

## iwtech-technológia výroby Penobetónu 300 – 900 kg/m<sup>3</sup> použitie, výroba a vlastnosti 2014 - 2022

**iwtech**<sup>TM</sup>  
europe

*Foam concrete technologies*

**WIL&DERS**<sup>TM</sup>

Ing. Viliam Lapčák  
[lapcak@iwtech.sk](mailto:lapcak@iwtech.sk)

# Stručne z našej histórie

- ✓ prvopočiatky datujeme do roku 1997, spolupráca iwtech europe a CEMEX Group od 2014
- ✓ postupným vývojom cez výrobu EPS – betónu na stavbe sa spoločnosť iwtech europe, s.r.o. dopracovala cez výrobu penobetónu (FC) na stavbe až k výrobe FC na betonárni: „penobetón ako betón“
- ✓ FC bol na stavbe vyrábaný v patentovaných automatizovaných zariadeniach MS 1000 s možnosťou dávkovania cementu z vriec alebo sila
- ✓ technológia výroby FC na betonárke sa začala na trhu uplatňovať od r. 2014
- ✓ v súčasnosti sa úspešne používa na trhoch v SK, CZ, PL, UK a HR
- ✓ doposiaľ bolo technológiou iwtech vyrobených niekoľko 100 000 m<sup>3</sup> FC
- ✓ FC je v dnešnej dobe považovaný za osvedčený stavebný materiál

# Na úvod

- ✓ všetky informácie, opisy realizácií, popisy skúseností a výsledky meraní obsiahnuté v tejto prezentácii sa vzťahujú výhradne a len na penobetóny (FC) vyrábané podľa návodov a doporučení ako aj na zariadeniach a s prísadami spoločnosti iwtech europe s.r.o.
- ✓ vyššie uvedeným sa má na mysli hlavne to, že výrobcov FC je viac, každý z nich má svoje opisy a výsledky meraní a používa svoju, v niektorých prípadoch prevzatú, technológiu výroby a teda nie je možné priradovať vlastnosti FC vyrábané jednou technológiou k vlastnostiam FC vyrábaných inou technológiou
- ✓ napríklad FC s objemovou hmotnosťou  $400 \text{ kg/m}^3$  vyrábaný jednou technológiou nemusí mať obdobné vlastnosti ako FC  $400 \text{ kg/m}^3$  vyrábaný technológiou inou

# Vstupné informácie o penobetóne - ľahkom betóne s prirodzeným tuhnutím

# Ľahké betóny s prirodzeným tuhnutím: penobetón (FC)


FC: OH obvykle 300 – 900 kg/m<sup>3</sup>, v podmienkach iwtech zvládnutá automatizovaná výroba na betonárni s overenou opakovateľnosťou a kontrolou kvality, čerpanie závitovkovými čerpadlami, pri splnení podmienok i veľkými piestovými pumpami, ideálne kamenivo 0-2 mm, je možné použiť pre výrobu FC 300, frakciu 0-4 mm od FC 500, podmienkou je zvládnutie výroby technickej peny (TP) ako aj jej presné dávkovanie, betonárka ako aj autodomiešavače v obvyklom vyhotovení

Výroba je zvládnutá vtedy, keď je vyrobený materiál homogénnou hmotou, po vyzretí rovnomerné rozmiestnenie pórov po hrúbke vrstvy i 1000 mm.

Najčastejšie použitie: vyrovnávacie vrstvy podláh občianskych stavieb, náhrada zhutneného štrkodrviny v priemyselnej podlahe, vyplnenie prázdnych priestorov v podzemí – náhrada CPS, iné geotechnické aplikácie

**V prípade FC je hodnota  $\lambda$  závislá hlavne od OH, obdobne to platí i pre pevnostné charakteristiky.**





Doposiaľ overené použitia penobetónu  
vyrábaného  
podľa návodov a doporučení iwtech europe, s.r.o.

# Použitie FC 300 – 400 kg/m<sup>3</sup>: vyrovnávacia vrstva podlahy

FC ako náhrada napr. doskového podlahového EPS



**Opisy a výhody:** vyššia produktivita práce ako pri ukladaní EPS-dosiek medzi rúrky, nerovnosť podkladu sa neprenáša do hornej vrstvy čo prináša napr. konštantnú hrúbku roznášacej vrstvy – potery, v konečnom dôsledku nižšia cena celého súvrstvia podlahy, technologická vlhkosť z FC postupne odíde cez stropnú dosku do priestoru pod, ďalšie vrstvy už po 24 – 48 hod v závislosti od teploty okolia

# Použitie FC 400 – 500 kg/m<sup>3</sup>: vyrovnávacia vrstva klenby

FC ako náhrada „ťažkých“ zásypov a tým odľahčenie nosnej konštrukcie



**Výhody:** ľahká manipulácia, zachová funkčnosť nosnej klenbovej konštrukcie, homogénna vrstva rovnomerne prenášajúca zaťaženie, technologická vlhkosť z FC postupne odíde cez konštrukciu klenby do priestoru pod, ďalšie vrstvy už po 24 – 48 hod v závislosti od teploty podkladu



# Použitie FC 600 – 900 kg/m<sup>3</sup>: spádovanie plochej strechy

sklony do 2% na podklade z betónu alebo parozábrane



**Opis a výhody:** vysoká únosnosť pri nízkej vlastnej hmotnosti, ľahko kompenzuje nerovnosti podkladu a neprenáša ich do vrstvy povlakovej krytiny, technologická vlhkosť z FC postupne odíde cez stropnú dosku tiež cez mikroventilačnú vrstvu povlakovej krytiny, počasie bez dažďa min 8 hod po aplikácii pri teplote ovzdušia min 15°C, ďalšie vrstvy už po 72 hod

# Použitie FC 800 – 900 kg/m<sup>3</sup>: výplň medzi stenou bazéna a výkopom

FC nahradzuje zásypov homogénnym materiálom s výrazným zvýšením tepelného odporu



**Opis a výhody:** ľahká manipulácia, nevyžaduje žiadne hutnenie obsypu, homogénna vrstva zabezpečuje stabilitu okolia telesa bazénu bez deformít povrchu a rovnomerne prenáša zaťaženie, technologická vlhkosť z FC postupne odíde do okolitej zemin, ďalšie vrstvy už po 24 hod

# Použitie FC 400 – 500 kg/m<sup>3</sup>: kanalizačná prípojka rodinnému domu

## FC ako náhrada zásypu kanalizačnej prípojky k rodinnému domu



**Výhody:** vyššia produktivita práce ako pri zásypoch, FC vytvorí homogénnu výplň výkopu bez deformácií povrchu, úspora nákladov na realizáciu vyrovnanie výkopu, ďalšie vrstvy už po 24 – 48 hod v závislosti od teploty okolia

# Použitie FC 400 – 500 kg/m<sup>3</sup>: výplň medzi základovými pásmi

FC ako náhrada zhutňovanej štrkodrviny, prípadne často používanej stavebnej sute



**Výhody:** vyššia produktivita práce ako pri zásypoch, FC vytvorí homogénny a tepelnoizolačný podklad pre hornú ŽB-dosku, úspora nákladov na kúrenie rádovo v 10-tkach %, ďalšie vrstvy už po 24 – 48 hod v závislosti od teploty okolia

# Použitie FC 500 – 800 kg/m<sup>3</sup>: stabilizácia rúry vo výkope

FC ako náhrada pieskového podsypu a zhutňovaného zásypu



**Výhody:** vyššia produktivita práce ako pri zásypoch, FC vytvorí homogénnu výplň medzi povrchom rúry a stenou výkopu, nehrozí poškodenie rúry pri zhutňovaní zásypu, FC-výplň je objemovo i pevnostne stabilná v čase, t.j. nehrozí žiadna konsolidácia podložia a teda ani vznik deformít povrchu, napr. vozovky, ďalšie vrstvy už po 24 – 48 hod v závislosti od teploty okolia

# Použitie FC 500 – 800 kg/m<sup>3</sup>: výplň nepotrebněj rúry

FC ako zábrana proti nekontrolovaným prepadom a poklesom povrchu nad rúrou



**Výhody:** vyplnenie nepotrebněj rúry odstraňuje nutnosť jej vykopenia, FC vytvorí homogénnu výplň celého objemu rúry v prípade, že sa postupuje od nižšieho miesta k vyššiemu, FC-výplň je objemovo i pevnostne stabilná v čase a teda nehrozí žiadna deformíta povrchu terénu nad rúrou

# Použitie FC 500IF: podklad pod základovú dosku viacpodlažnej budovy

## FC ako náhrada zhutňovanej štrkodrviny



**Výhody:** doposiaľ max. 28 m<sup>3</sup>/hod uloženého FC 500IF, FC vytvorí homogénnu vrstvu bez potreby zhutňovania s následnou kontrolou jej miery, FC-podkladov vrstva je objemovo i pevnostne stabilná v čase, vytvorí rovinný povrch pre uloženie ŽB-dosky základovej konštrukcie, ďalšia vrstva už po 24 - 48 hod v závislosti od teploty

# Použitie FC 500IF v priemyselnej podlahe

## FC ako náhrada zhutňovanej štrkodrviny



**Opis a výhody:** doposiaľ max. 28 m<sup>3</sup>/hod uloženého FC 500IF, FC vytvorí homogénnu vrstvu bez potreby zhutňovania s následnou kontrolou, FC-podkladová vrstva je objemovo i pevnostne stabilná v čase, vytvorí rovinný povrch pre uloženie hornej dosky, ďalšia vrstva už po 24 – 48 hod v závislosti od teploty okolia



# Použitie FC 500 – 800 kg/m<sup>3</sup>: výplň nepotrebnéj kanalizačnej rúry

FC použitý na vyplnenie kanalizačnej rúry pod telesom budúcej električkovej trate



**Opis a výhody:** vyplnenie rúry odstraňuje nutnosť jej vykopania s následnou realizáciou sypaných vrstiev podložia pod budúcou električkovou traťou, FC vytvorí homogénnu výplň celého objemu rúry, FC-výplň je objemovo i pevnostne stabilná v čase a teda nehrozí žiadna deformita povrchu terénu nad rúrou

# Použitie FC 500 – 800 kg/m<sup>3</sup>: výplň nepotrebnéj kanalizačnej rúry

FC použitý na vyplnenie nepotrebnéj kanalizačnej rúry



**Opis a výhody:** vyplnenie rúry odstraňuje nutnosť jej vykopania s následnou realizáciou sypaných vrstiev podložia, FC vytvorí homogénnu výplň celého objemu rúry, FC-výplň je objemovo i pevnostne stabilná v čase a teda nehrozí žiadna deformácia povrchu terénu nad rúrou

# Použitie FC 500 – 800 kg/m<sup>3</sup>: výplň nepotrebných podzemných priestorov

FC ako náhrada cemento-popolčkovej suspenzie (CPS), prípadne zásypov zeminou



**Opis a výhody:** v čase rastúceho nedostatku popolčeka je FC vhodnou náhradou za CPS – cemento popolčková suspenzia pri vyplnení podchodov a bývalých CO alebo protiletceckých krytov, tiež banských diel, spravidla sa vylieva priamo zo žlabu autodomiešavača, FC-výplň je objemovo i pevnostne stabilná v čase, ďalšia vrstva už po 24 - 48 hod

## Použitie FC 500 – 800 kg/m<sup>3</sup>: výplň nepotrebných podzemných priestorov

FC ako náhrada cemento-popolčkovej suspenzie (CPS), prípadne zásypov zeminou



**Opis a výhody:** v čase rastúceho nedostatku popolčeka je FC vhodnou náhradou za CPS, použité pre vyplnenie podzemných stavieb, tiež banských diel, vyplnenie priestoru medzi výkopom a telesom nádrže, vylieva sa spravidla priamo zo žľabu autodomiešavača, FC vytvorí homogénnu vrstvu bez potreby zhutňovania, FC-výplň je objemovo i pevnostne stabilná v čase, ďalšia vrstva už po 24 - 48 hod

Výroba penobetónu podľa iwtech europe, s.r.o.

# FC: základné zložky a spôsob výroby

**Cement:** I – IV od 42,5R, N, 32,5R alebo rôzne iné typy, nie však cementy s obsahom zbytkov uhľovodíkov určené pre výrobu vodotesných betónov

**Voda:** stačí čistá, nie z recyklingu betonárne, môže byť aj studničná, minerálne zakalenie nie je obvykle na závalu, nesmie obsahovať organické rozpúšťadlá – ani ich stopy lebo narušujú vytvorené bublinky

**Kamenivo:** ideálna je frakcia 0-2 mm, ťažené alebo drvené pre objemové hmotnosti 300 – 900 kg/m<sup>3</sup>, frakcia 0-4 mm – pre objemové hmotnosti od 500 kg/m<sup>3</sup> vyššie, lepšie je ťažené, iné frakcie u nás netestované

**Prímеси:** iné jemné anorganické odpadné látky – vápenec, jemne mletá troska, popolček len s overeným

**Technická pena (TP):** v podmienkach iwtech zatiaľ najlepší penotvorný koncentrát na báze hydrolyzovaných proteínov, jeho zatiaľ neprekonanou výhodou je stálosť kvality, ktorú syntetické koncentráty spravidla nedosahujú; optimálna hustota TP je 60 – 80 g/l; do zámesi dávkuje sa presne vypočítané množstvo, tok TP musí byť súvislý a jej vlastnosti rovnaké po celú dobu dávkovania

**Postup Výroby:** podľa dodanej receptúry vyrobí betonáreň cementové mlieko a v predpísanom množstve ho napustí do bubna autodomiešavača.

Generátor pod označením GFM 8 alebo 10 napustí technickú penu pri zvýšených otáčkach do bubna autodomiešavača.

Ten následne odchádza na stavbu s nastavenými transportnými otáčkami bubna.

Pred začiatkom čerpania je vhodná 2 min homogenizácia pri otáčkach cca 10 ot/min.

