

Kodeks ravnanja **BAW**:

Določevanje povišanja adiabatne temperature betona (MATB)

Izdaja iz leta 2025

Uradno obvestilo EU št. 2025/0251/DE

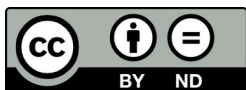
Opomba:

Obvestilo je priglašeno v skladu z Direktivo (EU) 2015/1535 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. septembra 2015 o določitvi postopka za zbiranje informacij na področju tehničnih predpisov in pravil za storitve informacijske družbe (UL L 241, 17.9.2015, str. 1).

Letaki, priporočila in smernice BAW

Izdajatelj

Zvezni inštitut za inženiring in raziskave na področju vodnih poti (BAW)
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
Telefon: +49 721 9726-0
E-pošta: info@baw.de
www.baw.de



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

Če ni drugače navedeno, je vsebina člankov licencirana pod licenco Creative Commons BY-ND 4.0 (Navedba avtorstva – Brez izpeljank 4.0 Mednarodna). Če ni drugače navedeno, je zadevna vsebina zaščitena z avtorskimi pravicami in je njena ponovna uporaba prepovedana.

Vsebina	Stran
1 Sklicevanja na standarde, literaturo in druge tehnične predpise	1
2 Področje uporabe	1
3 Povišanje adiabatne temperature v skladu z DIN EN 12390-15 (referenčna metoda)	2
4 Določanje povišanja kvaziadiabatne temperature betonskega bloka velikega formata v praktičnem preskusu	2
5 Izračun povišanja adiabatne temperature betona	3

Kazalo slik

Slika 1: Betonski blok z razporeditvijo temperaturnih senzorjev	3
---	---

Kazalo prilog

A.1. Opombe o postopku:	5
A.1.1. Splošno	5
A.1.2. Povišanje adiabatne temperature v skladu z oddelkom 3	5
A.1.3. Povišanje kvaziadiabatne temperature v skladu z oddelkom 4	5
A.1.4. Računalniška ocena povišanja adiabatne temperature v skladu z oddelkom 5	5

Uvodna opomba

Povišanje adiabatne temperature betona je lastnost betona, ki vpliva na zgodnje deformacije in nastanek preostalih napetosti v betonskih komponentah, pa tudi na tveganje nastanka sekundarnega etringita v betonskih komponentah.

Povišanje adiabatne temperature betona je vhodni parameter za določanje ojačitve zaradi zgodnje deformacije v skladu z BAW-MRZ.

BAW-MATB opisuje metode, ki omogočajo določitev ali oceno povišanja adiabatne temperature betona.

Blago, ki se zakonito daje na trg v drugi državi članici Evropske unije ali v Turčiji ali izvira iz države Efte, ki je pogodbenica Sporazuma o Evropskem gospodarskem prostoru, in se tam zakonito daje na trg, se šteje za združljivo s tem ukrepom. Uporabo tega ukrepa ureja Uredba (ES) št. 764/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. julija 2008 o določitvi postopkov za uporabo nekaterih nacionalnih tehničnih pravil za proizvode, ki se zakonito tržijo v drugi državi članici, in o razveljavitvi Odločbe št. 3052/95/ES (UL L 218, 13.8.2008, str. 21).

1 Sklicevanja na standarde, literaturo in druge tehnične predpise

BAW-MRZ	Zvezni inštitut za vodno gradnjo [izd.] (2025) BAWMerkblatt Rissbreitenberenzung für Zwang in massive Wasserbauwerke (MRZ) [Informativni list BAW o omejitvi širine razpok za omejevanje v masivnih hidravličnih konstrukcijah]. Karlsruhe: Zvezni inštitut za vodno gradnjo (zloženke, priporočila in smernice BAW).
DIN EN 196-8	DIN EN 196-8:2010-07 Metode preskušanja cementa – 8. del: Toplota hidratacije – Metoda raztapljanja; nemška različica EN 196-8:2010
DIN EN 196-9	DIN EN 196-9:2010-07 Metode preskušanja cementa – 9. del: Toplota hidratacije – Semiadiabatska metoda; nemška različica EN 196-9:2010
DIN EN 196-11	DIN EN 196-11:2019-03 Metode preskušanja cementa – 11. del: Toplota hidratacije – Izotermna kondukcijska kalorimetrija; nemška različica EN 196-11:2018
DIN EN 12390-15	DIN EN 12390-15:2019-10 Preskušanje strjenega betona – 15. del: Adiabatska metoda za ugotavljanje toplote, ki se sprosti med procesom strjevanja betona; nemška različica EN 12390-15:2019
ZTV-W LB 215	Zvezno ministrstvo za promet [izd.] (2025) ZTV-W LB 215: Dodatni tehnični pogodbeni pogoji – hidrotehnika (ZTV-W) za betonske in armiranobetonske hidravlične konstrukcije (delovno območje 215).

