

**SLOVENSKÁ POĽNOHODPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

1130535

**Využitie ľahkých betónov vo výstavbe poľnohospodárskych  
a priemyselných objektov**

**Nitra 2011**

**Daniel Ďuriš**

**SLOVENSKÁ POĽNOHODPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

**Využitie ľahkých betónov vo výstavbe poľnohospodárskych  
a priemyselných objektov**

**Bakalárska práca**

Študijný program:	Prevádzková bezpečnosť techniky
Študijný odbor:	2386700 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko:	Katedra stavieb
Školiteľ:	Ing. Milada Balková, PhD.
Konzultant:	Ing. Jana Lendelová, PhD.

**Nitra 2011**

**Daniel Ďuriš**

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Daniel Ďuriš vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Využitie ľahkých betónov vo výstavbe poľnohospodárskych a priemyselných objektov“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 28. apríla 2011

Daniel Ďuriš

## **Pod'akovanie**

Touto cestou vyjadrujem pod'akovanie Ing. Milade Balkovej, PhD. za pedagogické vedenie a cenné rady pri vypracovaní bakalárskej práce .

## **Abstrakt**

Práca sa zaoberá využitím ľahkých betónov vo výstavbe poľnohospodárskych a priemyselných objektov. Ide o zosumarizovanie známych ale aj nových druhov betónov a ich porovnanie. V úvode je to rozdiel medzi obyčajným hutným a ľahkým betónom, rozdelenie na skupiny a vlastnosti ľahkých betónov. V ďalšej kapitole sú podrobne charakterizované jednotlivé druhy ľahkých betónov, priamo ľahčený betón, s pórovitým prírodným a umelým kamenivom, ostatné druhy s organickým plnivom, polystyrénom a moderné druhy s novými materiálmi. V závere je stručné využitie jednotlivých druhov ľahkých betónov a ich význam vo výstavbe.

**Kľúčové slová:** betón, ľahký betón, kamenivo

## **Abstract**

The work deals with using of the lightweight concretes in construction of agricultural and industrial objects. It's a summary of well-known but also a new types of concretes and its comparison. In the introduction it's difference between common dense concrete and lightweight concrete, dividing it into groups and character of the lightweight concretes. In the next chapter are in detail characterized separate types of lightweight concretes, a direct aerated concrete, with porous natural and artificial aggregate, other types with organic loading, polystyrene and modern types with a new material. In the conclusion it's a simple use of the separate types of lightweight concretes and their meaning in construction.

**Key words:** concrete, lightweight concrete, aggregate

# Obsah

Úvod .....	7
<b>1 Cieľ práce .....</b>	<b>8</b>
<b>2 Metodika práce .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Výsledky práce - štúdia o súčasnom stave riešenej problematiky .....</b>	<b>10</b>
3.1 Betón .....	10
3.2 Ľahký betón .....	12
3.3 Rozdelenie a základné vlastnosti ľahkých betónov .....	14
3.3.1 Priamo ľahčené betóny .....	17
3.3.1.1 Pórobetón .....	17
3.3.1.2 Pórobetón s kremičitým pieskom .....	20
3.3.1.3 Pórobetón s popolčekom .....	24
3.3.1.4 Pórobetón podľa technológie Ytong .....	25
3.3.1.5 Penobetón .....	28
3.3.2 Ľahké betóny z pórovitého kameniva .....	33
3.3.2.1 Z prírodného pórovitého kameniva .....	34
3.3.2.2 Z priemyslových odpadov .....	34
3.3.2.3 Z umelého pórovitého kameniva .....	35
3.3.3 Medzerovitý ľahký betón .....	36
3.3.4 Ostatné druhy ľahkých betónov .....	37
3.3.4.1 Ľahké betóny s organickým plnivom .....	37
3.3.4.2 Drevo cementové tvarovky .....	37
3.3.4.3 Polystyrénbetón .....	38
3.3.4.4 Ekostyrénbetón .....	41
3.3.4.5 Betón z expandovaného perlitu .....	42
3.3.4.6 Plastbetón .....	43
3.4 Ľahký betón v poľnohospodárskych stavbách .....	44
<b>4 Návrh na využitie výsledkov .....</b>	<b>45</b>
<b>5 Záver .....</b>	<b>47</b>
<b>6 Zoznam použitej literatúry .....</b>	<b>49</b>

## Zoznam skratiek a značiek

SI	Système International
m	<b>meter</b> , skratka dĺžkovej miery
cm	<b>centimeter</b> , jednotka dĺžky, $1 \cdot 10^{-2}$ metra
mm	<b>milimeter</b> , jednotka dĺžky, $1 \cdot 10^{-3}$ metra
kg	<b>kilogram</b> , základná jednotka hmotnosti
v sústave SI	
Pa	<b>pascal</b> , základná jednotka tlaku v sústave SI
MPa	<b>megapascal</b> , $1 \cdot 10^6$ pascala
K	<b>kelvin</b> , jednotka teploty indikujúca
termodynamickú teplotu	
W	<b>watt</b> , odvodená jednotka výkonu
°C	<b>stupeň Celzia</b> , jednotka teploty
°	uhol
dB	<b>decibel</b> , vyjadruje hladinu intenzity zvuku
STN	slovenská technická norma
LC	lightweight concrete, ľahký betón
LWAC	lightweight-aggregate concrete,
vysokopevnostný betón	
EPS	expandovaný penový polystyrén
PTB	perlitbetón
PE	polyetylén



## Úvod

Obyčajný hutný betón sa vďaka svojim veľmi dobrým mechanickým vlastnostiam stal rozhodujúcim stavebným materiálom pre nosné konštrukcie v stavebníctve. Popri svojich kladných vlastnostiach má však aj nedostatky, ktoré sa negatívne prejavujú zvlášť v pozemnom staviteľstve. Je to predovšetkým veľká objemová hmotnosť a s tým súvisiaca aj veľká hodnota tepelnej vodivosti. Veľká objemová hmotnosť znamená vysoký podiel vlastnej hmotnosti v porovnaní s užitočným zaťažením, a u stavebných dielcov a montovaných stavieb vyvoláva potrebu výkonných dopravných a montážnych prostriedkov.

Všetky tieto nedostatky čiastočne odstraňujú ľahké betóny, aj keď väčšinou na úkor zhoršených mechanických vlastností. Ľahké betóny si zachovávajú konštrukčné a technologické prednosti betónu hutného z hľadiska spriemyselnovania stavebníctva. Ďalšou výhodou je, že k ich výrobe sa v značnej miere využívajú druhotné suroviny, čo výrazne prispieva k zlepšovaniu životného prostredia.

## **1 Cieľ práce**

Cieľom bakalárskej práce je „Využitie ľahkých betónov vo výstavbe poľnohospodárskych a priemyselných objektov“. Štúdiom odbornej literatúry sme zhromaždili podklady na zosumarizovanie a porovnanie jednotlivých druhov ľahkých betónov, ktoré sa v súčasnosti využívajú vo výstavbe.

Práca sa zameriava na najpoužívanejšie a najznámejšie druhy ľahkých betónov, na porovnanie s inými materiálmi, ich výhody a nedostatky. Nechýbajú však ani moderné druhy alebo novinky.

## 2 Metodika práce

Hlavnou metódou pri spracovaní vstupných údajov bola analýza súčasného stavu v oblasti ľahkých betónov, ktoré sa používajú v oblasti výstavby priemyselných a poľnohospodárskych objektov.

Pre dosiahnutie cieľa sa vypracovala metodika práce, ktorá pozostáva z nasledovných krokov:

- štúdium odbornej literatúry (podklady sa zhromažďovali z rôznych zdrojov: knihy, odborné články, učebné materiály a internetové zdroje),
- zosumarizovanie ľahkých betónov, ktoré sa v súčasnosti používajú vo výstavbe,
- porovnanie jednotlivých druhov ľahkých betónov.

### 3 Výsledky práce

#### - štúdia o súčasnom stave riešenej problematiky

#### 3.1 Betón

Betón je umelý kompozitný stavebný materiál, ktorý sa skladá zo spojiva, plniva, vody, vzduchu, prípadne prísad a prímiesí. Do betónov sa používajú vhodné anorganické (maltoviny) alebo organické (polyméry, bitumény) spojivá. Plnivom býva prevažne anorganický zrnitý materiál (prírodný, umelý alebo recyklovaný), všeobecne označovaný ako kamenivo do betónu. Plnivá organického pôvodu, ako sú drevené vlákna, triesky, piliny, pazderie či speňovateľný polystyrén, sa používajú zriedkavo.

Premiešaním zložiek vznikne čerstvý betón. Po spracovaní, t.j. uložení do debnenia, formy, prípadne rozprestretí a spravidla následnom zhutnení, čerstvý betón tuhne a tvrdne a mení sa na zatvrdnutý betón, ktorý má už určitú pevnosť. Výhody a nevýhody betónu sú v tab. 1.

Tab. 1 Výhody a nevýhody betónu ako konštrukčného materiálu.

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"><li>- možnosť ľubovoľného tvarovania v plastickom tvare</li><li>- možnosť zmeny vlastností v širokom rozsahu</li><li>- relatívne vysoká pevnosť v tlaku</li><li>- nehorľavosť</li><li>- trvanlivosť</li><li>- produktivita</li><li>- ekonomickosť</li><li>- možnosť výroby na mieste spotreby</li><li>- estetickosť</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- malá pevnosť v ťahu</li><li>- malá ťažnosť</li><li>- objemová nestálosť</li><li>- veľká hmotnosť</li><li>- tepelná priepustnosť</li><li>- nízka špecifická pevnosť (pomer pevnosť/hmotnosť)</li></ul>

Zdroj: Svoboda, 2005

Vzhľadom na rozličné požiadavky a účely použitia, ako aj ekonomické kritériá výroby, majú v súčasnosti jednotlivé betóny odlišné zloženie, spôsob spracovania, ako aj širokú škálu vlastností. Tomu zodpovedá veľké množstvo druhov betónu, pre ktoré sa zaužívali označenia poukazujúce na jeho charakteristickú vlastnosť.

Podľa objemovej hmotnosti (po vysušení v sušiarňi pri 105 °C) sa betón delí na:

1. **Ľahký (Lightweight Concrete, označovaný LC)**, s objemovou hmotnosťou do 2 000 kg . m<sup>-3</sup>. Ľahké betóny sa vyrábajú celkom alebo sčasti z pórovitého kameniva. V závislosti od použitého kameniva alebo plniva sa označujú ako agloporitové, expanditové, keramzitové, pemzové, perlitové, popolčekové, tufové, polystyrénové atď,
2. obyčajný (Concrete, označovaný C), s objemovou hmotnosťou 2 000 kg . m<sup>-3</sup> až 2 800 kg . m<sup>-3</sup>. Obyčajné betóny sa vyrábajú z hutného kameniva. Podľa použitého kameniva sa označujú ako betóny z ťažného, drveného, umelého alebo recyklovaného kameniva,
3. ťažký (Heavyweight Concrete, označovaný HC), s objemovou hmotnosťou viac ako 2 800 kg . m<sup>-3</sup>. Vyššia hmotnosť ťažkého betónu plní v konštrukcii určitú funkciu. Podľa použitého kameniva alebo plniva sa ťažké betóny označujú ako barytové, grafitové, magnetitové, limonitové betóny (Svoboda, 2005).

## 3.2 Ľahký betón

Do tejto skupiny sa zaraďujú betóny vyľahčené dutinami a väčším množstvom pórov priamo v textúre betónu, ktoré boli vyrobené použitím pórovitého kameniva alebo pomocou plynovorných a penotvorných prísad. Ako plnivá sa niekedy používajú aj rôzne upravené priemyselné odpady. Ich konečné vlastnosti možno ľahko cielene upravovať skladbou zložiek. Použitím ľahkých betónov sa dá znížiť hmotnosť stavebných konštrukcií. Na technicky hospodárnu realizáciu konštrukcií sa využívajú predovšetkým ich priaznivejšie tepelnoizolačné vlastnosti.