Produkcia: cca 26 – 28 m<sup>3</sup>/hod vr. uloženia

# Výrobné zariadenia

**Betonáreň:** rovnaká ako pre výrobu betónu, pred výrobou cementového mlieka potrebné umytie miešacieho jadra po predošlej výrobe betónu

**Autodomiešavač:** rovnaký ako pre dopravu betónu, pred výrobou penobetónu potrebné umytie miešacieho bubna po predošlej doprave betónu

**Generátory:** technickej peny pre priemyselnú výrobu FC

GFS 8 – stabilný, bez podvozku, pozri TL 102

GFM 8 alt. 10 – mobilný, pre presuny na verejných komunikáciách, pozri TL 101

TL 104

GFS LabE – generátor pre výrobu skúšobných telies, pozri TL 105

**Čerpadlo:** závitovkové, napr. Estrich Boy FHS 200

piestové, napr. Putzmeister P 715, prípadne iné obvyklé

# FC 300 – 900 kg/m<sup>3</sup>: na betonárni



**Opis:** na výrobu cementového mlieka pre výrobu FC je použiteľná každá betonáreň v štandarde odpovedajúcom v súčasnosti platným požiadavkám na presnosť dávkovania komponentov, pre dopravu na stavbu je vhodný autodomiešavač v obvyklom vyhotovení, technickú penu vyrába a v požadovanom množstve do bubna dávkuje generátor technickej peny GFM 8 alt. 10, zmes sa homogenizuje počas jazdy + 2 min. po dojazde na stavbu pred začiatkom čerpania, doba jazdy autodomiešavača nemá presiahnuť 120 min. Pre čerpanie FC na miesto uloženia je najvhodnejšie závitovkové čerpadlo, použitie piestového je potrebné overiť hlavne vo vzťahu k jeho stavu.



# FC: technická pena (TP)



**Opis a výhody:** na výrobu TP používa iwtech vlastný penotvorný koncentrát s označením FC1; pred výrobou FC sa kontroluje nastavenie koncentrácie penotvorného koncentráту a objemová hmotnosť TP; výrobu TP podľa nastavených parametrov a nadávkovanie stanoveného množstva TP do bubna autodomiešavača zabezpečuje generátor TP GFM 8 alt. 10 z produkcie iwtech s.r.o.

# FC 300 – 900 kg/m<sup>3</sup>: kontrola kvality na stavbe

na stavbe sa kontroluje objemová hmotnosť v čerstvom stave a konzistencia



&

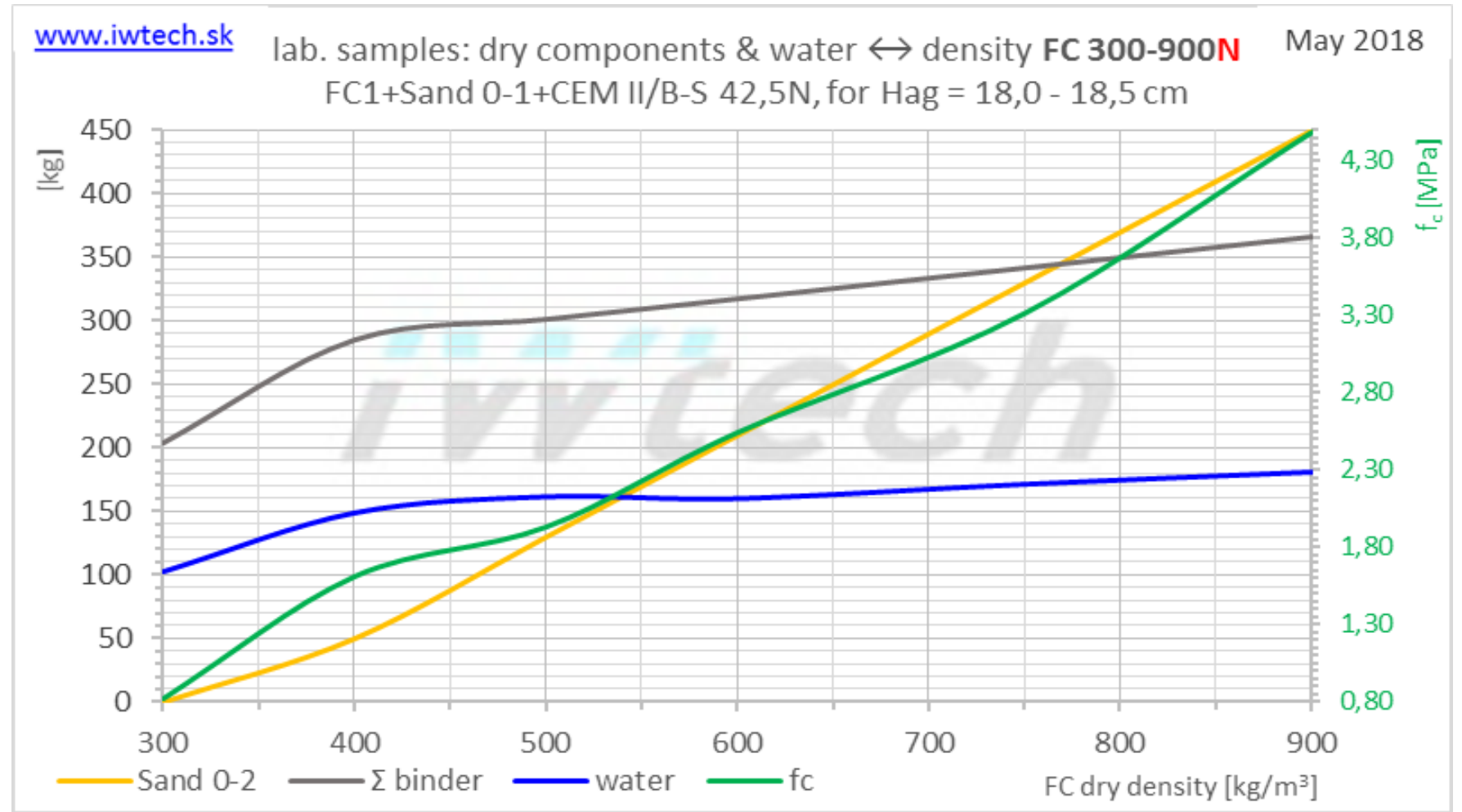


**Opis:** kontrola kvality vyrábaného FC je z pohľadu technológa maximálne jednoduchá – na stavbe sa meria objemová hmotnosť (OH) a konzistencia; Vzorka na meranie oboch kontrolných parametrov sa odoberá vždy na konci dopravnej hadice; hodnoty OH v čerstvom stave a konzistencie / rozliatia sú pre príslušnú OH uvedené vo výrobnom postupe; pre absolvovanie preukaznej skúšky sa zhotovujú skúšobné telesá – spravidla kocky á 150 mm v zmysle Kontrolného s skúšobného plánu

# Navrhovanie dávok komponentov a príklady smerných čiar pre FC 300 – 900 kg/m<sup>3</sup>

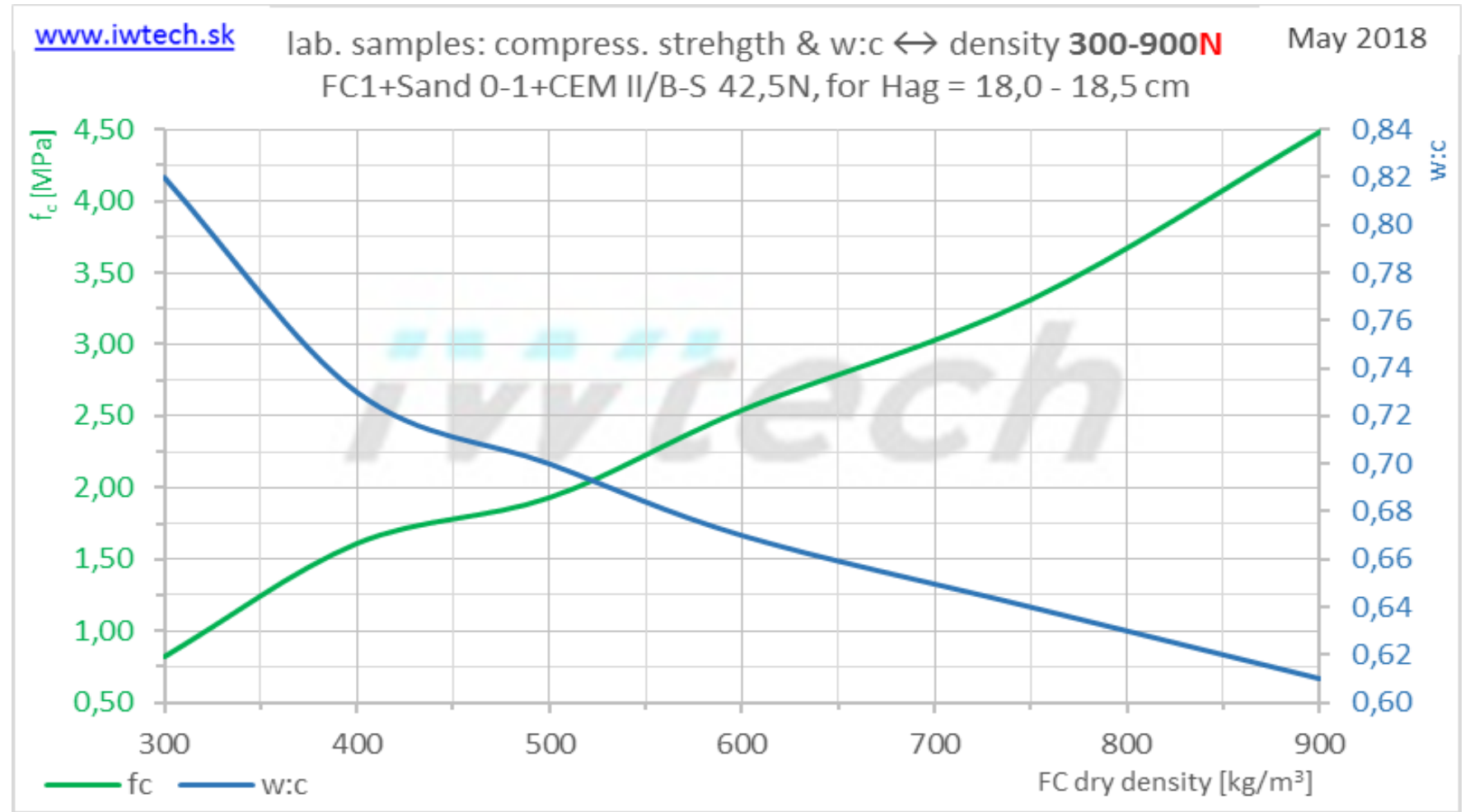
# FC: dávky komponentov pre variant N – diagram I

- **Objemová hmotnosť (OH) FC je v diagramoch vždy uvedená pre suchý stav !!!**
- pre rýchlu orientáciu v dávkach komponentov pre rôzne OH FC
- odčítané dávky sa vložia do iwtech-FCCalc, ktorý vypočíta dávku TP
- k dispozícii aj pre verziu E (Economy) a H (Hard)



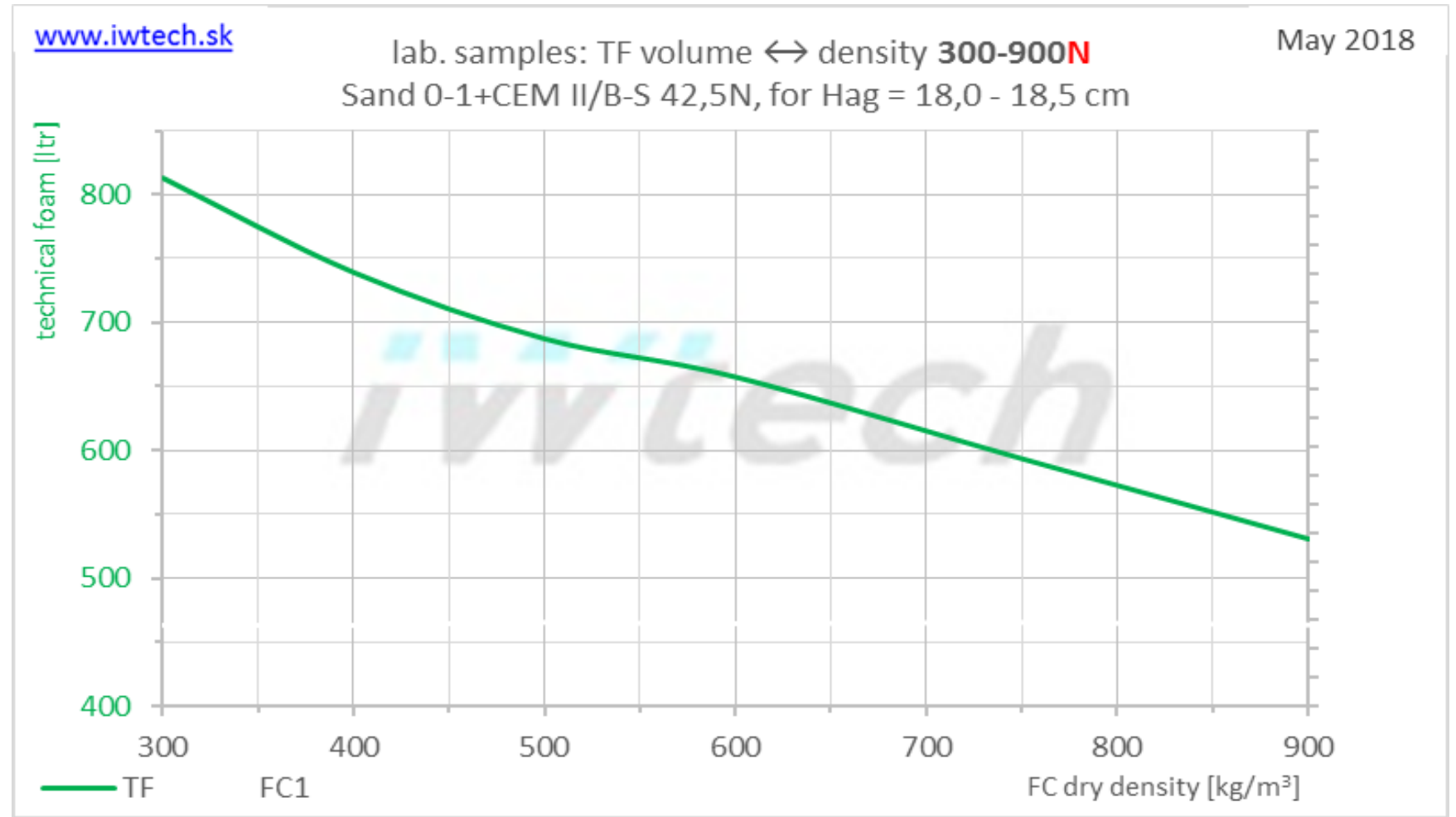
# FC: dávky komponentov variant N – diagram II

