



PRÍKLAD
ALTERNATÍVNEHO
NÁVRHU
SKLADBY
PRIEMYSELNEJ
PODLAHY
S POUŽITÍM
PENOBETÓNU FC 500

Technická správa č. 07

PENOBETÓN V PODLAHOVEJ KONŠTRUKCII ...

Penobetón (FC - *Foam Concrete*) ako zmes spojiva, vody, prísad a technickej peny, je vo svojom princípe známy už viac ako tridsať rokov. Je to stavebný materiál s dobrými mechanickými vlastnosťami, nízkou tepelnou vodivosťou, jednoduchým, a pritom vysoko technologickým spracovaním.

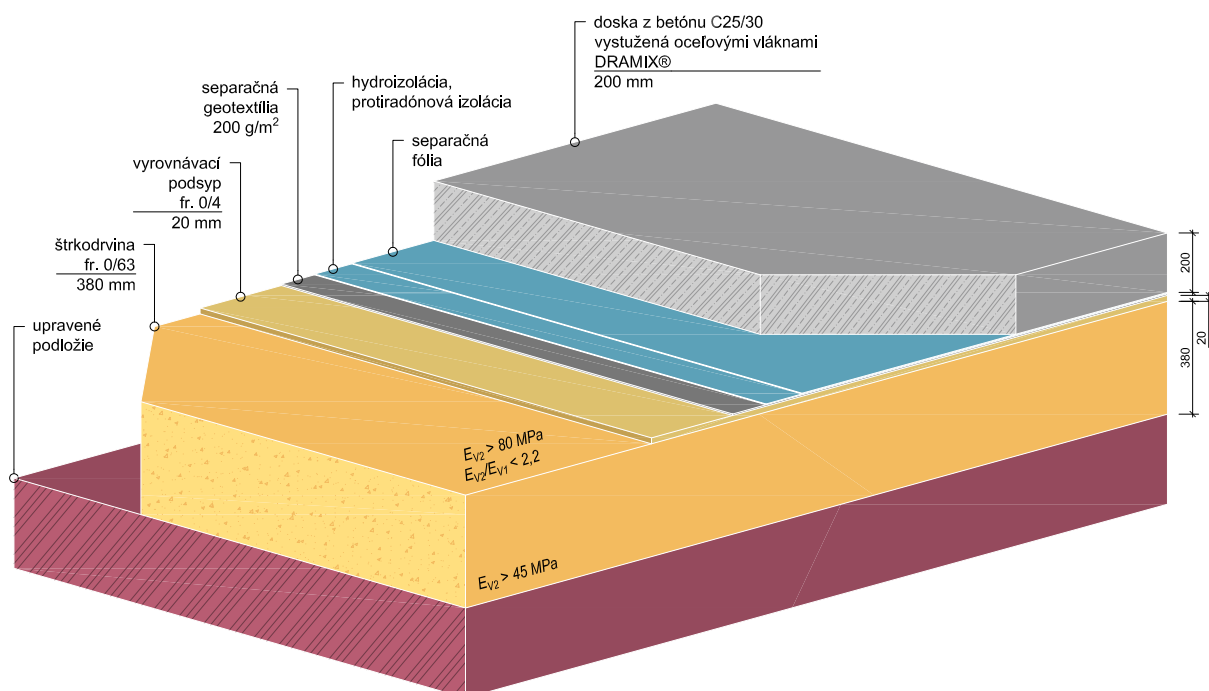
Penobetón obsahuje uzatvorené vzduchové póry, čím sa dosahuje jeho nízka objemová hmotnosť a úspora materiálových vstupov.

Vzhľadom k svojim vlastnostiam je využiteľný ako náhrada sypaných podkladových vrstiev priemyselných podláh, ale aj dopravných plôch, či ako súčasť základových konštrukcií pozemných stavieb.

Penobetón FC 500 ako podkladová vrstva priemyselnej podlahy

Penobetón s objemovými hmotnosťami 300 – 400 kg/m³ sa v súčasnosti najčastejšie využíva ako vyrovnávacia vrstva podláh občianskych stavieb. Výskum a vývoj realizovaný iwtech s.r.o. v spolupráci so Žilinskou Univerzitou a ďalšími partnermi ukazuje, že jeho využitie môže byť omnoho širšie.

