

PENOBETÓN FC 500 IF



Penobetóny pre priemyselné podlahy

Stabilizujú, izolujú, vyrovnávajú

PENOBETÓN FC 500 IF V KONŠTRUKCII PRIEMYSELNEJ PODLAHY

Penobetón (FC - Foam Concrete) ako zmes cementového 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.

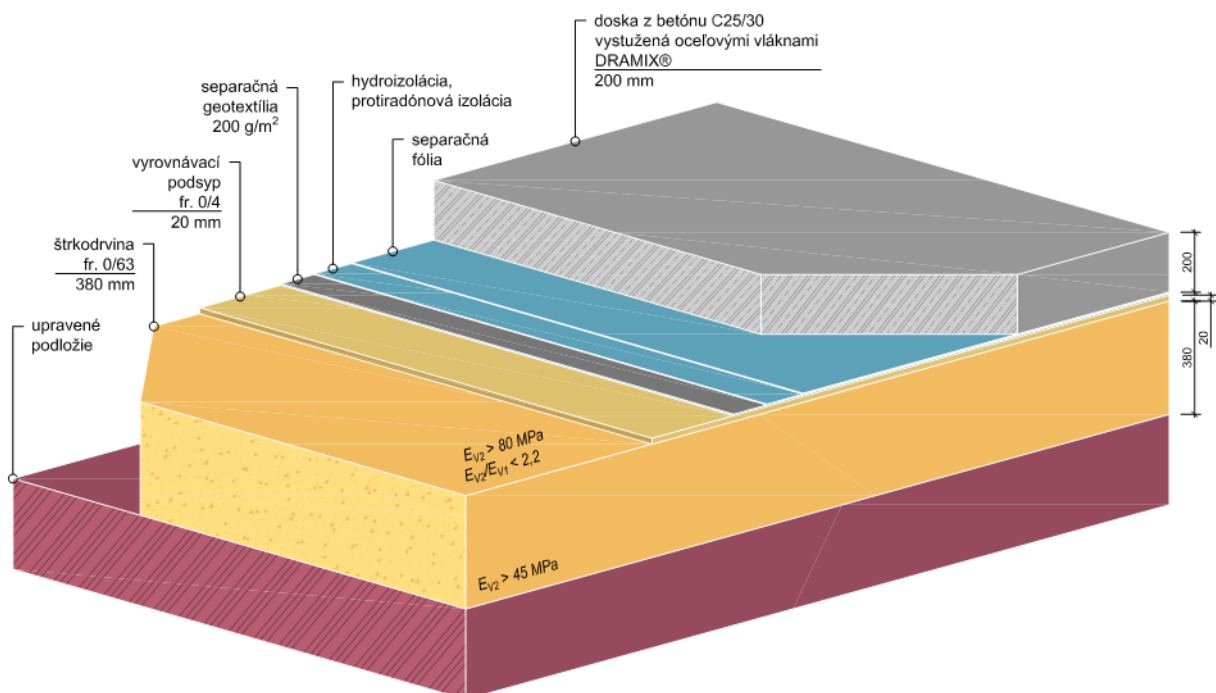
Penobetón obsahuje uzatvorené vzduchové póry, čím sa dosahuje jeho nízka objemová hmotnosť a úspora materiálových vstupov.

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 IF ako podkladaná vrstva priemyselnej podlahy

Penobetón s objemovými hmotnosťami 300 – 400 kg/m³ sa v súčasnosti najčastejšie využíva ako vyrovnávací 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 podložja 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 IF s objemovou hmotnosťou 500 kg/m³.



Obr. 1 Obvyklý návrh podlahovej konštrukcie skladovacej haly

Alternatívny návrh uvažuje s dvoma variantmi podkladovej vrstvy z penobetónu:

Alt. I. penobetón FC 500 IF so separačnou geotextíliou s plošnou hmotnosťou 200 g/m²

Alt. II. penobetón FC 500 IF so separačnou geotextíliou s plošnou hmotnosťou 200 g/m² vystužený čadičovou kompozitnou sieťovinou ORLITECH® s veľkosťou oka 100x100x3 mm

