

## Beton v letním období

Vysoké teploty prostředí v letním období mají významný vliv na teplotu čerstvého betonu, jeho kvalitu a chování. Negativní vliv vysokých teplot okolního prostředí na čerstvý beton je možné omezit chlazením betonu nebo úpravou jeho složení. Skladbu betonu lze upravit použitím cementu s nízkým vývojem hydratačního tepla nebo pomocí zpomalujících plastifikačních přísad. Ovšem pro zmírnění komplikací spojených s vysokými teplotami je nutné uvážit, jaký z následujících problémů je aktuální v závislosti na použitém betonu, způsobu a délce přepravy a na typu konstrukce. Následně je možné hledat řešení.

V letním období je nutno řešit zejména následující problémy:

- zrychlená ztráta konzistence z důvodu zvýšeného odparu zárné vody vlivem vysoké teploty čerstvého betonu,
- zrychlená ztráta konzistence vlivem urychleného počátku tuhnutí teplého betonu,
- zvýšené maximální dosažené teploty v betonové konstrukci během hydratace vlivem vysoké teploty čerstvého betonu i okolního prostředí; zvýšená maximální dosažená teplota v betonovaném prvku má za výsledek zvýšená vynucená namáhání jak z důvodu vychládání konstrukce, tak z důvodu teplotního gradientu po průřezu,
- omezení maximální teploty čerstvého betonu dané doplňkovými předpisy.

### Chlazený beton

Chlazený beton lze využít, když chceme dosáhnout:

- prodloužení zpracovatelnosti čerstvého betonu,
- oddálení počátku tuhnutí a tvrdnutí betonové směsi;
- zpomalení nárůstu pevností betonu,
- omezení vývinu hydratačního tepla,
- splnění požadavku na maximální teplotu čerstvého betonu,
- omezení maximální dosažené teploty betonu u masivních konstrukcí,
- omezení maximální dosažené teploty betonu u významných konstrukcí dopravních staveb.

### Chladicí zařízení

Jako první v České republice nabízí TBG Metrostav svým zákazníkům možnost chlazení betonové směsi za pomoci ledové vychlazené vody. Na betonárně TBG Metrostav v Praze-Libni (Troji) je instalováno zařízení na chlazení čerstvého betonu ledovou vodou (teplota cca 1 °C). Tímto způsobem lze teplotu betonu snížit až o 4 °C oproti betonu standardní teploty. Při objednání chlazeného betonu je tak i za letních venkovních teplot zaručena maximální teplota čerstvého betonu v okamžiku dovezení na stavbu 27 °C, u betonu PERMACRETE pak 25 °C (Beton PERMACRETE má obecně vlivem použitých složek teplotu cca o 2 °C nižší než běžné betony, vyrobené ve stejných podmínkách). Při

příznivějších klimatických podmínkách budou dosahované teploty obecně nižší, běžně o 3 °C oproti betonu nechlazenému.

TBG Metrostav má s chlazením betonu již mnoho zkušeností. V roce 2011 byla směs čerstvého betonu pro betonáž Trojského mostu v horkých letních měsících chlazená kapalným dusíkem. Bylo prokázáno, že tato metoda snižuje teplotu čerstvého betonu a současně snižuje i následný vývoj hydratačního tepla.

### Příklad snížení teploty čerstvého betonu v betonovém prvku

Vliv chlazení betonu na průběh teplot v betonovém prvku během zrání je znázorněn na grafu 1. Průběh teploty byl měřen na betonu EASYCRETE C30/37, a to na nechlazeném, ochlazeném o 3 °C a ochlazeném o 7 °C. Z grafu je vidět mírné zpoždění dosažení maxima teploty v prvku se snižující se teplotou čerstvého betonu a zároveň snížení tohoto maxima zhruba o hodnotu zchlazení betonu. Hodnoty v grafu č. 1 jsou naměřené na modelu, který zhruba vystihuje chování 1 m silné desky. Z dat z grafu č. 1 a faktu, že snížení maximální teploty v konstrukci zhruba odpovídá snížení teploty čerstvého betonu, lze usuzovat, že se zchlazení čerstvého betonu významně projeví hlavně u nemasivních prvků. Při snížení teploty čerstvého betonu o 4 °C činí snížení maxima o 23 % u 1 m silné konstrukce a o 50 % u konstrukce silné 0,3 m (viz grafy č. 2 a 3). To

má již velký vliv na omezení vynucených namáhání mladého chladnoucího betonu.

