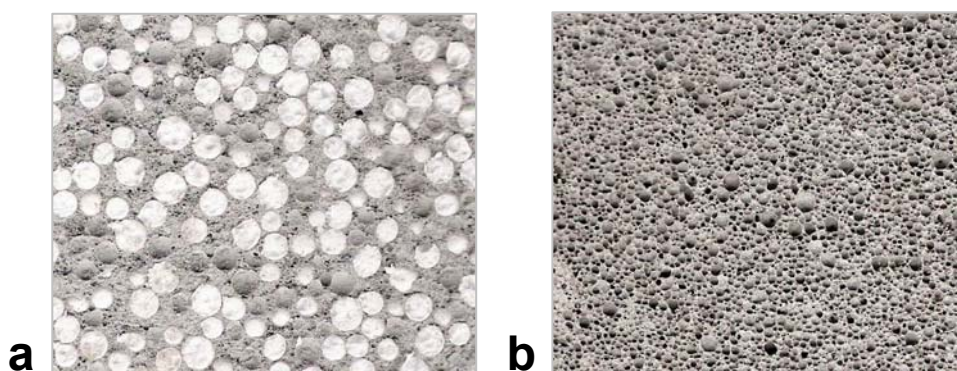
**Key words:** roof, light concrete (LB), foam concrete (PBG), polystyrene concrete (PsB), construction, critical detail, function.

## 1 Úvod

Vývoj nových materiálov, napredujúci nezadržateľným tempom sa nezastavil ani v oblasti navrhovania strešných konštrukcií. Do povedomia sa dostávajú nové „viacfunkčné“ materiály, materiály využívajúce separované suroviny, či suroviny nepoškodzujúce životné prostredie (s nezanedbateľným ekologickým prínosom pre budovu ako celok), akými sú napr. materiály vegetačného súvrstvia zelených šikmých striech. Jedná sa v prvom rade o neustále vyvíjané a zdokonaľované nové modifikácie ľahkých betónov - polystyrénbetón (PsB) a penobetón (PBG). Uvedené materiály a technológie so sebou prinášajú nové progresívne možnosti v novodobom riešení problematiky strešných konštrukcií. V blízkej budúcnosti sa predpokladá, že práve tieto materiály umožnia zabezpečiť nielen *konštrukčnú, spádovú - výplňovú a vyrovnávajúcu funkciu, ale súčasne aj hlavnú tepelnoizolačnú a nosnú funkciu strešných konštrukcií (napr. strešné panely s tepelnoizolačnými vlastnosťami).*

## 2 Polystyrénbetón a penobetón - základná charakteristika

Polystyrénbetóny (PsB) a penobetóny (PBG) patria do skupiny tzv. ľahkých betónov (LB). Vo všeobecnosti je možné povedať, že prvoradou snahou ľahkých betónov je odstrániť nevýhody v praxi najčastejšie používaných obyčajných hutných betónov, a to najmä *veľkú hmotnosť a tepelnú priepustnosť*. Za popredné výhody ľahkých betónov je možné považovať **pomerne nízku objemovú hmotnosť** (v porovnaní s obyčajným hutným betónom  $\leq$  cca  $2300 \text{ kg/m}^3$ ) a **dobré tepelnoizolačné vlastnosti**. S nižšou objemovou hmotnosťou sú však späté aj menšie pevnosti v tlaku a vyššia nasiakavosť. V článku sa venujeme výhradne ľahkým betónom, u ktorých sa na zníženie objemovej hmotnosti ( $\leq 800 \text{ kg/m}^3$ ) používajú granule z recyklovaného polystyrénu - *polystyrénbetón* (PsB), resp. technická pena - *penobetón* (PBG).



Obrázok 1: Štruktúra ľahkých betónov (LB): a) polystyrénbetón (PsB), b) penobetón (PBG).

**Polystyrénbetón (PsB)** môžeme vo všeobecnosti charakterizovať ako homogénnu zmes zatvrdnutého cementu a granúl recyklovaného polystyrénu. Jedná sa o

