



BAREVNÉ BETONY | COLOURED CONCRETE

JANA MARGOLDOVÁ

Článek upozorňuje na některé z možných vlivů a okolností, které je třeba sledovat, aby nedošlo ke změnám požadovaného odstínu betonu barveného pigmenty. | The article brings attention to some of the possible impacts and conditions that are necessary to take into account when willing to keep the required shade of concrete coloured with pigments.

Beton jako konstrukční materiál je z hlediska svých mechanických vlastností široce uznávaný, avšak kvůli svému vzhledu je částí odborné i neodborné veřejnosti stále podceňovaný až odmítaný. Během posledních let je postupně i v České republice objevený potenciál barevného betonu, který poskytuje jasnou přidanou hodnotu – trvalé zlepšení estetických vlastností běžnému konstrukčnímu materiálu. Barevné betonové stavby jsou přitažlivější, zajímavější a současně se odlišují od ostatních [1, 3 a 5]. Barevný beton je v zahraničí na trhu už několik let. Postupy jeho výroby se jen o málo liší od produkce betonu v jeho přirozené šedé barvě. Pro dosažení požadovaného kvalitního výsledku je však třeba uvážit všechny okolnosti, které výsledný barevný odstín betonové konstrukce mohou ovlivnit.

PIGMENTY

Při plánování barevného odstínu betonu je třeba mít přesnou představu o požadované barvě, které chceme přidáním pigmentů dosáhnout. Volba správného druhu pigmentu je pro kvalitu výsledného produktu velmi důležitá. Dlouhodobě sledované barevné betony vystavené různým klimatickým podmínkám po celém světě ukázaly, že anorganické pigmenty mají zvláště dobré vlastnosti z hlediska dlouhodobé stálosti barevného odstínu.

Pigmenty musí odolávat dlouhodobě agresivnímu působení silně alkalické cementové pasty, povětrnosti, slunečního světla a běžné úrovně záření dopadajícího na Zemi. Pro použití v betonu se nesmí rozpouštět ve vodě a reagovat s ní, ale naopak

se musí v připravovaném čerstvém betonu během míchání jemně a stejnoměrně rozptýlit. Uvedeným požadavkům vyhovují dobře anorganické pigmenty, zejména pigmenty oxidů kovů **Tab. 1**.

Barevné pigmenty jsou dostupné ve formě prášku a pigmentových přípravků, např. granulí, kompaktního prášku nebo suspenzí. Aplikace pigmentů ve formě pigmentových přípravků je výhodnější při výrobě většího množství barevných betonů z hlediska minimální změny konzistence betonu, bezprašného prostředí a snadnějšího dávkování.

Jednotlivé odstíny barev se získají mícháním pigmentů základních barev v různých poměrech. Čisté světlé barvy, např. žlutá, dopadnou lépe, je-li pro beton použit bílý cement. Beton ve svítivých barvách, v podobných jaké se používají pro plastové výrobky, není jednoduché ani snadné vyrobit. Je to dáno vstupními materiály a charakterem povrchu (texturou) výsledné betonové plochy.

Barvicí síla pigmentů je důležitá kvalitativní charakteristika, která je podstatná pro určení jejich nákladové efektivity. Barvicí síla je definována jako schopnost pigmentu propůjčit svou barvu mediu, které má být obarveno. Např. jsou-li laboratorní betonové vzorky obarveny stejným množstvím cihelného prachu nebo červeného oxidu železa, je zřejmý rozdíl v jejich barvicí síle.

