

Kodex doporučené praxe **BAW**

Stanovení adiabatického zvýšení teploty betonu (MATB)

Vydání 2025

Oznámení EU č. 2025/0251/DE

Poznámka:

Oznámeno v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/1535 ze dne 9. září 2015 o postupu při poskytování informací v oblasti technických předpisů a předpisů pro služby informační společnosti (Úř. věst. L 241, 17.9.2015, s. 1)

Brožury, doporučení a pokyny BAW Vydavatel

Spolkový ústav pro inženýrství a výzkum vodních cest (BAW)
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
telefon: +49 721 9726-0
E-mail: info@baw.de
www.baw.de



creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/

Není-li uvedeno jinak, podléhají obsahy článků licenci Creative Commons BY-ND 4.0 (Uveďte jméno autora – Žádné úpravy 4.0 Mezinárodní). V případě jiného označení podléhají příslušné obsahy autorskoprávní ochraně a nesmějí být dále používány.

Obsah	Strana
1 Odkazy na normy, literaturu a další technické předpisy	1
2 Oblast působnosti	2
3 Adiabatické zvýšení teploty v souladu s normou DIN EN 12390-15 (referenční metoda)	2
4 Stanovení kvaziadiabatického zvýšení teploty na velkoformátovém betonovém bloku v praktické zkoušce	2
5 Výpočetní odhad adiabatického zvýšení teploty betonu	3

Seznam obrázků

Obrázek 1: Betonový blok s uspořádáním teplotních čidel	3
---	---

Přílohy

A.1. Poznámky k postupu	5
A.1.1. Obecné	5
A.1.2. Adiabatické zvýšení teploty v souladu s oddílem 3	5
A.1.3. Kvaziadiabatické zvýšení teploty podle oddílu 4	5
A.1.4. Výpočetní odhad adiabatického zvýšení teploty podle bodu 5	5

Úvodní poznámka

Adiabatické zvýšení teploty betonu je vlastnost betonu, která má vliv na počáteční tlak a vznik vnitřních pnutí v betonových konstrukcích a může ovlivnit riziko sekundární tvorby ettringitu v betonových konstrukcích.

Adiabatické zvýšení teploty betonu představuje vstupní parametr pro stanovení tlakové výztuže v důsledku časného napětí podle BAW-MRZ.

BAW-MATB popisuje metody, které umožňují stanovení nebo odhad adiabatického zvýšení teploty betonu.

Zboží uvedené v souladu s právními předpisy na trh v jiném členském státě Evropské unie nebo v Turecku nebo zboží pocházející ze státu ESVO, který je smluvní stranou Dohody o Evropském hospodářském prostoru, a uvedené v tomto státě v souladu s právními předpisy na trh, se považuje za v souladu s tímto opatřením. Uplatňování tohoto opatření podléhá nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 764/2008 ze dne 9. července 2008, kterým se stanoví postupy týkající se uplatňování některých vnitrostátních technických pravidel u výrobků uvedených v souladu s právními předpisy na trh v jiném členském státě a kterým se zrušuje rozhodnutí č. 3052/95/ES (Úř. věst. L 218, 13.8.2008, s. 21).

1 Odkazy na normy, literaturu a další technické předpisy

BAW-MRZ	Spolkový institut pro stavbu a výzkum vodních cest (Bundesanstalt für Wasserbau) [vyd.] (2025) Informační list BAW Mezní šířka trhlin pro tlak v masivních vodních stavbách (MRZ) [BAWMerkblatt Rissbreitenberenzung für Zwang in mass Wasserbauwerke (MRZ)]. Karlsruhe Spolkový institut pro stavbu a výzkum vodních cest (Bundesanstalt für Wasserbau) [vyd.] (Informační listy, doporučení a pokyny BAW).
DIN EN 196-8	DIN EN 196-8:2010-07 Metody zkoušení cementu – Část 8: Stanovení hydratačního tepla – Rozpouštěcí metoda; německá verze EN 196-8:2010
DIN EN 196-9	DIN EN 196-9:2010-07 Metody zkoušení cementu – Část 9: Stanovení hydratačního tepla – Semiadiabatická metoda; německá verze EN 196-9:2010
DIN EN 196-11	DIN EN 196-11:2019-03 Metody zkoušení cementu – Část 11: Stanovení hydratačního tepla – Izotermní vodivostní kalorimetrická metoda; německá verze EN 196-11:2018
DIN EN 12390-15	DIN EN 12390-15:2019-10 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 15: Adiabatická metoda pro stanovení tepla uvolněného z betonu během jeho tvrdnutí; německá verze EN 12390-15:2019.
ZTV-W LB 215	Spolkové ministerstvo dopravy [vyd.] (2025) ZTV-W LB 215: Dodatečné technické smluvní podmínky – vodní stavby (ZTV-W) pro stavbu vodních děl z betonu a železobetonu (oblast výkonu 215).