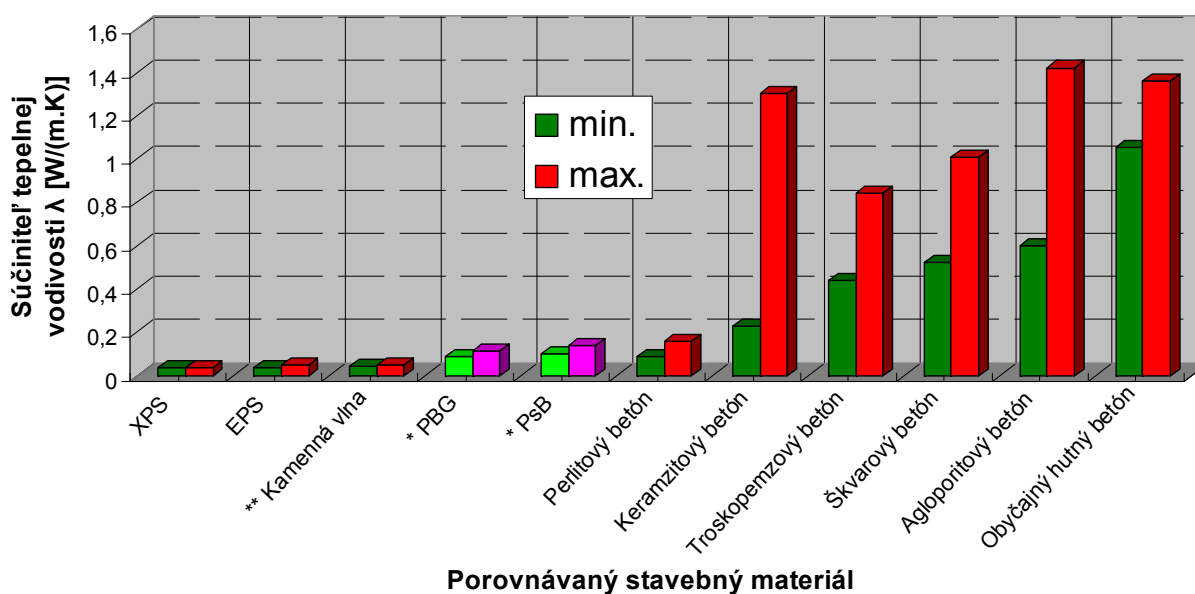
materiál pozostávajúci z *vody, spojiva, prísad, prímiesí a polystyrénového recyklátu ako plniva* (viď. obr. 1/a). Polystyrénbetón vytvára hustú kašovitú hmotu s podstatne náročnejším spracovaním, ako v prípade penobetónu (vyššia prácnosť a časové nároky). Tento fakt do značnej miery predurčuje možnosti použitia tohto typu materiálu.

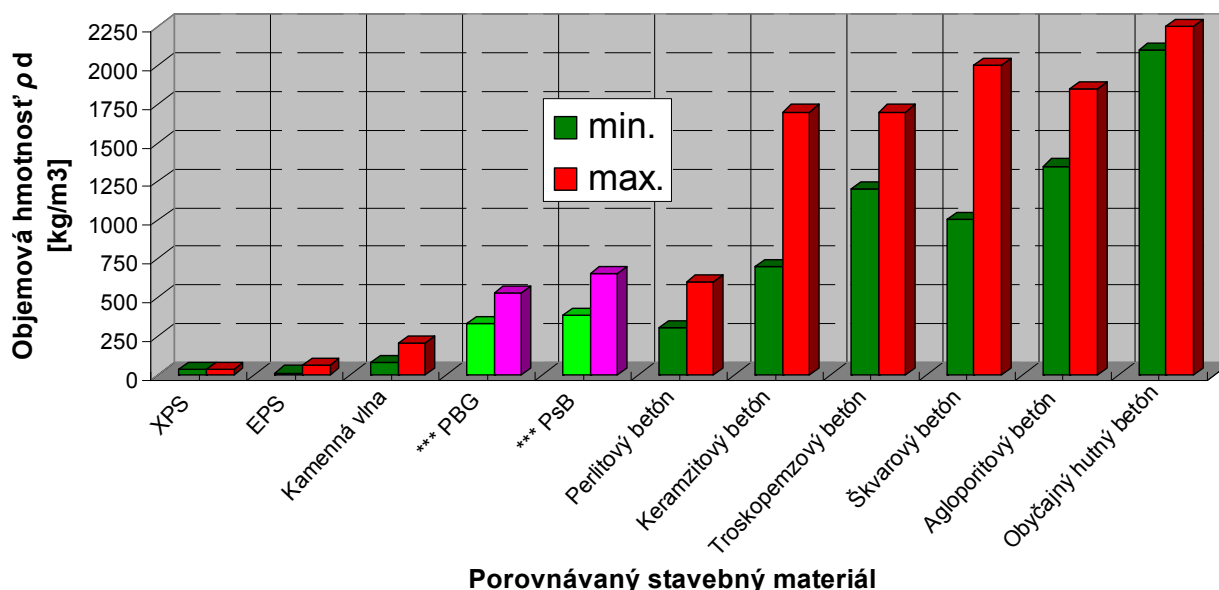
**Penobetón (PBG)** môžeme vo všeobecnosti charakterizovať ako homogénnu zmes zatvrdnutého cementu a pórov vyplnených vzduchom. Jedná sa o materiál pozostávajúci z *vody, spojiva, prísad, prímiesí a technickej peny* (viď. obr. 1/b). Vzhľadom k tomu, že vo vzniknutej betónovej zmesi plnia funkciu plniva vzduchové póry, odporúča sa zhotovovať penobetón priamo na stavbe. Penobetón určený pre vodorovné konštrukcie je tekutá hmotu so spôsobom spracovania podobným, ako pri samonivelačných poteroch.