STATICKÉ POSÚDENIE

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

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

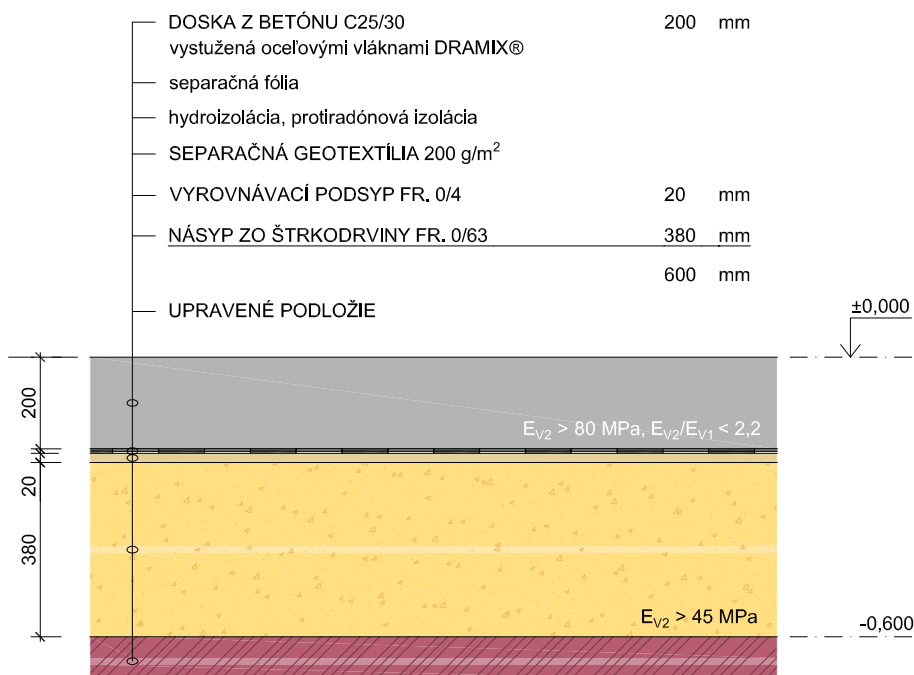
- plošné rovnomerné zaťaženie s charakteristickou intenzitou $q_k = 100 \text{ kN/m}^2$,
- bodové zaťaženie simulujúce zaťaženie od vysokozdvížneho vozíka s intenzitou 56 kN pre 1 koleso,
- bodové zaťaženie 75 kN / 1 stojku od regálov s pôdorysnou dispozíciou stojok 1,1 x 2,8 m, s roznášacou pätkou s 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 dilatačnými škárami vo vzdialenosti 30 x 30 m.

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

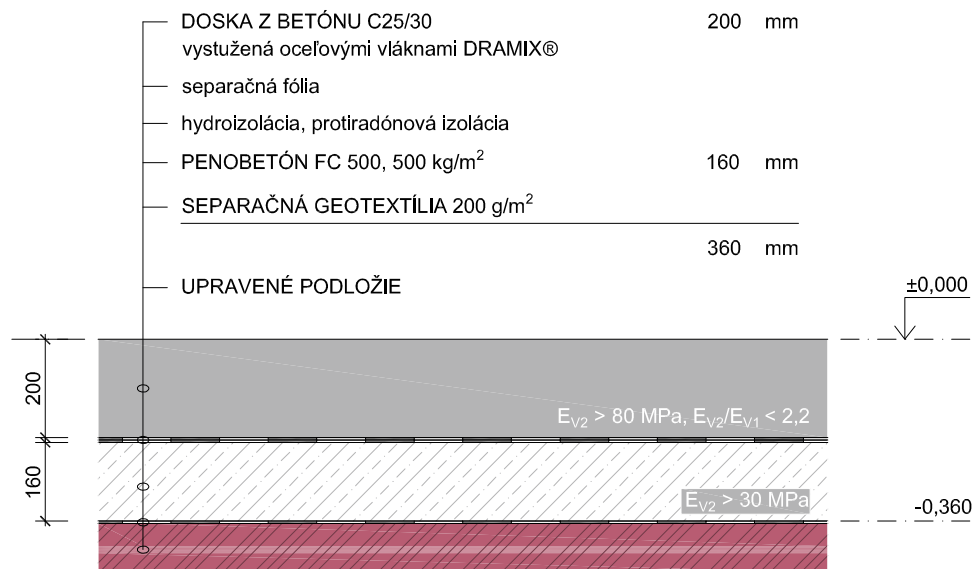
- $E_{V2} > 80 \text{ MPa}$
- $E_{V2} / E_{V1} < 2,2$