2 Oblast působnosti

- (1) BAW-MATB popisuje dvě zkušební metody, jakož i výpočtovou metodu pro stanovení nebo odhad adiabatického zvýšení teploty betonu.
- (2) Informace o zkušebních postupech a metodách výpočtu jsou uvedeny v příloze 1.

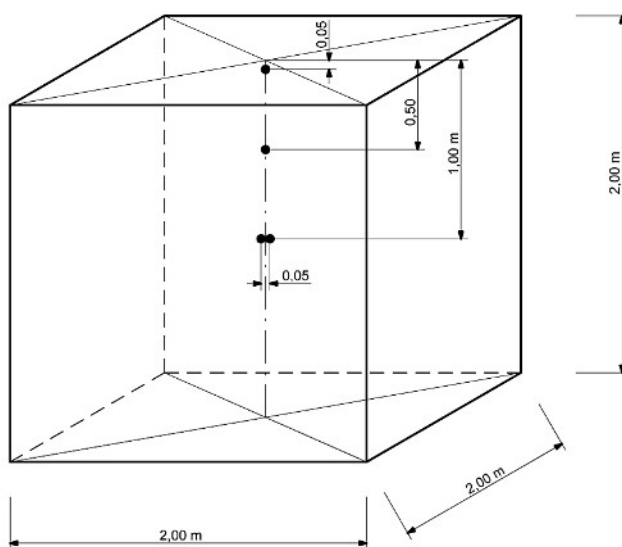
3 Adiabatické zvýšení teploty v souladu s normou DIN EN 12390-15 (referenční metoda)

- (1) Adiabatické zvýšení teploty betonu se stanoví v souladu s normou DIN EN 12390-15. Doba zkoušení je 7 dní.
- (2) Z šarže cementu použité při zkoušce se stanoví hydratační teplo podle normy DIN EN 196-8 nebo DIN EN 196-11 a vzorek se předá veřejnému zadavateli.
- (3) Zkoušky se musí zdokumentovat ve zprávě o zkoušce s údaji podle normy DIN EN 12390-15, 8, a) až t). Zpráva o zkoušce musí obsahovat tyto informace:
 - Teplota čerstvého betonu po výrobě betonu ve °C.
 - poměr C_{cal}/C_{con} a srovnání s požadavkem Norman.
 - Hydratační teplo v souladu s normou DIN EN 196-8 nebo DIN EN 196-11 šarže cementu použité v J/g.
 - Datum a zpráva o poslední kalibraci kalorimetru podle DIN 12390-15, příloha A.
 - Uvedení teplotních rozsahů, ve kterých se použijí stanovené hodnoty odchylky od adiabatické křivky (α) pro stanovení $T_c^*(t)$.
 - teploty $T_{con}(t)$, $T_{cal}(t)$, $T_c^*(t)$, $q(t)$ v podobě tabulky a grafu.

4 Stanovení kvaziadiabatického zvýšení teploty na velkoformátovém betonovém bloku v praktické zkoušce

- (1) Je třeba vyrobit jeden velkoformátový betonový blok (2,0 m x 2,0 m x 2,0 m) podle specifikace (obrázek 1). Při tom se berou v úvahu tyto hraniční podmínky:
 - U šarže cementu použité v betonu se hydratační teplo stanoví v souladu s normou DIN EN 196-8 nebo DIN EN 196-11 a veřejnému zadavateli se předává záložní vzorek.
 - Blok musí být ze všech stran opatřen tepelnou izolací ($d \geq 360$ mm; skupina tepelné vodivosti 040 nebo nižší; dostatečná pevnost v tlaku).
 - Ukotvení přes není povoleno.
 - Teplota čerstvého betonu při montáži nesmí klesnout pod 15 °C, teplota okolního vzduchu během provádění zkoušky (doba měření: 168 hodin) nesmí neklesnout pod 5 °C.
 - Ve středu bloku musí být umístěny dvě teplotní čidla (vzdálenost 5 cm). Další dvě teplotní čidla musí být umístěna na pomyslné linii mezi středem bloku a středem boční plochy nebo středem horní plochy ve vzdálenosti 5 cm a 50 cm od povrchu (viz obrázek Obrázek 1).

