

ASHFORD

FORMULA™

DOKONALÁ FINÁLNÍ ÚPRAVA BETONU

Obsah:

- 1. Cíl, záměr testů**
- 2. Celková fakta a metody zkoumání**
- 3. Výsledky**
 - 3.1 Kvalita testovaného materiálu**
 - 3.2 Curing, ošetření betonu**
 - 3.3 Odolnost vůči ohrusu**
 - 3.4 Nepropustnost**
 - 3.5 Mrazuvzdornost ve slaném prostředí**
 - 3.6 Zkoumání pod elektronickým mikroskopem**
- 4. Závěr**

Příloha: Certifikáty jednotlivých provedených testů

1. CÍL, ZÁMĚR TESTU

Náš klient, zástupce Ashford Formula (AF) německá společnost Norsa PLC, je v současné době jediným distributorem AF na německém trhu a to hlavně v segmentu průmyslových podlah a užitkových betonových ploch. Z tohoto důvodu Norsa požádala o zdokladování a otestování jakým způsobem je ovlivněna kvalita betonu, jehož povrchová vrstva betonu je ošetřena Ashford Formula.

Jako první krok jsme vybrali kritéria pro tuto sérii testů v souladu s cílem výzkumu stanoveným zadavatelem. Zejména jsme se dohodli, že budeme beton zkoumat ve vztahu k následujícím charakteristikám:

- Curing, ošetření betonu
- Obrusnost
- Vodotěsnost, nepropustnost
- Mrazuvzdornost ve slaném prostředí
- Přílnavost/Koeficient kluzkosti
- Zkoumání pod elektronickým mikroskopem

2. OBECNÁ FAKTA A METODY TESTŮ

Program testů byl zahájen 20.8.2001 zhotovením zkušební betonové desky o rozměru 1x1x0,20 m na venkovní ploše u TÜV Nord Bauqualität GmbH. Beton byl dovezen mobilním mixem a po uložení do formy ztuhl speciálním strojem pro zvýšení hustoty betonu. Poté byla polovina betonové desky ošetřena Ashford Formula dle předpisu výrobce o zpracování AF.



Obr. 1 Zkušební deska, levá část bez AF, pravá část s AF

Během doby zrání betonu byla deska ponechána bez zakrytí. Po 90 dnech bylo vyvrtáno několik testovacích těles z části, která byla ošetřena AF (vyjma vzorku pro testy vodotěsnosti). Kromě toho bylo při výrobě desky zhotoveno i několik kontrolních vzorků prostého betonu.

3. VÝSLEDKY

3.1 Kvalita testovaného materiálu

Zkušební betonová deska byla vyrobena z následující směsi:

Cement CEM I 42,5R	320,0 kg/m ³
Agregáty	1 900 kg/m ³ , písek + 16 mm štěrk
Voda	160 kg/m ³
Poměr voda/cement	0,50
Příspěvek	BV: 0,4% váhy cementu

Protože jsme chtěli otestovat kvalitu materiálu (betonu) použitého v baterii testů, zkoumali jsme pevnost v tlaku, pevnost v tahu za ohybu a nakonec vodotěsnost dle DIN 1048, část 5: “Zkušební postupy pro speciálně připravené vzorky betonu”. Detailní výsledky z každého jednotlivého testu jsou přiloženy. Hlavní výsledky jsou shrnuty v následující tabulce:

Tabulka 1 Kvalita betonu v testované desce

Kritérium	Stáří zkušebních těles	Výsledek
Pevnost v tlaku	7 d	28 N/mm ² (4,061 lbs/in ²)
	28 d	38 N/mm ² (5,511 lbs/in ²)
Pevnost v tahu za ohybu	28 d	4,9 N/mm ² (711 lbs/in ²)
Vodopropustnost	28 d	24 mm (0,094 in)

3.2 Curing, ošetření betonu

Dalším zkoumaným parametrem byla účinnost zadržení vody po ošetření povrchu AF, jinými slovy analýza možného snížení odparu vody – typického jevu pozorovaného v povrchu čerstvého betonu. Proto jsme změřili v souladu s pravidly „Podmínkami pro technické dodávky“ kapalných curingových přípravků určených pro zlepšení odolnosti vůči atmosférickému působení (Kapalná curingová směs pro beton tvořící membránu - v němčině TL NBM-StB). Na rozdíl od výše uvedených Pravidel byly použity vzorky o rozměrech 4 x 16 x 4 cm.