Benefity použitia penobetónu ako konštrukčnej podkladovej vrstvy zlepšujúcej vlastnosti podlažia priemyselnej podlahy budú prezentované na príklade podlahy skladovacích priestorov halového objektu (**obr. 1**). Sypaná podkladová vrstva zo štrkodrviny bude nahradená vrstvou z penobetónu FC 500 s objemovou hmotnosťou 500 kg/m³.



Obr. 1 Obvyklý návrh podlahovej konštrukcie skladovacej haly

Alternatívny návrh uvažuje s dvoma variantami podkladovej vrstvy z penobetónu:

- Alt. I.** penobetón FC 500 so separačnou geotextíliou s plošnou hmotnosťou 200 g/m²
- Alt. II.** penobetón FC 500 so separačnou geotextíliou s plošnou hmotnosťou 200 g/m² vystužený čadičovou sieťovinou ORLITECH MESH s veľkosťou oka 100x100 mm

I. Statické posúdenie

Statické posúdenie jednotlivých variantov podlahovej konštrukcie bolo vykonané v zmysle predpisu Concrete Society TR34.

Pre ukážku možností FC 500 ako vrstvy zlepšujúcej vlastnosti podložia bol zvolený **príklad ťažko zaťaženej priemyselnej podlahy** s prevádzkovým zaťažením:

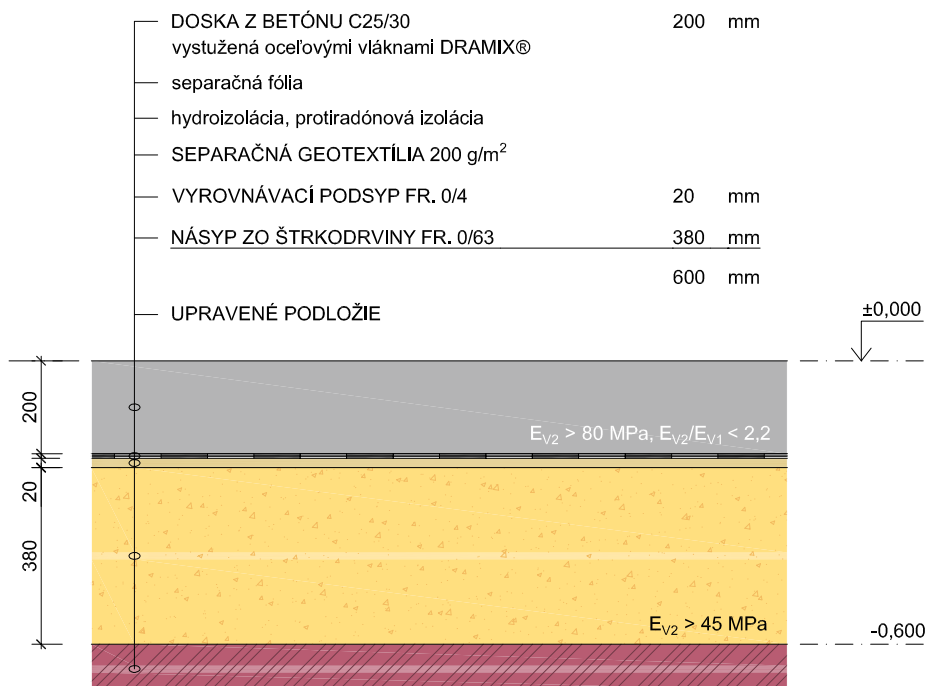
- plošné rovnomerné zaťaženie s charakteristickou intenzitou $q_k = 100 \text{ kN/m}^2$,
- bodové zaťaženie simulujúce zaťaženie od vysokozdvížneho vozíka s intenzitou 56 kN pre 1 koleso,
- bodové zaťaženie 75 kN / 1 stojku od regálov s pôdorysnou dispozíciou stojok 1,1 x 2,8 m, s roznášacou pätkou s rozmermi 150x150 mm pri vzájomnej vzdialenosti regálov 300 mm.