- vzťah medzi OH, pomerom w:c a  $f_c+28$
- dôležité je rozliatie na kalíšku Hagermann
- prax naznačuje, že je výhodnejšie riadiť dávku  $H_2O$  tak, aby bolo dosiahnuté rozliatie v rozmedzí 17 až 18,5 cm
- Diagram platí pre verziu N, ešte je k dispozícii pre verziu E (Economy) a H (Hard)
- v súčasnosti prebieha v iwtech vývoj plastifikačnej prísady, ktorá umožní znížiť pomer w:c a tým tiež zvýšiť pevnosti



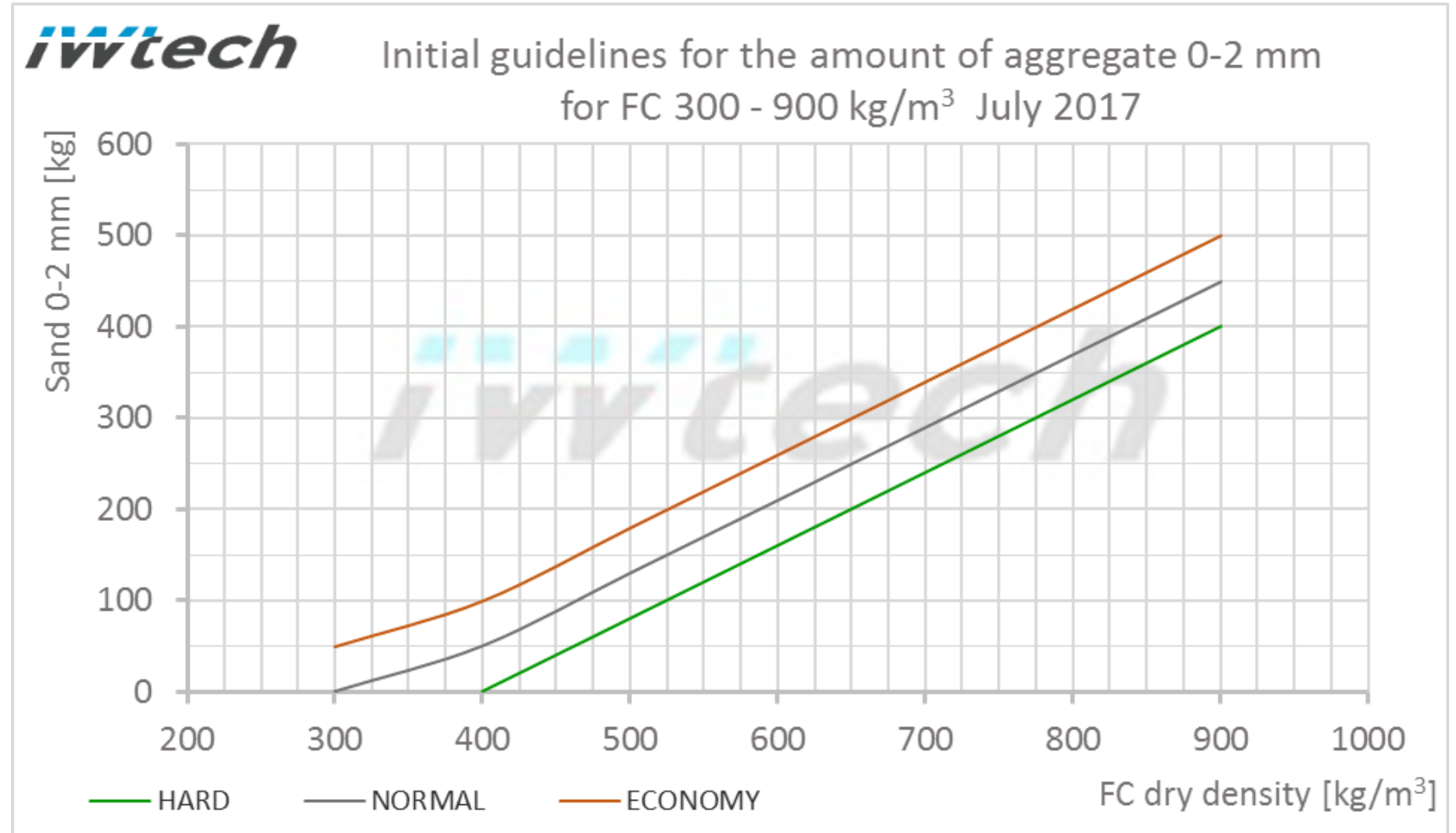
# FC: dávky komponentov variant N – diagram III

- diagram ukazuje množstvo dodanej TP pre rôzne OH FC
- pre verziu N, ešte je k dispozícii pre verziu E (Economy) a H (Hard)
- **množstvo TP v jednotke objemu FC je určujúcim faktorom pre dosiahnutie projektovanej OH**
- TP je v technológii iwtech využívaná ako plnivo i keď je to len vhodným spôsobom zaformovaný vzduch
- pre porovnanie: aj EPS granuló sú plnivom a tiež je to v podstate len zaformovaný vzduch



# FC: dávky kameniva – diagram IV

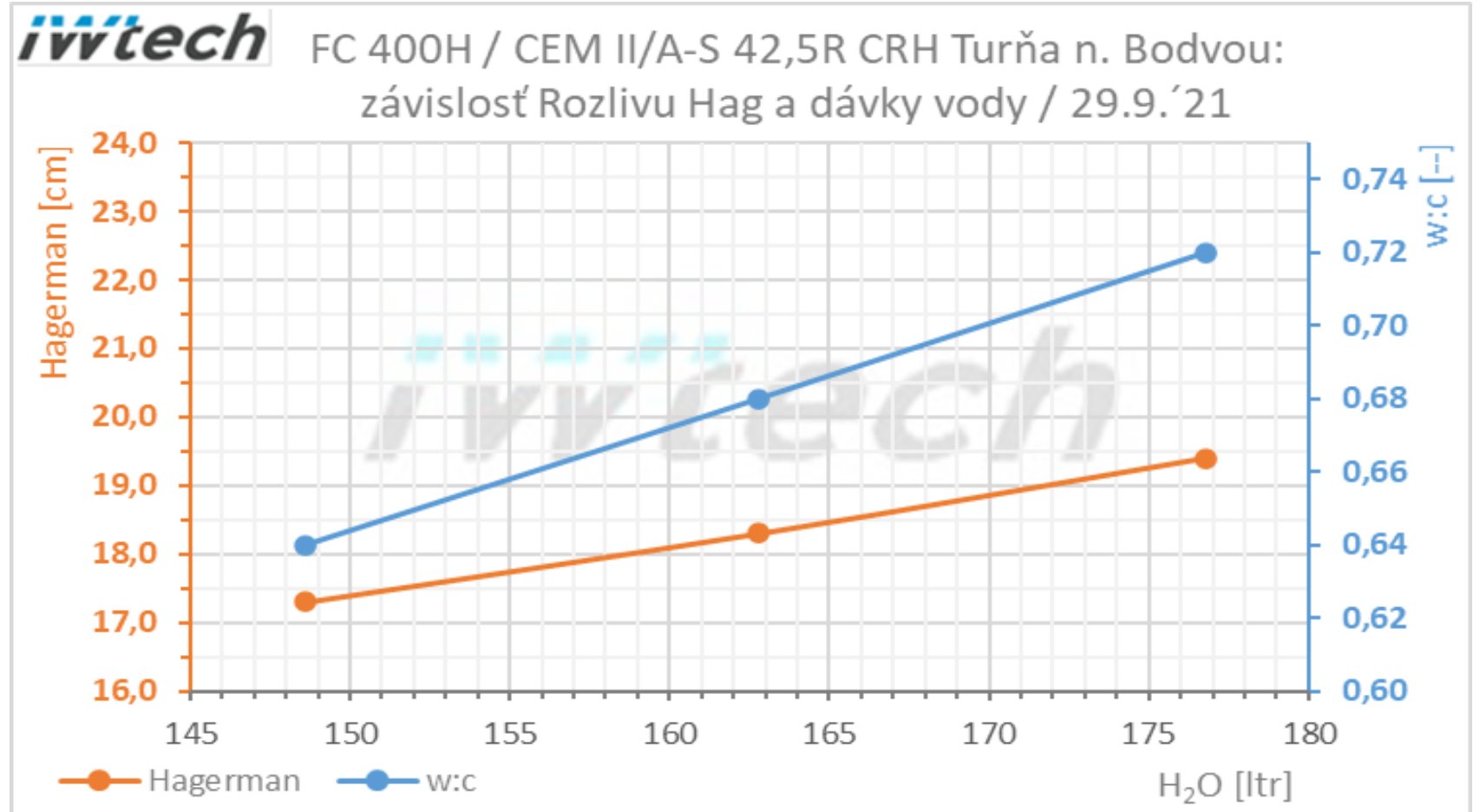
- štandardizované dávky kameniva pre varianty E, N a H
- medzi jednotlivými producentmi kameniva môžu byť pri jednotlivých frakciách rozdiely
- snahou bolo dostať dávky kameniva do systému, ktorý okrem iného umožňuje ľahko sa orientovať pri nastavovaní receptúry pre jednotlivé OH



# FC 400H: vplyv dávky vody na rozliatie

Dôležité pre technológa je, aby vedel pred zadaním do výroby v akom rozmedzí dávky vody vo vzťahu k rozliatiu sa má pohybovať.

- doporučená hodnota rozliatia je 17 – 18,5 cm
- pred zmenou druhu alebo dodávateľa cementu je vhodné konzistenciu čerstvého FC overiť
- do w:c sa vždy započítava aj voda v technickej pene





# FC: výpočet dávok jednotlivých komponentov

## iwtech-FCCalc:

- sw je určený pre technológ výroby FC a je používaný pre návrh množstiev komponentov
- betonáreň dostáva dávky uvedené celkom dolu, obsluha generátora nastavuje vypočítanú dávku technickej peny



FoamConcrete Calculator v1.2.8

### Name of recipe

FC 500IFs - MedArt etapa VI\_2 17Okt19 - znizena voda o 4 l oproti rec z 16.10 s cieľom zmensit rozliv y 19 na 18 cm, co sa i podarilo

### Requirements

CEM : GGBS in CEM	100: 0
CEM : GGBS in CEM : GGBS added	100:0:0
Fine dry component	0.0 kg
Sand	130.0 kg
Water	144.0 kg
Density in dry state	500.0 kg/m3

### Result

CEM	301 kg
GGBS in CEM	0 kg
GGBS added	0 kg
Fine dry component	0 kg
Sand	130 kg
Water	144 kg
Foam	56.8 kg <--> 709.8 ltr
Foam added	0 kg <--> 0 ltr
Water in total	200.8 kg
Concentrate consumption	1.59 l <--> 1.82 kg
w : c	0.667
Density in dry state	500 kg/m3
Fresh density	631 kg/m3
Density in natural moisture	550 kg/m3
Volume:	999.8 l

### Mixing volumes

	CEM	GGBS added	Fine dry component	Sand	Water	Foam
6000.0 ltr	1806.42 kg	0.00 kg	0.00 kg	780.18 kg	864.20 ltr	4259.78 ltr
7000.0 ltr	2107.49 kg	0.00 ltr	0.00 kg	910.21 kg	1008.23 ltr	4969.75 ltr

# Príklady pevnostných charakteristík

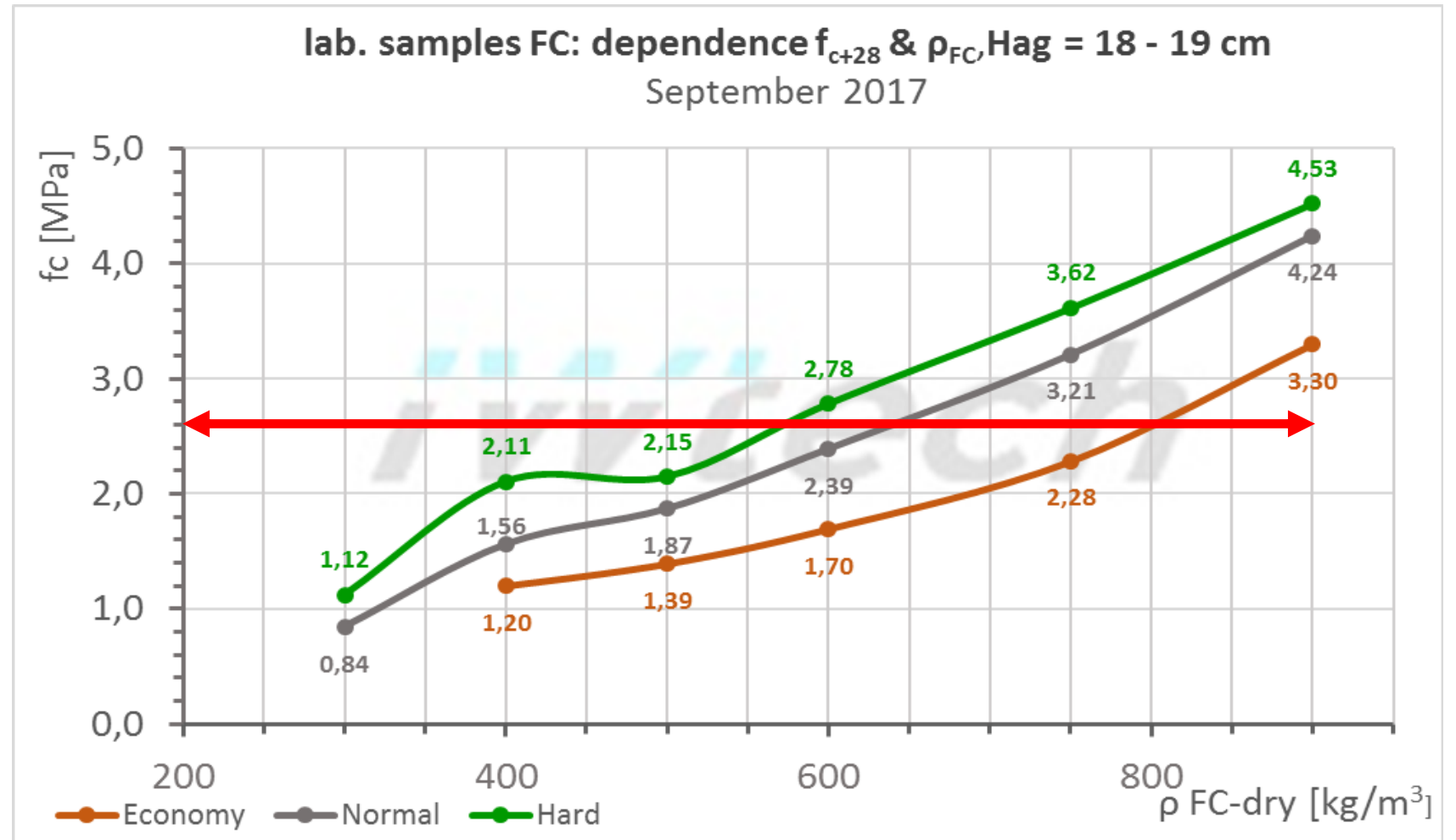
## FC 300 – 900 kg/m<sup>3</sup>

# FC: pevnosti – v tlaku pre varianty E, N a H

- FC s menším priemerom pórov vykazujú vždy vyššie pevnosti ako FC s väčším priemerom pórov
- podmienkou porovnávania pevnosti v tlaku ( $f_c$ ) je rovnaké rozliatie merané kalíškom Hagermanna