Curingové směsi (v němčině BNM) lze definovat jako kapalné substance, nanášené homogenním způsobem na povrch betonu a vytvářející tenký film, zabraňující ztrátě vody z čerstvého betonu. Podle této definice není AF typickou curingovou směsí, protože nevytváří film pokrývající povrch betonu. Ve skutečnosti AF chemicky reaguje s komponenty betonu v blízkosti povrchu a vytváří pevnou, kompaktní vrstvu.

Detailní popis získaných výsledků je připojen k certifikátu Testu propustnosti. Referenční hodnota této zkoušky – Koeficient zadržení vody S, stanovený dle Doporučení TL NBM-StB je 26,1%. Následující tabulka dokumentuje průměrnou ztrátu vlhkosti pro beton ošetřený AF a pro beton bez AF. Hodnoty byly měřeny po 1 dnu, po 3 dnech a po 7 dnech.

Tabulka 2: Ztráta vlhkosti

Stáří betonu	Ztráta vlhkosti v gramech	
	s Ashford Formula	bez Ashford Formula
1 den	19,2	27,5
3.den	24,2	33,1
7.den	30,5	38,6

Při porovnání velikosti ztráty vlhkosti během testovacího období je zřejmé, že ztráta je menší o 30% u betonu ošetřeného AF (1. den). Po 3 dnech je hodnota zlepšena o 27% a na konci doby testu po 7 dnech je tato hodnota stále ještě o 21% lepší.

3.3 Odolnost vůči obrusu

K určení možného účinku Ashford Formula na odolnost vůči obrusu byla vyvrtány z betonu ošetřeného AF tři jádra. Příprava zkušebních vzorků a provedení testu bylo v souladu s instrukcí DIN 52 108 „Test s brusným diskem dle Böhma“. Příslušné certifikáty testu jsou přiloženy.

Test obrusu se snaží určit chování betonu vystaveného valivému a pádovému namáhání. Pro porovnání byla použita kromě jiného data odolnosti vůči obrusu u injekční cementové směsi používané pro bezesparové podlahy. Tolerance ve smyslu maximálních a minimálních hodnot a odpovídajících klasifikací pro výše uvedené testy jsou stanoveny v normě DIN 18 560 „Dlaždicové podlahy ve Stavebnictví“, Část 1, tab. 8 a Část 7, tab. 6.

Následující tabulka předkládá výsledky získané při testu obrusnosti. V tomto případě byly testovány pouze vzorky ošetřené AF a to po 4, 8, 12 a 16 cyklech.

Tabulka 3: Ztráta tloušťky / ztráta objemu

Počet cyklů*	Ztráta tloušťky v mm	Ztráta objemu v cm ³ / 50 cm ²
	Beton ošetřený AF	
4	0,3	1,74
8	0,7	3,7
12	1,1	5,66
16	1,5	7,55

*Jeden cyklus představuje 22 otáček brusného kotouče o přesně definované hrubosti a přítlaku

Standardní beton, klasifikovaný v kvalitativní třídě B 25 dosahuje normálně koeficientu obrusu asi 15 cm³ / 50cm², zatímco pro beton ve třídě B 35 se tento koeficient zvyšuje na 12 cm³ / 50 cm².

Shrnutí – beton ošetřený AF lze dle DIN 18 560 Část 1, tab. 8 kde jsou stanoveny podmínky pro zkoušení kvality, zařadit do skupiny 9.

Norma DIN 18 560 tab. 6 stanovuje požadavky, kterým musí vyhovět betonová podlaha s jemným, tvrdým plnidlem.