*Postupom času si tento druh stavebného materiálu našiel svoje uplatnenie pri výstavbe nielen v bytových a občianskych stavbách, ale aj v priemyselných stavbách.*

### 3 Možnosti použitia polystyrénbetónu a penobetónu

Vo všeobecnosti je možné konštatovať, že ľahké betóny: polystyrénbetón, resp. penobetón sa svojimi tepelnoizolačnými vlastnosťami stavajú do pozície určitého „*spojovacieho medzičlánku*“, vyplňajúceho značnú medzeru medzi možnosťou aplikácie klasickej doskovej tepelnej izolácie (EPS, XPS, kamenná vlna) a betónu (obyčajný hutný betón), viď. obrázok 2/a-b. Tieto skutočnosti do značnej miery umožňujú ľahkým betónom v súčasnosti vyplniť vzniknuté medzery v oblasti použitia nových materiálov a súčasne rozšíriť ich pole pôsobnosti v procese navrhovania konštrukcií a konštrukčných detailov bytových, občianskych a priemyselných stavieb.





Obrázok 2: Grafické znázornenie rozsahu hodnôt: a) súčiniteľa tepelnej vodivosti  $\lambda$  niektorých vybraných stavebných materiálov, b) objemovej hmotnosti  $\rho_d$  niektorých vybraných stavebných materiálov - materiálová charakteristika (STN 73 0540-3 [2]).

\* Súčiniteľ tepelnej vodivosti  $\lambda$  suchého materiálu: pre PBG 35 od 0,085; pre PBG 40 od 0,09; pre PBG 45 od 0,10; pre PBG 50 od 0,11 a pre PsB 40 od 0,10; pre PsB 50 od 0,12; pre PsB 60 od 0,14 W/(m.K).

\*\* Súčiniteľ tepelnej vodivosti  $\lambda$  pre materiály z kamennej vlny s usmernenými vláknami súčasne platná norma STN 73 0540-3 [2] neudáva.

\*\*\* Objemová hmotnosť  $\rho_d$  materiálu po 28 dňoch a uloženia v prirodzenej vlhkosti: pre PBG 35 od 330 do 380; pre PBG 40 od 380 do 430; pre PBG 45 od 430 do 480; pre PBG 50 od 480 do 530 a pre PsB 40 od 380 do 450; pre PsB 50 od 450 do 550; pre PsB 60 od 550 do 650 kg/m<sup>3</sup>.

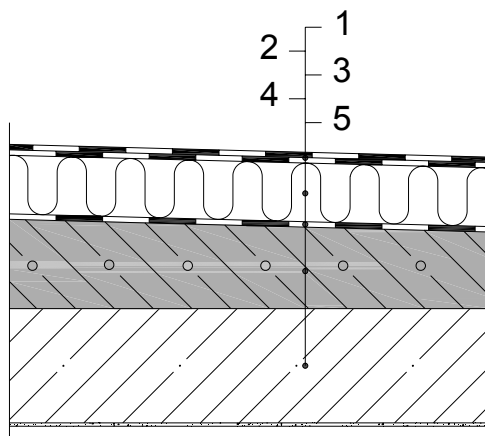
**Polystyrénbetón (PsB)** - Hlavnou oblasťou uplatnenia tohto typu materiálu je **zhotovovanie spádových a tepelnoizolačných vrstiev plochých striech**, prípadne **vyrovnávacích vrstiev šikmých striech** so sklonom neprevyšujúcim 15° opatrených krytinou s trapézovým, resp. vlnitým prierezom (kde plní funkciu strateného debnenia) a **vyrovnávacích a výplňových vrstiev podlahových konštrukcií** rôznych stavieb. Vzhľadom na pomerne nízku objemovú hmotnosť polystyrénbetónu nie je spravidla potrebné pri rekonštrukcii plochých striech odstraňovať existujúce vrstvy. Pri zhotovovaní spádových vrstiev plochých striech je vhodné polystyrénbetón kombinovať s doskovým polystyrénom (EPS), čím sa dosiahne zníženie plošnej záťaže nosnej dosky strešnej konštrukcie a zvýšenie tepelného odporu strešnej konštrukcie ako celku. Pre zhotovovanie spádových vrstiev strešných konštrukcií sa najčastejšie používa PsB 50 a 60. Minimálna /maximálna aplikačná hrúbka materiálu 50 mm / 1000 mm. Vo vrstve polystyrénbetónu sa môžu po vytvrdnutí objaviť zmrašťovacie trhliny, ktoré však vzhľadom na jeho funkciu v konštrukcii nie sú závadou.

**Penobetón (PBG)** - Variabilita zloženia, vlastnosti tohto typu materiálu, ako aj mokrý proces pri výrobe priamo na stavbe, ponúkajú široké možnosti uplatnenia penobetónu v prvom rade **pre vyrovnávacie a výplňové vrstvy podlahových konštrukcií** rôznych stavieb a **na výrobu horizontálnych a vertikálnych prefabrikovaných panelov a blokov**. Penobetóny PBG 35-50 umožňujú viazané / stabilné vyrovnanie nerovností a spracovanie ako pri samonivelačných poteroch. Drvivá väčšina vyrobeného penobetónu je v súčasnosti používaná na *zhotovenie vyrovnávacích vrstiev podláh*. Najčastejšie sa používa PBG 35, 40, 45, 50. Minimálna / maximálna aplikačná hrúbka materiálu 30 mm / 400 mm. Jednotlivé modifikácie PBG sú charakterizované objemovou hmotnosťou  $\rho_d$ . Určujúcim faktorom pre výber modifikácie je teplota podkladu.