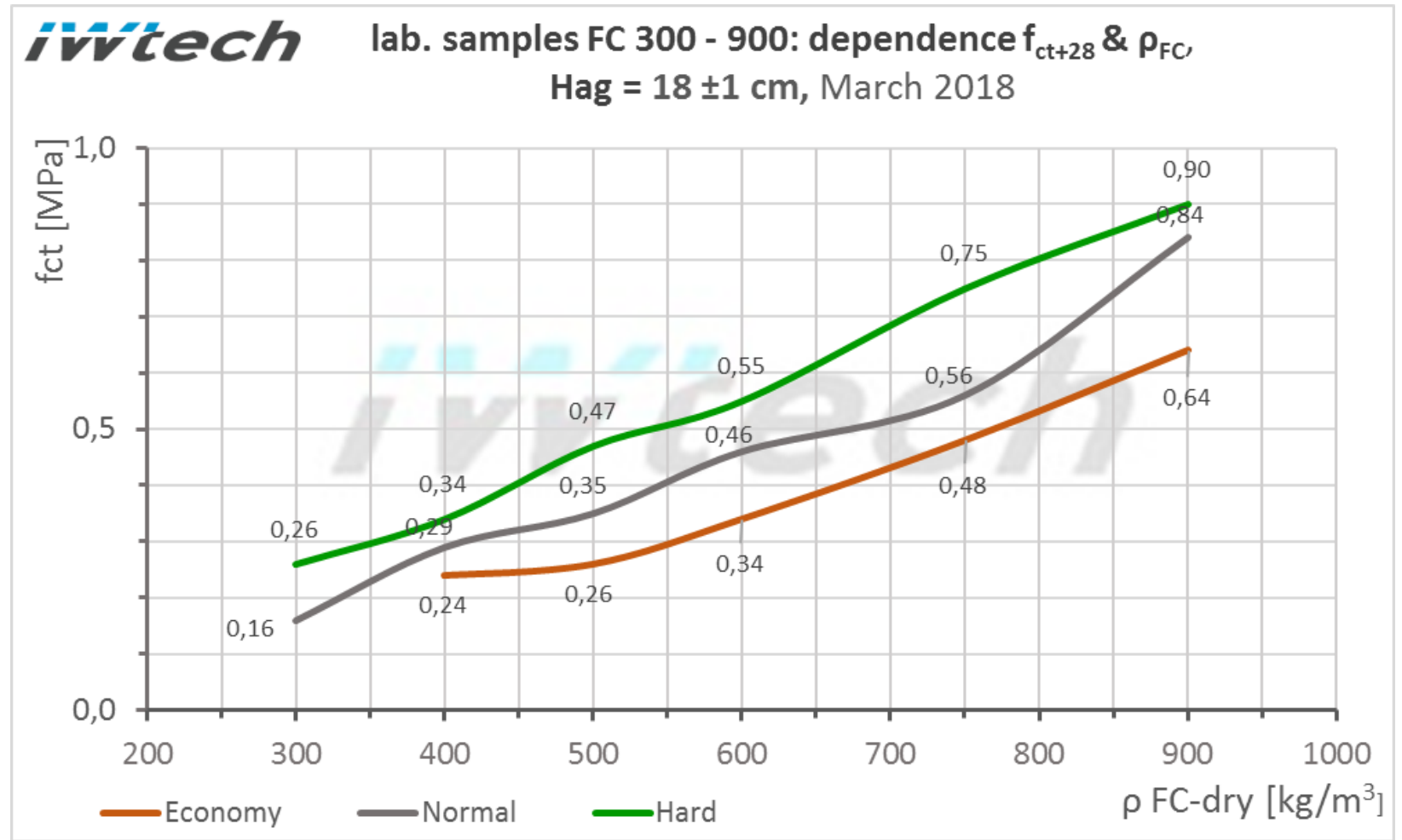
Diagram ukazuje, že pre prenos rovnakého zaťaženia je možné použiť rôzne OH FC – pozri červenú čiaru.

Čím ďalej tým viac sa objavujú zadania, kedy odberateľ vyžaduje určitú  $f_c$ , nerozhoduje OH a ani  $\lambda$  a rozhoduje len cena za  $1 \text{ m}^3$



# FC: pevnosti – v ťahu za ohybu pre varianty E, N a H

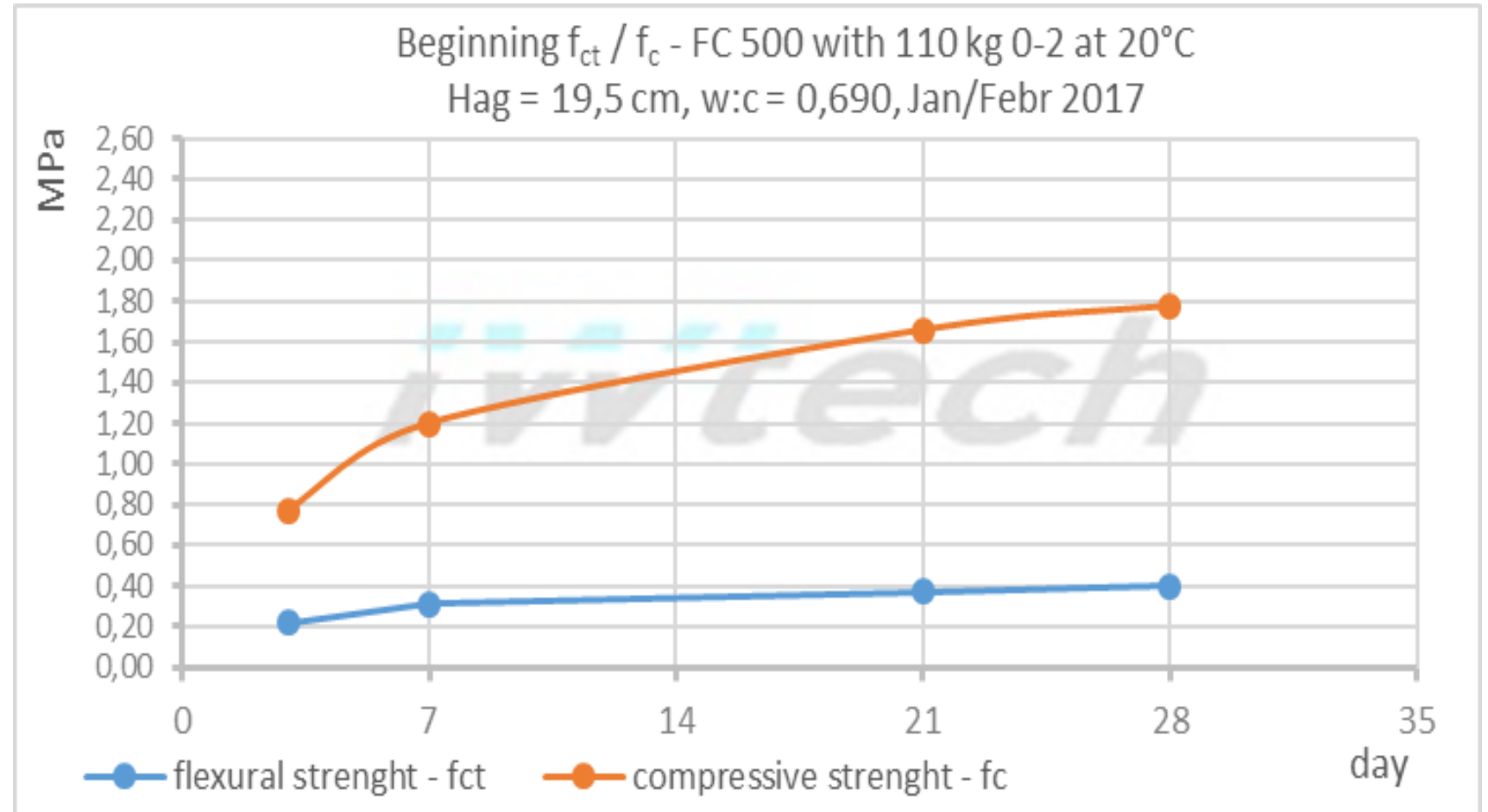
- pevnosť v ťahu za ohybu ( $f_{ct}$ ) bola meraná kvôli použitiu vybraného variantu FC pre vrstvy nahradzujúce zhutnený štrk v konštrukcii priemyselnej podlahy
- $f_{ct}$  je možné zvýšiť vhodným vystužením hlavne v ťahanej oblasti vrstvy
- na vystuženie používame geotextíliu, v odôvodnených prípadoch aj čadičovú sieť Orlitech®
- čadičová výstuž Orlitech® v prostredí FC nekoroduje



# FC 500N: nábeh pevnosti v tlaku a v ťahu za ohybu

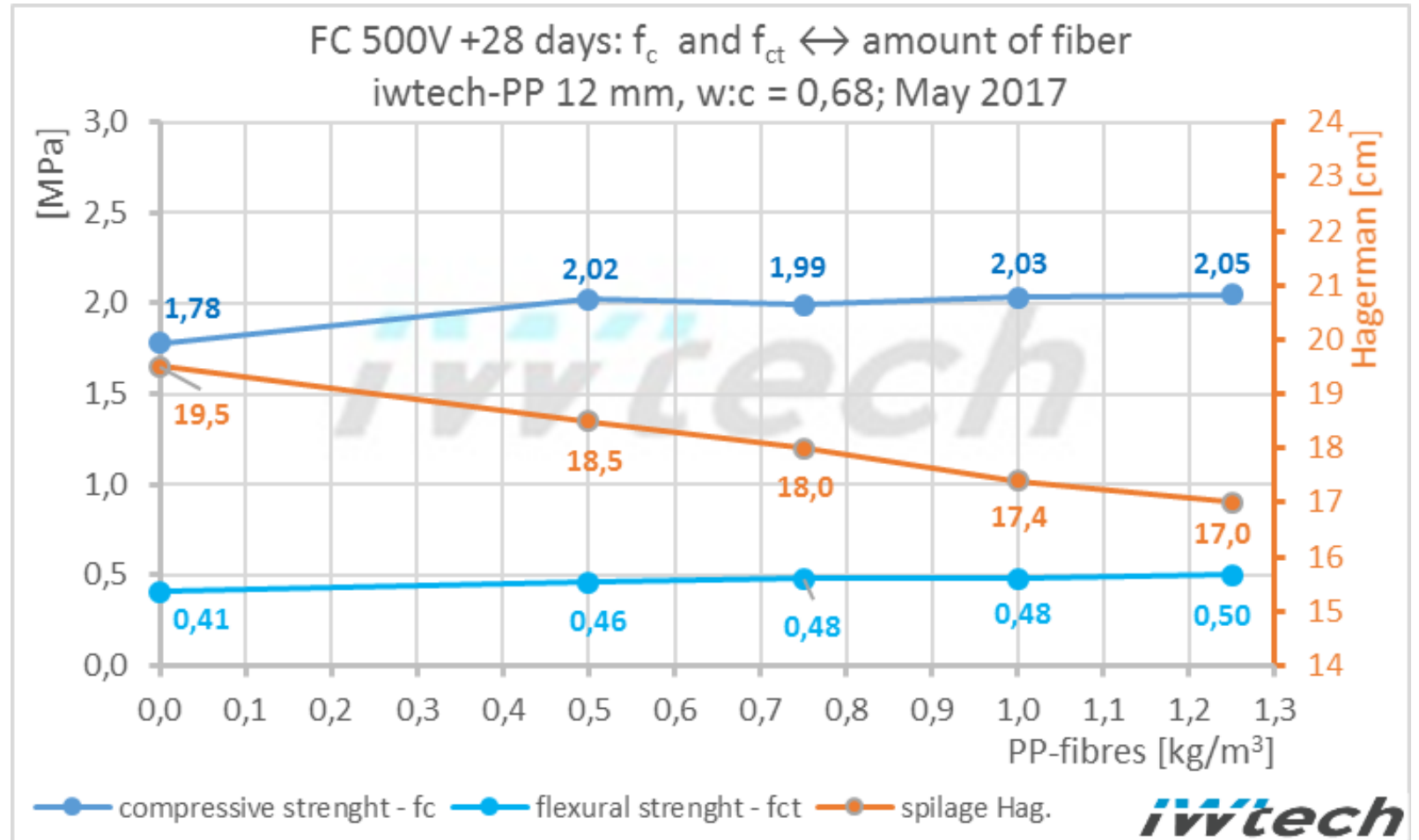
## Nábehy pevností:

- po +3 minimálne 40 %  $f_c+28$
- všetky OH majú nábeh pevností podobný, líšia sa v absolútnych hodnotách pevností v danom čase