Pro skupinu betonových podlah ZE 65 A (cementové podlahy s vytvrzovacími přípravky, třída A dle DIN 1100) je maximální přípustná hodnota ztráty objemu 8 cm³ / 50 cm² a průměrná hodnota v této třídě je 7 cm³ / 50 cm². Vzhledem k těmto referenčním hodnotám je pozitivní vliv AF (viz tab. 3) zjevný.

3.4 Nepropustnost

Vyvrtání zkušebních těles, jejich příprava a testy byly provedeny dle technických požadavků normy DIN 1048, Část 1, 2 a 5. Pro zkoušky nepropustnosti betonu ošetřeného AF byla použita tři jádra Ø 150 mm.

Tři jádra byla nejprve umístěna na tři dny do vody pod konstantním tlakem 5 bar. Zkoumanou charakteristikou byl hloubka penetrace vody v závislosti na čase. Úroveň penetrace uvedená v přiloženém zkušebním certifikátu odpovídá maximální hodnotě naměřené za celou dobu testu. DIN 1045 požaduje pro beton klasifikovaný jako nepropustný a vysoce odolný proti slabým chemikáliím průměrnou hodnotu průniku 50 mm (maximální přípustná hodnota). Pro beton vysoce odolný vodě a silným chemikáliím je referenční hodnota 30 mm.

Průměrná hodnota průniku vody 7mm naměřená na zkušebních vzorcích prokazuje vysokou nepropustnost betonu ošetřeného Ashford Formula.

3.5 Mrazuvzdornost ve slaném roztoku.

K prokázání schopnosti betonu vzdorovat mrazu a solím bylo použito celkem 5 vzorků Ø 150 mm, ošetřených Ashford Formula. Testy byly provedeny dle pravidel CDF Test, relevantních pro testy v klimatické komoře a klimatizačním systémem na bázi cirkulace chlazeného vzduchu zvenčí. Certifikát s jednotlivými výsledky je přiložen.

Norma DIN 1045 „Beton a vyztužený beton, návrh a výroba směsi“ specifikuje vzhledem k návrhu směsi vysoce odolné proti zmrznutí několik požadavků. Výše uvedená norma říká, že odolnost lze zvýšit použitím provzdušňovacích přísad.

Následující tabulka ukazuje výsledky testu betonu ošetřeného AF vzhledem k počtu cyklů zmrznutí / tání.

Tabulka 4: Ztráta hmotnosti v průběhu cyklů zmrznutí / tání

Počet cyklů	Ztráta hmotnosti v g/m ²
	Beton ošetřený AF
4	43,8
8	75,9
16	129,4
32	177,3

Dle „Základních podmínek“, stanovených Prof. Setzerem (Essen) byla jako přijatelná hodnota použita následující kritéria:

- Průměrná ztráta po 28 zmrazovacích/rozmrazovacích cyklech ve slaném roztoku je 1500 g/m²

U betonu s Ashford Formula byla naměřená průměrná hodnota ztráty váhy po 32 cyklech pouze 177,3 g/m². Podle těchto výsledků není nutno přidávat do betonu provzdušňovací činitele. Pro beton ošetřený s AF to je již zbytečné.

Na následujícím snímku je zobrazen povrch betonu po zkoušce. Plocha ošetřená AF je nalevo. Je zjevné, že v porovnání s neošetřenou plochou vykazuje pouze malé poškození.



Obr. 2 Povrch betonu po testu zmrznutí / tání ve slaných roztocích

3.6. Prevence kluzkosti/ Koeficient tření

Jak již bylo uvedeno, ošetřením betonu AF dochází k chemické reakci v povrchové vrstvě betonu. S postupujícím stárnutím betonu se povrch stává homogennějším a hladším. V některých případech je pro uživatele průmyslových podlah prevence kluzkosti velmi důležitým faktorem. Pro testování odolnosti vůči kluzkosti neexistuje standardní postup, a proto bylo stanoveno pro posuzování průmyslových podlah několik rizikových skupin. Tyto skupiny představují různý stupeň rizika. Skupina R 9 odpovídá malému riziku a skupina R 13 maximálním požadavkům na zabránění sklouznutí.