### Beton s nízkým vývojem hydratačního tepla

Použitím betonu s nízkým vývojem hydratačního tepla (např. PERMACRETE) můžeme snížit maximální dosaženou teplotu v konstrukci. Snížená maximální teplota hydratačního betonu snižuje teplotní gradient po průřezu konstrukce a napětí od objemových změn při vychládání konstrukce. Maximální dosaženou teplotu ovlivňuje typ použitého cementu a příměsi, stejně jako teplota čerstvého betonu.

### Model masivní konstrukce

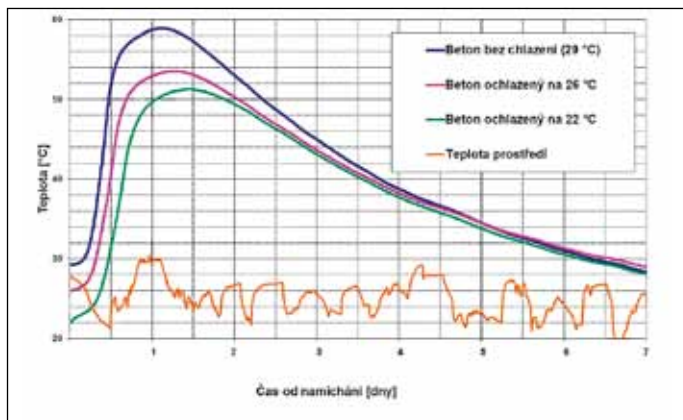
V grafu č. 2 (model 1 m silné desky) je uveden vliv typu cementu (CEM III/B 32,5 N LH/SR) na vývoj teploty betonového prvku během hydratace v porovnání s betonem z běžného portlandského cementu (CEM I 42,5 R). Při použití betonu s nízkým vývojem hydratačního tepla (PERMACRETE) dochází ke snížení nárůstu teploty vlivem hydratace ze 30 na 17 °C, tzn. o cca 43 %.

### Reálné konstrukce bílé vany

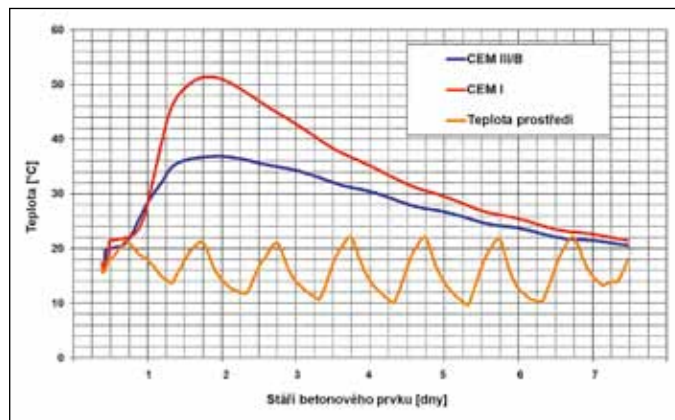
V grafu č. 3 je znázorněn průběh teplot v reálné vodonepropustné konstrukci tloušťky 0,3 m z betonu PERMACRETE, který vlastnostmi zhruba odpovídá betonu s cementem CEM III/B z grafu č. 2. Je zřejmé, že maximální dosažené teploty v betonovém prvku zásadně závisí i na tloušťce prvku.