Podlahová doska z betónu C25/30 hrúbky 200 mm je vystužená oceľovými vláknami DRAMIX® (L = 60 mm, D = 0,9 mm, $R_m = 1160 \text{ MPa}$).

Doska je uvažovaná ako bezškárová s dilatáčnymi škárami vo vzdialenosti 30 x 30 m.

Návrh podkladovej vrstvy z penobetónu FC 500 ako aj samotnej betónovej dosky vystuženej oceľovými vláknami vychádzal z podmienok kladených na sypanú podkladovú vrstvu obvyklého návrhu podlahy (**obr. 2**):

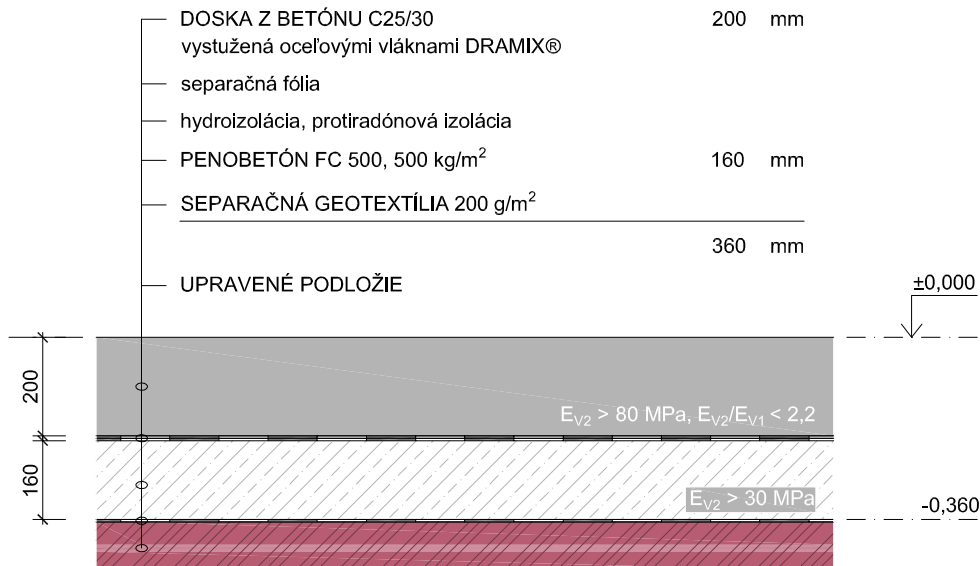
- $E_{V2} > 80 \text{ MPa}$
- $E_{V2} / E_{V1} < 2,2$



Obr. 2 Obvyklý návrh skladby podlahovej konštrukcie

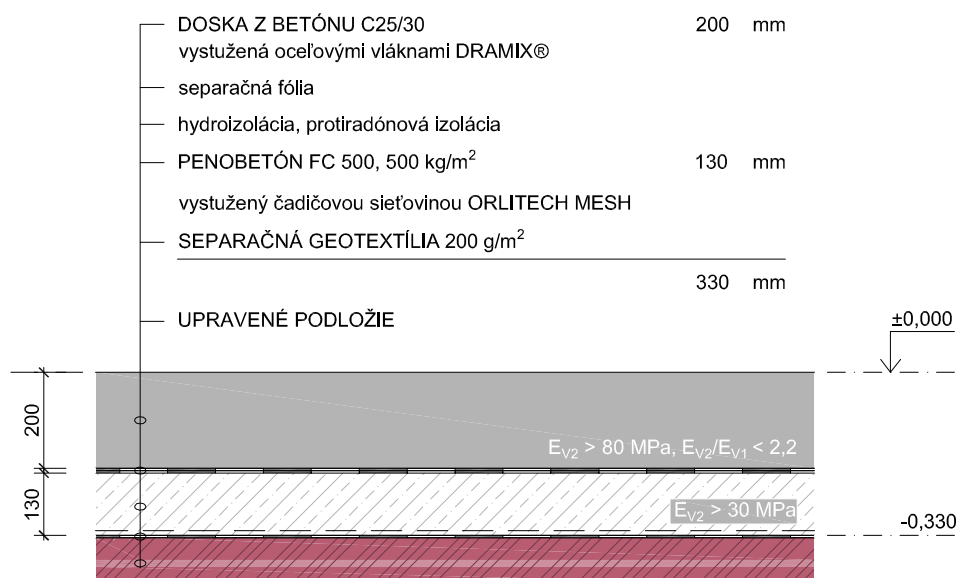
Podkladom pre návrh hrúbky podkladovej vrstvy z penobetónu FC 500 boli experimentálne merania vrstiev penobetónu FC 500 na podloží v reálnej mierke v pokusnom poli Žilinskej univerzity (UNIZA).

