

BARVENÍ BETONU

Tuto stránku jsem zařadil do mých internetových stránek z důvodů stálých problémů s barvením betonových výrobků, které jsou ve většině případů způsobeny nesprávnými technologickými kroky při barvení betonové směsi, ale někdy také přehnanými požadavky zákazníků na betonové výrobky, jejichž barvení je určitými faktory omezeno a vlivem řady faktorů může nastat kolísání barevného odstínu u jednotlivých výrobků nebo změny barevného odstínu výrobků.

Nejprve je třeba něco říci o barveném materiálu, tj. o betonu. Betonová směs i vlastní vlhký zatvrdlý beton mají vysokou hodnotu pH, tj. jsou silně alkalické. Silně alkalické prostředí je způsobeno přítomností velkého množství krystalického hydroxidu vápenatého $[Ca(OH)_2]$, která mimo jiné zajišťuje ochranu ocelové výztuže před korozí u železobetonu. Krystalický hydroxid vápenatý označovaný jako portlandit je nezbytnou stavební složkou zatvrdlého betonu a jeho snížení například vyluhováním množství vede k postoupnému rozpadu struktury betonu. Silně alkalické prostředí betonu má vliv především na organické látky, které za přítomnosti vlhkosti rozkládá. Z tohoto důvodu nelze do betonu používat jakákoliv barviva na organické bázi, která se v alkalickém prostředí rozkládají nebo jsou v alkalickém prostředí. Nejvhodnější pro barvení betonu jsou oxidy kovů a uhlík. Vzhledem k tomu, že jsou betonové výrobky ve většině případů vystaveny vlivům povětrnosti a působení slunečního záření, je nutné, aby kromě odolnosti vůči alkalickému prostředí, byly barevné pigmenty světlostálé, tj. aby neměnily odstín působením ultrafialového záření. Tyto dva požadavky vedou k dosti velkému omezení barevné škály pigmentů, kterou lze u betonových výrobků dosáhnout, protože anorganické pigmenty jsou vyráběny pouze v omezeném barevném sortimentu. Běžně dostupné jsou červené, hnědé, žluté a černé pigmenty a poměrně velmi drahé a méně používané jsou pigmenty zelené, modré a bílé. Anorganické pigmenty lze sice navzájem míchat, ale míchání je velmi problematické a v běžné výrobě betonových výrobků se téměř nepoužívá.



Nejčastěji jsou pro barvení betonu a betonových výrobků používány:

Anorganické pigmenty:

- Syntetické nebo přírodní oxidy a hydroxidy železa
- Oxidy manganu, chromu a titanu
- Komplexní anorganické oxidy a hydroxidy kobaltu, hliník a niklu

Organické pigmenty a uhlík:

- Ultramarín
- Ftalocyanin modrý a zelený
- Uhlík (saze)

Barevné pigmenty lze zakoupit buď v práškové podobě anebo v tekuté podobě. Práškové pigmenty mají výhodu neomezené životnosti vzhledem k chemické povaze (jsou-li náležitě zabaleny a uloženy v suchu). Tekuté pigmenty, které jsou rozmíchány v nosné suspenzi (tzv. slurry) po určitém čase podléhají sedimentaci, tj. usazování, nesmí být vystaveny mrazu a musí být vždy před použitím dokonale

BARVENÍ BETONU

promíchány, protože vlivem gravitace dochází u suspenze k oddělení různě těžkých surovin s různou objemovou hmotností. Tekuté pigmenty vesměs obsahují 50 až 60 % pigmentu. Výhodou tekutých pigmentů je snadné strojní dávkování pomocí lamelových čerpadel. Práškové pigmenty se dávkují obtížněji šnekovými dopravníky. Některými výrobci pigmentů byly vyvinuty tzv. granulované pigmenty. Tyto pigmenty jsou určeny výhradně pro pneumatická dávkovací zařízení a vyžadují velmi účinné míchací zařízení, které musí rozdrtit (rozmělnit) granule, aby pigment náležitě obarvil betonovou směs. Vzhledem k účinnostem míchaček, používaných v České Republice, nelze tyto pigmenty jednoznačně doporučit.