Obr. 2 Obvyklý návrh skladby podlahovej konštrukcie

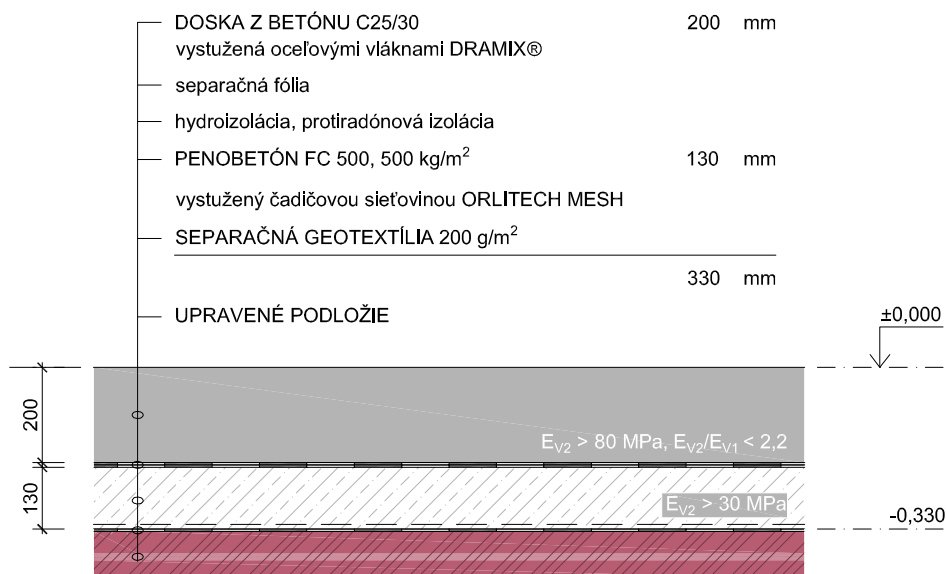
Podkladom pre návrh hrúbky podkladovej vrstvy z penobetónu FC 500 IF boli experimentálne merania vrstiev penobetónu FC 500 IF na podloží v reálnej mierke v pokusnom poli Žilinskej univerzity (UNIZA).

Vzhľadom na priaznivé fyzikálno-mechanické vlastnosti penobetónu FC 500 IF 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 IF dosiahol hodnotu **1,0 až 1,3**.



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

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



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

TEPELNOTECHNICKÉ HL'ADISKO – POROVNANIE ALTERNATÍV

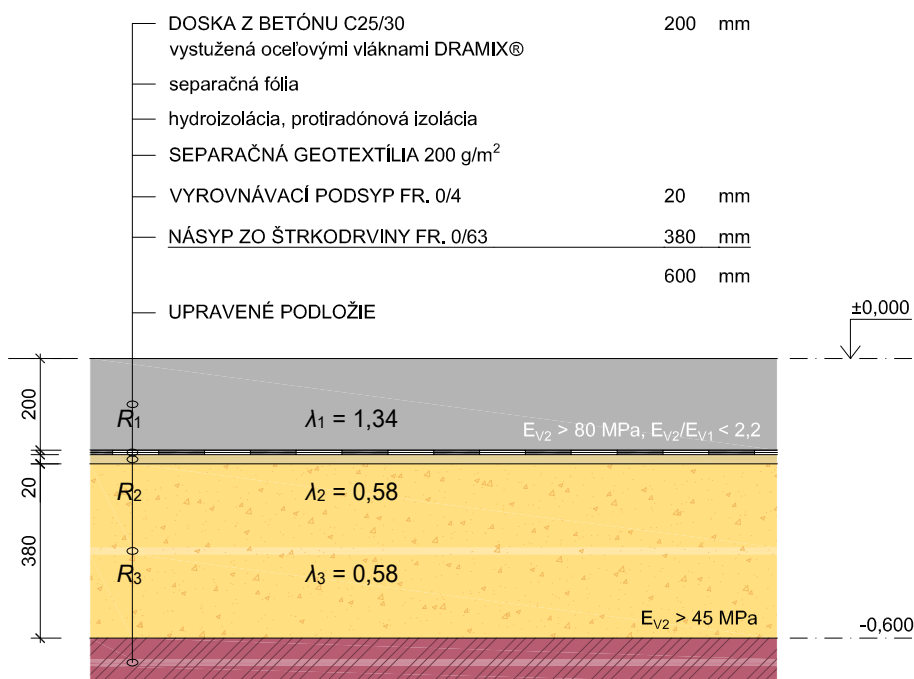
Pre dokumentáciu teplotných vlastností alternatívneho súvrstvia s použitím penobetónu FC 500 bol vykonaný výpočet tepelného odporu konštrukcie podlahy pre obvykle navrhovanú i alternatívnu skladbu vrstiev podlahy.

Pre výpočet tepelného odporu vrstvy penobetónu FC 500 IF 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 IF 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 .