Při tomto výzkumu byl beton ošetřený AF a kontrolní vzorky (bez AF) zkoušeny pro stanovení koeficientu tření.

Test byl proveden podle normy DIN 51131. Byly zkoušeny vzorky za sucha a v mokřém stavu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 Koeficient kluzkosti na ošetřeném a neošetřeném betonu

Koeficient tření μ			
Beton s AF		Beton bez AF	
suchý	mokřý	suchý	mokřý
0,63	0,77	0,74	0,83

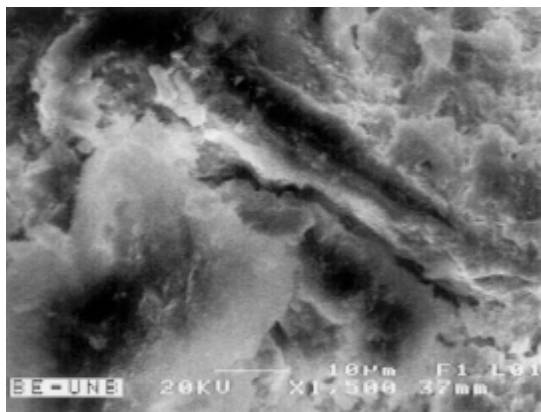
Během srovnávacích testů s prototypy, klasifikovanými jako přilnavé, byla naměřená hodnota for kategorií R9 ($\mu=0.52$) a pro R10 ($\mu=0.780$) (bez protiskluzných substancí). Čím vyšší je koeficient μ , tím lepší je přilnavost povrchu betonu. Prakticky lze povrch dosahující koeficientu 0,45 nebo vyššího klasifikovat jako bezpečný proti sklouznutí.

Podle očekávání jsou dosažené koeficienty u betonu s AF nepatrně nižší. Je třeba zdůraznit, že mokřé povrchy dosahují lepších výsledků než vzorky se suchým povrchem. Obě skupiny vzorků, s AF i bez AF lze klasifikovat jako přilnavé, bezpečné.

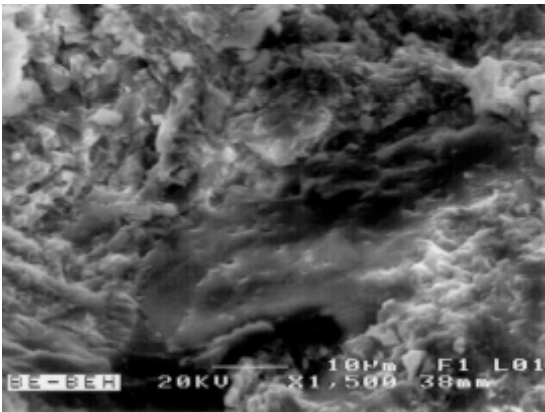
3.6 Zkoumání pod elektronovým mikroskopem

Abychom stanovili vliv, jaký může mít ošetření betonu AF na strukturu čerstvého betonu, připravili jsme několik komparativních analýz pod elektronovým mikroskopem. Pro tyto testy byly použity zlomkové části ošetřeného i neošetřeného betonu.

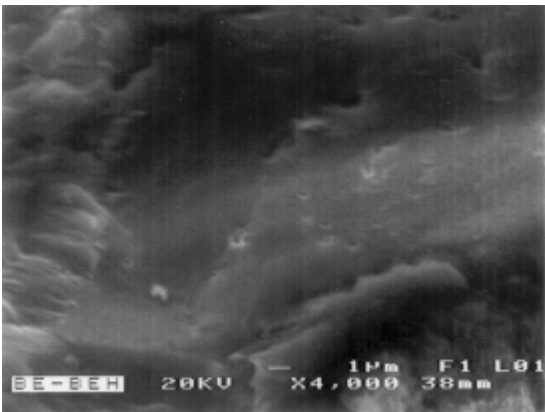
Snímky betonu ošetřeného AF (obr. 4 – 6) ukazují uzavřenou a hustou strukturu, zatímco u betonu neošetřeného jsou viditelné otevřené póry a dutiny (obr. 3).