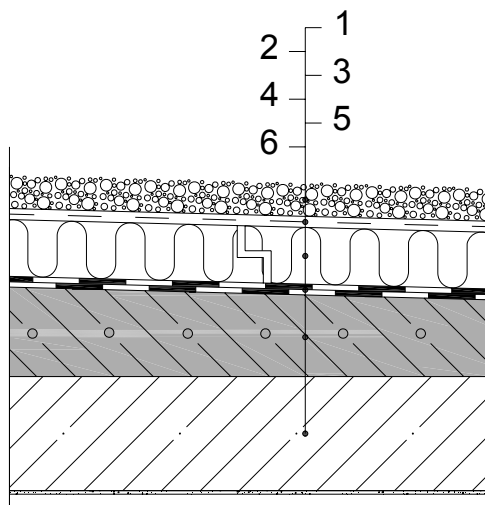
*Poznámka - podkladnou vrstvou pre tento typ materiálov je najčastejšie: železobetónová stropná doska, keramický, betónový - prefabrikovaný, drevený strop, trapézový plech, vlnitý eternit a pod..*

## 4 Polystyrénbetón a penobetón v konštrukciách plochých, šikmých a strmých striech - navrhovanie skladieb a konštrukčných detailov

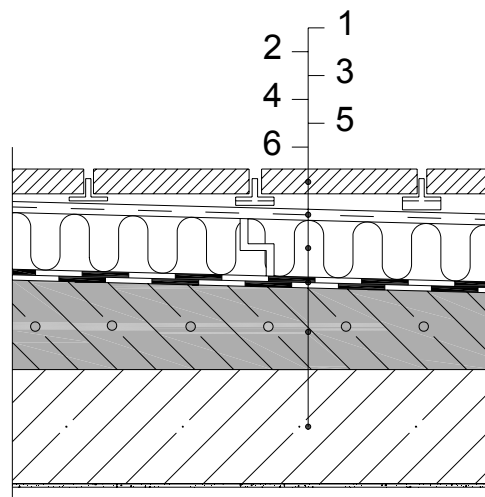
### 4.1 Spádové a tepelnoizolačné vrstvy plochých striech



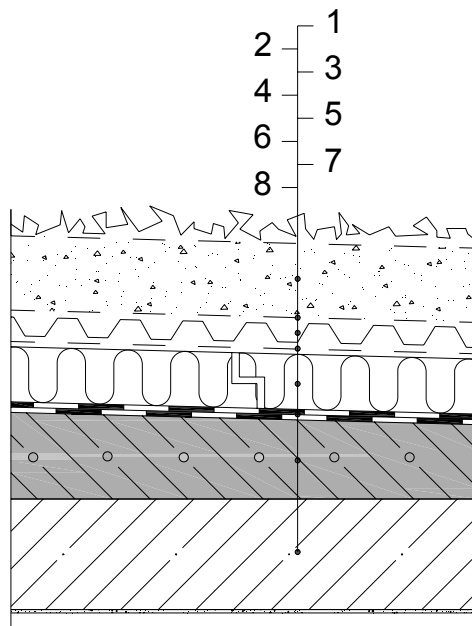
Obrázok 3: **Jednoplášťová plochá strecha s klasickým poradím vrstiev:** 1- hydroizolačná vrstva, 2- tepelnoizolačná vrstva - dosky z minerálnych vlákien (hrúbka tepelnej izolácie podľa tepelnotechnického výpočtu), 3- parozábrana - asfaltové pásy s hliníkovou vložkou, resp. mikroventilačná vrstva, 4- spádová vrstva - ľahké betóny (LB: PsB, PBG), 5- nosná vrstva - železobetónová stropná doska, resp. trapézový plech, keramický strop a pod..



Obrázok 4: **Jednoplášťová nepochôdzna plochá strecha s obráteným poradím vrstiev:** 1- zaťažujúca a ochranná vrstva hrúbky 50~60 mm - riečne premývané kamenivo frakcie 16~32 mm, 2- separačná a filtračná vrstva - geotextília, 3- tepelnoizolačná vrstva - dosky z extrudovaného polystyrénu XPS (hrúbka tepelnej izolácie podľa tepelnotechnického výpočtu), 4- hydroizolačná vrstva, 5- spádová vrstva - ľahké betóny (LB: PsB, PBG), 6- nosná vrstva - železobetónová stropná doska, resp. trapézový plech, keramický strop a pod..