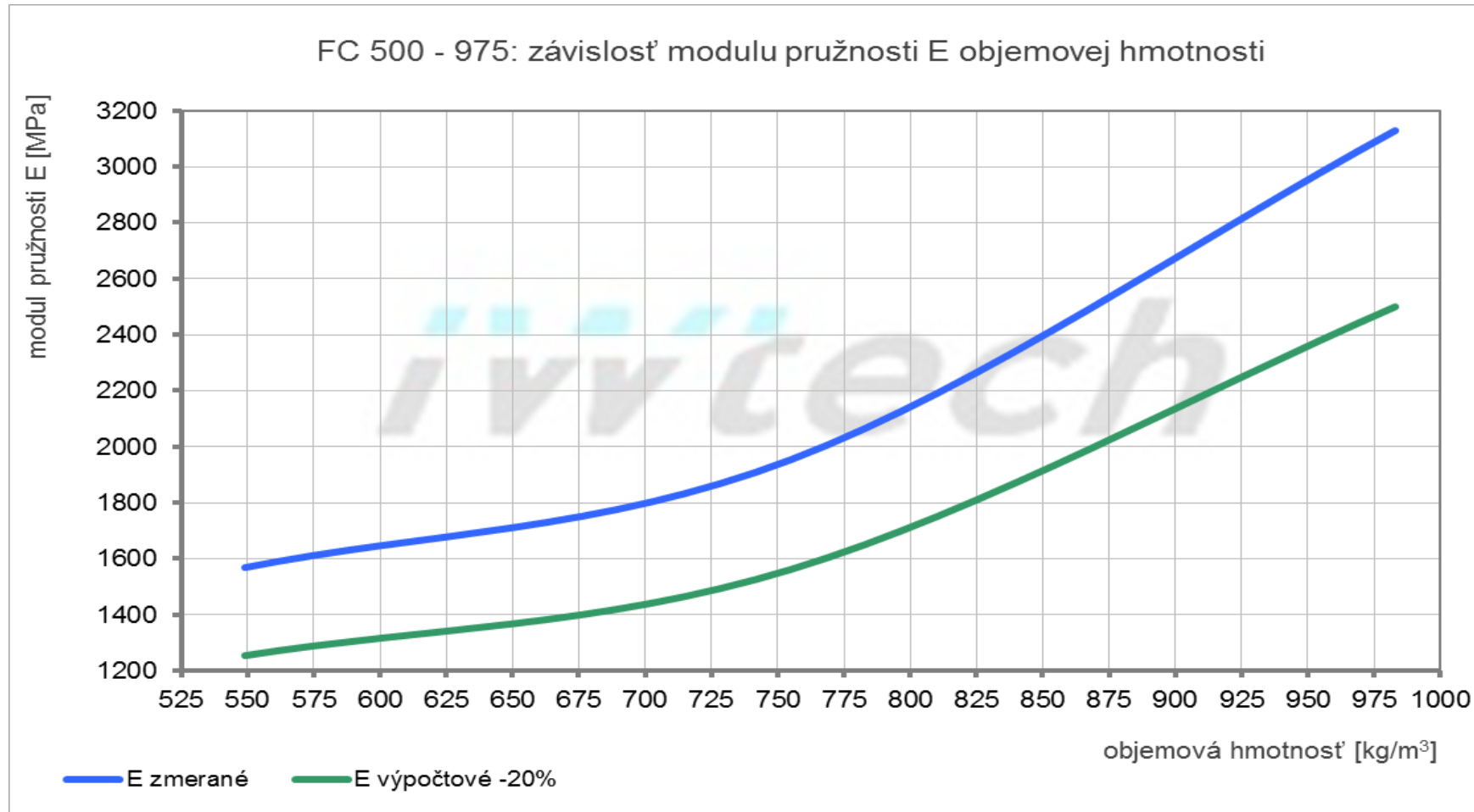


# FC 500NV: vystuženie PP-vláknom

- nárast  $f_{ct}$  oproti skúšobným telesám bez vlákna nebol zaznamenaný ako významný
- zvyšovanie dávky 12 mm PP-vlákna neprinieslo ani podstatný nárast  $f_c$
- PP-vlákno však prispieva k zvyšovaniu mrazuvzdornosti - po 100 cykloch bolo namerané:
  - úbytok  $f_c$  10,5 %
  - úbytok hmoty 0,5 %



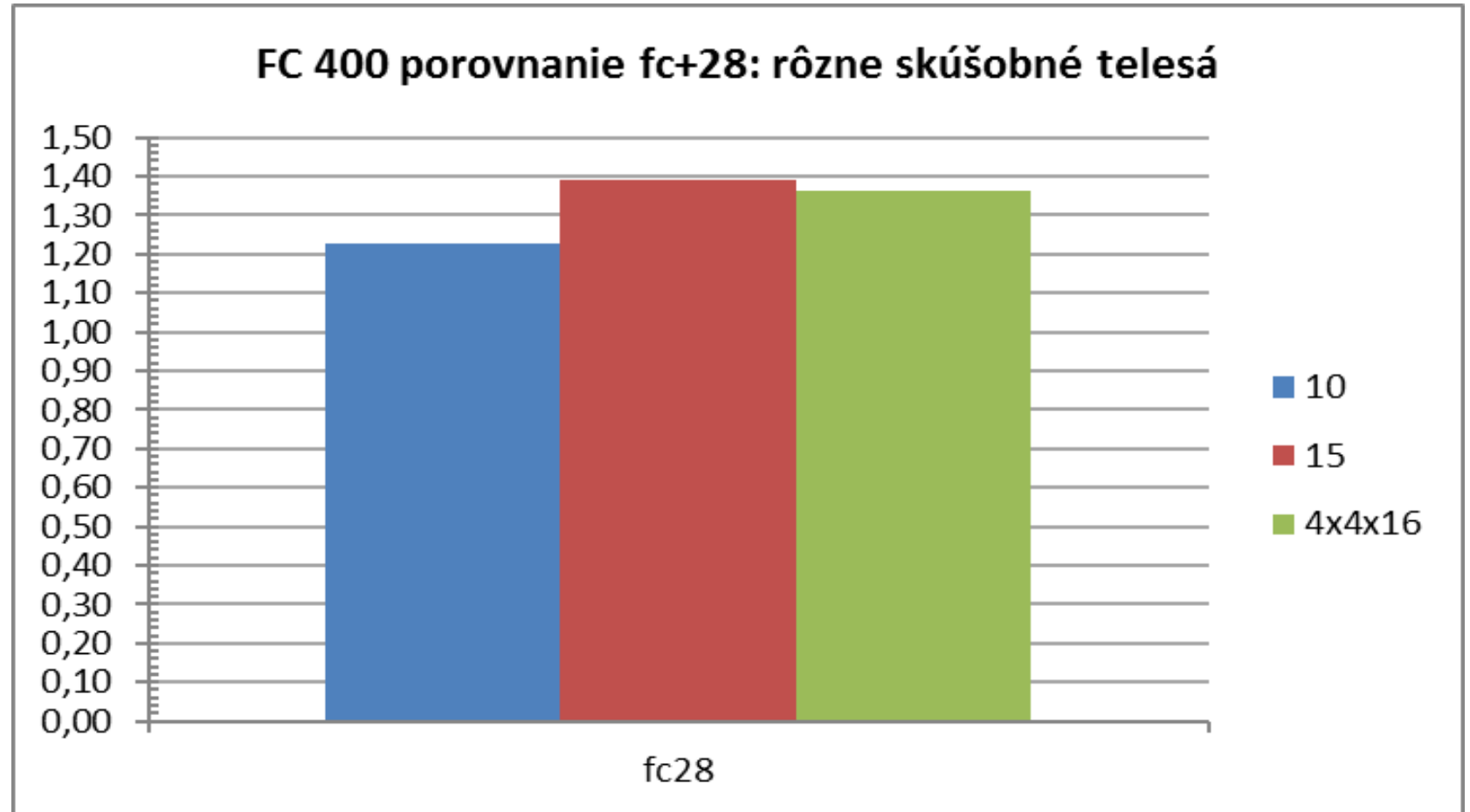
# FC 500N: modul pružnosti



# FC: pevnosti v tlaku – porovnanie tvaru telesa

## Vplyv tvaru skúšobného telesa na nameranú hodnotu $f_c+28$

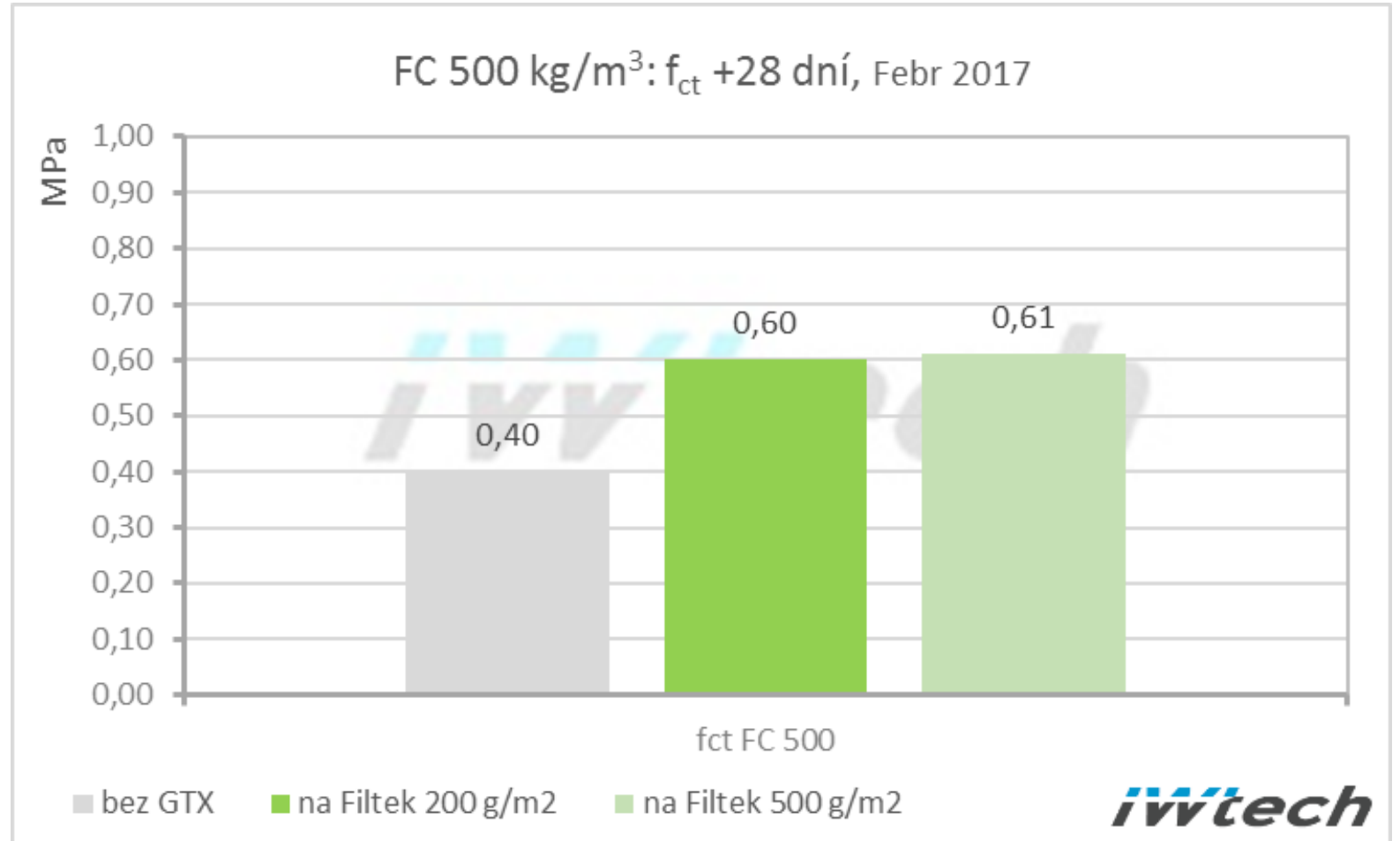
- v iwtech používame kocky á 100 mm
- pomery sa pre rôzne OH môžu líšiť, doposiaľ vykonané preukazné skúšky ale potvrdzujú tu uvedené





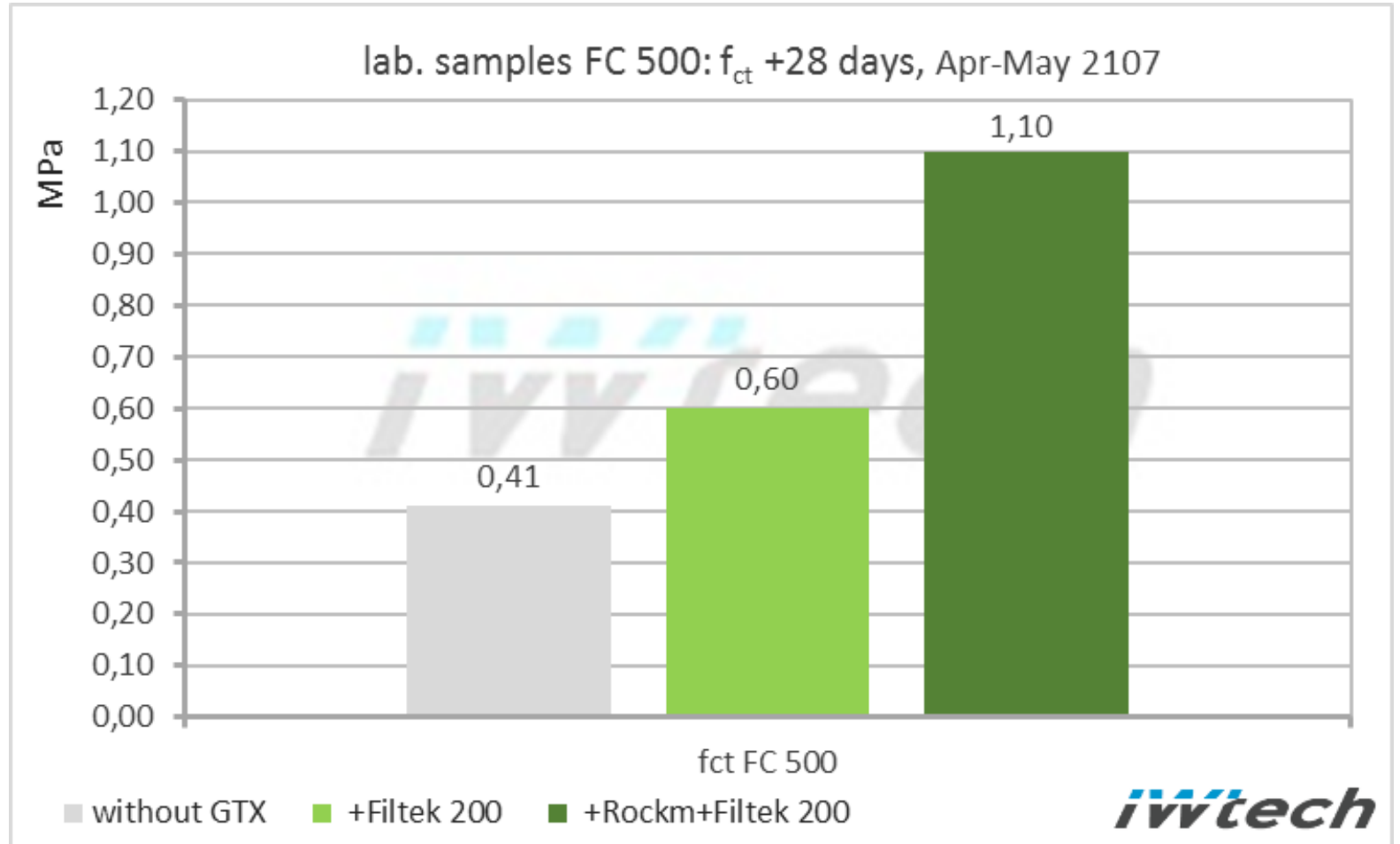
# FC 500: vystuženie GTX – rôzne plošné hmotnosti