Ľahký betón odstraňuje nevýhody obyčajného betónu (ich veľkú hmotnosť a tepelnú priepustnosť). Výhodou ľahkého betónu je nízka objemová hmotnosť, naopak jeho nevýhodami sú menšia pevnosť v tlaku a ťahu, vyššia nasiakavosť, a tým menšia odolnosť proti mrazu. Nepriaznivou vlastnosťou je aj väčšie zmršťovanie a dotvarovanie. Výroba ľahkého betónu oproti obyčajnému zvyčajne vyžaduje zvýšenú pozornosť.

Požiadavky na väčšinu technologických vlastností ľahkých kamenív (tvar, zrnitosť, vonkajší špecifický povrch atď.) sú obdobné, ako pri hutnom kamenive. Pri určovaní týchto požiadaviek treba vychádzať z reálnych možností daného druhu kameniva a požadovaných vlastností vyrábaných betónov, najmä však z toho, či má byť betón nosný alebo nenosný, plný alebo medzerovitý (Bajza, 2006).

Ako **plné ľahké betóny** sa označujú tie, v ktorých je prebytok cementového tmelu 1,05 (o 5%), ľahké kamenivo má spravidla plynulú čiaru zrnitosti a medzery medzi zrnami sú vyplnené cementovým tmelom. Treba upozorniť, že plný ľahký betón sa v odbornej literatúre opakovane označuje ako hutný. Toto pomenovanie nie je správne a je v rozpore so skutočnosťou, lebo betón obsahuje pórovité kamenivo, teda nemôže byť hutný.

Protikladom k plnému ľahkému betónu je **medzerovitý ľahký betón**. V tomto prípade cementový tmel v betóne obalí zrná kameniva a len čiastočne zaplní medzery medzi zrnami (dávka cementu je asi  $150 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ). Medzerovité betóny vyrábame ako z prírodného hutného kameniva, tak aj z pórovitého kameniva. Betóny dosahujú pevnosti 6 až 8 MPa a objemové hmotnosti 1500 až  $1600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , odolnosť proti mrazu je veľmi dobrá a zmrštenie je veľmi malé. Nevýhodou je náročnejšia výroba (Bajza, 2006).

## **História ľahkého betónu**

Ľahký betón sa po prvýkrát používal Rimanmi. Aplikáciou na Pantheon, kde bolo použité pemzové kamenivo v konštrukcii liateho monolitického betónu, bola skúška jeho použitia. Neskôr v 19. storočí v USA a Anglicku, bola použitá škvara v konštrukcii Britského múzea a iných lacných obydľí. Ľahký betón sa používal v konštrukciách počas Prvej svetovej vojny. Spojené štáty ho používali hlavne na stavbu lodí a betónové panely. Okolo roku 1930 bola zavedená spenená pecná troska a pemzové kamenivo pre panely do Anglicka a Švédska.

V súčasnosti, pri pokročilej technológii, expanduje použitie ľahkého betónu vďaka svojej objemovej hmotnosti a vynikajúcim vlastnostiam ([eprints.utm.my](http://eprints.utm.my)) [online].

### 3.3 Rozdelenie a základné vlastnosti ľahkých betónov

Podľa účelu a funkcie:

1. **Tepelnoizolačné** (bez nosnej funkcie)
  - patria sem plynobetóny, penobetóny a ľahké betóny s organickým plnivom s veľmi nízkou objemovou hmotnosťou (približne do  $400 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ),
2. **Konštrukčnoizolačné** (so súčasou nosnou a tepelnoizolačnou funkciou)
  - predovšetkým vo forme tvaroviek a dielcov z pórobetónu a plynobetónu,
3. **Konštrukčné** (s prevažne nosnou funkciou)
  - používané na ukladanie do debnenia (možno ho aj čerpať) alebo vo forme prefabrikátov v pozemnom stavitel'stve, môže byť vystužený obyčajnou alebo predpätou výstužou (pozemné, dopravné a priemyselné stavitel'stvo).

Podľa štruktúry sa ľahké betóny delia na:

1. **pórobetóny –priamo ľahčené** (vyľahčenie sa dosahuje vytvorením umelých pórov priamo vo vyrábanom betóne),
2. **ľahké betóny s pórovitým kamenivom –nepriamo ľahčené** (vyľahčenie betónu sa dosahuje použitím prírodného alebo umelého pórovitého kameniva),
3. **ľahké betóny medzerovité** (vyľahčenie betónu sa dosahuje medzerami medzi zrnami jednej frakcie kameniva) (Svoboda, 2005).

Podľa spôsobu tvrdnutia:

1. tvrdnúce pri normálnej teplote pod  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 
  - urýchľovanie tvrdnutia sa dosahuje beztlakovým parením,
2. pri teplotách nad  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 
  - urýchľovanie tvrdnutia sa dosahuje parením nasýtenou vodnou parou pri zvýšenom tlaku pomocou autoklávovania (Rouseková, 2001).

Hlavnými sledovanými charakteristikami ľahkých betónov sú **maximálna objemová hmotnosť** a **minimálna pevnosť v tlaku**. Podľa nich sa zväčša aj označujú. Označovanie pevnostných tried v tlaku ľahkých betónov je podľa STN EN 206-1 rozdielne od bežných a ťažkých betónov, pričom ľahké betóny majú menšie rozdiely medzi minimálnou charakteristickou valcovou a kockovou pevnosťou v tlaku v  $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$ . Pevnostné triedy ľahkých betónov v tlaku sú v tab. 2.



Tab. 2 Pevnostné triedy ľahkého betónu v tlaku podľa STN EN 206-1

<b>Pevnostná trieda v tlaku</b>	Minimálna charakteristická valcová pevnosť $f_{ch/cyl}$ N/mm <sup>2</sup>	Minimálna charakteristická kocková pevnosť $f_{ch/cube}$ N/mm <sup>2</sup>	Poznámka
<b>LC 8/9</b>	8	9	Môžu sa použiť iné hodnoty, ak je vzťah medzi nimi a referenčnou valcovou pevnosťou zaistený s dostatočnou presnosťou a je dokumentovaný.
<b>LC 12/13</b>	12	13	
<b>LC 16/18</b>	16	18	
<b>LC 20/22</b>	20	22	
<b>LC 25/28</b>	25	28	
<b>LC 30/33</b>	30	33	
<b>LC 35/38</b>	35	38	
<b>LC 40/44</b>	40	44	
<b>LC 45/50</b>	45	50	
<b>LC 50/55</b>	50	55	
<b>LC 55/60</b>	55	60	
<b>LC 60/66</b>	60	66	
<b>LC 70/77</b>	70	77	
<b>LC 80/88</b>	80	88	

Zdroj: Bajza, 2006

Delenie ľahkých betónov podľa objemovej hmotnosti je v tab. 3.

Tab. 3: Klasifikácia ľahkého betónu podľa objemovej hmotnosti podľa STN EN 206-1

<b>Trieda objemovej hmotnosti</b>	<b>D 1,0</b>	<b>D 1,2</b>	<b>D 1,4</b>	<b>D 1,6</b>	<b>D 1,8</b>	<b>D 2,0</b>
Rozsah objemovej hmotnosti kg . m <sup>-3</sup>	901 až 1000	1001 až 1200	1201 až 1400	1401 až 1600	1601 až 1800	1801 až 2000

Zdroj: Rouseková, 2000

**Poznámka:** Objemová hmotnosť ľahkého betónu môže byť tiež špecifikovaná určenou hodnotou.

Podľa pevnostnej triedy v tlaku a objemovej hmotnosti sa ľahké betóny zväčša aj označujú. V požiadavkách na ľahké betóny sa uvádza pevnosť v tlaku minimálnou hodnotou a objemová hmotnosť maximálnou hodnotou. Zlepšenie jednej z týchto vlastností súčasne zhoršuje druhú vlastnosť. Vyššia pórovitosť a medzerovitosť znamená

zníženie objemovej hmotnosti, a teda aj zlepšenie tepelnoizolačných vlastností, ale zároveň vedie aj k poklesu pevnosti ľahkých betónov.

Tepelná vodivosť ľahkých betónov závisí od obsahu a veľkosti pórov. Najmenšiu tepelnú vodivosť majú betóny s najväčšou pórovitosťou. Veľké póry zvyšujú možnosť prenosu tepla prúdením, príliš malé póry spôsobujú kondenzáciu vodných pár a zvýšenú kapilárnu vzĺnavosť.

Pre hodnotenie ľahkých betónov určených na obvodový plášť budovy je okrem tepelnej vodivosti dôležitá aj tepelná akumulácia schopnosť. Tepelná akumulácia látky závisí od tepelnej vodivosti, merného tepla a objemovej hmotnosti. Pretože hodnota merného tepla sa u ľahkých betónov výraznejšie nemení, pri tepelnej akumulácii sa prejaví hlavne vplyv objemovej hmotnosti. Ľahké betóny s príliš nízkou objemovou hmotnosťou môžu mať aj pri veľmi priaznivej tepelnej vodivosti nevyhovujúcu tepelno-akumulačnú schopnosť.

Ľahké betóny možno vystužovať oceľovými vložkami. Súdržnosť medzi výstužou a betónom je však vzhľadom na nižšie pevnosti ľahkého betónu nižšia. Štruktúra ľahkých betónov nezaručuje dostatočnú ochranu oceľovej výstuže, preto sa pri hutných ľahkých betónoch navrhuje väčšia krycia vrstva ako pri obyčajných betónoch. V prípade medzerovitých betónov a pórobetónov musíme výstuž chrániť pred koróziou, čo sa najčastejšie robí vytvorením hutného povlaku na výstuži.

Vzhľadom na surovinovú základňu a stavebnotechnické výhody sa u nás presadila výroba a používanie ľahkých betónov z umelého pórovitého kameniva, a najmä pórobetónov (Svoboda, 2005).

### 3.3.1 Priamo ľahčené betóny

Vyľahčenie sa dosahuje vytvorením umelých pórov priamo vo vyrábanom betóne.

#### 3.3.1.1 Pórobetón

Pórobetón je ľahký betón, ktorý sa vyrába z tekutých (kašovitých) zmesí, zložených z jemného kremičitého plniva (piesok, popolček), spojiva (vápno a cement), prísad (pórotvorná prísada, sadrovec) a vody. Keďže sa ako spojivo používa súčasne cement aj vápno, pórobetóny sa rozdeľujú podľa plniva na pórobetóny z piesku a z popolčka.

V minulosti sa pórobetóny podľa hlavných zložiek a prísad rozdeľovali na:

1. **plynotvorné:** plynobetóny- spojivo cement, plnivo kremičitý piesok, plynosilikáty- spojivo vápno, plnivo popolček,
2. **penotvorné:** penobetóny- spojivo cement, plnivo kremičitý piesok, penosilikáty- spojivo vápno, plnivo popolček.

Počas hydratácie plnivo reaguje so spojivom a pri hydrotermálnej reakcii (vysoký tlak a teplota) sa získava vhodný materiál na stavebné účely. Ako plynotvorná prísada sa používa hliník vo forme prášku alebo emulzie. K ďalším zložkám patria napríklad stabilizátory mikroštruktúry nakyprenej zmesi, prísady na zvýšenie alkality zmesi a prípravky na antikoróznú ochranu výstuže.