Tabulka: Možnosti řešení problémů betonáže v letním období

Problém	Možné řešení		
	Chlazení betonu	Beton s nízkým vývinem hydratačního tepla	Zpomalená varianta betonu
Prodloužení zpracovatelnosti	ano	–	ano
Prodloužení dopravní vzdálenosti čerstvého betonu	ano	–	ano
Oddálení počátků tuhnutí i tvrdnutí	ano	–	ano
Snížení maximální dosažené teploty u masivních konstrukcí	ano	ano	–
Snížení maximální dosažené teploty u vodonepropustných konstrukcí	ano	ano	–
Splnění podmínek na teplotu čerstvého betonu v letních podmínkách dle doplňkových předpisů, např. dle <i>TKP staveb pozemních komunikací, kapitola 18 – Betonové konstrukce a mosty</i>	ano	–	–



Graf 1: Průběh teploty betonovaného prvku v závislosti na teplotě použitého čerstvého betonu



Graf 2: Vývoj teploty betonovaného prvku v závislosti na použitém cementu



Graf 3: Průběh teplot v průřezu po výšce ve vodonepropustné konstrukci tloušťky 0,3 m z betonu PERMACRETE.



Betonáž novostavby v ulici U Uranie v Praze 7

### Zpomalený beton – Z-varianta

Pokud je potřeba prodloužit zpracovatelnost betonu v čase, jak kvůli dlouhé ukládce, tak kvůli oddálenému leštění povrchu, je možno zvolit tzv. Z-variantu. U těchto betonů je pomocí přísad oddálen počátek hydratace. Pomocí přísady ale nemůže být principiálně zabráněno ztrátě konzistence z důvodu

rychlého odparu záměsové vody z teplého betonu. Dopředu je nutno specifikovat, jakého oddálení počátku tuhnutí má být dosaženo, v jakých podmínkách a u jakého betonu. Z důvodu mnoha vlivů nelze čas počátku tuhnutí stanovit naprosto přesně, ale pouze provést kvalifikovaný odhad. V grafu č. 4 je znázorněn příklad oddálení počátku tuhnutí i tvrdnutí Z-varianty oproti

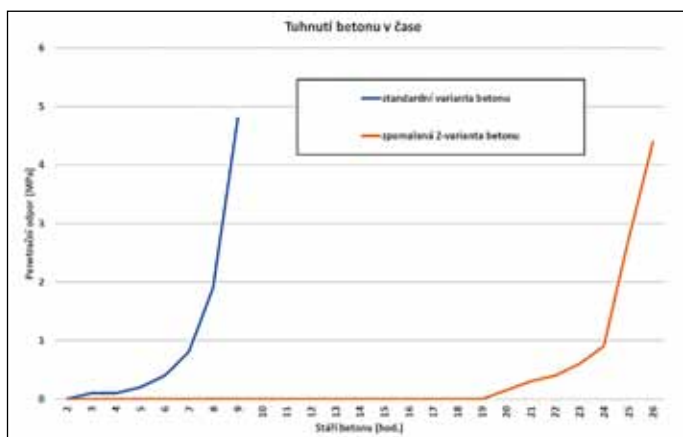
standardní variantě betonu PERMACRETE C25/30–90 dní XA2.

### Shrnutí

Teplota čerstvého betonu výrazně ovlivňuje zejména dobu zpracovatelnosti, počátek tuhnutí i tvrdnutí, nárůst pevností a vývoj hydratačního tepla. Omezení maximální teploty čerstvého betonu je vyžadováno zejména pro vodonepropustné

konstrukce (bílé vany), masivní konstrukce a pro významné konstrukce dopravních staveb. Snížení teploty chlazením a zpomalení betonu přísadami má vliv na prodloužení zpracovatelnosti. Toho lze využít i pro provádění běžných konstrukcí v horkých klimatických podmínkách

Robert Coufal,  
technolog TBG Metrostav



Graf 4: Oddálení počátku tuhnutí i tvrdnutí Z-varianty



Betonáž BD Tulipa Třebešín