VLIV BARVY CEMENTU

Nejvýznamnějším nositelem zbarvení betonu je cementová pasta, nikoliv kamenivo. Má-li být výsledkem šedý až antra-



Obr. 1

Obr. 1 Ukázky změn charakteru povrchu barveného betonu při použití jeho různých konečných úprav, showroom spol. Decomo, Belgie (Betoni 3/2011, p. 46)

| Fig. 1 Illustration of changes of surface features of coloured concrete by using different finishings, Decomo showroom, Belgium (Betoni 3/2011, p. 46)

Tab. 1 Nejdůležitější barevné pigmenty na bázi oxidů kovů | Tab. 1 Most important iron oxide pigments

Barva	Pigment
bílá	oxid titaničitý
černá	černý oxid železa
červená	červený oxid železa
žlutá	žlutý oxid železa
hnědá	hnědý oxid železa
zelená	zelený oxid chromu
modrá	kobaltová modř



Obr. 2b



Obr. 2b

citový beton vyrobený s přidáním černého pigmentu, nebude rozdíl v tom, zda byl použit šedý nebo bílý cement. Při barvení tmavohnědými a červenými pigmenty se už rozdíl projevuje a u žlutých a zelených pigmentů je výrazný. Pro získání čistšího a jasnějšího barevného odstínu je třeba použít bílý cement.

Zrnka bílého cementu nepohlcují světlo, jako šedá. Naopak světlo se od nich odráží a dopadá na zrnka pigmentu nebo kameniva, a tím se barva stává jasnější. Odrazy barvy z pigmentových zrn dopadající na bílý povrch cementových zrn se z nich odráží a synergicky tak ještě zesilují výsledný barevný vjem.

Šedá barva dokáže ztlumit jas kterékoliv výrazné zářivé barvy. Proto barevné betony a betonové prvky vyráběné z běžného Portlandského cementu nikdy nebudou mít tak jasné barvy, jako betony vyrobené s použitím bílého cementu. Zvýšení čistoty barvy získané použitím bílého cementu naopak závisí i na barvě použitého pigmentu.

Je důležité si uvědomit, že šedá barva cementu se také může měnit od světlé až po tmavě šedou v závislosti na vstupních surovinách. Když se u dodavatele betonu změní šarže cementu nebo se změní dodavatel cementu, vždy je třeba počítat s možnou změnou barvy cementu, což významně ovlivní konečnou barvu betonových prvků.



Obr. 3a



Obr. 3b

VLIV BARVY KAMENIVA

Při výrobě barevného betonu a/nebo betonových prvků jsou zrna kameniva pokryta cementovou pastou. Nebudou-li zrna výrazně zbarveného kameniva u povrchu prvku zcela zakryta, výsledný barevný povrch betonu bude narušen přirozenou barvou kameniva. U nových konstrukcí se to nemusí zdát tak významné, ale jejich postupným stárnutím může docházet k setření nebo odloupení povrchové vrstvičky cementové pasty a vystoupení zrn kameniva na povrch, a tím se barevný odstín změní, příp. ztratí svůj jas. Vidíme potom směsný odstín, který vznikl promícháním barvy cementové pasty a barvy odhaleného kameniva. Stejně jako cement má i přirozená barva písku větší vliv na výsledné barvy světlých betonů než tmavých. Vhodně zvolená barva kameniva může významně zesílit barevný odstín betonu.

V zahraničí je dostupné kamenivo tříděné ne jen z hlediska velikosti zrn, ale často i podle barvy. Kamenický průmysl tak nabízí stavebnictví své produkty s vyšší přidanou hodnotou a architekti to dokážou ve své tvorbě dobře zužitkovat.

Některé technologie úprav betonových povrchů záměrně využívají rozdíly v barvě cementové pasty obarvené pigmenty a odlišné barvy kameniva. Např. při použití technologie Graphic Concrete® je vymývána cementová pasta z povrchové vrstvy kameniva na předem vymezených ploškách povrchu betonového prvku [8]. Je-li použita stejná barva cementové pasty a kameniva, po vymytí se na povrchu prvku vytváří žádaný obraz pouze střídáním lesklých plošek cementu a matných ploch s odhaleným kamenivem. Použije-li se různá barva cementové pasty a kameniva, výsledný efekt je zvýrazněný barevnými rozdíly. Lze pracovat s oběma kombinacemi: tmavá pasta – světlé kamenivo nebo bílý cement – tmavé kamenivo.