U barevných pigmentů se setkávám vždy s požadavkem zákazníka vidět vzorník nabízených barev. Vzorník je vždy považovat jako informativní, protože výsledný barevný odstín závisí na mnoha faktorech. V textu jsou použity výsledky zkoušek barevných pigmentů Ferroxon od německého dodavatele.

Výsledný barevný odstín betonového výrobku je ovlivněn následujícími vlivy:

- dávka pigmentu vztážená na hmotnost cementu
- druh a barva používaného cementu pro výrobu betonu
- druh a barva používaného kameniva pro výrobu betonu
- druh použitých přísad pro modifikaci betonové směsi
- vodní součinitel betonové směsi
- účinnost míchacího zařízení a režim míchání betonové směsi
- vzdušná vlhkost při zrání betonových výrobků v prvních hodinách od výroby výrobků
- okolní teplota při zrání betonových výrobků v prvních hodinách od výroby výrobků
- způsob uložení a skladování betonových výrobků
- vápenné výkvěty

1. Dávka pigmentu na hmotnost cementu

Dávkování barevných pigmentů se obecně vztahuje ke hmotnosti cementu v betonové směsi. Dávka pigmentu může být v rozmezí od nulové dávky až po dávku tzv. barevného nasycení. Při překročení dávky barevného nasycení se již nemění barevný odstín betonu. Za prahovou dávku se zpravidla udává dávka 1 % hmotnosti betonu. Za standardní dávku je považována dávka 3 % práškového

	Ferroxon 510	Ferroxon 560	Ferroxon 430
obsah cementu 340 kg.m ⁻³			
obsah cementu 450 kg.m ⁻³			

pigmentu z hmotnosti cementu. Při dávkování tekutých pigmentů je třeba znát obsah vlastního pigmentu v suspenzi a podle tohoto obsahu stanovit dávku. Dávka tekutých pigmentů je tedy rovná sušiny v pigmentu. Dávka pigmentu je odvislá od ostatních používaných vstupních surovin pro výrobu betonové směsi a každý výrobce betonových výrobků si musí ověřit vlastní dávku k dosažení požadovaného barevného odstínu. Tuto dávku je třeba striktně dodržovat, pokud mají mít výrobky vyrovnaný barevný

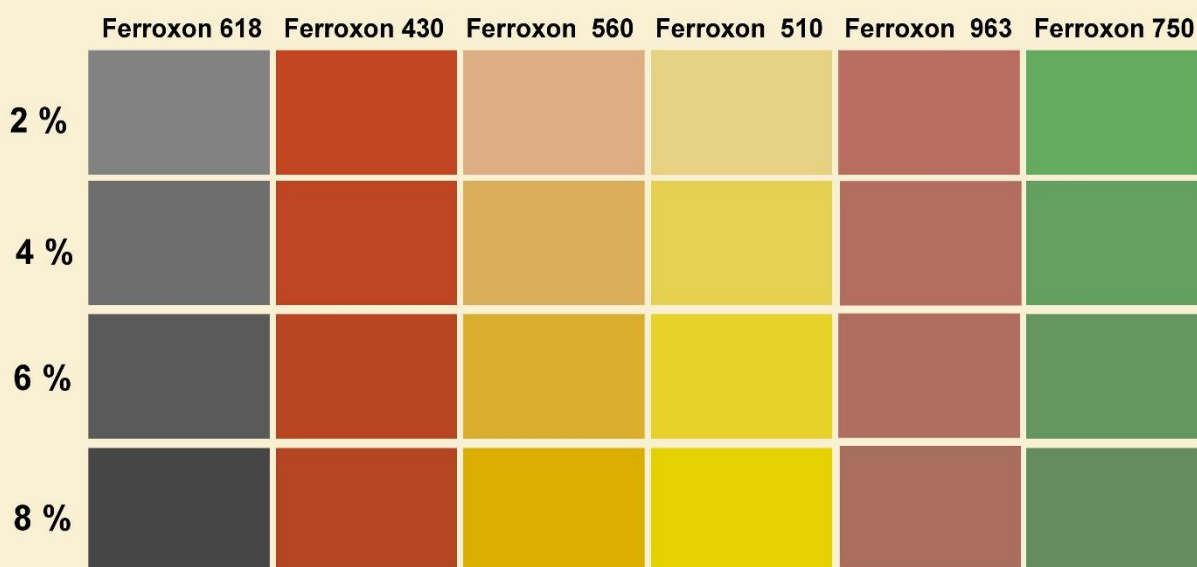
BARVENÍ BETONU

odstín. Obecně platí, že dávka pigmentu by neměla překročit 10 % hmotnosti cementu. Při vyšší dávce pigmentu je nutné ověřit jeho vliv na vlastnosti zatvrdlého betonu.