Vzhľadom na priaznivé fyzikálno-mechanické vlastnosti penobetónu FC 500 možno znížiť celkovú hrúbku konštrukcie podlahy pri výrazne nižších nárokoch na úpravu podložia (obr. 3 a 4). Okrem splnenia podmienky minimálnej hodnoty modulu pretvárnosti E_{V2} , pomer modulov z oboch zaťažovacích cyklov statickej zaťažovacej skúšky pri penobetóne FC 500 dosiahol hodnotu 1,0 až 1,3.



Obr. 3 Alternatívny návrh skladby podlahovej konštrukcie I. bez vystuženia vrstvy penobetónu FC 500

Aplikácia čadičovej výstuže ORLITECH MESH umožňuje ďalšie zníženie hrúbky podkladovej vrstvy z penobetónu (obr. 4).



Obr. 4 Alternatívny návrh skladby podlahovej konštrukcie II. s vystužením vrstvy penobetónu FC 500 čadičovou sieťovinou ORLITECH MESH

II.

Teplotechnické hľadisko – porovnanie alternatív

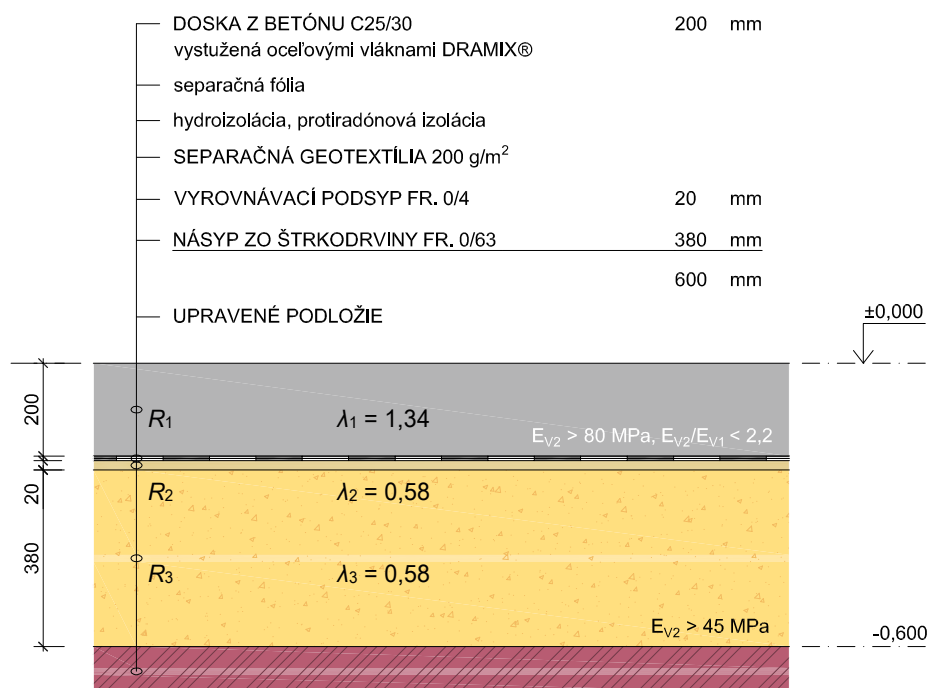
Pre dokumentáciu teplotných vlastností alternatívneho súvrstvia s použitím penobetónu FC 500 bol vykonaný výpočet tepelného odporu konštrukcie podlahy pre obvykle navrhovanú i alternatívnu skladbu vrstiev podlahy.