Pórobetón si na Slovensku udržuje vzácne druhé miesto medzi najčastejšie používanými stavebnými materiálmi. V stavebníctve má síce kratšiu históriu ako tehla, ale dnes patrí medzi komplexné stavebné systémy a presvedča svojou kvalitou rovnako ako svojou cenou. Hoci sa v bežnej reči používa označenie pórobetón, jeho úplný názov je autoklávovaný pórobetón.

#### Technológia výroby

Postup pri výrobe pórobetónov možno rozčleniť na tieto technologické úseky: úprava suroviny, príprava pórobetónovej zmesi, vytváranie t. j. odlievanie, kyprenie a tuhnutie výrobkov, odrezávanie prerastov a krájanie výrobkov, autoklávovanie, úprava výrobkov, skladovanie a expedícia. Hlavným problémom pri výrobe pórobetónov je získanie potrebnej pórovitej štruktúry.

## **Vlastnosti pórobetónu**

Pórobetónové tvárnice sú predurčené na rýchle murovanie, pretože sa vyrábajú aj vo veľkorozmerných formátoch. Sú vhodné aj na stavbu členených tvarov a všetkých druhov zvislých konštrukcií. Ich fyzikálne vlastnosti umožňujú ich jednoduché opracovanie vŕtaním či rašpľovaním a použitie minimálneho množstva spojovacieho materiálu - malty.

Tvárnice majú hladký povrch, ľahko sa, v prípade potreby, dajú prerezať aj ručnou pílkou. Niektoré druhy sa vyrábajú so systémom pero + drážka a pre lepšiu manipuláciu s nimi majú aj manipulačné úchytky. Pórobetónové tvárnice majú primeranú únosnosť pre zaťaženie vo všetkých smeroch, ktorá dovoľuje budovať zvislé nosné konštrukcie až do výšky štyroch podlaží. Veľkou výhodou pórobetónu oproti klasickým stavebným materiálom je jeho relatívne nízka hmotnosť, približne 400 až 600 kg . m<sup>-3</sup>.

Pórobetón dobre reguluje vlhkosť vnútorného a vonkajšieho prostredia. Napriek tomu, že má nižšiu nasiakavosť ako tehla, vlhkosť výrazne ovplyvňuje všetky jeho fyzikálno-mechanické vlastnosti. Je vhodný najmä do prostredia s trvalou relatívnou vlhkosťou vzduchu nižšou ako 85 percent. Ak je vlhkosť vyššia, zvyšuje sa jeho objemová hmotnosť a tým sa zhoršujú jeho tepelnoizolačné vlastnosti, preto treba chrániť vonkajší povrch obvodovej steny kvalitnou nenasiakavou omietkou alebo poveternostnou vrstvou (napr. predsadeným obkladom s prevetrávanou vzduchovou vrstvou). Materiál sa musí aj počas skladovania (hlavných v zimných mesiacoch) chrániť proti prevlhnutiu, aby neprichádzalo k neskorším stavebným poruchám vplyvom mrazu. Výrobcovia pórobetónových výrobkov odporúčajú na vnútornú povrchovú úpravu stien použiť modifikovanú súdržnú omietkovú zmes, ktorá sa však vyrába pridaním umelých živíc.

Medzi záporné vlastnosti pórobetónu patrí malý odpor voči prechodu tepla. Miestnosti z pórobetónových tvárnic sa všeobecne ľahko vykúria, ale ak sa kúrenie preruší teplo z nich unikne, v porovnaní s miestnosťami z klasickej tehly, omnoho rýchlejšie ([www.stavebnik.sk](http://www.stavebnik.sk)) [online].

## **Výrobky z pórobetónu**

Medzi hlavné výrobky patria tvárnice, bloky, priečkovky, preklady, debniace prvky, komínové dielce, stropné vložky, priečkové, stenové, stropné a strešné panely a tepelnoizolačné dosky. Maximálna veľkosť výrobkov je daná veľkosťou používaných foriem a spôsobom krájania zatuhnutého pórobetónového materiálu. Z pórobetónu

sa v súčasnosti vyrábajú predovšetkým nevystužené výrobky. Vystužených stenových, stropných a strešných dielcov sa vyrába menej. Najrozšírenejším výrobkom sú tvárnice – murovacie prvky rôznych rozmerov, ktoré majú síce väčšie rozmery ako tehla, ale s ktorými sa dá ručne manipulovať.

### **Výrobky na priemyselnú výstavbu**

1. obvodové a vnútorné steny nosné a nenosné ( stenové dielce, priečkové dielce, veľkorozmerové tvarovky Jumbo),
2. strešný plášť a stropné konštrukcie,
3. zatepľovanie stavieb ( tepelnoizolačné dosky Porsil) (Rouseková, 2001).

U nás sa vyrábajú 2 základné druhy a to pórobetón na báze **kremičitého piesku** a na báze **elektrárenského popolčeka**. To čo oba druhy spája je ich naparovanie v autokláve a vyl'ahčovanie plynom z plynotvornej hliníkovej prísady. Autokláva je uzavretá tlaková nádoba, v ktorej sa pod vplyvom vysokej teploty a tlaku vytvrdzuje vápno zmiešané s portlandským cementom, vodou a podľa druhu pórobetónu s popolčekom alebo kremičitým pieskom. Pri tejto reakcii vzniká materiál s vysoko pórovitou štruktúrou. Póry zlepšujú vlastnosti betónu a spôsobujú jeho odľahčenie. Objem pórov môže tvoriť až 70 % jeho celkového objemu.

### 3.3.1.2 Pórobetón s kremičitým pieskom

Pórobetón vyrobený na báze **kremičitého piesku** má vynikajúce tepelno-technické vlastnosti. Tvárnice z neho sú bielej farby na obr. 1, majú vysokú požiarnu odolnosť a ekologicky sú úplne neškodné. Vyrábajú sa technológiou Siporex a Calsilox. U nás sa najviac vyrába pórobetón **Hebel**, a to práve technológiou Calsilox, teda z kremičitého piesku rozomletého na jemnú múčku, z cementu CEM II 32,5, vápna, sadrovca, hliníkovej pasty a vody ([www.stavebnik.sk](http://www.stavebnik.sk)) [online].



Obr. 1 Biele pórobetónové tvárnice

Zdroj: [www.stavebnik.sk](http://www.stavebnik.sk)

### Požiarne bezpečnosť pórobetónu HEBEL

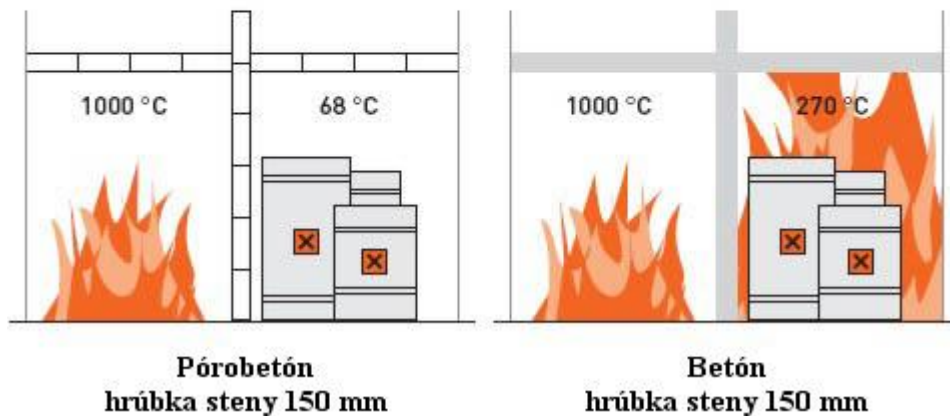
Pórobetón HEBEL je nehorľavý a v prípade požiaru sa zahrieva podstatne menej a pomalšie než iné stavebné materiály, ako napr. železobetón. Protipožiarne stenami HEBEL tak možno požiar v budove priestorovo ohraničiť. Na likvidáciu požiaru získame oveľa viac času.

Steny z pórobetónu, pri rovnakej hrúbke stien z betónu, poskytujú výrazne dlhšiu ochranu pred ohňom a žiarom. Rovnako zabraňuje prenikaniu požiaru zvonka. Zhruba 30 % všetkých požiarov vzniká mimo budovy a cez vonkajší múr alebo cez strechu preniká do vnútra budovy. Masívne strešné dosky z pórobetónu zabraňujú presunu požiaru smerom hore, príp. chránia pred vniknutím ohňa. Rovnako sa zabráni presahu požiaru zvonka ([www.xella.sk](http://www.xella.sk)) [online].

### Prechod tepla v prípade požiaru po zhruba 6 hodinách

Pri rovnakej hrúbke stien poskytujú steny z pórobetónu výrazne dlhšiu ochranu pred ohňom a žiarom než steny z betónu.

Vysoká tepelná izolácia stien zabezpečuje udržanie nízkych teplôt na strane miesta zasiahnutého požiarom.



Obr. 2 Odolnosť pórobetónu HEBEL pri požari

Zdroj: [www.xella.sk](http://www.xella.sk)

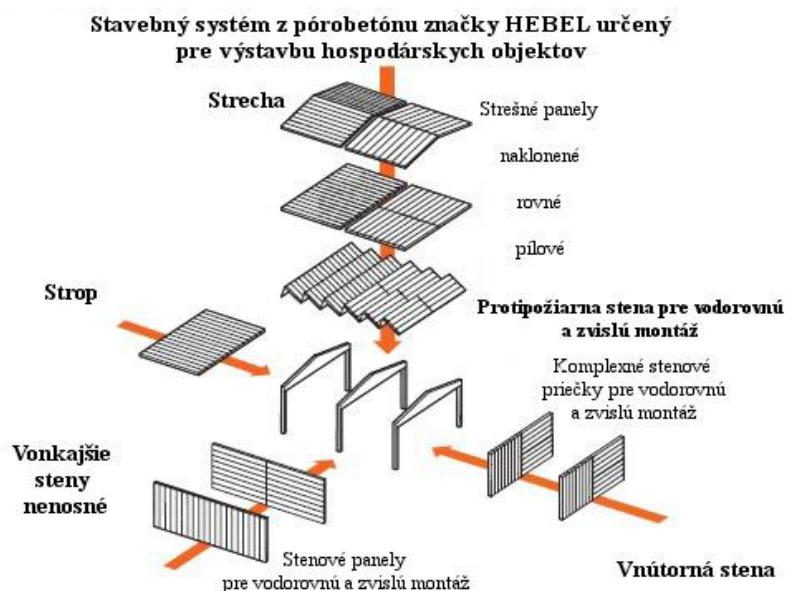
### Masívna stavebná kvalita v stenách a strechách

V porovnaní s ostatnými masívnymi stavebnými materiálmi má pórobetón HEBEL relatívne malú hmotnosť. Tým prepožičiava stavebným montážnym dielcom statické a stavebne praktické výhody. S pomocou ľahkých prvkov možno premostiť značné vzdialenostné rozpätie, veľké formáty potom zvyšujú pracovný výkon na stavenisku. Stavebné montážne dielce sa vyrábajú vedľa vnútorných a vonkajších stien aj pre strechy.

Budovy z masívneho pórobetónu značky HEBEL zaručujú vysokú stavebnú kvalitu stien a strechy a v mnohých smeroch tak "ľahkomontážne stavby" predstihujú. Táto modularita, ktorá sa prejaví už pri plánovaní, vedie k rýchlejšej, ľahkej a bezpečnej výstavbe.

### Výhody pórobetónu značky HEBEL

1. Plášť budovy z pórobetónu zlepšuje vnútornú klímu, redukuje šírenie hluku a zvyšuje protipožiarnu odolnosť,
2. Modulárny stavebný postup uľahčuje v neposlednom rade opatrenia týkajúce sa budúcej prestavby alebo rozšírenia budovy ([www.xella.sk](http://www.xella.sk)) [online].