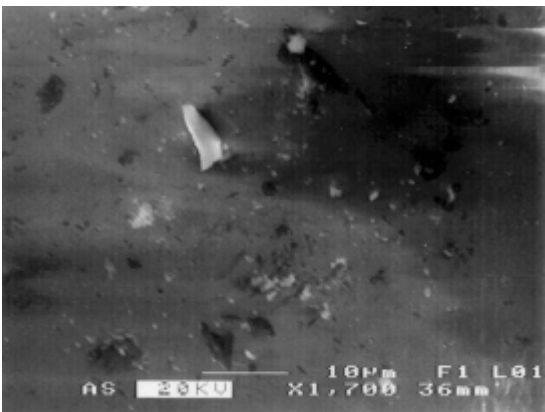
Obr. 3 Prostý beton bez ošetření AF, struktura s otevřenými póry



Obr. 4 Beton ošetřený AF, uzavřená a hustá struktura



Obr. 5 Beton ošetřený AF, uzavřená a hustá struktura

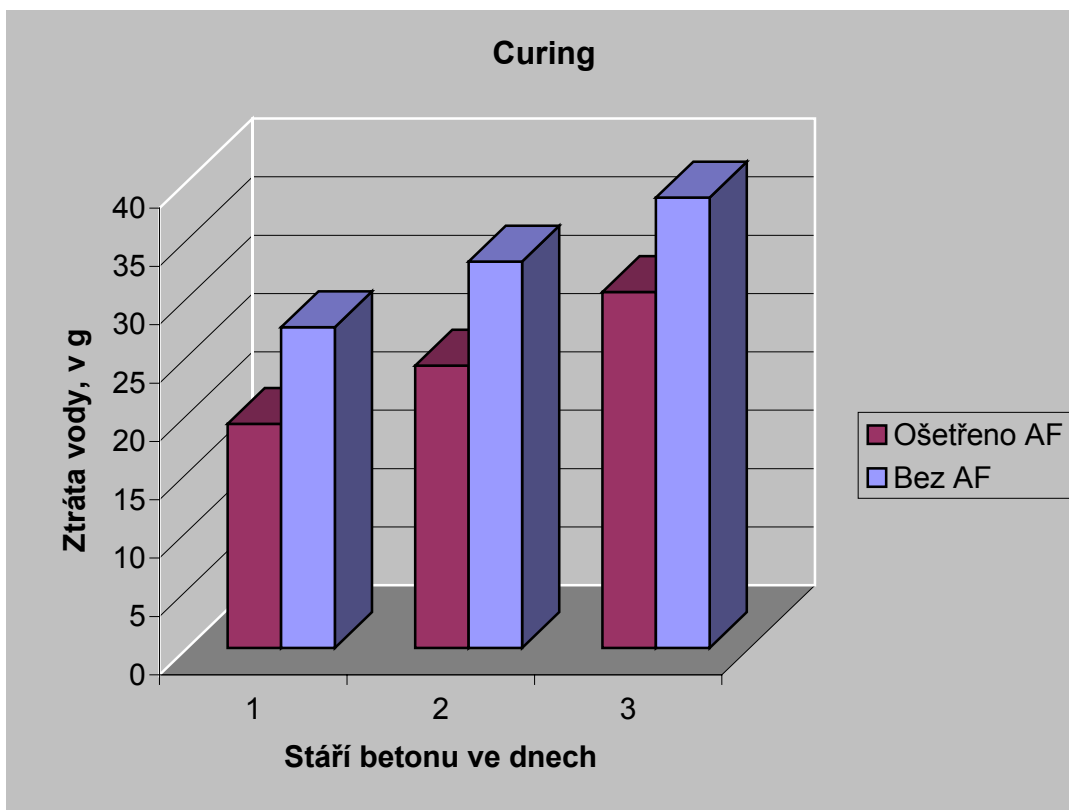


Obr. 6 Beton ošetřený AF, uzavřená a hustá struktura