2. Druh a barva používaného cementu pro výrobu betonu

V současné době jsou k dispozici pouze dva druhy cementu podle jeho barvy, a to klasický šedý cement a bílý cement. Pro výrobu betonového zboží se ve velké většině používá čistý portlandský cement třídy 42,5 nebo 52,5. Důvodem je jednak barva portlandského cementu a také velmi rychlý nárůst pevnosti. Cement bílý je zařazen do třídy 52,5. Cementy šedé dávají s barevnými pigmenty tmavší odstíny betonu,

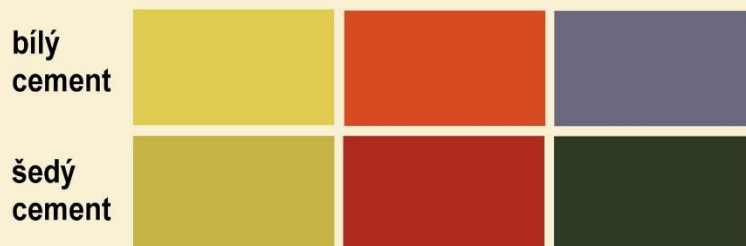
VLIV MNOŽSTVÍ PIGMENTU NA BAREVNÝ ODSTÍN BETONOVÝCH VÝROBKŮ



cement bílý umožňuje dosáhnout pastelových světlých odstínů betonových výrobků. Pro výrobu betonových výrobků je nejčastěji používán klasický šedý portlandský cement. I když se laikovi může zdát, že cementy od různých výrobců mají stejnou barvu, není tomu tak. Podle surovinové základny se cementy liší a při barvení dávají různé barevné odstíny výrobků. Z tohoto důvodu je třeba používat pro barvené výrobky cement stejného druhu, stejné třídy a od jednoho výrobce. I v tomto případě může dojít změnou ve vstupních surovinách cementu k výkyvům v barevných odstínech, ale tyto výkyvy jsou poměrně malé.

Na výsledný barevný odstín má také vliv dávka cementu. Betony s nižším obsahem cementu mají tmavší barevné odstíny a betony s vyšším obsahem cementu mají světlejší barevné odstíny. Samozřejmě že kolísání dávky cementu (kolísání dávky jakékoliv složky betonové směsi) má dosti podstatný vliv na vyrovnanost barevného odstínu betonových výrobků.

VLIV BARVY CEMENTU NA BAREVNÝ ODSTÍN BETONU



BARVENÍ BETONU

3. Druh a barva používaného kameniva pro výrobu betonu

U kameniva neovlivňuje tolik barevný odstín vlastní barva zrn kameniva, ale obsah prachových částic o velikosti do 0,125 mm. Tyto částice mohou obsahovat jíly, kaolíny a řadu dalších látek, které mají dosti zásadní vliv na výsledný barevný odstín betonových výrobků. Z tohoto důvodu jsou pro výrobu barvených betonových výrobků nejvhodnější dobře prané písky a drcená kameniva s minimálním obsahem prachových částic.

Nejlépe se probarvují bílé křemičité písky, písky a kameniva s tmavými zrny vyžadují vyšší dávky pigmentů. Při volbě kameniva je třeba počítat s tím, že provozem dochází k obrušování povrchů betonových výrobků a po určitém čase dojde k obnažení hrubších zrn kameniva a ke změně barevného odstínu betonových výrobků.