Obr. 3 Využitie HEBELu v hospodárstve

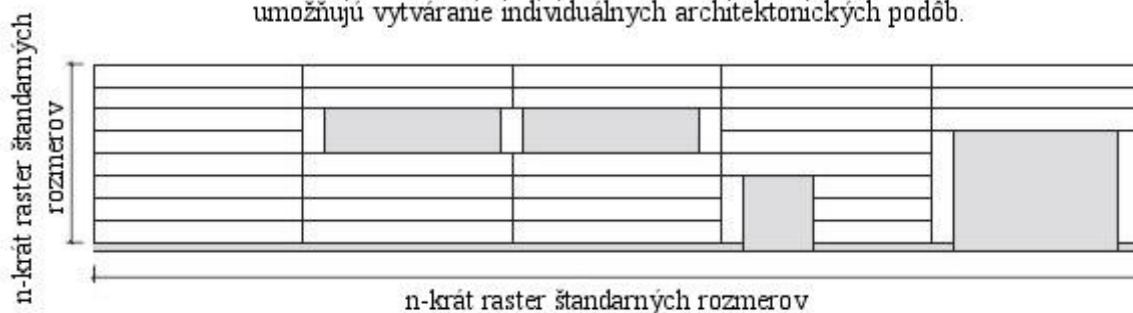
Zdroj: [www.xella.sk](http://www.xella.sk)

### Inteligentné stavebné riešenie

Modulárny stavebný postup vyžaduje inteligentný systém. Ponuka navzájom prepojených prvkov by mala byť prehľadná a súčasne by mala umožňovať flexibilitnú a individuálnu výstavbu. Čím väčšie sú stavebné dielce, tým hospodárnejšia je výstavba, čím menšie, tým je výstavba flexibilnejšia. Najčastejšie sa využívajú dielce s dĺžkou 6 m pri rôznych hrúbkach.

### Modulárna výstavba pomocou montážnych stavebných dielcov značky HEBEL

Štandardizované formáty stavebných dielcov a ich flexibilné kombinácie umožňujú vytváranie individuálnych architektonických podôb.



Obr. 4 Inteligentný systém značky HEBEL

Zdroj: [www.xella.sk](http://www.xella.sk)



## Výhody dielcov

Priemyselne vyrábaný vystužený dielec je zhotovený presne na mieru a na zaťaženie podľa konkrétnej stavby. Jednotlivé typy dielcov sú na obr. 5, 6 a 7. Dielce sú vhodné pre rôzne tvary striech, majú jednoduchú a rýchlu manipuláciu a montáž, únosnosť je zabezpečená okamžite po položení. Ďalšími výhodami sú nízka objemová hmotnosť, úplné vylúčenie mokrého procesu, zabudovanie za každého počasia, výborné vlastnosti (tepelno-technické, akustické a protipožiarne), sú ekologicky neškodné ([www.xella-usa.com](http://www.xella-usa.com)) [online].



Obr. 5 Strešný dielec



Obr. 6 Stenový dielec



Obr. 7 Stropný dielec

Zdroj: [www.xella.sk](http://www.xella.sk)

## HEBEL na Slovensku a v zahraničí

O kvalite pórobetónu HEBEL svedčí aj to, že bol úspešne použitý na rôznych stavbách po celom Slovensku: nákupné centrum CENTRO Nitra, skladová hala DOKA Prešov, skladové priestory FM Logistic Sereď, Kovohuty Krompachy, letisko Košice, autocentrum Suzuki Trnava, Tytex Humenné, zimný štadión Partizánske.

HEBEL používajú aj zahraničné firmy ako DaimlerChrysler, IKEA, BMW, Nike, Bridgestone, Volkswagen, DOW Chemicals, Ford, Honda, Wilkinsons, Marks & Spencer a iné ([www.xella.sk](http://www.xella.sk))[online].

### 3.3.1.3 Pórobetón s popolčekom

Dlhšiu tradíciu má pórobetón vyrábaný na báze **popolčeka**, ktorý má sivú farbu. Pôvodne označovaný ako plynosilikát. Vyrábali sa podľa technologického postupu **Ytong** (Unipol), kde sa ako spojivo používalo vápno. V súčasnosti sa však prevažne spracúvajú technológiou **Calsilox** (mletím s vápnom a cementom za sucha).

Technológiou Calsilox sa vyrábajú výrobky **Ypor** (zloženie: popolček, vápno, sadrovec, hliníková pasta, voda a cement CEM I 42,5) sa používajú na nosné, nenosné a výplňové murivo vnútorných a vonkajších stien, striech a iných konštrukčných prvkov objektov. Spoločnosť XELLA od septembra 2004 zastavila výrobu sivých tvárnic Ypor a nahradila ju moderným stavebným systémom Ytong. Prestáva tak pôsobiť v oblasti výroby pórobetónu na báze popolčeka a sústreďuje svoje aktivity len na výrobu bieleho pórobetónu na báze kremičitého piesku.

Technológia výroby **Ytong** zahŕňa aj výrobu výrobkov **Porfix**. Sú to presné tvarovky používané na vytváranie murovaných konštrukcií s malými škárami a omietkami tenkých vrstiev.



Obr. 8 PORFIX v priemyselnom parku Nitra

Zdroj: [www.xella.sk](http://www.xella.sk)

Pórobetón Porfix má síce o niečo vyšší súčiniteľ tepelnej vodivosti, ale jeho cena je, v porovnaní s bielym, nižšia. Aby sa dosiahol rovnaký tepelno-vodivý efekt, musí byť tvárnica zo sivého pórobetónu o niekoľko centimetrov širšia ako z bieleho, čo má ale negatívny dopad na konečnú veľkosť vnútorných priestorov.

### **3.3.1.4 Pórobetón podľa technológie Ytong**

#### **Silka**

Vápenno-pieskové tvárnice Silka majú vynikajúce zvukovo-izolačné vlastnosti už pri hrúbke muriva 250 mm. Môžu sa použiť na medzi bytové steny alebo na konštrukcie, ktoré oddeľujú prevádzky s nadmerným hlukom. Sú kompatibilné so systémom Ytong z bieleho pórobetónu, ktorý je známy tepelno-technickými vlastnosťami. Steny z týchto tvární prenášajú aj extrémne zaťaženia a vďaka vysokej presnosti, cene a práci na stavbe sa využívajú pri stavbe kancelárií, škôl, nemocničných priestorov alebo priemyselných stavieb. Vápenno-pieskové tvárnice Silka boli použité napr. pri rekonštrukcii bývalého síla v meste Győr v Maďarsku.

#### **Ytong**

Steny z presných tvární Ytong, so systémom pero + drážka, hrúbky 375 mm vďaka rovnakým vlastnostiam vo všetkých smeroch redukujú tepelné mosty v rohoch miestností a pri styku so stropom na minimum. Ďalšími miestami častého vzniku tepelných mostov sú preklady nad otvormi a stužujúce vence. Tepelné mosty sú miestom vzniku porúch na omietkach, zdrojom vzniku plesní a preto je veľmi dôležité vyvarovať sa ich. Systémové prvky Ytong riešia aj tento problém. Tvárnice Ytong boli použité na hotel Holiday Inn v Žiline a priemyselnú halu Tytex v Humennom.

#### **Ytong Multipor**

Dosky Ytong Multipor nehorľavé, stabilne držia formu, odpudzujú vodu a sú odolné voči tlaku. Vďaka maximálnemu odľahčeniu materiálu majú dosky Ytong Multipor porovnateľné tepelnoizolačné schopnosti ako tradičné tepelné izolácie rovnakej hrúbky. Vznikajú šetrnou technológiou výroby. Spracúvajú sa len prírodné suroviny: vápno, piesok, cement a voda, do ktorých sa primiešava prostriedok na tvorbu pórov. Ytong Multipor neobsahuje žiadne umelé prísady. Tepelnoizolačné dosky Multipor boli použité pri stavbe komerčných objektov FULDA, pri stavbe závodu na výrobu porcelánu v Tettau a podzemných garáží v Norimberku v Nemecku.

## Oblasti použitia

- vonkajšia izolácia stien,
- tepelnoizolačné systémy na horné a dolné stropy podzemných garáží, pivníc, prejazdov a podjazdov,
- tepelná izolácia pre šikmé a ploché strechy.

## Tepelná izolácia podláh

Cenná vykurovacia energia neuniká len cez steny, ale aj cez nedostatočnú izoláciu stropov podzemných garáží a prechodov, alebo pri stropoch nad pivnicami. Týmto vzniká efekt studenej podlahy, ktorý je v bytoch a obývacích priestoroch nepríjemný. Izolácia podhl'adov stropov minerálnymi izolačnými doskami Ytong Multipor tento problém efektívne rieši.

## Protipožiarna ochrana podzemných garáží

Pri stropoch pivníc alebo podzemných garáží sa postará o doplnkovú bezpečnosť nehorľavá izolácia a príslušná ľahká malta, ktoré v prípade požiaru neuvolňujú jedovaté plyny. Minerálna izolácia Ytong Multipor môže byť nainštalovaná ako priznaná, alebo môže byť upravená bežnou, difúzne otvorenou silikátovou farbou.



Obr. 9 Podzemné garáže

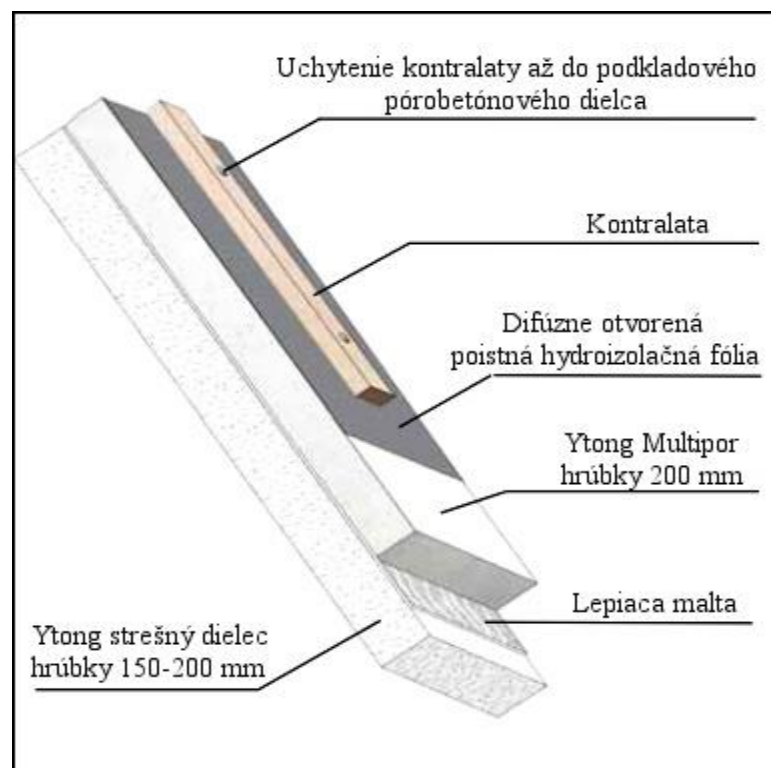
Zdroj: [www.xella.sk](http://www.xella.sk)

## Strecha Ytong Multipor

Nosnú konštrukciu masívnej šikmej strechy Ytong tvoria vystužené pórobetónové dielce hrúbky 150 až 240 mm, ktoré disponujú výbornými izolačnými vlastnosťami a zabraňujú vzniku bežných tepelných mostov v konštrukcii strechy. Izolačné dosky sa celoplošne lepia priamo na vonkajšiu stranu panelu, čím vznikne homogénna strešná konštrukcia s dokonalými izoláciou a optimálnou tepelnou akumuláciou.