- Geotextília (GTX) je vždy uložená na zrovnanom podklade s prekrytím spojov 15 – 20 cm a po jej navlhčení sa FC nalieva priamo na ňu
- nárast  $f_{ct}$  pri použití GTX Geofiltek 500 nebol oproti Geofiltek 200 významný
- v prípade náhrady Geofiltek 200 za GTX od iného výrobcu je určujúci pracovný diagram danej GTX pričom sa porovnávajú hodnoty pevnosti MD - pozdĺž a CMD – naprieč pásu



# FC 500N: vystuženie GTX a čadičovou sieťou Orlitech®

- účelom použitia výstužných sietí je zvýšenie pevnosti v ťahu za ohybu -  $f_{ct}$
- siete Orlitech® sa ukladajú priamo na GTX a zalievajú sa FC
- Orlitech® je pôvodom z RUS, na trhy EÚ výstuže dodáva sp. Orlimex (CZ)
- základným materiálom je čadičové vlákno fixované v špeciálnej živici
- čadičové výstuže sú nehrdzavejúce



# FC 500IF a ORLITECH® MESH na skúšobnom poli

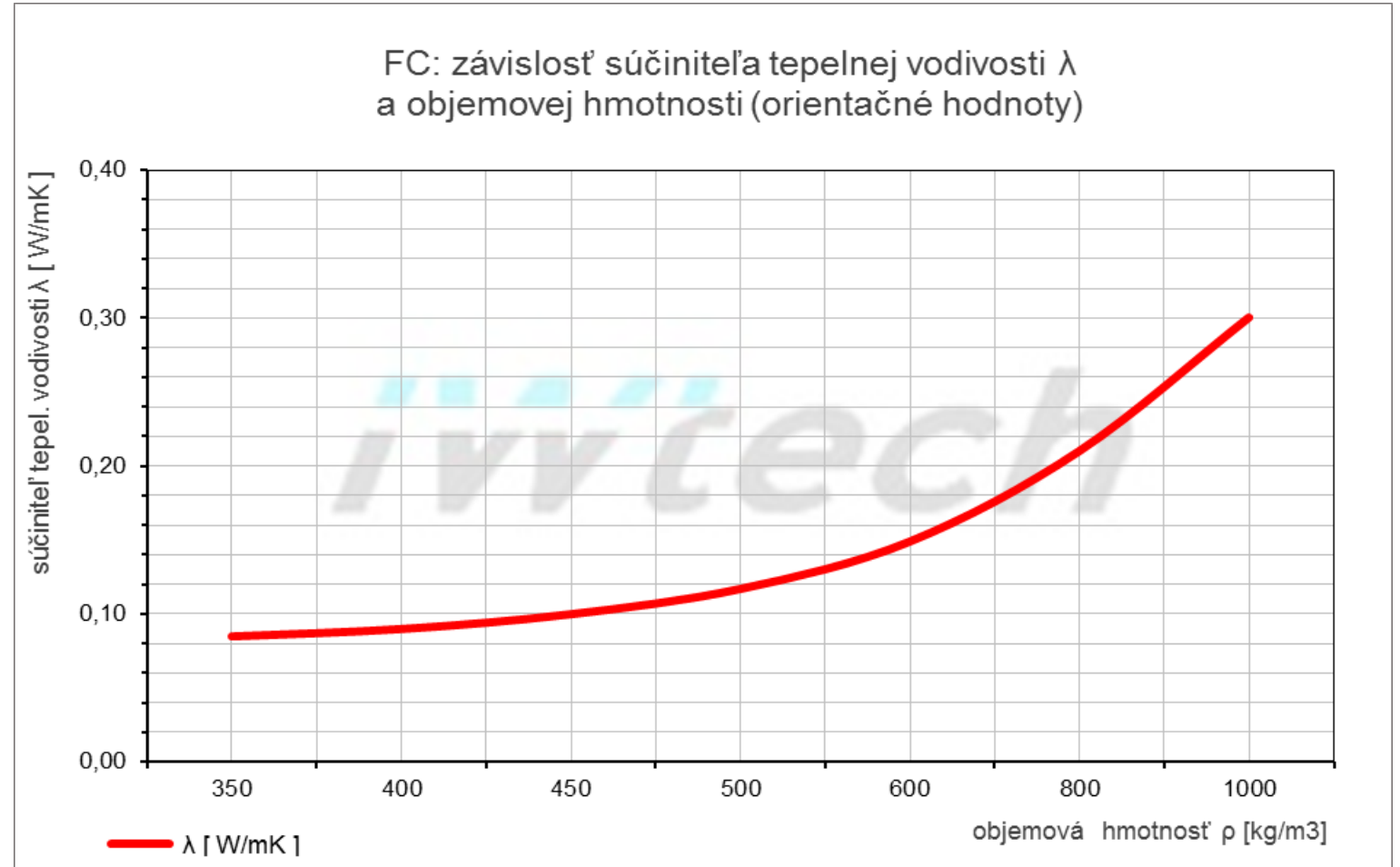


**Opis:** nehrdzavejúca vystužovacia sieť Orlitech® je na báze čadiča; oceľová sieť bez antikoróznej ochrany nie je vhodná pre vystužovanie FC vzhľadom na jej možnú koróziu vyplývajúcu z vysokého objemu vzduchu v FC; sieť Orlitech® sa umiestňuje vždy na podložku, ktorú tvorí separačná geotextília min. triedy Geofiltex 63/20 alebo ekvivalent

# Tepelná technika a vlhkosti FC 300 – 900 kg/m<sup>3</sup>

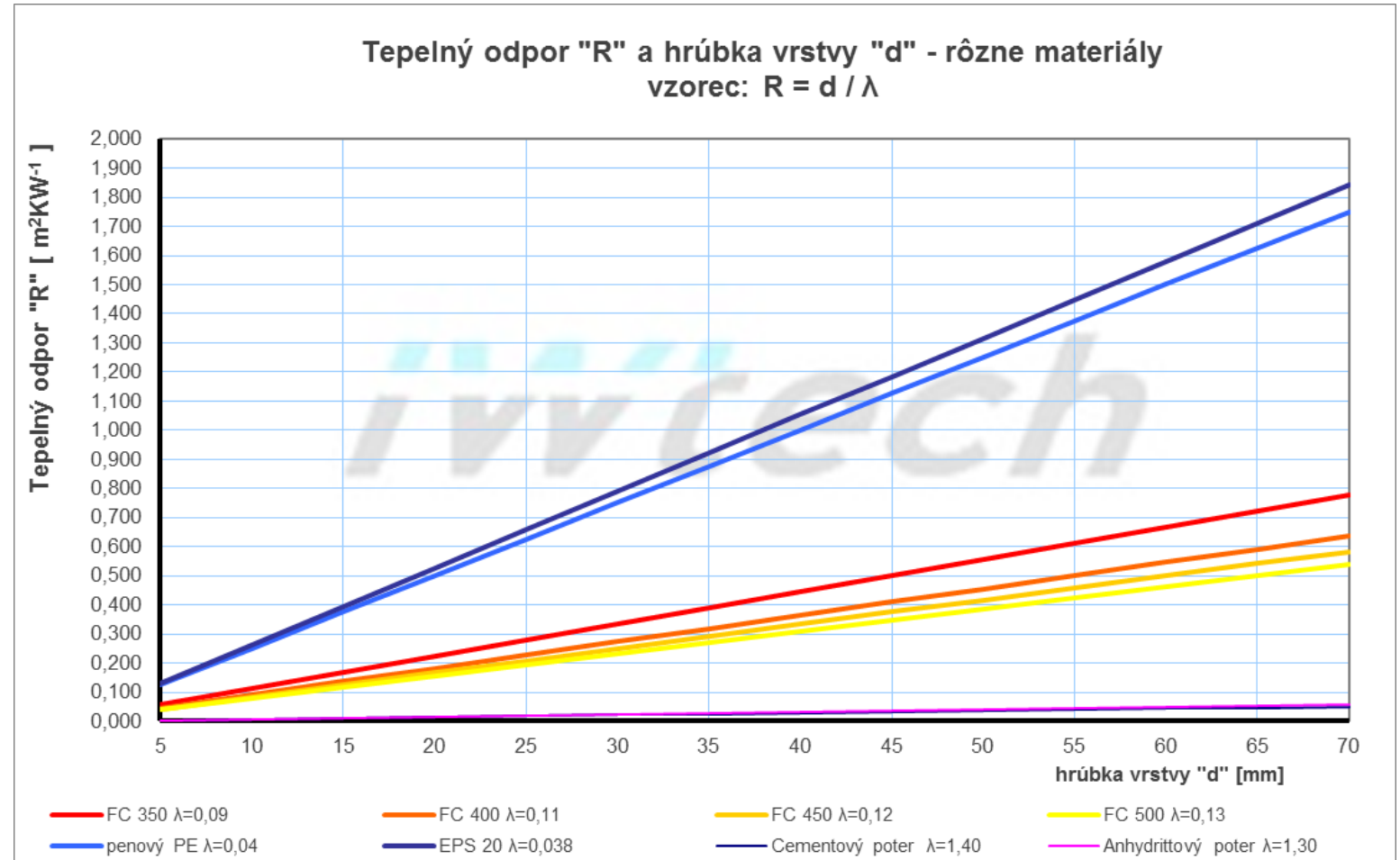
# FC: súčiniteľ tepelnej vodivosti a objemová hmotnosť

- hodnoty  $\lambda$  platia pre suchý FC
- prax a merania potvrdzujú, že pre hodnotu  $\lambda$  je určujúcim faktorom objemová hmotnosť spolu s vlhkosťou
- vrstva FC môže byť vhodným doplnením pre zvýšenie tepelného odporu stavebnej konštrukcie
- vrstva FC je síce nasiakavá ale tak ako vodu prijme, ľahko ju aj uvoľní
- po ukončení dotácie vody do vrstvy FC sa fyzikálne vlastnosti FC postupne dostanú na hodnoty pred začiatkom dotácie vody



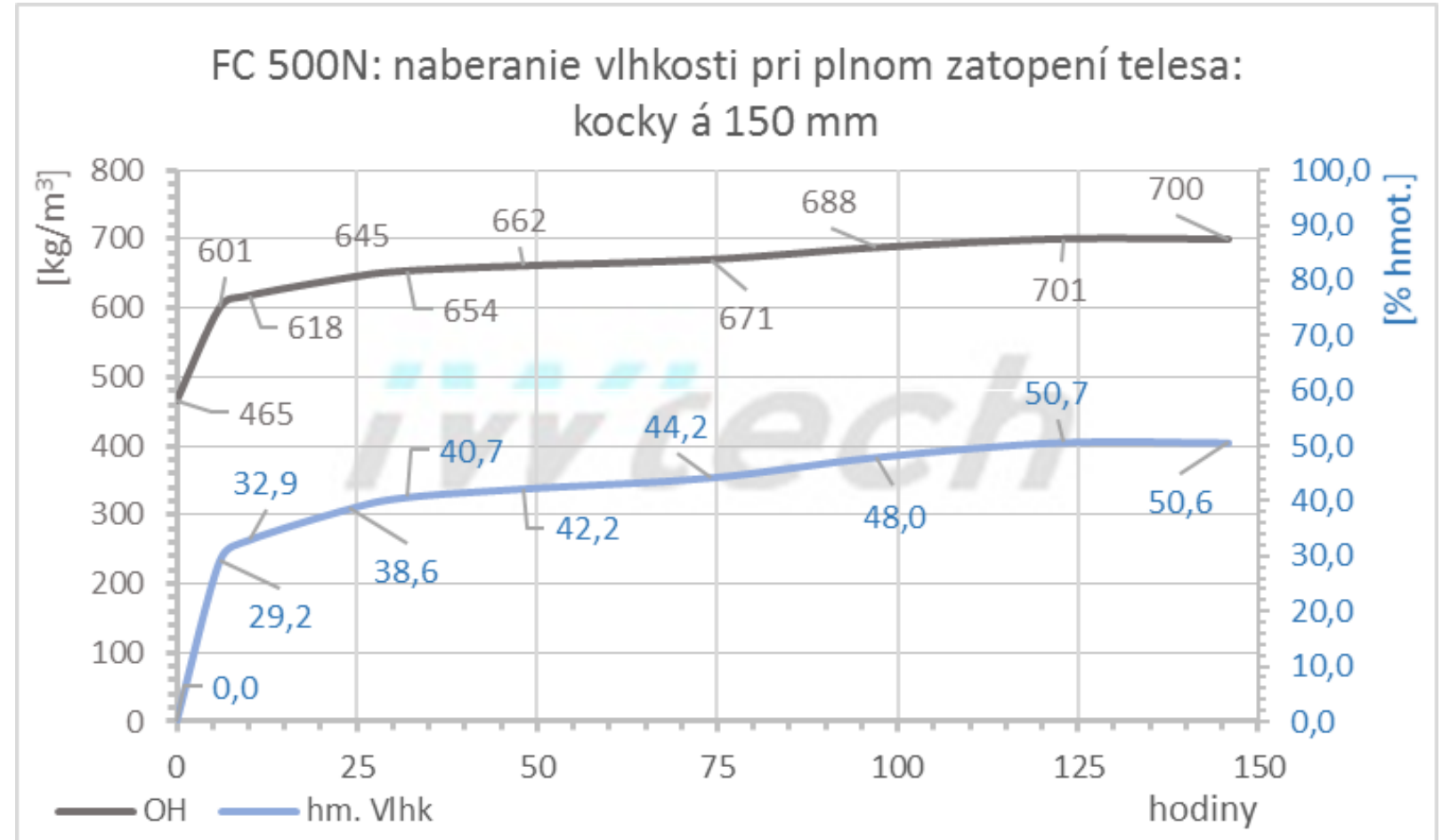
# FC: súčiniteľ tepelnej vodivosti a tepelný odpor