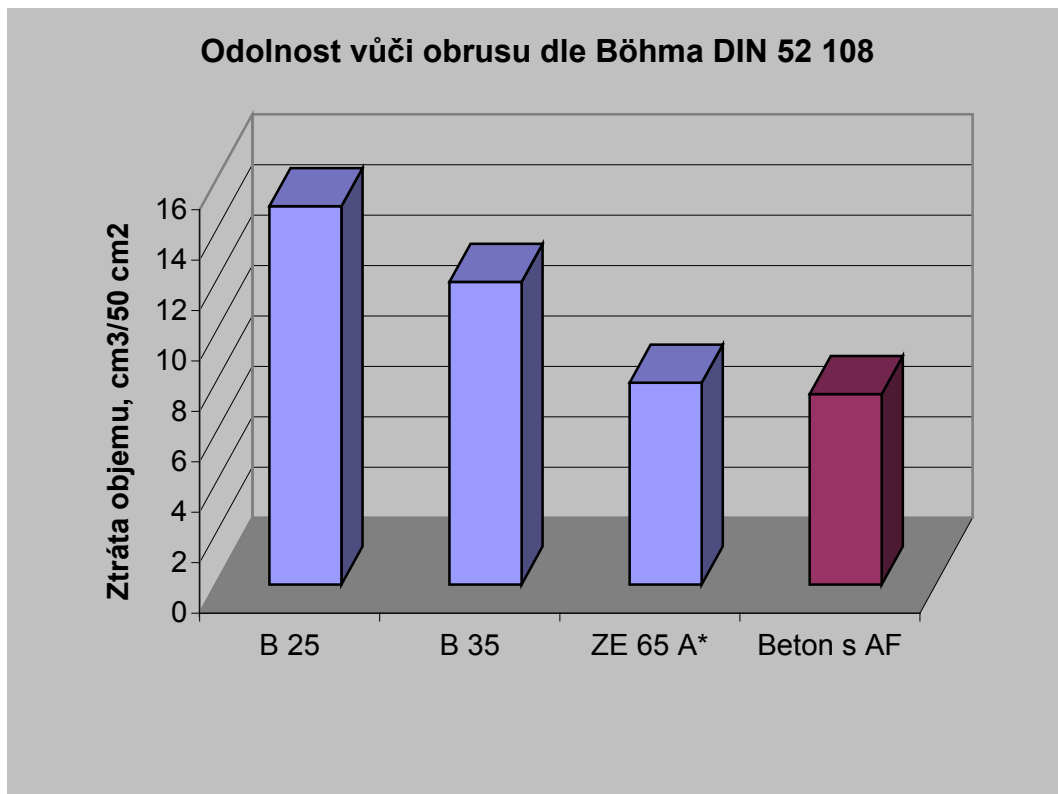
Shrnutí

Cílem výše uvedeného zkoumání bylo vydání názoru na možné vlivy a charakteristiku betonu dosažené aplikací Ashford Formula na čerstvé povrchy betonu. Testy byly založeny na porovnávání betonu ošetřeného AF s betonem neošetřeným s důrazem na kritéria stanovená na samém začátku.