### Bez fólií a bez kondenzu

Podmienkou pre ich bezchybnú funkčnosť je použitie prevetrávanej vrstvy medzi strešnou krytinou a vrstvou Ytong Multipor. V takomto prípade sa masívna strecha zaobíde bez problematických parotesných fólií v konštrukcii, ktorých kvalitné vyhotovenie je na bežnej stavbe veľmi komplikované a nákladné.



Obr. 10 Strecha Ytong Multipor

Zdroj: [www.xella.sk](http://www.xella.sk)

Konštrukcia celej strechy je teda difúzne veľmi otvorená, nedochádza v nej k nežiadúcej kondenzácii vodnej pary a preto sa v každom okamihu môžete spoľahnúť na jej dokonalé izolačné schopnosti a pozitívny vplyv na komplexnú kvalitu vnútorného prostredia ([www.xella.sk](http://www.xella.sk)) [online].

### 3.3.1.5 Penobetón

Penobetón je materiál, ktorý v pozemnom staviteľstve našiel svoje uplatnenie najmä pri výstavbe plochých striech a podlahových konštrukcií. Jeho špecifickou vlastnosťou je, že obsahuje uzavreté vzduchové póry, ktoré znižujú jeho objemovú hmotnosť. V konštrukcii podláh sa tento materiál aplikuje najmä ako vyrovnávacia vrstva ([www.asb.sk](http://www.asb.sk)) [online].

Technické vlastnosti penobetónu sú v tab. 4.

Tab. 4 Vlastnosti penobetónu

<b>Objemová hmotnosť</b>	od 350 kg . m <sup>-3</sup>
<b>Pevnosť v tlaku</b>	0,50 - 3,0 Mpa
<b>Tepelný odpor (pri hrúbke 10 cm)</b>	1,25 - 0,45 m <sup>2</sup> . K . W <sup>-1</sup>
<b>Prirodzená vlhkosť</b>	6 – 12 % hmotnostných
<b>Stupeň horľavosti</b>	A = nehorľavé

Zdroj: [www.penobeton.sk](http://www.penobeton.sk)

#### Výhody

1. znižuje zaťaženie konštrukcie,
2. možnosť výroby podľa požadované hmotnosti a pevnosti,
3. je tekutý, a tak dobre vyplňuje dutiny,
4. výborná opracovateľnosť, umožňuje prevedenie bežných povrchových úprav,
5. výborné izolačné vlastnosti voči teplu, mrazu a zvuku,
6. vysoká odolnosť voči vlhkosti, plesniam a škodcom, proti požiarom a chemickým prostriedkom,
7. mimoriadne ekonomická výroba.

#### Použitie penobetónu

1. tepelná izolácia plochých striech s miernym sklonom,
2. tepelnoizolačná podkladová vrstva pod podlahy,
3. odľahčovanie budov pri rekonštrukciách,
4. tepelná izolácia kanálov a šácht ([www.penobeton.sk](http://www.penobeton.sk)) [online].

Pretože v betónovej zmesi plnia funkciu plniva vzduchové bublinky ako vidieť na obr. 13, odporúča sa penobetón vyrábať priamo na stavbe. Na výrobu penobetónu, slúžiaceho ako vyrovnávacía vrstva podlahy, sa ako spojivo najčastejšie používa cement triedy CEM II 32,5R.



Obr. 11 Štruktúra penobetónu

Zdroj: [www.profiporter.eu](http://www.profiporter.eu)

V zimnom období, keď teploty v priebehu dňa klesnú pod +8 °C, sa odporúča použiť cement triedy CEM I 42,5R. Z prísad sa do penobetónovej zmesi väčšinou aplikujú superplastifikátory, ktoré znižujú množstvo zámesovej vody pri súčasnom udržaní dostatočnej tekutosti zmesi. Zároveň sa tak docieli urýchlenie jej tuhnutia ([www.asb.sk](http://www.asb.sk)) [online].

### **Podlahové konštrukcie**

Penobetón je určený na zhotovenie výplňových a vyrovnávacích vrstiev podláh občianskych a priemyselných stavieb, pritom je možné dosiahnuť denného výkonu až 1 000 m<sup>2</sup> pri hrúbke materiálu 5 cm. Táto vysoká produktivita práce, spolu s optimalizáciou sily materiálu (vyrovnanie nerovností) roznášanej vrstvy, prináša výrazné zníženie ceny celej podlahy oproti podlahe zhotovenej z bežne používaných výplňových materiálov. Vďaka samo nivelačnej schopnosti je ideálnym povrchom pre ďalšie vrstvy podláh.

## **Výplne zemných a dopravných konštrukcií**

Mokrý proces výroby a možnosť voľby požadovaných mechanicko-fyzikálnych vlastností umožňuje použitie penobetónu ako výplne rôznych priestorov (stabilizovanie klenieb, operných stien, zaliatie tvarovo zložitých hluchých priestorov a iné). Penobetón dokonale vyplní celý priestor, danú konštrukciu odľahčí, spoľahlivo prenáša zaťaženie a pôsobí ako tepelnoizolačná vrstva. Špeciálne použitie je potom možné pri využití jeho kryogenickej schopnosti, tzn. schopnosti pohltiť energiu výbuchu a nedeformovať tak okolitú konštrukciu ([www.penobeton.sk](http://www.penobeton.sk)) [online].

## **Plávajúci poter s izolačnou vrstvou**

Penobetón sa vyrába v špeciálnych strojových zariadeniach (agregátoch) miešaním komponentu na penobetón, vody a penotvornej prísady. Penobetón sa aplikuje v tekutej konzistencii v potrebnej hrúbke. Pred aplikáciou sa odporúča podklad mierne navlhčiť vodou. Po vyliatí sa vrstva penobetónu zhomogenizuje pomocou nivelačných tyčí ponáraním vo vrstve penobetónu.

Hrúbka penobetónu sa stanovuje tepelno-technickým prepočtom, minimálna odporúčaná hrúbka vrstvy penobetónu je 30 mm. Ak sa penobetónom prekrývajú vodorovné rozvody vedené na podklade, hrúbka krycej vrstvy nad úrovňou rozvodov musí byť minimálne 10 mm.

Vrstva penobetónu sa oddeľuje od okolitých stien a iných zvislých vystupujúcich konštrukcií pružnou okrajovou dilatačnou páskou, ktorej výška sa volí s ohľadom na hrúbku vrstvy penobetónu, poteru a nášľapnej vrstvy tak, aby bol zabezpečený voľný pohyb týchto vrstiev. Poterová vrstva sa môže na vrstvu ľahkého betónu realizovať kontaktným spôsobom alebo oddelene pomocou separačnej fólie. Na zlepšenie zvukovo izolačných vlastností podlahy sa na vrstvu penobetónu položí kroková izolácia.

Technologická prestávka pred realizáciou poterovej vrstvy je aspoň min. jeden deň na 10 mm hrúbky vrstvy penobetónu. Trhliny vo vrstve ľahkého betónu široké do 0,6 mm nie je nutné sanovať. Ak sa však vyskytnú trhliny so šírkou viac ako 0,6 mm, odporúča sa ich zaliať cementovým mliekom. Šírka trhlín sa zisťuje pomocou šablóny. Potom sa pripraví konštrukčné a pohybové škáry ([www.asb.sk](http://www.asb.sk)) [online].



Technická pena má mať také vlastnosti, aby po vyčerpaní, spracovaní a tuhnutí nedošlo k strate vyrobeného objemu penobetónu. Spotreba penotvorného koncentráту závisí najmä od výšky, do ktorej sa penobetón bude dopravovať, a od dĺžky hadíc.

### **Vyrovnávacia vrstva podlahy**

Penobetón sa veľmi často používa na vytvorenie vyrovnávacej vrstvy podlahy. Na tento účel sa najčastejšie používajú penobetóny s objemovou hmotnosťou od 330 do 530kg . m<sup>-3</sup>. Úlohou tejto vrstvy je zakryť inštalačné rúrky a rozvody vedené po stropnej doske a pripraviť rovinu na aplikáciu proti hlukovej, prípadne tepelno-izolačnej vrstvy a následne i poteru. Vyrovnávacia vrstva zjednocuje hrúbku poteru na celej ploche podlahy a znižuje riziko vzniku nekontrolovaných trhlín v ňom.

Pred aplikovaním penobetónu sa inštalačné rúrky musia ukotviť k nosnej doske tak, aby nemohlo dôjsť k ich vynoreniu. Inštalačné rúrky sa spravidla pripevňujú plechovými príchytkami, plastovými kotvičkami alebo pribetónovaním. Častou požiadavkou na stavbe je minimalizovanie nákladov. Vyrovnávacia vrstva z penobetónu sa preto spravidla nalieva po hornú úroveň inštalačných rúrok tak, aby vznikla neprerušovaná rovina. Na vrstvu penobetónu možno okrem pásov penového PE aplikovať akýkoľvek doskový materiál.

Pri návrhu skladby vrstiev podlahovej konštrukcie treba brať do úvahy aj tepelno-technické vlastnosti jednotlivých vrstiev a prispôbiť im hrúbku tepelnoizolačnej vrstvy. Ak sa napr. podlaha nachádza nad nevykurovaným priestorom, odporúča sa na vrstvu penobetónu položiť aj tepelnú izoláciu z doskového EPS v potrebnej hrúbke. Ako tepelnú izoláciu možno použiť aj dosky z minerálnej vlny. Hrúbku tepelnoizolačnej vrstvy predpisuje projektant.

Ak sa v skladbe podlahy použije aj tepelná izolácia, môže sa vrstva penového PE vynechať. Pred aplikáciou poteru sa na tepelnú izoláciu umiestni oddeľovacia fólia, na ktorú sa aplikuje cementový alebo anhydritový poter. Medzi vykurovanými priestormi tepelnoizolačná vrstva väčšinou nie je potrebná.

## Výroba, čerpanie a spracovanie penobetónu

Penobetón sa odporúča vyrábať priamo na stavbe. Zariadenie na jeho výrobu by malo dokázať tento materiál produkovať v stálej a kontrolovanej kvalite. V praxi sa osvedčilo zariadenie s počítačovým riadením dávkovania jednotlivých komponentov. Znižuje sa tak vplyv obsluhy na výslednú kvalitu produktu. Zariadenia bez počítačového riadenia môžu vyrábať penobetón kolísavej kvality. To môže mať za následok zvýšené praskanie potery a zníženú statickú únosnosť celej podlahy. Na miesto spracovania sa penobetón dopravuje závitovkovými čerpadlami.



Obr. 12 Distribúcia a aplikácia penobetónu hadicou

Zdroj: [www.penobeton.sk](http://www.penobeton.sk)

Spracováva sa vibračnými rúrkami podobne ako samonivelačné potery. Zhotovenie vyrovnávacej vrstvy z penobetónu nie je technologicky náročné. Správna modifikácia penobetónu sa zvolí v závislosti od teploty podkladu. Čím nižšia je teplota podkladu, tým väčšie množstvo spojiva sa do zmesi pridá. Plocha, na ktorú sa bude penobetón aplikovať, sa napenetruje akrylátovou disperziou alebo sa navlhčí vodou. Pred kladením penobetónu nesmie na vyrovnávanej ploche stáť voda. Hrozí totiž, že penobetón, ktorý je podstatne ľahší ako voda, stuhne na jej hladine. Ak neskôr voda do podkladu vsiakne, vytvorí sa dutina. Tá sa aj pri malom zaťažení preborí a vytvorí sa preliačina, ktorú treba vyrovnat' iným materiálom.

Na penobetón sa odporúča aplikovať ďalšiu vrstvu podlahy hneď potom, ako dosiahne pochôdznu pevnosť a po jeho povrchu možno chodiť bez toho, aby sa poškodil. Predíde sa tým poškodeniu povrchu, a tým aj stratám naliateho objemu.