- Jako teplotní čidla se použijí odporová čidla s přípustnou odchylkou ± 1 K. Měřicí řetězec (teplotní čidlo, zapisovací přístroj, napájecí zdroj) musí mít přesnost ± 1 K pro záznam teplotního rozsahu.
- Teplotní profil v betonovém bloku a teplota okolního vzduchu se musí zaznamenávat nepřetržitě po dobu nejméně 168 hodin (7 dní) v intervalu 30 minut.
- Zkoušky musí být zdokumentovány v zprávě o zkoušce s těmito informacemi:
 - Hydratační teplo v souladu s normou DIN EN 196-8 nebo DIN EN 196-11 šarže cementu použité v J/g.
 - Typ, označení a přesnost měření snímačů a měřicího řetězce
 - Dokumentace měřicího řetězce (datové listy, konfigurace zapisovačů, zpracování údajů).
 - Teplota čerstvého betonu $T_{\text{Betón}}$ v době instalace v $^{\circ}\text{C}$
 - Naměřená teplota $T_{\text{Betón}}(t)$ v podobě tabulky a grafu ve $^{\circ}\text{C}$
 - $T_{\text{qadiab}}(t)$ v podobě tabulky a grafu v K



• Temperaturfühler

Temperaturfühler

1,00 m

2,00 m

Snímač teploty

1,00 m

2,00 m

Obrázek 1: Betonový blok s uspořádáním teplotních čidel

5 Výpočetní odhad adiabatického zvýšení teploty betonu

- (1) Výpočetní odhad adiabatického zvýšení teploty betonu se provádí podle vzorce (1).
- (2) Pro výpočet se použije hydratační teplo cementu určeného pro beton na základě aktuální zkušební hodnoty Q_{iso} .

$$\Delta T_{ad,7d,cal} = \frac{Q_{iso} \cdot z}{\frac{Q_{iso}}{Q_{adiab.}} \cdot (c_c \cdot z + c_{ad} \cdot f + c_a \cdot g + c_w \cdot w)} \quad (1)$$

$\Delta T_{ad,7d,cal}$	Vypočtené adiabatické zvýšení teploty betonu v K
Q_{iso}	Hydratační teplo cementu podle DIN EN 196-8 (referenční) nebo DIN EN 196-11 v J/g. Alternativně lze použít hydratační teplo stanovené podle normy DIN EN 196-9. Hodnota Q_{iso} pak činí 80 % výsledku podle normy DIN EN 196-9 po 168 hodinách měření.
Q_{adiab}	Hydratační teplo cementu za adiabatických podmínek v J/g
$Q_{iso}/Q_{adiab.}$	Poměr izotermického hydratačního tepla Q_{iso} při 20 °C k adiabatickému hydratačnímu teplu Q_{adiab} po 7 dnech: Bez stanovení skutečného poměru lze použít následující hodnoty při použití CEM III LH: 0,75 CEM II/A, CEM II/B, CEM III: 0,80 CEM I: 0,90
c_c, c_{ad}, c_a	Měrné teplo cementu, přísady a kameniva. Pokud nejsou k dispozici žádné zvláštní informace: 0,84 J/(g*K)
c_w	Měrné teplo vody obsažené ve vzorku. Pokud nejsou k dispozici žádné zvláštní informace: 3,76 J/(g*K) podle normy DIN EN 12390-15
z, f, g	Obsah cementu, obsah aditiv, obsah kameniva v kg/m ³
w	Obsah vody v kg/m ³

(3) Zkoušky musí být zdokumentovány ve zprávě o zkoušce s uvedením použitých parametrů.

- Q_{iso} jako zkušební hodnota v J/g s příloženou zprávou o zkoušce
- předpokládaný poměr Q_{iso}/Q_{adiab}
- Obsah cementu, obsah aditiv, obsah vody, obsah kameniva v betonu v kg/m³
- c_c, c_{ad}, c_a, c_w
- $\Delta T_{ad,7d,cal}$ v K

A.1. Poznámky k postupu

A.1.1. Obecné

- (1) Níže jsou uvedeny pokyny ke třem metodám, které je třeba zohlednit při hodnocení výsledků.
- (2) Hydratační teplo betonu je ovlivněno především vlastnostmi cementu a obsahem cementu.
- (3) Výkyvy ve výrobě cementu mohou v zásadě vést k tomu, že při stejném složení betonu, ale s jinou šarží cementu, budou naměřeny různé adiabatické zvýšení teploty. Pro zařazení adiabatického zvýšení teploty betonu stanoveného podle oddílů 3 a 4 je proto nezbytně nutné stanovit hydratační teplo cementové šarže použité ve zkoušce podle normy DIN EN 196-8 nebo DIN EN 196-11.
- (4) Očekávané výkyvy adiabatického zvýšení teploty betonu pro dané složení betonu lze odhadnout na základě znalosti výrobních výkyvů hydratačního tepla cementu.