Pre výpočet tepelného odporu vrstvy penobetónu FC 500 bola uvažovaná jeho stabilizovaná hmotnostná vlhkosť v prostredí štrkodrviny 0/63 mm na úrovni 15% hm. a pre túto je stanovený súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda = 0,19 \text{ W/m.K}$. Tieto hodnoty platia pre prípad, keď vlhkosť stav FC 500 neovplyvňuje podzemná voda, prípadne zatopenie počas povodne.

Tepelný odpor R súvrstvia sa určí podľa vzťahu (1) ako suma podielov hrúbok jednotlivých vrstiev podlahy d_i a odpovedajúcich súčiniteľov tepelnej vodivosti λ_i .

$$R \text{ (m}^2\text{.K/W)} = \sum R_i = \sum [d_i \text{ (m)} / \lambda_i \text{ (W/m.K)}] \quad (1)$$

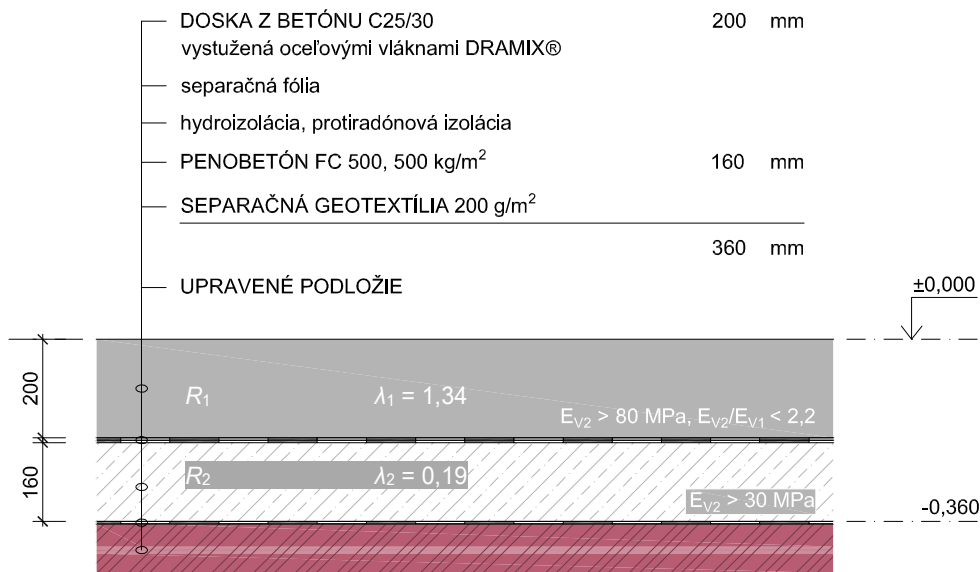
Obvyklý návrh podlahovej konštrukcie



$$R = R_1 + R_2 + R_3 = (0,20 / 1,34) + (0,02 / 0,58) + (0,38 / 0,58) = \mathbf{0,839 \text{ m}^2\text{.K/W}}$$

Pri návrhu alternatívnych skladieb podláh nebol kladený dôraz na tepelný odpor súvrstvia podlahy.

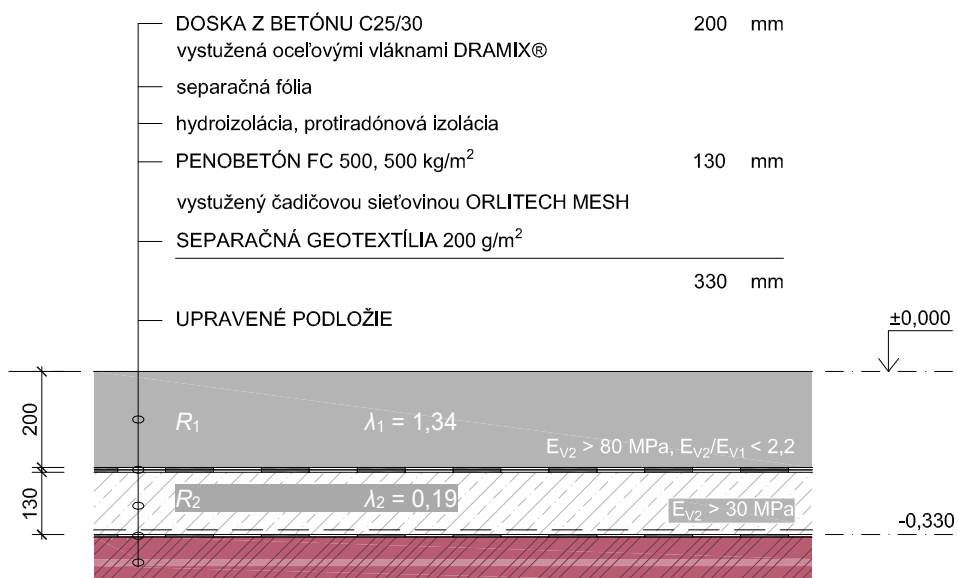
Alt. I. Alternatívny návrh konštrukcie podlahy s použitím penobetónu FC 500