VLIV BARVY KAMENIVA NA BAREVNÝ ODSTÍN BETONU			
	Ferroxon 510	Ferroxon 560	Ferroxon 430
světlé kamenivo			
tmavé kamenivo			

4. Druh použitých přísad pro modifikaci betonové směsi

Pro barvené betonové výrobky byly v zahraničí vyvinuty přísady, které obsahují látky, zjasňující barevné odstíny. Tyto přísady jsou určeny pro vibrolisované betonové výrobky. Tyto přísady obsahují kromě optických zjasňovačů látky, které umožní dobré zhutnění betonové směsi při velmi nízkých dávkách záměsové vody, tj. při velmi nízkém vodním součiniteli a umožňují dosáhnout vyrovnané hutnosti betonových výrobků na výrobní podložce, což vede ke snížení výkyvů v barevných odstínech. Vliv přísady na barevný odstín barveného výrobku je dán především používaným vodním součinitelem, při kterém lze vyrobit kvalitní výrobek a dále modifikací betonové směsi, která zajistí rovnoměrné zrání betonu a znesnadňuje odpařování vody z čerstvého betonu. Betony, u nichž dojde k rychlému odpaření vody z čerstvého betonu, dávají tmavší odstíny a naopak betony, u nichž dojde k malému odpaření vody, dávají odstíny světlejší.

5. Vodní součinitel betonové směsi

Vodní součinitel betonové směsi má zásadní vliv na výsledný barevný odstín betonových výrobků. Betonové směsi s nízkým vodním součinitelem (tj. betonové směsi pro výrobu vibrolisovaných výrobků) mají tmavší syté odstíny a naopak betony s vysokým vodním součinitelem (tj. betony používané pro odlévané betonové výrobky) mají světlé nevýrazné barevné odstíny. Již

VLIV VODNÍHO SOUČiniteLE NA BAREVNÝ ODSTÍN BETONU			
	v/c = 0,40	v/c = 0,35	v/c = 0,30
nebarevný beton			
4% pigmentu Ferroxon 430			

velmi malé kolísání vodního součinitele může způsobit dosti značné výkyvy v barevných odstínech betonových výrobků. Proto je důležité co nejpřesněji dodržování dávky záměsové vody. Vodní součinitel betonové směsi se mění také vysycháním betonové směsi při výrobě a při zrání, a proto mohou mít jiný barevný odstín výrobky zrající ve vlhku a výrobky zrající v suchém prostředí s proudícím vzduchem.

6. Vzdušná vlhkost a okolní teplota při zrání betonových výrobků

Podmínky zrání mají vliv na barevný odstín betonových výrobků z titulu odpařování vody z povrchu těchto výrobků. Výrobky s větším množstvím odpařené vody z povrchu zrajícího betonu, tj. zrající v sušším prostředí, mají tmavší barevné odstíny, než výrobky u nichž dojde k odpaření malého množství vody, tj. výrobky zrající ve vlhkém prostředí. Na barevný odstín má vliv i doba pobytu vzorků ve zracích komorách. Betonové výrobky jsou většinou paletovány druhý den po vyrobení nebo v chladnějším období třetí den po vyrobení. V tomto stáří již mají výrobky běžně 50 % konečné pevnosti, ale beton ještě stále není vyzrálý. Po zabalení a vyvezení výrobků ze zracích prostor dochází ke vzniku rozdílných barevných odstínů u horní vrstvy balení a u vnitřních vrstev balení, a to opět působením různé vlhkosti ovzduší při zrání betonu, protože horní vrstva balení a vnitřní vrstvy balení výrobků mají různé zrací podmínky.









Horní vrstva balení má vždy tmavší odstín než vnitřní vrstvy balení. Z tohoto důvodu je doporučeno při kladení dlaždic míchat více palet navzájem a odebírat z různých palet různé vrstvy výrobků. Také okolní teplota při zrání betonových výrobků ovlivňuje barevný odstín. Při nižších teplotách mají výrobky tmavší odstín než při vyšších teplotách při zrání. Tento vliv může způsobit výkyvy v barevných odstínech především při výrobě v jarních a podzimních měsících, kdy jsou teplotní výkyvy nejvyšší. Z tohoto důvodu se doporučuje v těchto obdobích prodloužit dobu pobytu výrobků ve zracích komorách.

7. Způsob uložení a skladování betonových výrobků

Podle platných norem a předpisů se považuje beton za vyzrálý ve stáří 28 dnů. V tomto stáří musí beton dosáhnout všech požadovaných pevnostních vlastností. Zrání betonu se ale ve stáří 28 dnů nezastavuje a postupuje dále, i když podstatně pomalejším tempem. Pokud jsou betonové výrobky dlouhodobě uloženy v balení, mohou mít skladovací podmínky vliv na výsledný barevný odstín, a to především proto, že uvnitř balení a na jeho povrchu jsou jiné vlhkovostní podmínky. Nevhodné skladování může způsobit zašpinění výrobků, které může být mnohdy velmi obtížně odstranitelné. Největším rizikem dlouhodobého skladování betonových výrobků v balení je ale tvorba vápenných výkvětů u výrobků, které jsou dlouhodobě vystavené vlhkému prostředí.