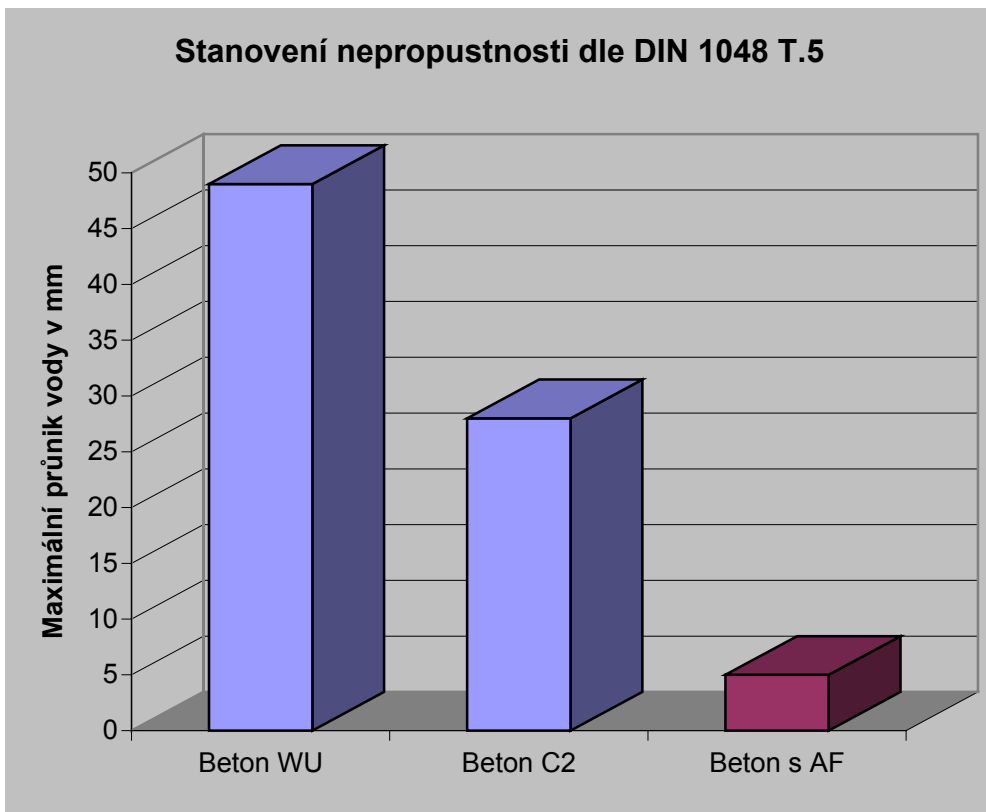
Následující grafy shrnují ve zkratce výsledky různých testů. Podrobnější detaily lze nalézt v příložených jednotlivých certifikátech.



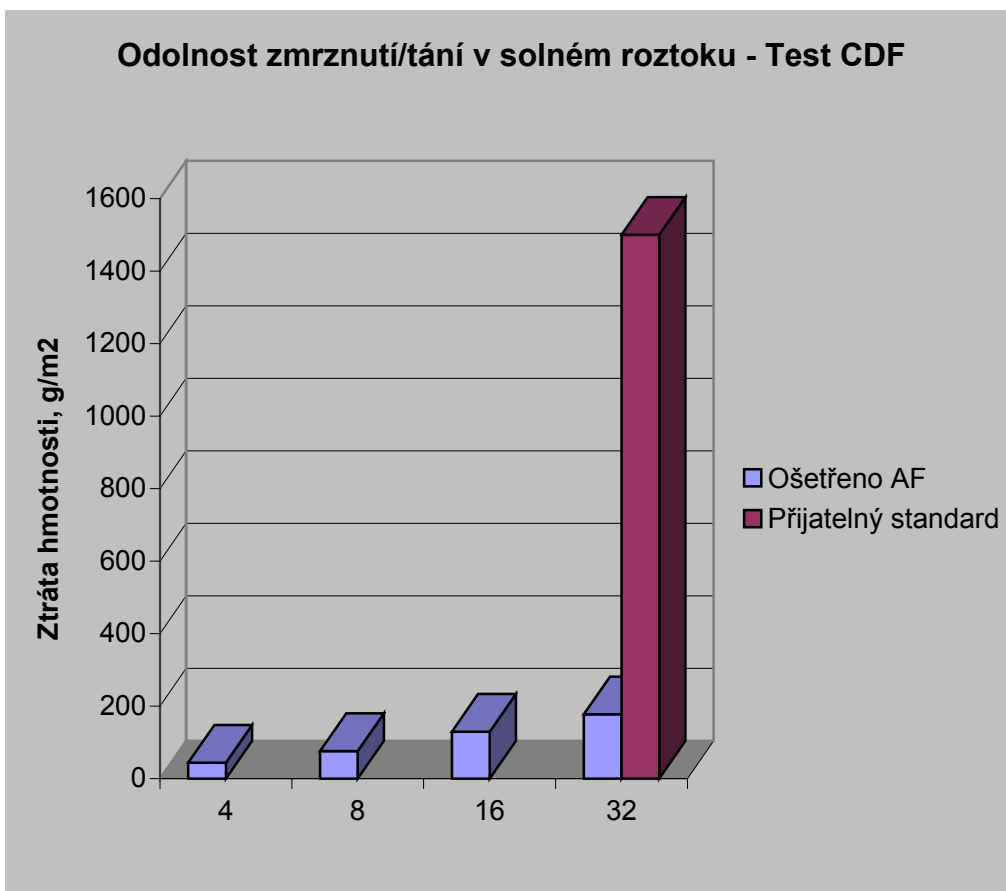
Graf 1: Zlepšení schopnosti zadržet vodu – 30% (po 1 dnu), 27% (po 3 dnech) a 21% (po 7 dnech)