## **Akustika podlahy s vrstvou penobetónu**

Vyrovňavacia vrstva podlahy sa vytvára z penobetónu aj vtedy, ak má podlaha plniť aj akustické požiadavky podľa STN 73 0532. Podlaha s vrstvou z penobetónu však tlmí krokový hluk iba v prípade, ak sa zamedzí styku poteru s podkladom z penobetónu a tiež so stenou.

Merania v akreditovanom laboratóriu ukázali, že ak sa táto podmienka splní, skladba podlahy odporúčaná pre podlahy s vyrovnávacou vrstvou z penobetónu s objemovou hmotnosťou do  $530 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  neprekračuje normové požiadavky na útlm krokového hluku pri použití bežných nášľapných vrstiev, a to aj na stropnej železobetónovej doske s hrúbkou 150 mm.

Rovnako ako pri budovaní iných častí konštrukcie objektu aj pri výrobe a aplikácii penobetónu je dôležité dodržiavať technologické predpisy a dbať na kvalitu penobetónu. Už pri návrhu skladby podlahy by mal projektant zohľadniť vlastnosti penobetónu.

Vyrovňavaciu vrstvu z penobetónu možno použiť na rôzne druhy stropných konštrukcií. Najmä pri rekonštrukciách podláh sa možno stretnúť s drevenými stropmi. Penobetón však možno použiť aj na keramické, prefabrikované či betónové stropy, ale aj stropy z trapézového plechu. Vo všetkých prípadoch musí konkrétnu konštrukciu vždy posúdiť autorizovaný inžinier pre oblasť statiky a akustiky ([www.asb.sk](http://www.asb.sk)) [online].

### **3.3.2 Ľahké betóny z pórovitého kameniva**

Tieto betóny sa označujú ako betóny nepriamo ľahčené, pričom používame kamenivo s objemovou hmotnosťou do  $2\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  (umelé alebo prírodné). Z kvalitného pórovitého kameniva možno pomocou moderných technológií, prísad a prímiesí vyrobiť ľahké betóny v kategórií vysokopevnostných betónov, označované LWAC (Lightweight-aggregate concrete), s pevnosťou v tlaku 70 až 90 MPa.

Umelé kamenivo rozdeľujeme na priemyslový odpad (škvára, tehlová drť) a kamenivo špeciálne vyrobené (agloporit, keramzit, expandit, expandovaný perlit). Pri použití pórovitého kameniva, ako je expandit či keramzit, sa vyrábajú najmä plné ľahké betóny, ktoré pri dodržaní všeobecne platných technologických zásad výroby kvalitného betónu (napr. nízky vodný súčiniteľ, použitie plastifikačných a puzolánových prímiesí)

môžu dosahovať až triedu LC 80/88. Typickým znakom pórovitých kamenív je nižšia pevnosť v tlaku a vysoká nasiakavosť, ktorá dosahuje 20 až 70 %.

### **3.3.2.1 Z prírodného pórovitého kameniva**

Patrí sem:

#### **1. Tufobetón**

Ako pórovité kamenivo sa používajú tufy a tufity s objemovou hmotnosťou 1 000 až 1 600 kg · m<sup>-3</sup>, vyrábajú sa s veľkým množstvom vody (vodný súčiniteľ je od 1,3 až 1,5), na 1 m<sup>3</sup> hotového betónu dávkuje sa až 300 kg cementu. Vplyvom značnej nasiakavosti zväčšuje svoj objem a pri vysychaní naopak objem znižuje, preto sa tufobetón nehodí na veľkorozmerné prvky. Používame ich na výrobu tvárnic a stropných dosiek.

#### **2. Pemzobetón**

Pemzobetón je ľahký betón vyrobený z prírodnej pemzy. Betón je ľahký, kvalitný, objemovo stály.

3. Ďalej sa používa najrôznejšie pórovité kamenivo s vhodnými vlastnosťami (nízka objemová hmotnosť, nasiakavosť a pod.), ako sú spongility (horniny podobné piesočným slienom, opukám a kremičitým vápencom) alebo kremelina (vznikla z kremičitých schránok rozsievok).

### **3.3.2.2 Z priemyslových odpadov**

Priemyslový odpad je pre stavebníctvo lacným materiálom, vhodným pre výrobu rôznych ľahkých betónov bez zvláštnych úprav. Nevýhodou týchto materiálov je kolísavosť zloženia, ktorá sa negatívne prejavuje na kvalite betónu.

Patrí sem:

#### **1. Škvarobetón**

Škvara sa používa k výrobe tvárnic a izolačných betónov, pre úpravu rovných striech, podláh a stropných vložiek. Pre výrobu škvarového betónu používame drtenú škvaru, ťažené drobné kamenivo, cement (200 až 280 kg na 1 m<sup>3</sup>) a vodu. Škvara je veľmi nasiakavá a preto používame pre betón vyšší vodný súčiniteľ 0,7 až 1,2. U nás sú škvary ako pórovité kamenivo pre výrobu ľahkých betónov používané najdlhšie, niektoré však

nie sú vhodné (škvary z lignitu alebo z palivových zmesí obsahujúcich lignit sa pre veľkú objemovú nestálosť nesmú vôbec používať). Technológia výroby škvarového betónu sa podstatne nelíši od postupu výroby normálneho betónu štrkopieskového. Škvarový betón sa dnes používa skôr ako vyrovnávací materiál a ako výplňový materiál. Výrobky zo škvarového betónu dnes už nemajú veľký význam, sú nahradzované inými druhmi ľahkých betónov, ale veľkú rolu hrali v 50. rokoch pri prechode z tehiel na veľkorozmerové stenové materiály.

## **2. Tehlobetón**

Vyrába sa z tehlovej drte, ktorú získavame drtením tehlových prepalkov či z tehlových alebo keramických odpadov. Takto vzniknutý betón má veľmi dobré izolačné schopnosti a môžeme ho vystužovať, vyrábajú sa z neho bloky, blokopanely a liate betóny, ale u nás sa používa len miestne.

### **3.3.2.3 Z umelého pórovitého kameniva**

Pórovité kamenivo získavame vypaľovaním priemyslového energetického, banského alebo hutného odpadu.

Patrí sem:

#### **1. Agloporitový betón**

Plnivom je agloporit, pórovité kamenivo vyrábané z elektrárenského popolčeka podľa licencie Carson. Je to popolček pálený na aglomeračných roštach pri teplotách do 1 200 °C. Výhodou agloporitu je objemová stálosť, nie je však vhodný pre vlhké prostredie. Je vhodný na výrobu stavebných prvkov, ako sú stenové a stropné panely, prvky na mostné a priemyselné konštrukcie, a to vystužené betonárskou výstužou i predpäté.

#### **2. Keramzitový betón**

Keramzit je umelé pórovité kamenivo, ktoré vyrábame expandovaním ľahko taviteľných hĺn a ílov pri vysokej teplote. Kamenivo vyrábame ako guľičky, ktoré pred vypaľovaním poprašujeme azbestovým odpadom. Používame ich k výrobe hutných a medzerovitých keramzitových betónov určených na monolitické konštrukcie pozemných a inžinierskych stavieb. Keramzitové betóny sa v zahraničí využívajú najmä na rekonštrukčné práce pri oprave mostov. Vyrábajú sa pod obchodným názvom LIAPOR.

Keramzit sa môže uplatniť na obvodové plášte občianskych, priemyslových a poľnohospodárskych stavieb, na tepelnoizolačné zásypy stien, stropov a striech, zásypy energovodov, na výrobu tepelnoizolačných mált a pri zazeleňovaní striech. Nedostatkom je značný rozptyl vlastností spôsobovaný kolísaním objemovej hmotnosti a okrem toho je výroba keramzitu energeticky veľmi náročná.

### 3. Troskopemzový betón

Vyrába sa z vysokopecnej trosky (odpad pri výrobe oceli). Z troskovej pemzy vyrábame medzerovitý betón a betón konštrukčný. Spracovávame ju na výrobu blokopanelov, priečkových a stenových panelov aj k výrobe liatych betónov.

### 4. Expanditový betón

Expandit je ľahké kamenivo, ktoré získavame expanziou bridlice. Výroba a vlastnosti sú obdobné ako u keramzitu. Nedostatkom je, podobne ako pri keramzite, kolísanie jeho vlastností a vzhľadom na náročnú výrobu aj jeho vysoká cena. Používa sa na obvodové plášte v poľnohospodárskej a priemyselnej výstavbe, na zlepšenie izolačných vlastností medzerovitých betónov a ako kamenivo pre izolačné dosky ([www.pozemni-stavitelstvi.wz.cz](http://www.pozemni-stavitelstvi.wz.cz)) [online].

## 3.3.3 Medzerovitý ľahký betón

Vyľahčenie sa dosahuje vynechaním niektorých drobných frakcií hutného alebo pórovitého kameniva pri súčasnom znížení obsahu cementového tmelu. Hrubé zrná kameniva sa obalia len tenkou vrstvou tmelu, ktorý ich vzájomne spojí v miestach dotyku. Najväčší objem medzier v zmesi kameniva možno doceliť pri rovnakej veľkosti zrn a výsledkom je monolitický jednozrnný betón. Monofrakčný betón s polymercementovým spojivom sa úspešne používa ako pojazdná vrstva vozovky. Vďaka otvorenej pórovitej štruktúre povrch z monofrakčného betónu účinne tlmí dopravný hluk a prispieva tak k tichému okolitému prostrediu (Svoboda, 2005).

Ľahký medzerovitý betón sa používa vo vysoko účinnom systéme protihlukových stien tvorených z nosnej železobetónovej dosky a na strane zdroja hluku je ľahký betón. Ako plnivo sa do týchto betónov používa kamenivo Liapor. Je to nehorľavý stavebný materiál, mrazuvzdorný a odolný proti vplyvu vlhkosti. Medzerovitý povrch pohltivej

vrstvy na strane vozovky obsahuje vlnovú trapézovú štruktúru a zaisťuje vysoký absorpčný účinok.

Medzerovité drenážne betóny sa môžu použiť na doplnkové konštrukcie alebo ich časti (napr. miesto prechodových dosiek ako ochranná a drenážna vrstva za oporami mostov a pod.) a to ako monolitický betón alebo prefabrikované prvky.

### **3.3.4 Ostatné druhy ľahkých betónov**

Medzi ostatné druhy ľahkých betónov patria najmä betóny s organickým plnivom, ľahké betóny z polystyrénového plniva, ľahké betóny z expandovaného perlitu a iné.

#### **3.3.4.1 Ľahké betóny s organickým plnivom**

Betóny s organickým plnivom využívajú odpady z dreva (piliny, hobliny, triesky, pazderie, a pod.). Po zmiešaní s cementom, prípadne vápnom, vodou a s prísadami alebo prímiesami vznikajú betóny s nízkou objemovou hmotnosťou (okolo  $500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), malou pevnosťou a pomerne s nízkym vodným súčiniteľom. Organické plnivo je potrebné pred výrobou mineralizovať, čo sa robí napr. vodným sklom. Výhodou týchto betónov je zvýšená húževnatosť, ľahké opracovanie a veľmi dobré tepelné a zvukovo izolačné vlastnosti. Nevýhodou je zahrievanie a plesnivenie organických plnív pri uložení vo vlhkom prostredí (Rouseková, 2001).

#### **3.3.4.2 Drevo cementové tvarovky**

Tvarovky pozostávajú z drevných štiepok (90 % objemu hmoty) zušľachtených mineralizačnými prísadami, ktoré sa po pridaní cementu a vody, zmiešajú v stanovenom pomere a lisujú pomocou foriem do požadovaných foriem. Z hľadiska použitia možno tvarovky rozdeliť na zateplené a nezateplené (nosné a nenosné priečky, zvukové bariéry a ploty).