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

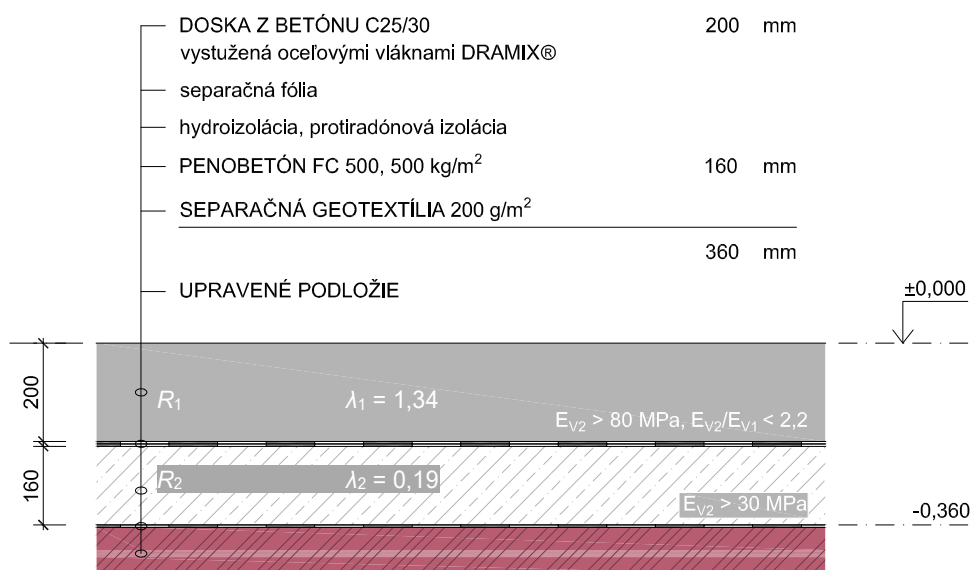
Obvyklý návrh podlahovej konštrukcie



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

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

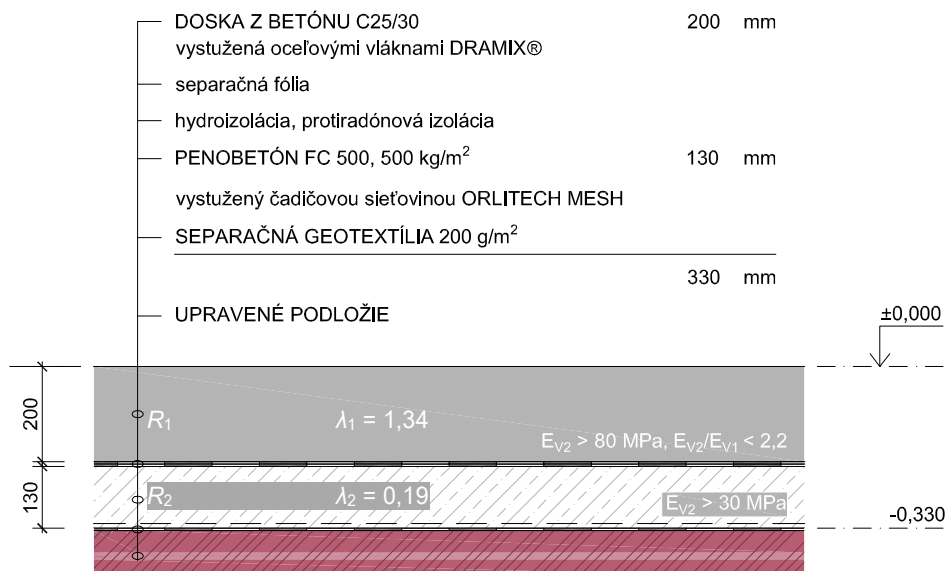
Alt. I. Alternatívny návrh konštrukcie podlahy s použitím penobetónu FC500IF



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

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

Alt. II. Alternatívny návrh konštrukcie podlahy s použitím penobetónu FC500IF vystuženého čadičovou kompozitnou sieťovinou ORLITECH®



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

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

EKONOMICKÉ HLADISKO

Prínos penobetónu FC 500 IF 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 IF ako podkladovej vrstvy je možné dosiahnuť ďalšiu **významnú úsporu nákladov** pri realizácii podlahovej konštrukcie.

Porovnanie obvyklého návrhu podlahy s návrhmi alternatívnymi:

	Obvyklý návrh podlahy	Alt. návrh I. s nevystuženým penobetónom FC 500 IF	Alt. návrh II. s vystuženým penobetónom FC 500 IF
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 FC

Navrhnuté alternatívne skladby konštrukcie podlahy s použitím podkladovej vrstvy z penobetónu FC 500 IF 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 **znižená 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 IF úspešne použiť ako náhradu sypaných podkladových vrstiev.

Medzi najväčšie benefity FC 500 IF 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 IF pri použití nekorozívnej čadičovej kompozitnej výstužnej sieťoviny ORLITECH® a rôznych požiadaviek kladených na úpravu podložia
- výborné teplototechnické vlastnosti
- vysoká úroveň homogenity zhotovenej vrstvy FC 500 IF a dodržiavanie štandardu kvality v rámci každej realizácie obzvlášť v prípade použitia kompozitnej výstužnej sieťoviny ORLITECH® v tejto vrstve zlepšujúcej vlastnosti podložia