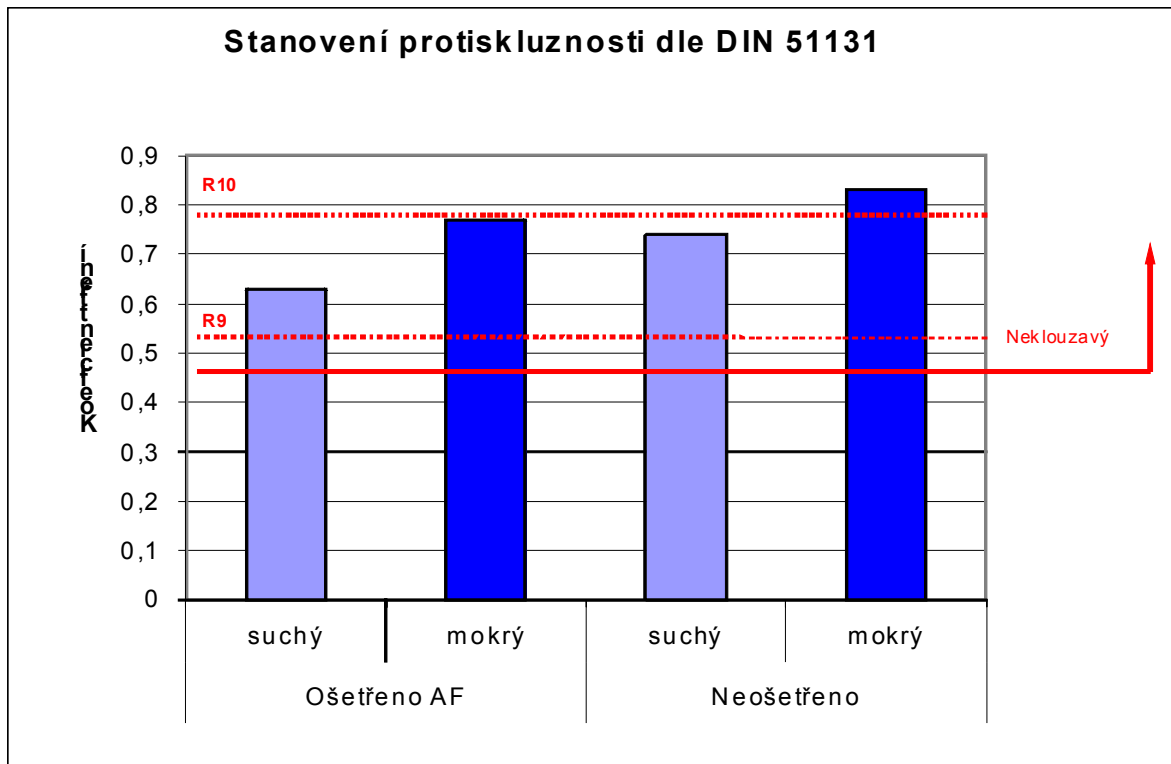
Graf 2: Zvýšení odolnosti proti obrusu



Graf 3: Zvýšení nepropustnosti



Graf 4: Zvýšená odolnost zmrznutí / tání



Graf 5: Přilnavost / neklouzavost

Dipl.-Ing. C. Heidenblut
Vedoucí zkušebny

Dr.-Ing. A. Saratow
Specialista

Dessau, 14. 2. 2002