### 3.3.4.3 Polystyrénbetón

Polystyrénbetón je to ľahký betón zložený z cementu, s rovnomerne rozptýlenými granulami penového polystyrénu (EPS), vody a prísad. Napenené častice EPS majú guľovitý tvar s veľkosťou zrn 0,5 až 2,5 mm a umožňujú vytvorenie jemnej pórovej betónovej matrice. Ako spojivo sa používa cement CEM 142,5 R. Napeňovacia prísada (živičné mydlá, sulfonáty) vytvára jemné vzduchové póry. Na zlepšenie konzistencie sa používajú plastifikátory. Môžu sa použiť aj prídavné látky (sklené vlákna, polypropylénové vlákna).

Je to homogénny materiál bez objemových zmien a je plne využiteľný k dokonalej tepelnej aj zvukovej izolácii objektu. Vyrába sa ako hustá kašovitá zmes, ktorá dokáže držať požadovaný tvar. Je určený ako podklad pod hydroizolácie na strechách alebo ako vyrovnávacia vrstva pod potery. Dá sa aplikovať v spádoch aj v rovine.

#### Ploché strechy

Hlavnou oblasťou použitia je zhotovovanie spádových vrstiev striech, prípadne vyrovnávacích vrstiev šikmých striech so sklonom neprevyšujúcim 15° opatrených krytinou s trapézovým alebo vlnitým prierezom.



Obr. 13 Spádová strecha, športová hala v Leviciach

Zdroj: agrostyro.sk

Vzhľadom na nízku objemovú hmotnosť polystyrénbetónu nie je spravidla potrebné pri rekonštrukcii plochej strechy strhávať jestvujúce vrstvy. Nie je však určený ako nosný prvok ale ako výplňový a tepelnoizolačný. V konštrukciách striech vyniká jeho nízka



objemová hmotnosť a odolnosť proti plesniam a živočíchom. Použitie polystyrénbetónu pre spádovú vrstvu výrazne zníži prácnosť pri spádovaní plochých striech v porovnaní s inými materiálmi ([www.potery-mipo.sk](http://www.potery-mipo.sk)) [online].

Polystyrénbetón sa vyrába ako hustá kaša umožňujúca vytvárať spádové vrstvy plochých striech, balkónov, terás, zámkovej dlažby, parkovísk, ako podkladová vrstva pod konečnú povrchovú úpravu. Patrí k stále častejšie používaným materiálom a to hlavne pre jeho veľmi priaznivú cenu, izolačné vlastnosti a mrazuvzdornosť. Použitie polystyrénbetónu pre spádovú vrstvu výrazne zníži prácnosť pri spádovaní plochých striech v porovnaní s inými materiálmi. Polystyrénbetón je vhodné použiť aj ako výplne rôznych priestorov napr. stabilizovania klenieb, oporných múrov, zalíatie tvarovo zložitých hluchých priestorov, zalievania vonkajších stien bazénov a pod...



Obr. 14 Vytváranie spádovej vrstvy plochej strechy

Zdroj: [www.ekostyren.cz](http://www.ekostyren.cz)

Polystyrén patrí medzi najlepšie plnivá do betónu z niekoľkých dôvodov. Má uzavretú bunkovú štruktúru, takže nemá tendenciu prijímať vodu, čo je pozitívne pre jeho čerpatelnosť. Hlavnou výhodou je potom jeho veľmi nízka objemová hmotnosť, vďaka ktorej je možné namiešať jeden z najľahších betónov a tým v nemalej miere konkurujú tepelným izolantom.

Polystyrénbetóny sa spravidla aplikujú rovnakým spôsobom ako bežné betóny. V praxi sa namieša požadovaná objemová hmotnosť aplikovaného polystyrénbetónu, dopraví sa na miesto uloženia buď čerpadlom alebo bežnými stavebnými prostriedkami.

Je potrebné si uvedomiť, že práca s ľahkým betónom je menej namáhavá, ako práca s betónom prostým. V nepriaznivých klimatických podmienkach môže polystyrénbetón vysychať aj dlhšie. Polystyrénbetóny majú rovnakú dobu zrenia, ako betóny prosté, t.j. 28 dní od ich aplikácie, a však vzhľadom k tomu, že sa jedná o výplňové, nekonštrukčné a tepelne izolačné betóny, ďalšia vrstva sa môže aplikovať už po 24 hodinách, hneď ako je vrstva pochôdzna ([www.ekostyren.cz](http://www.ekostyren.cz)) [online].

### **Výplne zemných a dopravných konštrukcií**

Mokrý proces výroby a možnosť voľby požadovaných mechanicko-fyzikálnych vlastností umožňuje použitie oboch modifikácií ľahkých betónov ako výplne rôznych priestorov (stabilizovania klenieb, oporných múrov, zalíatie tvarovo zložitých hluchých priestorov, a pod.). Polystyrénbetón dokonale vyplní celý priestor, danú konštrukciu odľahčí, spoľahlivo prenesie zaťaženie a pôsobí ako tepelno-izolačná vrstva.

### **Využitie**

1. nenosná izolácia a izolačná výplň zvislých aj vodorovných konštrukcií (klenby, mosty),
2. vyrovnávacia a izolačná vrstva stropov a podláh, spádová vrstva terás,
3. izolácie vonkajších rozvodov vody, kanalizácie a hĺbených jám,
4. uplatňuje sa ako podklad pod hydroizolácie striech, pod asfaltové cesty, záhradné dláždené chodníky či zámkovú dlažbu, pod priemyselné podlahy, pod dláždené parkoviská a pod.

### **Výhody oproti iným materiálom**

1. možnosť ukladania na nerovné a skosené plochy a ich vyrovanie,
2. až 30x lepšie tepelno-izolačné vlastnosti ako betón,
3. pri hrúbke 5 cm zníženie hladiny krokového útlmu 12 dB ( $500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ),
4. dobré mechanické vlastnosti pri malej objemovej hmotnosti,
5. nehorľavosť stupeň A1 od  $900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , ťažko horľavý stupeň E do  $700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,
6. vysoká elasticita, pohlcuje rázy,
7. odolnosť proti hlodavcom a plesniam,
8. prispieva k ekologickosti stavieb ([hober.sweb.cz](http://hober.sweb.cz)) [online].

### 3.3.4.4 Ekostyrénbetón

Ekostyrén je špeciálne upravená drť penového polystyrénu. Ekostyrén je ľahko miešateľný s vodou, cementom a pieskom. Aby sa zaistila zmáčavosť jednotlivých granúl, musia sa obaliť vhodnými zmáčadlami a látkami, ktoré zároveň odstránia elektrostatický náboj. Tým sa docieli ľahká miešateľnosť v bežných mechanizačných prostriedkoch (miešačka alebo domiešavač) a po vyliatí sa jednotlivé granule ekostyrénu rozložia homogénne v celej vrstve betónu. Tieto ľahké betóny sa používajú v stavebníctve všade tam, kde je potrebné vyrovnať nerovnosti vodorovných konštrukcií, zároveň s tým vyplniť priestor na požadovanú výšku a v neposlednej rade majú za úlohu tepelne izolovať vodorovnú konštrukciu stavieb ([www.ekostyren.cz](http://www.ekostyren.cz)) [online].

Ekostyrénbetón ako tepelná izolácia sa v poslednej dobe používa na stavbách rôznych veľkostí od výstavby rodinných domov, alebo ich rekonštrukcií, cez stredné stavby ako sú bytové domy, školy (na obr. 17), škôlky, administratívne budovy až po veľké projekty typu obchodné centrá alebo opravárenské centrá pre veľmi ťažké lietadlá (boeigy).



Obr. 15 Betonáž materskej školy

Zdroj: [www.ekostyren.cz](http://www.ekostyren.cz)

Tepelnoizolačné vrstvy z ekostyrénbetónu majú výhodu vo svojej homogénnosti, jednoduchosti prípravy, bezodpadového použitia a v rýchlosti aplikácie. S výhodou sa uplatní všade, kde je veľmi nerovný povrch vodorovných konštrukcií, na ktorý sa dá iba ťažko aplikovať prefabrikovaný materiál. Ekostyrén nie je určený ako nosný prvok, ako možno vidieť v tab. 5, ale ako výplňový a tepelno-izolačný prvok prevažne do vodorovných konštrukcií ([www.ekostyren.cz](http://www.ekostyren.cz)) [online].

Tab. 5 Príklady použitia Ekostyrénu

Použitie	Objemová hmotnosť (kg . m <sup>-3</sup> )
<ul style="list-style-type: none"> <li>- nenosná izolácia a izolačná výplň zvislých aj vodorovných konštrukcií</li> <li>- dodatočné zateplovanie zvislých stien</li> <li>- spádová vrstva plochých striech</li> </ul>	(200,300)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- vyrovnávacia a izolačná vrstva stropov a podláh</li> <li>- spádová izolačná vrstva terás, balkónov a plochých striech</li> </ul>	(350,500,700,900)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- pružný podklad diaľnic, ciest, tenisových dvorcov a športových plôch, ukladany priamo na terén</li> <li>- izolácia vonkajších rozvodov vody a kanalizácie</li> <li>- izolácia razených a vyhlbených jám</li> </ul>	(200,350,500)

Zdroj: [www.ekostyren.cz](http://www.ekostyren.cz)

Ekostyrénbetón je až 12x ľahší ako klasický betón, rýchlo tuhne, má až 30x lepšie tepelnoizolačné vlastnosti, nehorľavý, odolný voči hlodavcom a plesniam, hygienicky aj ekologicky neškodný. Ľahký betón s plnivom ekostyrén, ktorý tým, že vzniká recykláciou polystyrénových odpadov je pomerne veľmi lacný. Ďalšou výhodou je, že si môžeme zvoliť rôzne objemové hmotnosti výsledného betónu a tým si stanoviť jeho budúce fyzikálne a mechanické vlastnosti, teda aj jeho parametre ([www.ekostyren.cz](http://www.ekostyren.cz)) [online].

### 3.3.4.5 Betón z expandovaného perlitu

Perlitbetón (PTB) je jedným z najľahších silikátových tepelnoizolačných a zvukovoizolačných stavív, pripraveným mokrým alebo polosuchým spôsobom z expandovaného perlitu a cementu. V podstate ide o perlitovú maltu, pretože perlit neobsahuje hrubšie zrná. Objemová hmotnosť betónu z expandovaného perlitu je 400 až 500 kg . m<sup>-3</sup> pri veľmi malých pevnostiach v tlaku 1,0 až 3,0 MPa.

Betóny z expandovaného perlitu sa používajú ako tepelnoizolačné vrstvy na konštrukcie rôznych druhov. Z ekonomického hľadiska je výhodné použiť perlitové betóny tam, kde svojou malou hrúbkou môžu podstatne zlepšiť požadovaný tepelný odpor konštrukcie. PTB sa používajú vo všetkých druhoch výstavby ako tepelnoizolačné vrstvy

pre strešné plášte s nášľapnými pevnosťami, perlitobetónové mazaniny pre tepelné izolácie nad chladnejšími priestormi, konštrukcie základov pre stroje a zariadenia v podmienkach extrémnych teplôt (Rouseková, 2001).

### **3.3.4.6 Plastbetón**

Plastbetóny sú pevné zmesi, kde sa ako spojivo používajú výlučne syntetické živice. Plnivo môže byť prírodné alebo umelé kamenivo, aké sa používa do mált a betónov, prípadne môže byť aj iné (drvené sklo, kaučukový odpad a pod.).

Ako organické spojivo sa na prípravu plastbetónov používajú živice vytvrdzované chemicky za normálnej teploty. Na podlahoviny sú vhodné epoxidové a nenasýtené polyesterové živice. Podlaha je po poslednej úprave zaťažiteľná po 24 hodinách.