- Informatívny diagram ukazuje, že suchý FC má v porovnaní s obvyklými tepelnými izolantmi relatívne dobrú hodnotu súčiniteľa tepelnej vodivosti  $\lambda$ , v porovnaní s klasickým betónom alebo štrkodrvinou je ten rozdiel ale markantný
- FC je v suchom stave len v laboratórnych podmienkach, po zabudovaní do konštrukcie stavby je vždy vo vlhkosťnom stave, ktorý je určený vlhkosťou okolitých materiálov
- po zabudovaní do štrkodrviny sa hm. vlhkosť FC 500 čerstvého **FC 500** stabilizovala na úrovni odpovedajúcej hodnote  $\lambda = 0,18 - 0,19$  W/mK
- pre porovnanie:
  - ŽB 2300 kg/m<sup>3</sup> má  $\lambda = 1,58$  W/mK
  - rastlá pôda hlinito - piesčitá 1800 kg/m<sup>3</sup> má  $\lambda = 1,4$  W/mK
  - štrk 1650 kg/m<sup>3</sup> má  $\lambda = 0,93$  W/mK



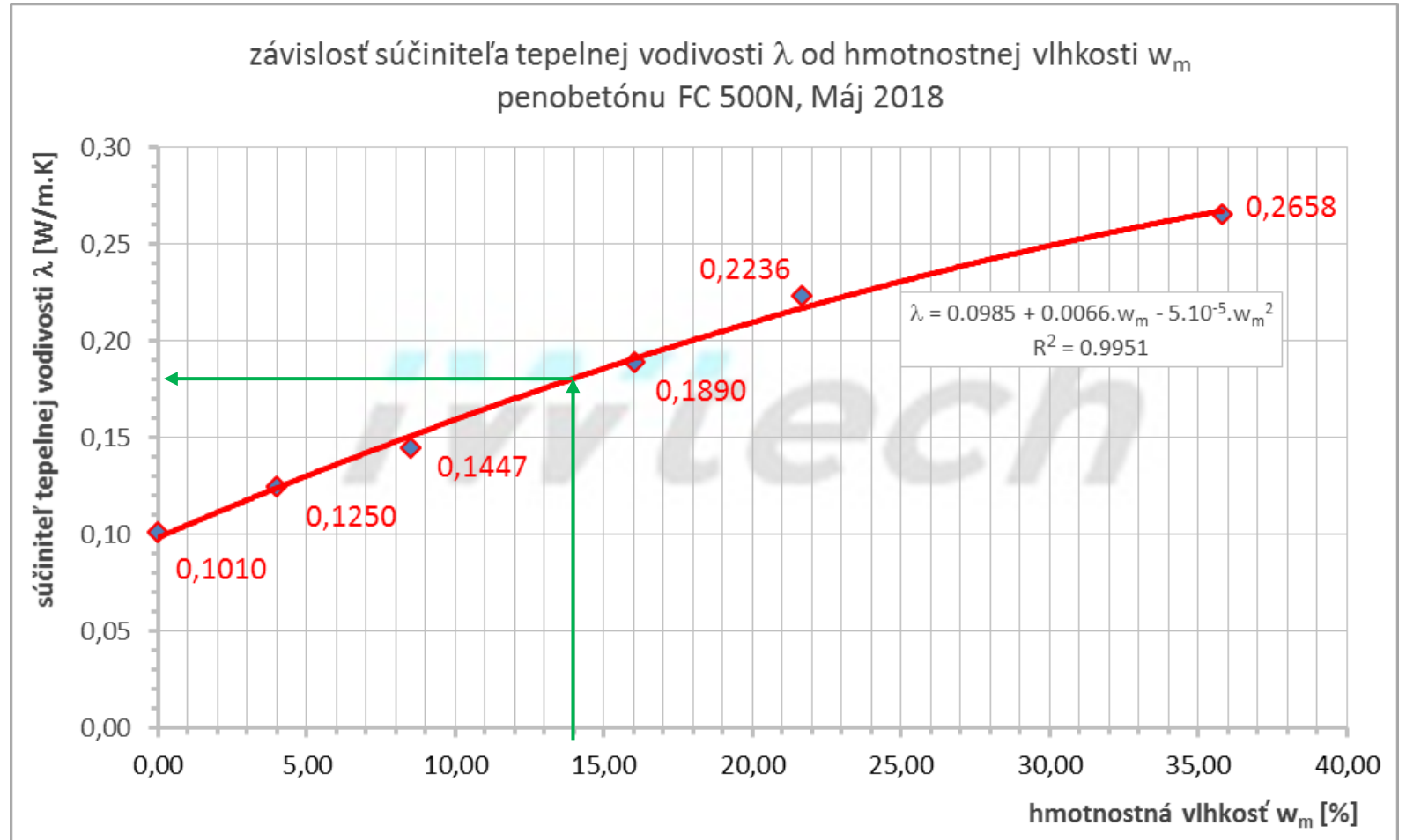
# FC 500N: naberanie vlhkosti pri zatopení

- pre FC 500 je najvyššia nasiakavosť okolo 50 % hm. čo predstavuje asi 248 l H<sub>2</sub>O (objem nasaturovanej H<sub>2</sub>O),
- tzn. že napr. vrstva úplne nasiaknutého FC 500 s hrúbkou 10 cm obsahuje 24,8 l/m<sup>2</sup>
- uvoľňovanie vlhkosti trvá za rovnakých podmienok približne rovnaký čas ako čas saturácie
- je zrejmé, že nasiakavosť s rastúcou OH klesá



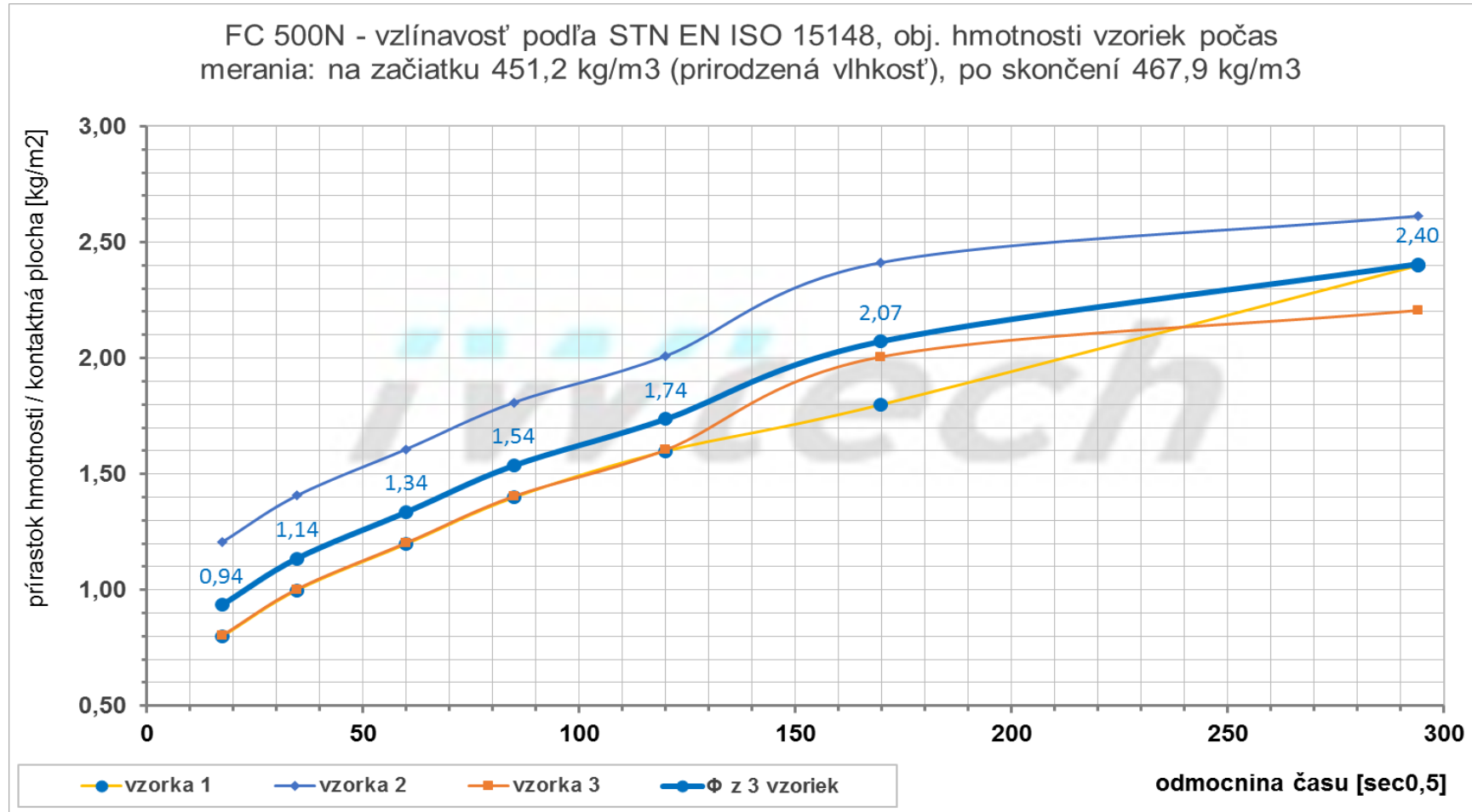
# FC 500N: závislosť $\lambda$ a hmotnostnej vlhkosti

- merania vykonala spoločnosť Applied Precision s.r.o., Bratislava
- v prostredí štrkodrviny s prirodzenou vlhkosťou sa FC 500N ustáli na  $w_m = 13 - 14\%$  hm. čo odpovedá hodnote  $\lambda = \text{cca } 0,18 \text{ [W/mK]}$  a táto hodnota je braná ako výpočtová pre stanovenie tepelného odporu podkladovej vrstvy





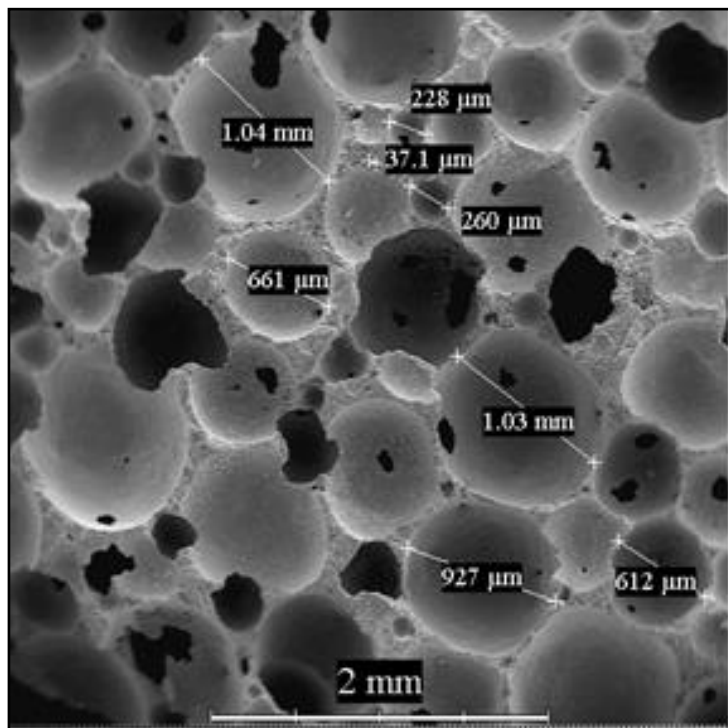
# FC 500N: kapilárna vzlínavosť



# Zaujímavé príklady z praxe

# Stavby: FC 350 - odolnosť pri čerpaní do výšky +85 m

ako vyrovnávacia vrstva podlahy stavby  
Panoráma Bratislava, december 2014 – jún 2015



# Stavby: FC 350 - odolnosť pri čerpaní do výšky



podlahová výmera, dopravná výška:

**byty  $\approx$  36 000 m<sup>2</sup>, max. +85 m**

**objemové hmotnosti FC 350:**

čerstvá / ustálená / suchá / zmeraná ( $\phi$  zo 6 odberov):

**477 / 361 / 328 / 464 kg/m<sup>3</sup>**

realizovaná hrúbka FC 350: **55 – 65 mm**

čerpadlo: **Estrich Boy FHS 200/3**

dĺžka hadíc / Js hadíc: **157 m / 50 mm**

strata objemu vo výške 78,0 m: **< 5 %**

doba čerpania 1 m<sup>3</sup> do výšky 78,0 m: **< 7 min**

miesto výroby / miesto uloženia / prepravná vzdialenosť:

**Břeclav (CZ) / Bratislava (SK) / 85 km**

termín realizácie: **dec 2014 – jún 2015**

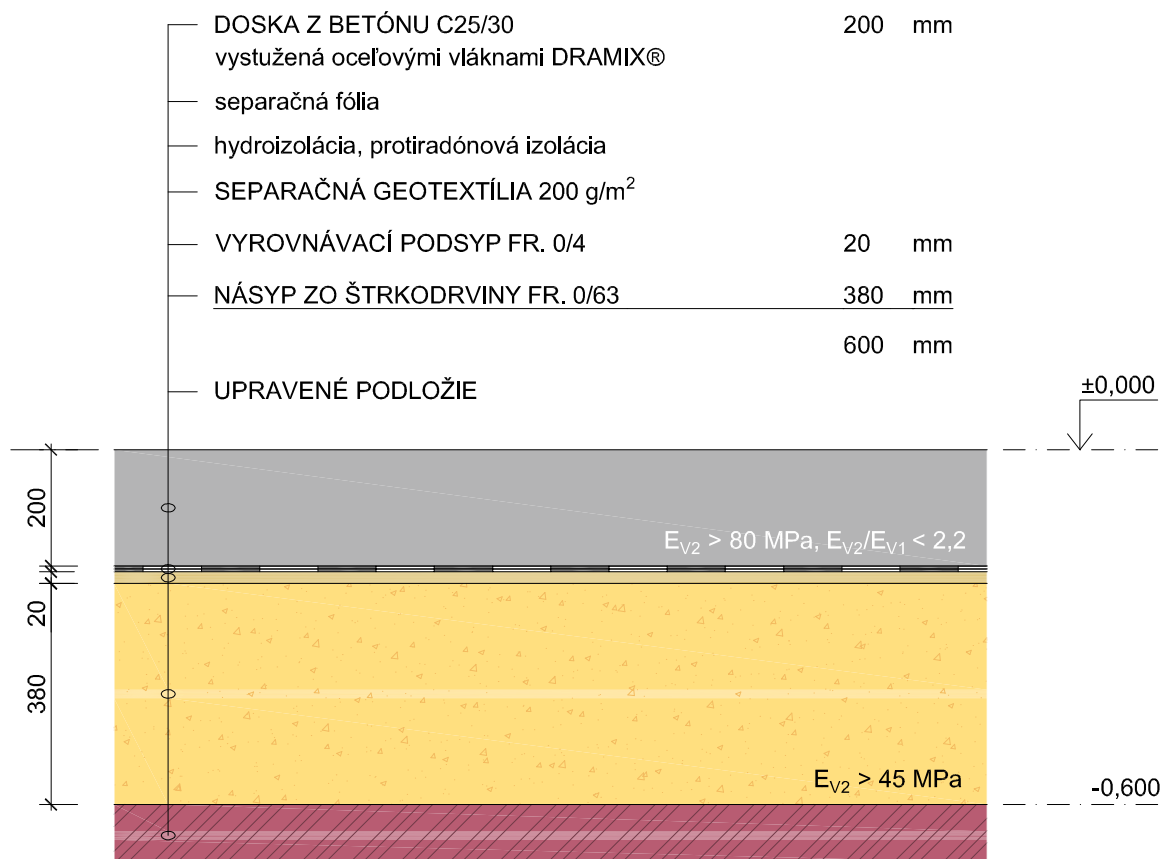
# Stavba - príklad: FC 500IF v priemyselnej podlahe

## Príklad silno zaťaženej priemyselnej podlahy:

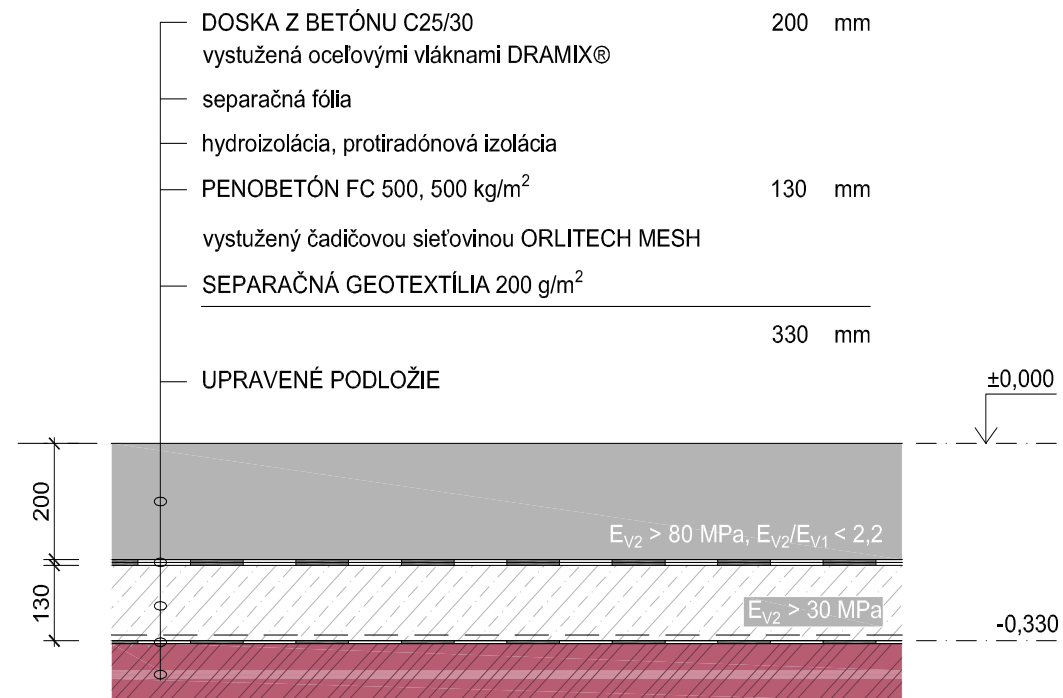
- podlahová doska z betónu C25/30 hrúbky 200 mm vystužená oceľovými vláknami DRAMIX® (L = 60 mm, D = 0,9 mm,  $R_m = 1160$  MPa), pre oba prípady rovnaká
- doska je uvažovaná ako bezškárová s dilatačnými škárami vo vzdialenosti 30 x 30 m, pre oba prípady rovnaká
- plošné rovnomerné zaťaženie s charakteristickou intenzitou  $q_k = 100$  kN/m<sup>2</sup>
- 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
- $E_{v2} > 80$  MPa – platí pre povrch podkladovej vrstvy
- $E_{v2} / E_{v1} < 2,2$  – platí pre povrch podložia

Statické posúdenie variantov podlahovej konštrukcie bolo vykonané v zmysle predpisu Concrete Society TR34 Rezy silno zaťaženej priemyselnej podlahy so štrkodrvinou a FC 500IF na nasledujúcej strane

# Návrh FC 500IF pre priemyselnú podlahu – rezy



Obvyklý návrh so zhutneným násypom 0/63 mm



Návrh s FC 500IF

# FC 500IF: vozovka chodníka a cyklotrasy

## Vozovka cyklotrasy s úplne vylúčenou nákladnou dopravou

### (ekonomicky minimalizovaný variant)

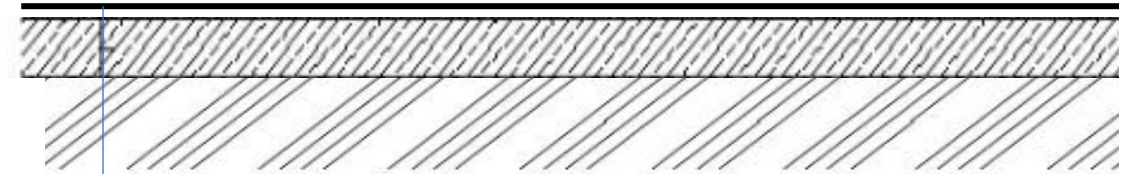
Inovatívna konštrukcia polotuhej asfaltovej vozovky s podkladovou vrstvou z penobetónu FC 500V+OM+GTX navrhnutá s minimalizovanými hrúbkami vrstiev

#### Okrajové podmienky použitia:

$E_{p,n} = \min. 25 \text{ MPa}$ ,  $E_{\text{def}2} / E_{\text{def}1} \leq 2,5$ , pričom sa predpokladá trvalá udržateľnosť tu uvedených parametrov

Ak má byť vozovka na zhutnenom násype, tzn. nad okolitým terénom, je potrebné po okrajoch vozovky umiestniť obrubníky v betónovom lôžku

Lokálne zmrašťovacie trhlinky vo vrstve FC 500V nemajú vplyv na jej funkčnosť



AC 8 obrus 30 mm

infiltračný postrek

FC 500V+OM+GTX 100 mm

**celková hrúbka  $H_{v6} = 130 \text{ mm}$**

# Penobetónové konštrukcie

**TSUG** Autorizovaná osoba č. SK04  
TECHNICKÝ A SKÚŠOBNÝ ÚSTAV STAVEBNÝ, n. o.  
BUILDING TESTING AND RESEARCH INSTITUTE  
Studená 3, 821 04 Bratislava, Slovenská republika  
IČO: 31821987

**SK CERTIFIKÁT**  
o zhode systému riadenia výroby u výrobcu

**SK04 – ZSV – 3099**

V súlade so zákonom č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov sa tento certifikát vzťahuje na stavebný výrobok

**Penobetón FC 500**  
typy: FC 500RF, FC 500IF, FC 500CB  
použitie podľa prílohy 1 uvedenej na rube tohto certifikátu.

Uvedený na trh pod menom  
**WIL&DERS, s.r.o.**  
IČO: 46711651  
Garbiarska 15051/18, 080 06 Prešov  
Slovenská republika  
a vyrábaný vo výrobní

Miesto výroby je dané miestom stavby, ktorú realizuje spoločnosť:  
**WIL&DERS, s.r.o.**  
Garbiarska 15051/18, 080 06 Prešov

Týmto certifikátom sa potvrdzuje, že všetky ustanovenia týkajúce sa posudzovania a overovania nemennosti výrobcom deklarovovaných parametrov podstatných vlastností stavebného výrobku (ďalej len „posudzovanie parametrov“) a parametrov uvedených v SK technickom posúdení

**SK TP – 21/0030**  
podľa systému posudzovania parametrov II+ sú uplatnené a  
**systém riadenia výroby je posúdený ako zhodný s uplatniteľnými požiadavkami.**

Tento certifikát bol vydaný prvýkrát dňa 7. marca 2022 a ostáva v platnosti dovtedy, kým zostane v platnosti SK technické posúdenie, stavebný výrobok, metódy posudzovania parametrov a ani výrobné podmienky vo výrobní sa významne nezmenia a pokiaľ nebude pozastavený alebo zrušený autorizovanou osobou na certifikáciu riadenia výroby.

Bratislava 7. marca 2022

 Ing. Daša Kozáková  
vedúca Autorizovanej osoby SK04

143700

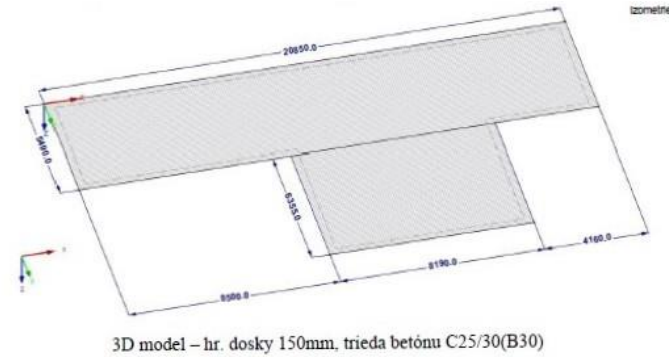


# Vývojových inovatívnych riešení

## Statické posudzovanie

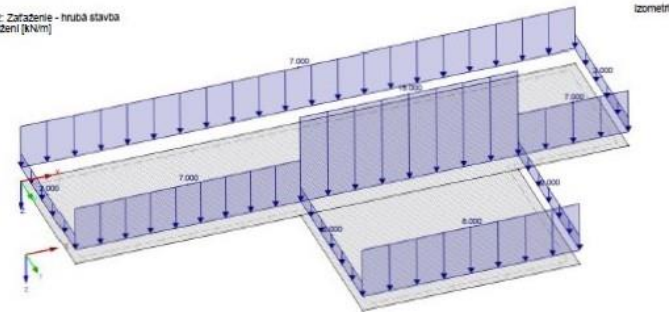
# penobetón ako betón

Základová doska na  
penobetónovom vankúši  
hr. 150 mm



## Zaťaženie:

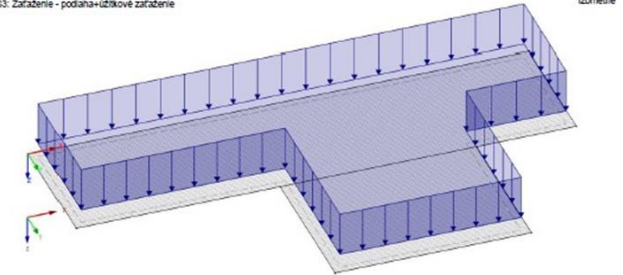
Z02: Zaťaženie - hrubá stavba  
Zaťaženie (kN/m)



Charakteristické líniové zaťaženie od hornej stavby (drevené steny, drevené strešné panely) + zaťaženie snehom

Obvodové nosné steny:  $g_{k1} = 2,00\text{kN/m}$   
 $g_{k2} = 7,00\text{kN/m}$   
 $g_{k3} = 8,00\text{kN/m}$   
Vnútorne nosné steny:  $g_{k4} = 15,00\text{kN/m}$

Z03: Zaťaženie - podlaha+úžitkové zaťaženie

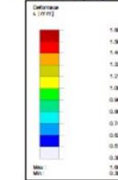


Charakteristické plošné zaťaženie na základovú dosku

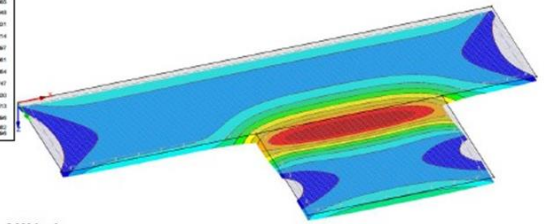
Skladba podlahy:  $g_{k5} = 1,50\text{kN/m}^2$   
Úžitkové zaťaženie:  $g_{k6} = 2,00\text{kN/m}^2$

## Deformácia základovej dosky:

RF-CONCRETE Surfaces PR1  
Návrh vyzúžie  
Deformácie u (mm)



Max. u: 1.682 Min. u: 0.396 [mm]  
Součinitel pro deformace: 350.00



# penobetón ako betón

## Užitočné linky:

<https://www.iwtech.sk/vysledky>

<https://www.cemex.cz/penobeton-poroflow>

<https://www.cemex.pl/insularis-piano-pianobeton>

<https://www.cemex.co.uk/porofoam-lightweight-foamed-concrete-for-voidfill.aspx>

<http://www.betontks.cz/sites/default/files/2019-3-38st.pdf>

<https://betononline.sk/2019/05/31/penobeton-a-jeho-kvalita/>

<http://www.geomatejournal.com/sites/default/files/articles/115-120-8293-Drusa-July-2019-59g.pdf>

# Penobetónové technológie

Za pozornosť ďakuje

Ing. Viliam Lapčák

+421 917 852 394, [lapcak@iwtech.sk](mailto:lapcak@iwtech.sk)