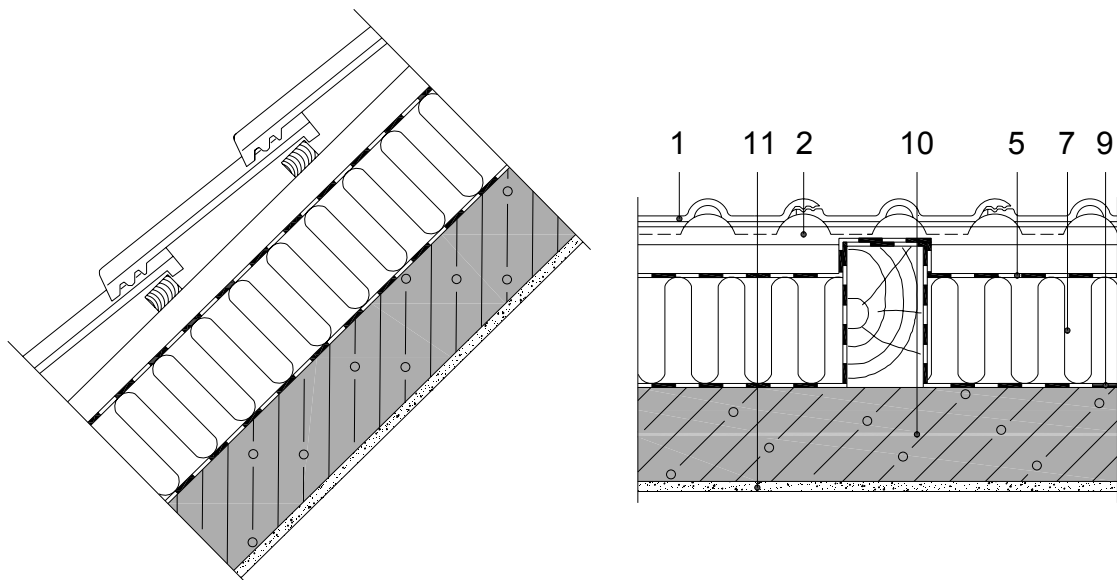


Obrázok 5: **Jednoplášťová pochôdzna plochá strecha s obráteným poradím vrstiev:** 1- pochôdzna vrstva - dlažba z vymývaného betónu uložená na podložkách, 2- separačná a filtračná vrstva - geotextília, 3- tepelnoizolačná vrstva - dosky z extrudovaného polystyrénu XPS (hrúbka tepelnej izolácie podľa tepelnotechnického výpočtu), 4- hydroizolačná vrstva, 5- spádová vrstva - ľahké betóny (LB: PsB, PBG), 6- nosná vrstva - železobetónová stropná doska, resp. trapézový plech, keramický strop a pod..



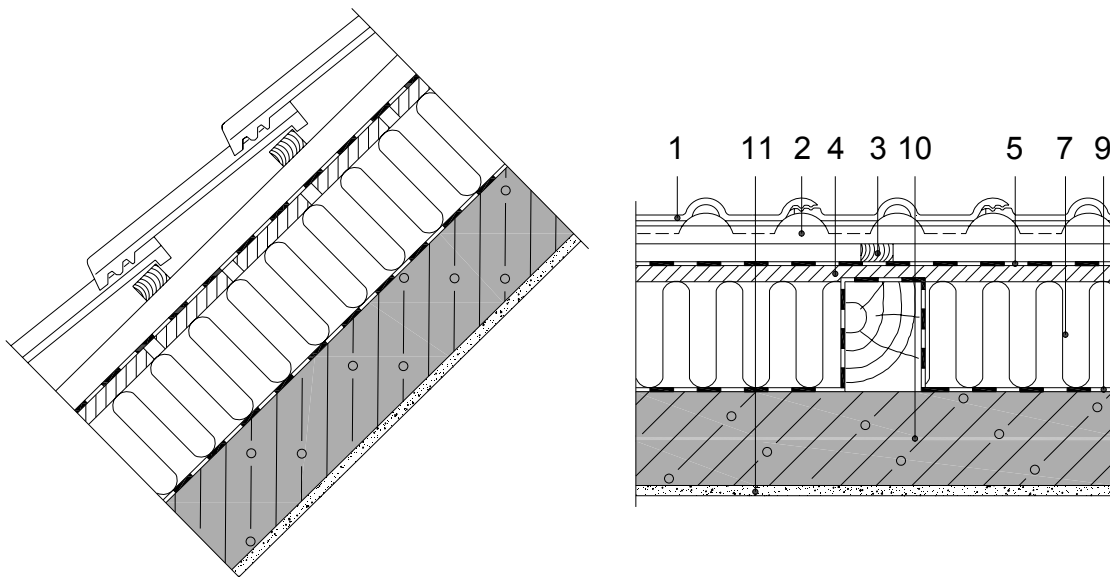
Obrázok 6: **Jednoplášťová vegetačná plochá strecha s obráteným poradím vrstiev:** 1- vegetačná vrstva - hrúbka zeminy v závislosti od vzrastu zelene, resp. od druhu vegetácie (extenzívny / intenzívny typ zelenej strechy), 2- separačná a filtračná vrstva - geotextília, 3- drenážna vrstva - fólia hr. 25 mm, resp. vrstva kameniva frakcie 4~8 mm hrúbky 50 mm, 4- separačná a filtračná vrstva - geotextília, 5- tepelnoizolačná vrstva - dosky z extrudovaného polystyrénu XPS (hrúbka tepelnej izolácie podľa tepelnotechnického výpočtu), 6- hydroizolačná vrstva, 7- spádová vrstva - ľahké betóny (LB: PsB, PBG), 8- nosná vrstva - železobetónová stropná doska, resp. trapézový plech, keramický strop a pod..