VLIV NÁVRHU BETONOVÉ SMĚSI

Znalost **optimální koncentrace pigmentu** umožňuje snížit náklady, protože se nepoužívá zbytečně mnoho pigmentu. Je-li do betonové směsi přidáván pigment, zpočátku vzrůstá intenzita barvy lineárně s množstvím přidaného pigmentu. Od určitého množství přidaného pigmentu je však barva

betonu už tak sytá, že přidáním další dávky již sytost barvy nenarůstá a zvyšování množství pigmentu je již neekonomické. Při použití pigmentů s vysokou barvicí schopností je obvykle dostatečná dávka do 5 % obsahu cementu. U slabších pigmentů však ani několikanásobně vyšší dávka nemusí zajistit stejnou sytost výsledné barvy betonu. Množství pigmentu, které v takovém případě zajistí požadovanou sytost výsledné barvy, může dosáhnout hodnot, které je třeba už započítávat do celkového objemu jemných složek v betonu, protože jinak by jejich přidání mohlo mít negativní dopady na mechanické vlastnosti betonu.

Nadbytečná **záměšová voda** se z betonu odpařuje a zanechává po sobě drobkou dutinky ve formě jemných pórů, které po vyschnutí tvoří světlý šlem. (Je to jako bílá pěna na čerstvě natočené sklenici piva, když vlastní nápoj je žlutý.) Jemné póry rozptylují dopadající světlo, a tím zesvětlují vnímanou barvu betonu. Šlem se dá odstranit zbrúšením (opískováním) tenké povrchové vrstvičky. Pokud však nebude povrch upraven stejně v celé ploše, bude zásah velmi pravděpodobně zřetelný.

Čím vyšší je **vodní součinitel** čerstvého betonu, tím světlejší bude výsledný beton. Změna sytosti barevného odstínu se v souvislosti se změnou vodního součinitele projeví stejně na barevném i přirozeně šedém betonu. S automatizací výroby

Obr. 2 H.A.N.S. stavby a. s., Průmyslový areál Malá Čeperka, Staré Ždánice, 2009, Ing. arch. Jan Jarolímek, GCCollection™ Atom Cross (fotografie Ing. arch. Jan Jarolímek, Aleš Jungmann MgA.), a, b | **Fig. 2** H.A.N.S. stavby a. s., Malá Čeperka Industrial Area, Staré Ždánice, 2009, Ing. arch. Jan Jarolímek, GCCollection™ Atom Cross (Photo Ing. arch. Jan Jarolímek, Aleš Jungmann MgA.), a, b

Obr. 3 Nordico Trading Ltd, Espoo, Finsko, 2010, Groop&Tiensuu Arkkitehdit, GCCollection™, 1 200 m² (fotografie Jutta Telivuo), a, b | **Fig. 3** Nordico Trading Ltd, Espoo, Finland, 2010, Groop&Tiensuu Arkkitehdit, GCCollection™, 1 200 m² (Photo Jutta Telivuo), a, b

betonu jsou změny sytosti jeho barevného odstínu způsobené kolísáním vodního součinitele při výrobě spíše výjimečné. Je však třeba počítat s tím, že pigmenty různých barev ovlivňují chování čerstvého betonu více než vlastnosti vyzrálého betonu [3, 7]. Laboratorní zkoušky např. ukázaly (*slump test*), že čerstvé betony vyrobené s přidáním 3%, resp. 6% podílu různých barevných pigmentů měly při stejném vodním součiniteli různou konzistenci [2].

Množství použitého pigmentu se vždy určuje jako procentní podíl použitého pojiva, proto bude beton s vyšším množstvím pojiva mít při stejném podílu pigmentu k pojivu vždy sytější barvu než beton s menším množstvím pojiva.

VÝROBA BAREVNÉHO BETONU

Dávkování a rozptýlení pigmentů v betonu

Z hlediska rozmíchání pigmentů je důležité vědět, kdy může být pigment do připravované betonové směsi přidán. Výrobci pigmentů doporučují míchat nejprve 15 s pigment pouze s kamenivem a až poté přidat cement. Další postup přidávání jednotlivých složek směsi je stejný jako u nebarveného betonu. V každém případě je třeba zabránit míchání všech složek od počátku současně, nebo počátečnímu smíchání písku a pojiva.