Plastbetóny sa používajú na vytváranie izolačných a ochranných vrstiev a podláh, a to predovšetkým tam, kde sa vyžaduje nepriepustnosť a súčasne vysoká mechanická a chemická odolnosť. Sú vhodné do výrobných a skladovacích priestorov s veľmi ťažkou prevádzkou, na podlahy v priemyselných závodoch a poľnohospodárskych družstvách, ako obklady nádrží a potrubí pre agresívne kvapaliny, na povrchové úpravy vodohospodárskych stavieb atď.

### **3.4 Ľahký betón v poľnohospodárskych stavbách**

Výroba stavebných dielcov sa stále viac orientuje na dielce z ľahkých stavebných materiálov, najviac sa pokročilo vo výrobe dielcov z ľahkých betónov, kde sú základným materiálom niektoré druhy pórovitých betónov.

#### **1. Murivo z betónových tvárnic z ľahčených betónov**

Zníženie hmotnosti tvárnic sa dosiahne aj dutinami širokými 1 až 5 cm. Za nosné sa považujú múry (steny) hrubé už 25 cm, ktoré sú vhodné pre nevykurované miestnosti, ako sú garáže, sklady, kôlne a pod.

#### **2. Ubíjané a liate murivo sa vyrába z ľahkého betónu**

Používa sa aj pri viacpodlažných objektoch hromadnej výstavby so stálymi prierezmi muriva, kde možno veľakrát použiť debnenie. Vo viac zaťažených častiach budovy (objektu) sa však používa murivo z neľahčeného betónu.

#### **3. Montované priečky**

Sú z ľahkých stavebných látok, sú celostenové alebo montované z dielcov so skladbovou hrúbkou 5 až 15 cm a povrchovou úpravou omietkou alebo nátermi (napr. plastmi). Používajú sa škarobetónové alebo troskobetonové priečky vystužené zvaranou oceľovou sieťou, pórobetonové, plynosilikátové a kremelinové priečky z dielcov hrubých asi 10 cm. Priečky z ľahkých škarobetónových alebo kremelinových tvaroviek môžu byť jednoduché alebo dvojité. Murujú sa na stavbe do káps hlbokých 5 cm v nosných múroch, alebo sa pripevnia k pilierom strmienkami z betonárskej ocele priemeru 6 mm. Jednoduché priečky majú najčastejšie skladbovú hrúbku 5 a 10 cm, dvojité sú hrubé 10 cm.

#### **4. Stropy**

Škarobetón s hrúbkou 8 až 10 cm sa používa do drevených stropov a stropov s oceľovými nosníkmi a doskami Hurdis.

## 4 Návrh na využitie výsledkov

Táto práca by mala slúžiť ako podklad na využitie ľahkého betónu vo výstavbe objektov. Na základe doterajších poznatkov problematiky možno pre praktické využitie ľahkého betónu odporúčať:

1. Použitím ľahkého betónu sa dá znížiť hmotnosť stavebných konštrukcií. Na technicky hospodárnu realizáciu sa využívajú predovšetkým jeho tepelnoizolačné vlastnosti.
2. Ľahký betón možno vystužovať oceľovými vložkami.
3. Pórobetónové tvárnice sú, vďaka veľkorozmerným formátom, predurčené na rýchle murovanie. Pri nosných konštrukciách sa používajú až do výšky štyroch podlaží. Výhodami pórobetónu sú vynikajúce tepelnoizolačné vlastnosti (použitie na zateplovanie stavieb), je nehorľavý, zlepšuje vnútornú klímu, redukuje šírenie hluku a tepelné mosty, odoláva tlaku, vylučuje mokrý proces a stavať sa môže za každého počasia. Vďaka týmto vlastnostiam a využitiu prefabrikovaných prvkov je pórobetón ideálny materiál pre priemyselné objekty.
4. Penobetón našiel uplatnenie pri výstavbe striech a podlahových konštrukcií. Odporúča sa vyrábať ho priamo na stavbe, aj v zimnom období. Prísady znižujú množstvo zámesovej vody čím sa docieli urýchlenie tuhnutia. Vďaka kryogennej schopnosti pohlcuje energiu výbuchu a tým sa nedeformuje okolitá konštrukcia. Vyrovnávacia vrstva z penobetónu splňa aj akustické požiadavky.
5. Ľahké betóny z pórovitého kameniva, pri použití kvalitného kameniva a platných technologických zásad, môžu dosahovať vlastností vysokopevnostných betónov. Agloporitový betón je vhodný na výrobu prvkov na mostné a priemyselné konštrukcie. Keramzitový a expanditový betón sú určené na obvodové plášte priemyselných a poľnohospodárskych stavieb.
6. Medzerovité betóny sú vhodné na stavbu vozoviek a protihlukových stien.
7. Polystyrénbetón sa používa na zhotovovanie spádových striech, na výplne a tepelnú izoláciu a ako podklad pod priemyselné podlahy. Ekostyrénbetón je 12x ľahší ako klasický betón, je pomerne lacný a ako tepelná izolácia sa používa

na administratívne budovy, obchodné a opravárenské centrá. Betón z expandovaného perlitu sa používa výhradne na tepelnoizolačné účely a vďaka dobrému tepelnému odporu, keď sa použije v malej hrúbke, je aj dobrou ekonomickou voľbou. Plastbetón má veľmi dobrú mechanickú a chemickú odolnosť, používa sa na namáhané podlahy v priemyselných závodoch a poľnohospodárskych družstvách.



## 5 Záver

Ľahký betón je kompozitný stavebný materiál a spája výhody rôznych materiálov. Podľa plniva (kameniva) sa určujú jeho technologické vlastnosti. Tie závisia od nepriamej úmernosti pevnosti v tlaku a objemovej hmotnosti, ale dôležitá je aj jeho nasiakavosť, ktorá výrazne zhoršuje tepelnoizolačné vlastnosti. Pri niektorých výrobkoch z ľahkého betónu je veľkou nevýhodou nutné použitie špeciálnych zariadení na výrobu na zaistenie kvality a rovnomerných vlastností, ošetrovanie podkladov pred nanášaním poterov. Tieto nedostatky sa však dajú odstrániť vhodným technologickým postupom a použitím.

Ľahké betóny sa vzhľadom na svoje vlastnosti používajú predovšetkým ako konštrukčno-izolačné prefabrikáty, menej ako konštrukčné, resp. izolačné prefabrikáty. V rozhodujúcej miere sa u nás z týchto prefabrikátov používajú pórobetónové stenové panely na oplášťovanie stavebných objektov vo všetkých druhoch výstavby s výnimkou poľnohospodárskej, kde svojou nasiakavosťou veľmi nevyhovujú. V menšej miere sa používajú keramzitbetónové, expanditbetónové a agloporitbetónové stenové panely na oplášťovanie budov.

## 6 Zoznam použitej literatúry

1. BAJZA, A. -ROUSEKOVÁ, I. 2006. *Technológia betónu*. Bratislava: JAGA, 2006. 15-25 s. ISBN 80-8076-032-2
2. *Stavebnícka ročenka 2005*. Bratislava: JAGA, 2004. 142-143 s. ISBN 80-8076-003-9
3. SVOBODA, L. a i. *Stavebné materiály*. Bratislava: JAGA, 2005. 150-180 s. ISBN 80-8076-014-4
4. ROUSEKOVÁ, I. a i. *Stavebné materiály*. Bratislava: JAGA, 2001. 166-172 s. ISBN 80-88905-21-4
5. ASB.sk. *Penobetón*. [online] Publikované 2010. [citované 11. 11. 2010]. Dostupné z <<http://www.asb.sk/stavebnictvo/konstrukcie-a-prvky/konstrukcie-a-prvky-z-betonu/penobeton-1816.html>>
6. ASB.sk. *Realizácia cementových poterov*. [online] Publikované 2010. [citované 11. 11. 2010]. Dostupné z <<http://www.asb.sk/stavebnictvo/technologie/realizacia-cementovych-poterov-159.html>>
7. Ekostyren.cz. *Co je to Ekostyren?*. [online] Publikované 2010. [citované 10. 1. 2011]. Dostupné z <<http://www.ekostyren.cz/ekostyren>>
8. Ekostyren.cz. *Polystyrenbeton*. [online] Publikované 2010. [citované 10. 1. 2011]. Dostupné z <<http://www.ekostyren.cz/polystyrenbeton-1>>
9. Ekostyren.cz. *Použití*. [online] Publikované 2010. [citované 10. 1. 2011]. Dostupné z <<http://www.ekostyren.cz/pouziti>>
10. Ekostyren.cz. *Uložení*. [online] Publikované 2010. [citované 10. 1. 2011]. Dostupné z <<http://www.ekostyren.cz/ulozeni>>
11. Eprints.utm.my. *STUDY OF LIGHTWEIGHT CONCRETE BEHAVIOUR*. [online] Publikované 2010. [citované 26. 4. 2011]. Dostupné z <<http://eprints.utm.my/4567/1/71908.pdf>>
12. Hober.sweb.cz. *Polystyrénbetón*. [online] Publikované 2010. [citované 11. 11. 2010]. Dostupné z <<http://hober.sweb.cz/polystyrenbeton.html>>
13. Penobeton.sk. *PODLAHY*. [online] Publikované 2010. [citované 11. 11. 2010]. Dostupné z <<http://www.penobeton.sk/>>
14. Penobeton.sk. *POTERY*. [online] Publikované 2010. [citované 11. 11. 2010]. Dostupné z <<http://www.penobeton.sk/?POTERY>>

15. Potery-mipo.sk. *Polystyrénbetóny*. [online] Publikované 2010. [citované 11. 11. 2010]. Dostupné z <<http://www.potery-mipo.sk/polystyren-betonove-zmesi.html>>
16. Pozemní- stavitelství.wz.cz. *Betonové konstrukce- Technologie betonu*. [online] Publikované 2010. [citované 10. 1. 2011]. Dostupné z <<http://www.pozemni-stavitelstvi.wz.cz/bek26.php>>
17. Profipoter.eu. *PENOBETÓN*. [online] Publikované 2010. [citované 11. 11. 2010]. Dostupné z <<http://www.profipoter.eu/penobeton.php>>
18. Stavebnik.sk. *PÓROBETÓN*. [online] Publikované 2010. [citované 20. 5. 2010]. Dostupné z <[http://www.stavebnik.sk/archivclankov.phtml?id\\_kat\\_for\\_menu=604&module\\_action\\_\\_20046\\_\\_id\\_clanok=12331](http://www.stavebnik.sk/archivclankov.phtml?id_kat_for_menu=604&module_action__20046__id_clanok=12331)>
19. Xella.sk. *Inteligentní řešení pro průmyslovou výstavbu*. [online] Publikované 2010. [citované 21. 4. 2011]. Dostupné z <<http://marketing.xella.cz/Hebel/prospekt/XAS-Inteligentni-reseni-pro-prumyslovou-vystavbu.pdf>>
20. Xella.sk. *Vlastnosti Ytong Multipor*. [online] Publikované 2010. [citované 10. 1. 2011]. Dostupné z <<http://www.xella.sk/html/slk/sk/ytong-multipor-vlastnosti.php>>
21. Xella-usa.com. *Požiarna bezpečnosť pórobetónu HEBEL*. [online] Publikované 2010. [citované 10. 1. 2011]. Dostupné z <<http://www.xella-usa.com/html/slk/sk/poziarna-bezpecnost-hebel.php>>
22. Xella-usa.com. *Stavebný systém HEBEL*. [online] Publikované 2010. [citované 10. 1. 2011]. Dostupné z <<http://www.xella-usa.com/html/slk/sk/stavebny-system-HEBEL.php>>