#### 4.2 Vyrovnávacie vrstvy šikmých striech

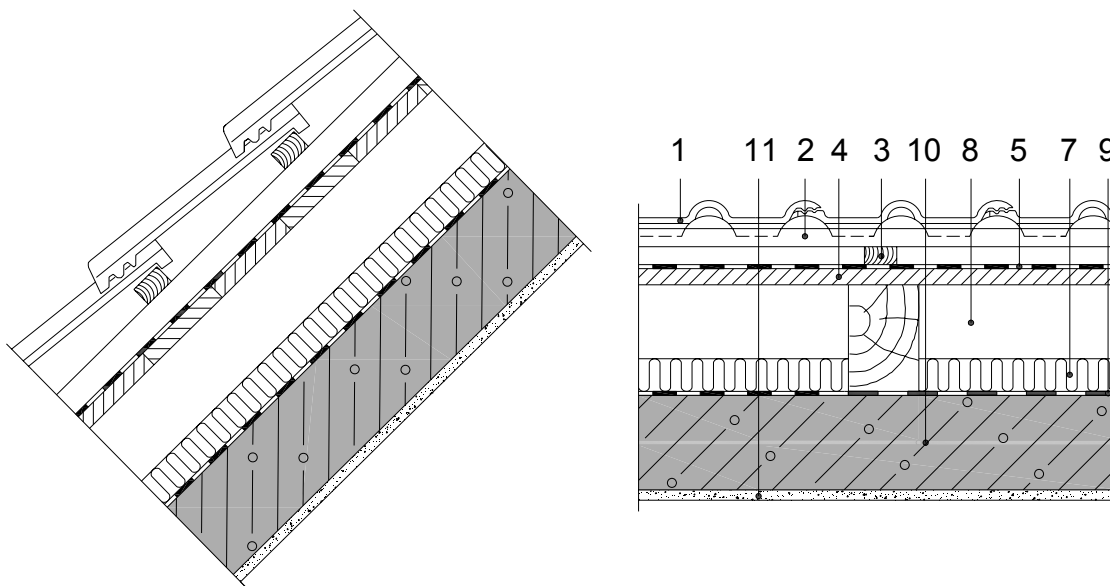


Obrázok 7: Skladba **dvojplášťovej šikmej a strmej strechy s rezom v smere spádu a kolmo na spád strechy:** 1- krytina (hlavná hydroizolačná vrstva), 2- latovanie rovnobežné s odkvapom (nosná konštrukcia vrstvy), 5- poistná hydroizolačná vrstva, 7- tepelnoizolačná vrstva (hrúbka tepelnej izolácie podľa tepelnotechnického

výpočtu), **9**- parotesná vrstva (parotesná zábrana), **10**- nosná strešná konštrukcia - dielec z penobetónu (PBG), **11**- podhľadová vrstva.



Obrázok 8: Skladba **dvojplášťovej** šikmej a strmej strechy s rezom v smere spádu a kolmo na spád strechy: **1**- krytina (hlavná hydroizolačná vrstva), **2**- latovanie rovnobežné s odkvapom (nosná konštrukcia vrstvy), **3**- latovanie kolmo na odkvap, **4**- debnenie (nosná konštrukcia vrstvy), **5**- poistná hydroizolačná vrstva, **7**- tepelnoizolačná vrstva (hrúbka tepelnej izolácie podľa tepelnotechnického výpočtu), **9**- parotesná vrstva (parotesná zábrana), **10**- nosná strešná konštrukcia - dielec z penobetónu (PBG), **11**- podhľadová vrstva.