Vliv podmínek při tvrdnutí betonu na jeho barvu

V tvrdnoucí cementové matici, která vzniká reakcí vody a pojiva, rostou krystaly produktů hydratace různé velikosti v závislosti na teplotě, v které beton zraje. Velikost vytvořených krystalů je následně rozhodující pro odraz světla dopadajícího na povrch betonu, případně jeho rozptylování.

Při **vyšší teplotě** se tvoří jemnější jehličky krystalů, které

budou později dopadající světlo více rozptylovat a povrch betonu se tak bude zdát **světlejší** než povrch betonu, který zrál za nižších teplot, kdy se vytvořily větší krystaly hydratačních produktů. Popsaný jev je výrazný zejména při srovnání barevného odstínu propařovaného betonu a betonu tvrdnoucího za běžných teplotních podmínek. Naopak beton, který zraje v **zimním období** při teplotách blízkých nule, bude mít na pohled **tmavší** povrch než stejný beton vyrobený uprostřed letních veder. Barevný rozdíl bude patrný, pokud části konstrukce, které byly betonovány za různých teplotních podmínek, budou po dokončení stavby umístěny vedle sebe ve stejných světelných podmínkách. I k tomu je třeba přihlídnout při plánování procesu výstavby objektu či plánování výroby a osazování prefabrikovaných fasádních panelů.

Rozdíly v sytosti odstínu barvy betonových prvků mohou být způsobeny i jejich různým umístěním během výroby – vodorovně či svisle.

Při skladování prefabrikovaných prvků je vhodné je prokládat distančními prvky z vláknobetonu. Jiné materiály mohou zanechat na povrchu svou stopu. Vždy je doporučováno způsob skladování předem ověřit na vzorcích vyrobených z připravených materiálů.

Často opomíjené, ale velmi důležité je vyzkoušet si během přípravné fáze výroby barevných betonových konstrukcí případné „kosmetické“ prostředky uvažované k použití při odstraňování či zahlazování nedokonalostí a poškození povrchů během výroby, skladování, převozu a montáže. Ověření by se mělo zaměřit na složení prostředků, jejich vhodný barevný odstín, ale také způsob a čas jejich použití. Především se tak mnohemu rozčarování z výsledného vzhledu opravovaného betonového povrchu, který může vypadat výrazně hůř než původní,



Obr. 4a

sice chybný nebo poškozený ale neošetřený nevhodný zásahem. Tyto zásahy by se měly předem odzkoušet pro kterýkoliv pohledový beton, protože vždy může dojít k jeho poškození a nepřipravená náprava nečekaného stavu bývá obtížnější, dražší a s větší pravděpodobností dopadne neslavně. Platí zde jako jinde, že připraveným štěstí přeje.

STÁRNUTÍ BAREVNÉHO BETONU

Změny barvy povrchu se v průběhu času se projevují na konstrukcích z barveného ale i přírodního šedého betonu. Příčin může být několik a jejich dopady lze rozdělit na dočasné (např. výkvěty) a trvalé (např. odhalování zrn kameniva) změny barvy povrchu.

Výkvěty

Výkvěty (*efflorescence*) jsou kletbou, která visí nad všemi výrobci betonových prvků a zejména těch barevných, kde je na vzhled povrchu kladen zvlášť velký důraz. Je zřejmé, že bílé vápenaté usazeniny jsou na barevných površích daleko nápadnější než na přírodním šedém nebo dokonce bílém betonovém podkladu. Výkvěty jsou výsledkem souhrnu dějů úzce spjatých s vlastnostmi betonu, zejména s transportem solí rozpuštěných v záměsové vodě jeho pórovou strukturou (primární *efflorescence*). Hlavním zdrojem výkvětů na povrchu betonů je hydroxid vápenatý a jeho reakce s oxidy uhlíku obsaženými ve vzduchu.