$$R = R_1 + R_2 = (0,20 / 1,34) + (0,16 / 0,19) = 0,991 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

0,991 m².K/W (alternatívny návrh I.) > 0,839 m².K/W (obvyklý návrh)

Alt. II. Alternatívny návrh konštrukcie podlahy s použitím penobetónu FC 500 vystuženého čadičovou sieťovinou ORLITECH MESH



$$R = R_1 + R_2 = (0,20 / 1,34) + (0,13 / 0,19) = 0,833 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

0,833 m².K/W (alternatívny návrh II.) < 0,839 m².K/W (obvyklý návrh)

III.

Ekonomické hľadisko

Prínos penobetónu FC 500 v podlahovej konštrukcii je demonštrovaný na príklade **silne zaťaženej priemyselnej podlahy skladovej haly**. Tento prínos je možné vyjadriť aj vo finančnej úspore pri realizácii podlahovej konštrukcie. Uvedené ceny realizácie nezahŕňajú náklady súvisiace s úpravou podlažia pod podkladovými vrstvami, kde pri **nižších nárokoch na úroveň vykonanej úpravy podlažia** v prípade použitia FC 500 ako podkladovej vrstvy je možné dosiahnuť ďalšiu **významnú úsporu nákladov** pri realizácii podlahovej konštrukcie.

Obvyklý návrh podlahovej konštrukcie:

hrúbka betónovej dosky	
vystuženej oceľovými vláknami DRAMIX®	200 mm (typ vlákien pozri str. 3)
celková hrúbka podlahy	600 mm
celkový tepelný odpor	R = 0,839 m².K/W

Cena vychádzajúca z cenovej úrovne CZ platnej pre rok 2017:

Pre výmeru 1000 m² 53 407 EUR bez DPH

Alt. I. Alternatívny návrh konštrukcie podlahy s použitím penobetónu FC 500:

hrúbka betónovej dosky	
vystuženej oceľovými vláknami DRAMIX®	200 mm (typ vlákien pozri str. 3)
celková hrúbka podlahy	360 mm
celkový tepelný odpor	R = 0,991 m².K/W

Cena vychádzajúca z cenovej úrovne CZ platnej pre rok 2017:

Pre výmeru 1000 m² 48 407 EUR bez DPH

Alt. II. Alternatívny návrh konštrukcie podlahy s použitím penobetónu FC 500 vystuženého čadičovou sieťovinou ORLITECH MESH:

hrúbka betónovej dosky	
vystuženej oceľovými vláknami DRAMIX®	200 mm (typ vlákien pozri str. 3)
celková hrúbka podlahy	340 mm
celkový tepelný odpor	R = 0,833 m².K/W

Cena vychádzajúca z cenovej úrovne CZ platnej pre rok 2017:

Pre výmeru 1000 m² 48 296 EUR bez DPH

Porovnanie obvyklého návrhu podlahy s návrhmi alternatívnymi:

	Obvyklý návrh podlahy	Alt. návrh I. s nevystuženým penobetónom FC 500	Alt. návrh II. s vystuženým penobetónom FC 500
Doba realizácie podkladu okrem zemných prác:	do 4 dní	do 2 dní	do 2 dní
Použiteľnosť podkladu po skončení prác na podkladových vrstvách:	okamžite	+3 dni pri 15 – 20 °C	+3 dni pri 15 – 20 °C
Použiteľnosť povrchu pre montážnu činnosť:	obmedzená	do 30 dní	do 30 dní
Cena realizačná 1000 m ² (EUR):	53,407 tis.	48,407 tis.	48,296 tis.
Celková úspora pre 1000 m ² (EUR):	---	5,000 tis.	5,111 tis.
Úspora prepočítaná na 1 m ² (EUR):	---	5,0	5,1

Poznámka:

V uvedených cenách sú zahrnuté strojné výkopové práce, obstarávacie ceny materiálov vrátane nákladov na ich dopravu, náklady na pracovníkov a strojné zariadenie vrátane dopravy.

Cena neobsahuje maržu realizačnej stavebnej spoločnosti a rozpočtovú rezervu, tiež neobsahuje náklady spojené s úpravou podlažia (tie sa môžu výrazne líšiť podľa konkrétnej lokality). Ceny sa môžu líšiť v závislosti na dopravnom pásme jednotlivých materiálov.

V kalkulácii je uvažovaná dopravná vzdialenosť 30 km pre všetky použité materiály.

Upozornenie:

Uvedené porovnanie návrhov sa týka len uvedených príkladov podlahových konštrukcií. Každá priemyselná podlaha je situovaná do konkrétnych podmienok a z nich vyplývajúcej možnosti navrhovania ako aj výslednej ceny. Preto je nevyhnutné, aby návrh každej priemyselnej podlahy obsahujúcej vrstvu penobetónu vykonal autorizovaný špecialista s príslušnou kvalifikáciou a znalosťami.

ZHODNOTENIE ALTERNATÍVNEHO RIEŠENIA S POUŽITÍM PENOBETÓNU

Navrhnuté alternatívne skladby konštrukcie podlahy s použitím podkladovej vrstvy z penobetónu FC 500 spĺňajú požadované kritériá z hľadiska statického posúdenia.

Alternatívne návrhy podlahovej konštrukcie s použitím penobetónu upravujú obvyklý návrh priemyselnej podlahy nasledovne:

- zníženie celkovej hrúbky podlahovej konštrukcie zo **600 mm** na **360 mm** resp. **330 mm**
- zníženie hrúbky podkladovej vrstvy zo **400 mm** na **160 mm** pri nevystuženom resp. **130 mm** pri vystuženom penobetóne
- zníženie nárokov na úpravu podložia
– požadovaná hodnota modulu pretvárnosti E_{v2} je **znížená zo 45 MPa na 30 MPa**
- dosiahnutie úspory finančných prostriedkov cca **5 100 EUR na 1000 m²**

Vzhľadom k vysokej úrovni fyzikálno-mechanických parametrov a ich rýchly nárast v čase tak možno penobetón FC 500 úspešne použiť ako náhradu sypaných podkladových vrstiev.

Medzi najväčšie benefity FC 500 ako podkladovej vrstvy priemyselnej podlahy patrí ...

- zníženie celkovej hrúbky podlahovej konštrukcie a zníženie nárokov na úpravu podložia, čo umožňuje redukovať rozsah zemných prác
- variabilita skladby podlahy s penobetónom FC 500 pri použití nekorozívnej čadičovej výstužnej sieťoviny ORLITECH MESH a rôznych požiadaviek kladených na úpravu podložia
- výborné teplotné vlastnosti
- vysoká úroveň homogenity zhotovenej vrstvy FC 500 a dodržiavanie štandardu kvality v rámci každej realizácie obzvlášť v prípade použitia výstužnej sieťoviny ORLITECH MESH v tejto vrstve zlepšujúcej vlastnosti podložia

iwtech

iwtech s.r.o.
M. Bela 17
911 08 Trenčín
Slovensko

☎ +421 904 179296

☎ +421 903 644776

✉ info@iwtech.sk



Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
Slovensko

☎ +421 41 513 5750

☎ +421 41 513 5796

✉ drusa@fstav.utc.sk

✉ j.vlcek@fstav.utc.sk