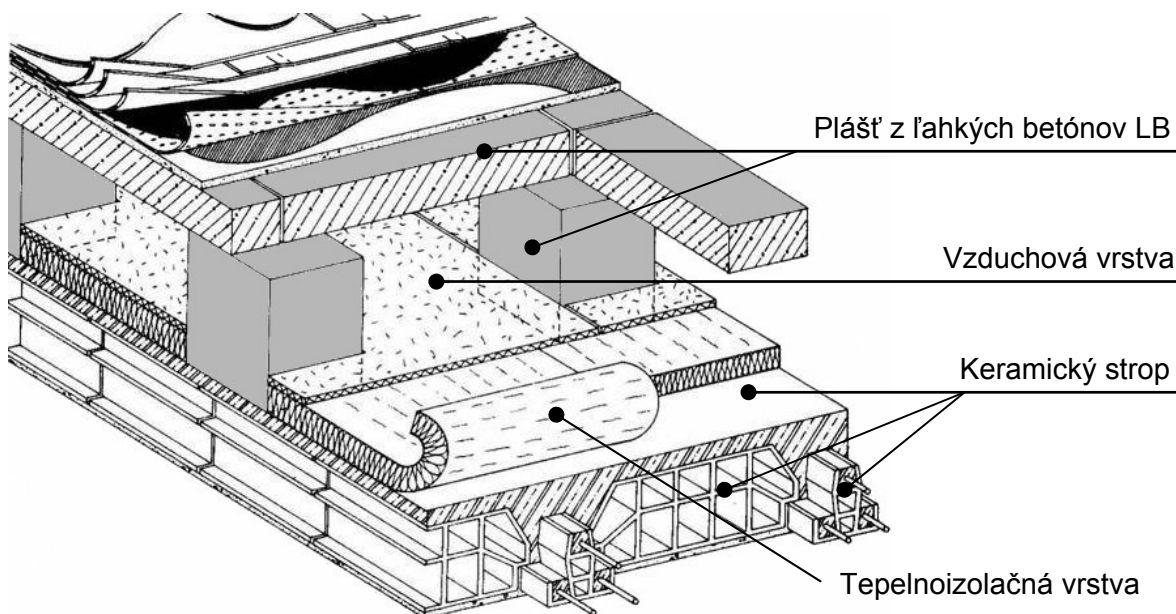


Obrázok 9: Skladba **trojplášťovej** šikmej a strmej strechy s rezom v smere spádu a kolmo na spád strechy: **1**- krytina (hlavná hydroizolačná vrstva), **2**- latovanie rovnobežné s odkvapom (nosná konštrukcia vrstvy), **3**- latovanie kolmo na odkvap, **4**- debnenie (nosná konštrukcia vrstvy), **5**- poistná hydroizolačná vrstva, **7**- tepeln



oizolačná vrstva (hrúbka tepelnej izolácie podľa tepelnotechnického výpočtu), **8-** nevetraná vzduchová vrstva, **9-** parotesná vrstva (parotesná zábrana), **10-** nosná strešná konštrukcia - dielec z penobetónu (PBG), **11-** podhľadová vrstva.

#### 4.3 Horizontálne prefabrikované panely a bloky



Obrázok 10: *Dvojplášťová plochá strecha s nosnou konštrukciou horného plášťa z ľahkých betónov LB (napr. PBG).*

#### 4.4 Zhrnutie a pohľad do budúcnosti

Aby sme mohli bližšie špecifikovať budúcnosť ľahkých betónov (LB), polystyrénbetónu (PsB) a penobetónu (PBG) z pohľadu výskumu a vývoja, je potrebné si v prvom rade definovať výhody a nevýhody tohto materiálu.

##### Výhody:

- vysoká variabilita použitia materiálu: spádové - výplňové - tepelnoizolačné vrstvy plochých striech, vyrovnávacie vrstvy šikmých striech, horizontálne a vertikálne prefabrikované panely a bloky, vyrovnávacie a výplňové vrstvy podlahových konštrukcií,
- ľahká spracovateľnosť, schopnosť držať požadovaný tvar, súdržnosť povrchu, schopnosť vyplniť akýkoľvek tvar a nerovnosť, pomerne ľahká eliminácia

polohových a výškových nerovností spodnej úrovne hlavnej nosnej konštrukcie strechy,

- dobré tepelnoizolačné vlastnosti (možnosť eliminácie tepelných mostov) a nízka objemová hmotnosť - v prípade rekonštrukcie budovy, výrazne nezvyšuje zaťaženie budovy (nevyžaduje si to nákladné konštrukčné úpravy - statické zosilnenie nosnej konštrukcie, ani odstránenie pôvodných vrstiev strešnej konštrukcie), požiarne odolnosť (PsB < PBG),
- ekologické hľadisko: opätovné využitie v prírode ťažko rozložiteľných materiálov - granulátov recyklovaného polystyrénu (REPS),
- možnosť kombinácie s klasickou doskovou tepelnou izoláciou (EPS, XPS, kamenná vlna) - zníženie plošnej záťaže konštrukcie a zvýšenie celkového tepelného odporu konštrukcie,
- technológia výroby: plne automatizovaná výroba materiálu priamo na stavbe, nižšia náročnosť na dopravu a obsluhu (doprava na miesto spracovania čerpadlom - čerpatelnosť do 100 m vertikálne, do 400 m horizontálne), nižšia prácnosť - úspora času, vyššia produktivnosť, ekonomická návratnosť.

#### Nevýhody:

- mokrý proces: počas tvrdnutia sa môžu vyskytnúť nekontrolovateľné zmrašťovacie trhliny a to aj nad rámec dilatačných polí, podklad musí byť tesný proti úniku kvapalín,
- ľahké betóny nie sú určené ako finálna vrstva strešných ani podlahových konštrukcií (je potrebná roznášacia / krycia vrstva),
- menšia pevnosť v tlaku a vyššia nasiakavosť v porovnaní s klasickými hutnými betónmi.

Pomerne častým problémom vyskytujúcim sa v bytových, občianskych či priemyselných stavbách, je **zatekanie strešných konštrukcií** spôsobené veľkým množstvom vody stojacej po výdatných dažďoch na finálnej krytine spádovej vrstvy strešnej konštrukcie. Najčastejšou príčinou je podcenenie konštrukčného návrhu - riešenia detailov strešného plášťa (nevhodná voľba použitého materiálu, nevhodné napojenie na ostatné stavebné konštrukcie, či **nedostatočné prespádovanie strešnej konštrukcie**, resp. ako dôsledok **degradácie, deformácie a priehybov pôvodnej spádovej vrstvy**). Problém často spôsobuje aj nedodržanie projektovej dokumentácie, či technologického procesu - technologických prestávok pri samotnej realizácii stavebného diela.