Tvorbu výkvětů lze omezit snížením vodního součinitele, avšak nelze zaručit její úplné potlačení, neboť v pórech konstrukce se mohou srážet i kapičky rosy nebo vlhkosti, která dovnitř pronikla za deště (sekundární *efflorescence*) [2].

Také pórovitost betonu hraje důležitou roli. Čím hutnější je

beton, tím nižší má sklon k tvorbě výkvětů. Takže při použití hutnějších vysokohodnotných betonů je pravděpodobnost vytvoření výkvětů na povrchu stavby nižší.

Uhlíčitán vápenatý usazený na povrchu betonu zvolna reaguje s oxidem uhlíčitým rozpuštěným v dešťové vodě a vytváří ve vodě rozpustný kyselý uhlíčitán vápenatý. Tak výkvěty s povrchu betonu časem pomalu mizí.

Stárnutí povrchové vrstvy

Na povrchu betonu bývá vrstvička obsahující jemná zrna kameniva a cementu. Její tloušťka závisí na složení směsi, způsobu hutnění uloženého čerstvého betonu atd. Povrchová vrstva tvrdé cementové malty je postupně mechanicky i povětrností obrušována až se po letech na povrchu postupně objevují větší zrna kameniva a ovlivňují vnímání celkového barevného odstínu konstrukce. Barevné betonové povrchy vyrobené z kameniva vhodné barvy vykazují velmi malé odlišnosti od původní barvy.

ZÁVĚR

Jsou-li pro výrobu barevného betonu používány kvalitní a stabilní anorganické pigmenty a je-li dodržován doporučený technologický postup, je výsledné zbarvení materiálu stejnoměrně sytější a trvalé a jeho odstín se během let mění jen nepatrně [2, 4, 6].

Různé technologie konečných úprav betonových povrchů, např. vymývání, pískování, patinování, broušení, leštění ad., ovlivňují výslednou sytost barevného odstínu různě. Je tedy důležité si uvažovanou barevnost betonového povrchu předem odzkoušet i s jeho konečnou úpravou, **obr. 1**.



Obr. 4b

Literatura:

- [1] Scale of shades, opusC 1/2009, str. 62–67
- [2] Materiály Lanxes Deutschland GmbH, www.lanxess.com, www.bayferrox.de, www.colored-concrete-works.com
- [3] Lopez A., Tobes J. M., Zerbino R., Barragán B.: Barevný samozhutnitelný beton – receptura a charakterizace, BETON TKS 1/2009, str. 44–50
- [4] Carvalho de Arruda Coelho F.: Vliv přidání anorganických pigmentů na trvanlivost betonu, BETON TKS 4/2009, str. 44–47
- [5] Margoldová J.: Most mezi staletími, BETON TKS 4/2009, str. 42–43
- [6] Příklad J.: Zkoušení světlostalosti anorganických pigmentů v betonu, BETON TKS 6/2009, str. 63–65
- [7] Pečur I., Juradin S., Duvnjak M., Lovrič T.: Vliv pigmentů na vlastnosti betonu, BETON TKS 6/2009, str. 66–69
- [8] Margoldová J.: Grafický beton, Beton TKS, 1/2009, str. 56–58
- [9] Margoldová J.: Grafický nebo fotografický beton, Beton TKS, 1/2010, str. 37–39

Fotografie: úvodní, obr. 2 až 4 archiv společnosti Graphic Concrete

Photos: introductory, Fig. 2 to 4 courtesy of Graphic Concrete

Obr. 4 Farní centrum Hollola, Finsko, 2010, Arkkitektitoimisto Havas Rosberg Oy, GC&Art&Design™ (Fotografie Tiia Ettala), a, b | **Fig. 4** Hollola Parish Centre, Finland, 2010, Arkkitektitoimisto Havas Rosberg Oy, GC&Art&Design™ (Photo Tiia Ettala), a, b