2 Področje uporabe

- (1) BAW-MATB opisuje dve preskusni metodi in računsko metodo za določanje oziroma ocenjevanje povišanja adiabatne temperature betona.

(2) Informacije o preskusnih postopkih in računskih metodah so na voljo v Prilogi 1.

3 Povišanje adiabatne temperature v skladu z DIN EN 12390-15 (referenčna metoda)

(1) Povišanje adiabatne temperature betona se določi v skladu z DIN EN 12390-15. Preskusno obdobje je 7 dni.

(2) Za serijo cementa, ki se uporablja v preskusu, se hidratacijska toplota določi v skladu z DIN EN 196-8 ali DIN EN 196-11, rezervni vzorec pa se izroči naročniku.

(3) Preskusi se dokumentirajo v poročilu o preskusu, ki vsebuje informacije v skladu z DIN EN 12390-15, 8, (a) do (t). V poročilo o preskusu se vključijo naslednje informacije:

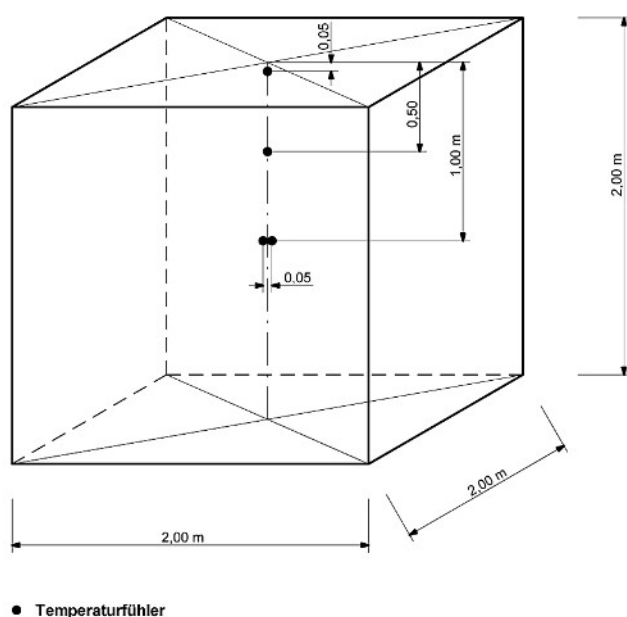
- temperaturo svežega betona po izdelavi betona v °C;
- razmerje C_{cal}/C_{con} in primerjava z zahtevo standarda;
- hidratacijsko toploto v skladu z DIN EN 196-8 ali DIN EN 196-11 serije cementa, uporabljene v J/g;
- datum in protokol zadnje kalibracije kalorimetra v skladu z DIN 12390-15, Priloga A;
- navedbo temperaturnih območij, v katerih se ugotovljene vrednosti odstopanja od adiabatizacije (α) uporabijo za določitev $T_c^*(t)$;
- temperature $T_{con}(t)$, $T_{cal}(t)$, $T_c^*(t)$, $q(t)$ v tabelarni in grafični obliki.

4 Določanje povišanja kvaziadiabatne temperature betonskega bloka velikega formata v praktičnem preskusu

(1) Za vsak beton je treba izdelati en betonski blok velikega formata (2,0 m x 2,0 m x 2,0 m) v skladu s specifikacijami (slika 1). Pri tem se upoštevajo naslednji mejni pogoji:

- Za serijo cementa, ki se uporabi v betonu, se hidratacijska toplota določi v skladu z DIN EN 196-8 ali DIN EN 196-11, rezervni vzorec pa se izroči naročniku.
- Blok mora biti na vseh straneh toplotno izoliran ($d \geq 360$ mm; skupina toplotne prevodnosti 040 ali manj; zadostna tlačna trdnost).
- Sidranje ni dovoljeno.
- Temperatura svežega betona med vgradnjo je lahko 15 °C, temperatura okoliškega zraka med preskusom (čas merjenja: 168 ur) ne sme pasti pod 5 °C.
- V sredino bloka se namestita dva temperaturna senzorja (na razdalji 5 cm). Dva dodatna temperaturna senzorja se namestita na namišljeno črto med središčem bloka in središčem stranske površine ali središčem zgornje površine na razdalji 5 do 50 cm od površine (glej sliko Slika 1).
 - Kot temperaturni senzorji se uporabijo senzorji upornosti z dovoljenim odstopanjem ± 1 K. Merilna veriga (temperaturni senzor, zapisovalnik podatkov, napajalnik) mora imeti za beleženje temperaturnega območja točnost ± 1 K.
- Temperaturni profil v betonskem bloku in temperatura okoliškega zraka se beležita neprekinjeno s pogostostjo 30 minut v obdobju najmanj 168 ur (7 dni).
- Preskusi se dokumentirajo v poročilu o preskusu in navedejo se naslednje informacije:

- hidratacijska toplota v skladu z DIN EN 196-8 ali DIN EN 196-11 serije cementa, uporabljene v J/g;
- tip, oznaka in natančnost senzorjev in merilne verige;
- dokumentacija merilne verige (podatkovni listi, konfiguracija zapisovalnika podatkov, priprava podatkov);
- temperatura svežega betona T_{Beton} v času vgradnje v °C;
- izmerjena temperatura $T_{\text{Beton}}(t)$ v tabelarni in grafični obliki v °C;
- $T_{\text{qadiab}}(t)$ v tabelarni in grafični obliki v K.



Temperaturfühler

Tipalo temperature

1,00 m

1,00 m

2,00 m

2,00 m

Slika 1: Betonski blok z razporeditvijo temperaturnih senzorjev

5 Izračun povišanja adiabatne temperature betona

- (1) Matematična ocena povišanja adiabatne temperature betona se izvede po formuli (1).
- (2) Izračun temelji na hidratacijski toploti cementa v betonu na podlagi trenutne preskusne vrednosti Q_{iso} .

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

$\Delta T_{ad,7d,cal}$

Izračunano povišanje adiabatne temperature betona v K

Q_{iso}	Hidratacijska toplota cementa v skladu s standardom DIN EN 196-8 (referenca) ali DIN EN 196-11 v J/g. Namesto tega se lahko uporabi hidratacijska toplota, določena v skladu z DIN EN 196-9. Vrednost za Q_{iso} je nato 80 % rezultata v skladu z DIN EN 196-9 po 168 urah merjenja.
Q_{adiab}	Hidratacijska toplota cementa v adiabatnih pogojih v J/g
Q_{iso}/Q_{adiab} :	Razmerje med izotermno hidratacijsko toploto Q_{iso} pri 20 °C in adiabatno hidratacijsko toploto Q_{adiab} po 7 dneh: Brez določitve dejanskega razmerja se lahko pri uporabi uporabijo naslednje vrednosti: 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	Specifična toplota cementa, aditiva in agregata. Če ni drugače določeno: 0,84 J/(g*K)
c_w	Specifična toplota vode v vzorcu. Če ni drugače določeno: 3,76 J/(g*K) v skladu z DIN EN 12390-15
z, f, g	Vsebnost cementa, vsebnost aditivov, vsebnost agregata v kg/m ³
w	Vsebnost vode v kg/m ³

(3) Preskusi se dokumentirajo v poročilu o preskusu, v katerem so navedeni uporabljeni parametri.

- Q_{iso} kot preskusna vrednost v J/g skupaj s poročilom o preskusu
- predvideno razmerje Q_{iso}/Q_{adiab}
- Vsebnost cementa, vsebnost aditiva, vsebnost vode, vsebnost agregata betona v kg/m³
- c_c, c_{ad}, c_a, c_w
- $\Delta T_{ad, 7d, cal}$ v K

A.1. Opombe o postopku:

A.1.1. Splošno

- (1) V nadaljevanju so podane informacije o treh metodah, ki jih je treba upoštevati pri vrednotenju rezultatov.
- (2) Na hidratacijsko toploto betona v glavnem vplivajo lastnosti cementa in vsebnost cementa.
- (3) Proizvodna nihanja lastnosti cementa lahko povzročijo različna povišanja adiabatne temperature, ki se določijo z isto sestavo betona, vendar z drugačno serijo cementa. Za razvrstitev povišanja adiabatne temperature v betonu, določenega v skladu z oddelkoma 3 in 4, je zato nujno treba določiti hidratacijsko toploto cementne serije, uporabljene v poskusu, v skladu z DIN EN 196-8 ali DIN EN 196-11.
- (4) Pričakovana nihanja povišanja adiabatne temperature betona za betonsko sestavo se ocenijo na podlagi poznavanja proizvodnih nihanj hidratacijske toplote cementa.