Jednou z možností, ako eliminovať zatekanie za strešný plášť, často spôsobujúce značné obmedzenia funkcie navrhovanej skladby, deformáciu niektorých prvkov, či zníženie tepelnoizolačných schopností (vznik tepelných mostov často sprevádzaný kondenzáciou s následnou tvorbou plesní), je *aplikácia spádovej vrstvy zhotovenej z ľahkých betónov (LB): polystyrénbetónu (PsB), resp. vertikálnych a horizontálnych prefabrikovaných panelov a blokov - penobetónu (PBG).*

Od ľahkých betónov (LB) sa do budúcnosti na základe dlhodobého výskumu a vývoja v tejto oblasti očakáva, že budú plniť nielen **konštrukčnú - spádovú - vyrovnávaciu a výplňovú funkciu**, ale aj **hlavnú tepelnoizolačnú, stabilizačnú, roznášaciu, alebo nosnú - finálnu funkciu**. Vzhľadom k súčasným trendom a doposiaľ neodhaleným rezervám ľahkých betónov (LB) sa predpokladá, že *v budúcnosti dokážu v určitých funkciách úplne nahradiť klasickú doskovú tepelnú izoláciu.*

## 5 Záver

Ľahké betóny (LB), polystyrénbetón (PsB) a penobetón (PBG) sa už dnes zaraďujú medzi tzv. *viacfunkčné materiály*, čoraz častejšie sa objavujúce v skladbách strešných, ako aj podlahových konštrukcií, ktoré svojimi vlastnosťami predznamenávajú „*možnosť konkurovať už v blízkej budúcnosti*” klasickej doskovej tepelnej izolácii. Tento fakt umocňujú už dnes tak technológia výroby, ako aj ekonomická návratnosť a efektívnosť oproti betónovej mazanine (náročnosť na dopravu, prácnosť, produktívnosť, kontrola kvality, cena), či klasickým doskovým tepelnoizolačným materiálom (vysoká prácnosť, zložitejšie konštrukčné riešenie, nerovný podklad pre ďalšiu vrstvu, styky plošných častí, cena) a taktiež neustále sa zvyšujúce nároky a požiadavky tepelnotechnických noriem (neustále zvyšovanie hodnôt tepelného odporu / zlepšovanie tepelnotechnických vlastností stavebných materiálov) v oblasti navrhovania a posudzovania budov z hľadiska stavebnej tepelnej techniky.

V článku uvádzame súčasné možnosti použitia ľahkých betónov (LB), polystyrénbetónu (PsB) a penobetónu (PBG) pri návrhu a realizácii konštrukcií plochých, šikmých a strmých striech s ich nezanedbateľným prínosom do budúcnosti, ako aj ich výhodami a nevýhodami. V tejto súvislosti je potrebné poznamenať, že vhodný výber stavebných materiálov, aplikovaných pri projektovaní konštrukcií, skladieb a v neposlednom rade konštrukčných detailov plochých, šikmých a strmých strešných konštrukcií (vrátane nadväzujúcich obalových konštrukcií), priamo ovplyvňuje nielen kvalitu vnútorného prostredia v samotnom podkroví, ale aj v budove ako celku. Vplýva na celkovú spoľahlivosť strešnej konštrukcie z hydroizolačného hľadiska, z hľadiska požiarnej bezpečnosti, z hľadiska stavebnej fyziky a stavebnej tepelnej techniky, ako aj z hľadiska životnosti budovy.

*Potreba zaoberať sa touto problematikou vyplynula z aktuálnosti napredovania v oblasti úsporných opatrení v dôsledku pretrvávajúcej hospodárskej krízy, spočívajúcich v navrhovaní energeticky hospodárnych - úsporných (nenáročných) budov. Týka sa to nielen novostavieb, ale aj rekonštrukcií a modifikácií už existujúcich stavieb, ktorých celkový technický stav je na úrovni často nezodpovedajúcej súčasným požiadavkám a nárokom. Našou snahou je prispieť k rozšíreniu poznatkov o perspektívnom stavebnom materiáli, akým LB nesporne je, a to hlavne v radoch odbornej, ale i laickej verejnosti.*

*Tento príspevok vznikol pri riešení Visegradského Strategického Programu No: 31010022 „**Solution of Green Roof Structures in V4 Countries**“ a grantového projektu VEGA 1/0695/08,. „**Tepelné toky z hľadiska interakcie budovy s podložíím a vonkajším prostredím pre veľkopriestorové budovy halového typu**“.*

#### **Literatúra**

- [1] OLÁH, J.: Strešné plášte podkroví a nadstavieb, Jaga group, Bratislava 2000.
- [2] OLÁH, J. a kol.: Konštrukcie a opravy striech rodinných domov, Alfa, Bratislava 1992.
- [3] VYPARINA M. - TOMKO, M. - TÓTH, S.: Životnosť a opotrebovanie budov v znaleckej praxi. ŽU v Žiline, 2008.
- [4] STN 73 0540-3: Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, Tepelná ochrana budov, Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov (Marec 2002).
- [5] STN 73 1901: Navrhovanie striech, Základné ustanovenia (73 1901) (Jún 2005).
- [6] STN 73 1901/O1: Navrhovanie striech, Základné ustanovenia (73 1901) (September 2005).
- [7] [www.sircontec.com](http://www.sircontec.com)