A.1.2. Adiabatické zvýšení teploty v souladu s oddílem 3

- (1) Stanovení adiabatického zvýšení teploty podle oddílu 3 představuje referenční postup pro stanovení adiabatického zvýšení teploty.
- (2) V laboratorní zkoušce za definovaných rámcových podmínek, s přihlédnutím k tepelným ztrátám v betonovém kalorimetru, se stanoví adiabatické zvýšení teploty betonu s přihlédnutím ke všem vlastnostem betonu zkoušeného s použitými vstupními šaržemi betonu.
- (3) Je prokázáno, že se zkoumaným složením betonu lze dodržet určité adiabatické zvýšení teploty betonu.

A.1.3. Kvaziadiabatické zvýšení teploty podle oddílu 4

- (1) Při správném provedení zkoušky na staveništi se stanoví kvaziadiabatické zvýšení teploty betonu s přihlédnutím ke všem vlastnostem zkoušeného betonu a použitých dávek výchozích surovin betonu.
- (2) Kvaziadiabatické zvýšení teploty stanovené ve zkoušce na staveništi představuje dolní odhad adiabatického zvýšení teploty betonu, protože nejsou zohledněny nevyhnutelné tepelné ztráty v závislosti na měnících se podmínkách prostředí. Lze rovněž očekávat, že větší rozmezí teplot čerstvého betonu a větší kolísání složení betonu v betonárně v důsledku výrobních podmínek ve srovnání s laboratorní zkouškou mohou mít rovněž za následek větší kolísání výsledků.
- (3) Kromě stanovení kvaziadiabatického zvýšení teploty betonu lze v průběhu výroby bloku, na rozdíl od laboratorní zkoušky, zkoumat další vlastnosti betonu, jako je například čerpatelnost a stabilita vzduchových pórů za praktických stavebních podmínek.
- (4) Je prokázáno, že se zkoumaným složením betonu lze dodržet určité adiabatické zvýšení teploty betonu. Výsledky jsou však méně spolehlivé než při adiabatické zkoušce podle oddílu 3.

A.1.4. Výpočetní odhad adiabatického zvýšení teploty podle bodu 5

- (1) Pomocí výpočtového přístupu se za zahrnutí předpokladů ohledně parametrů z literárních údajů a hydratačního tepla cementu stanoveného zkouškou odhaduje adiabatické zvýšení teploty betonu za předpokladu teploty čerstvého betonu 20 °C.
- (2) Stanovení hydratačního tepla cementu je možné pomocí tří různých standardizovaných zkušebních metod (DIN EN 196-8, DIN EN 196-9, DIN EN 196-11), jejichž skutečným účelem je stanovení vlastnosti LH cementu. Výsledky zkoušek těchto tří postupů podléhají určitým odchylkám v závislosti na postupu. Výsledky dvou správně provedených zkoušek ve dvou laboratořích se mohou podle údajů o přesnosti uvedených v normách podle DIN EN 196-8 lišit až o 50 J/g, podle DIN EN 196-9 až o 42 J/g a podle DIN EN 196-11 až o 37 J/g.
- (3) Z odchylek uvedených v odstavci 2 mohou pouze z hydratačního tepla cementu vzniknout odchylky od vypočteného adiabatického zvýšení teploty betonu při jinak nezměněných parametrech o přibližně 5 K.
- (4) Odchylky 0,05 skutečného poměru $Q_{\text{iso}}/Q_{\text{ad}}$ od poměru stanoveného výpočtem mohou představovat rozdíl přibližně 3 K ve vypočteném adiabatickém zvýšení teploty betonu.
- (5) Při použití výpočtového přístupu s nepřesnostmi uvedenými v odstavcích 3 a 4 je třeba pečlivě zvážit jednoduchou metodiku odhadu adiabatického zvýšení teploty a možné dopady na posuzovanou stavbu/konstrukční prvek. U betonu v mezní oblasti přípustné maximální teploty prvku je postup podle oddílu 5 rizikový z důvodu nebezpečí poškození v důsledku sekundární tvorby ettringitu. U prvků typu základové desky v mezní oblasti přípustného adiabatického zvýšení teploty je postup podle oddílu 5 rizikový z důvodu nepříznivého překrývání vnějšího a vnitřního napětí.