8. Vápenné výkvěty

Výrobci betonových výrobků se mnohdy domnívají, že na barvených betonových výrobcích se vyskytují vápenné výkvěty v daleko větší míře než na výrobcích nebarvených. Vápenné výkvěty se projevují jako bílé nebo světlé skvrny, které jsou nerozpustné ve vodě a ulpívají na povrchu betonových výrobků. Vápenné výkvěty se vyskytují na všech výrobcích, tj. i na nebarvených, ale na barvených výrobcích jsou více viditelné, protože působí kontrastně proti barevnému podkladu. Vápenné výkvěty tvoří největší podíl na reklamaci dlážděných ploch. Vápenné výkvěty jsou tvořeny ve vodě nerozpustným uhličitánem

	teplota 5°C	teplota 35°C
nebarvený beton		
4% pigmentu Ferroxon 510		
4% pigmentu Ferroxon 430		
4% pigmentu Ferroxon 960		
4% pigmentu Ferroxon 618		

vápenatým, který vzniká reakcí vzdušného oxidu uhličitého s hydroxidem vápenatým ve vlhkém prostředí. Nejvíce vznikají vápenné výkvěty u dlouhodobě zabalených betonových výrobků uvnitř balení, kde se udržuje poměrně vysoká vzdušná vlhkost. U neprodyšně zabalených výrobků dochází k tzv. alkalické kondenzaci, při které dojde k poškození kondenzovanou vodou, která se vůči betonu chová velmi agresivně. Vápenné výkvěty z výrobků působením povětrnosti po čase mizí, protože nerozpustný uhličitán vápenatý se účinkem kyselých dešťů mění na rozpustný hydrouhličitán vápenatý. Na likvidaci vápenných výkvětů se také podílí provoz na zpevněných plochách. Pokud není žádoucí vyčkat vymizení vápenných výkvětů působením povětrnosti a provozu, je možné výkvěty zlikvidovat směsí organických a anorganických kyselin. Povrch betonu je možné navíc impregnovat a tím zabránit jeho zašpinění.

9. Vliv míchacího zařízení

Míchací zařízení ovlivňuje konečný barevný odstín barvených betonových výrobků svojí účinností a postupem míchání betonové směsi. Proto je třeba pro každé míchací zařízení stanovit doby míchání, které zajistí dokonalou homogenizaci barevného pigmentu v betonové směsi a tyto míchací časy stále dodržovat. Barevné pigmenty by měly být dávkovány do míchacího zařízení společně s kamenivem, aby byly míchány co nejdéle. Pro míchací stroje s planetovými lopatkami lze orientačně doporučit míchat kamenivo, přísadu do betonu a pigment cca 20 vteřin, po přidání cementu míchat suchou směs kameniva, přísady, pigmentu a cementu dalších cca 20 vteřin a po nadávkování záměsové vody míchat mokrou směs kameniva, přísady, pigmentu, cementu a vody cca 90 vteřin. Znovu ale opakují, že každé míchací zařízení vyžaduje individuální stanovení míchacích časů tak, aby směs byla homogenně probarvena. Při výrobě barvené betonové směsi je třeba dodržet minimální velikost záměsi, doporučenou výrobcem míchacího zařízení. U menších záměsích může docházet vlivem malého míchaného množství k tzv. peletizaci betonové směsi v míchačce, tj. k vytváření shluků a kuliček jemných částic, které způsobují při výrobě betonových výrobků závady na povrchu výrobků. Zároveň je ale třeba míchat takové množství betonové směsi, aby tato směs byla do 30 minut zpracována. Pokud není strojní zařízení schopno v tomto čase betonovou směs zpracovat, je nutné použít při výrobě syntetický zpomalovač tuhnutí a tvrdnutí betonové směsi k oddálení začátku hydratačního procesu v betonu. Toto platí zvláště při použití bílého cementu třídy 52,5, u kterého nastává počátek hydratace velmi brzy po zamíchání betonové směsi.