A.1.2. Povišanje adiabatne temperature v skladu z oddelkom 3

- (1) Določanje povišanja adiabatne temperature v skladu z oddelkom 3 je referenčna metoda za določanje povišanja adiabatne temperature.
- (2) V laboratorijskem preskusu pod določenimi okvirnimi pogoji se določi povišanje adiabatne temperature betona ob upoštevanju vseh lastnosti preskušene betona in uporabljenih vhodnih serij betona, hkrati pa se upoštevajo toplotne izgube v kalorimetru betona.
- (3) Dokazano je, da se lahko določeno povišanje adiabatne temperature betona ohrani s preskušeno sestavo betona.

A.1.3. Povišanje kvaziadiabatne temperature v skladu z oddelkom 4

- (1) Pri preskusu na gradbišču se, če je preskus pravilno izveden, določi povišanje kvaziadiabatne temperature betona ob upoštevanju vseh lastnosti preskušene betona in uporabljenih serij betonskih surovin.
- (2) Povišanje kvaziadiabatne temperature, ugotovljeno pri preskusu na gradbišču, predstavlja nižjo oceno povišanja adiabatne temperature betona, saj se neizogibne toplotne izgube zaradi spreminjajočih se okoljskih pogojev ne upoštevajo. Večji razponi temperature svežega betona in večja nihanja sestave betona, ki se pričakujejo v betonarni zaradi proizvodnih dejavnikov v primerjavi z laboratorijskim preskusom, lahko povzročijo tudi večja nihanja rezultatov.
- (3) Poleg določanja povišanja kvaziadiabatne temperature betona se lahko med proizvodnjo blokov preučijo tudi druge lastnosti betona, za razliko od laboratorijskega preskusa, kot sta sposobnost črpanja in stabilnost zračnih por v praktičnih pogojih gradnje.
- (4) Dokazano je, da se lahko določeno povišanje adiabatne temperature betona ohrani s preskušeno sestavo betona. Rezultati so manj zanesljivi, vendar zadostni, kot pri adiabatnem preskusu iz oddelka 3.

A.1.4. Računalniška ocena povišanja adiabatne temperature v skladu z oddelkom 5

- (1) Z uporabo računalniškega pristopa se povišanje adiabatne temperature betona oceni ob predpostavki, da je temperatura svežega betona 20 °C, pri čemer se upoštevajo predpostavke o parametrih iz literature in hidratacijska toplota cementa, določena s preskušanjem.
- (2) Določanje hidratacijske toplote cementa je mogoče s tremi različnimi standardiziranimi preskusnimi metodami (DIN EN 196-8, DIN EN 196-9, DIN EN 196-11), katerih dejanski namen je določiti lastnost LH cementa. Preskusni rezultati teh treh metod so zaradi postopka podvrženi določenim nihanjem. Glede na specifikacije natančnosti, navedene v standardih, se lahko rezultati dveh pravilno izvedenih preskusov, ki jih izvedeta dva laboratorija, razlikujejo za do 50 J/g v skladu z DIN EN 196-8, do 42 J/g v skladu z DIN EN 196-9 in do 37 J/g v skladu z DIN EN 196-11.
- (3) Odstopanja, navedena v odstavku 2, lahko povzročijo odstopanja za približno 5 K pri izračunanem povišanju adiabatne temperature betona, pri sicer nespremenjenih parametrih, izključno zaradi hidratacijske toplote cementa.
- (4) Odstopanja 0,05 dejanskega razmerja $Q_{\text{iso}}/Q_{\text{ad}}$ od izračunanega razmerja lahko predstavljajo razliko približno 3 K v izračunanem povišanju adiabatne temperature betona.
- (5) Pri uporabi računalniškega pristopa z netočnostmi, navedenimi v odstavkih 3 in 4, je treba skrbno najti ravnovesje med preprosto metodologijo za oceno povišanja adiabatne temperature in morebitnim vplivom na obravnavano konstrukcijo/komponento. Kadar je temperatura betona na zgornji meji dovoljene najvišje temperature komponent, postopek, opisan v poglavju 5, predstavlja tveganje zaradi nevarnosti poškodb, ki nastanejo zaradi sekundarnega nastajanja etringita. Pri elementih, podobnih podlagam, ki delujejo na zgornji meji dovoljenega adiabatnega povišanja temperature, metoda, opisana v poglavju 5, predstavlja tveganje zaradi neugodne kombinacije delovnih in preostalih obremenitev.