

Codul de bune practici al **BAW**:

Determinarea creșterii adiabatice a temperaturii betonului (MATB)

Ediția 2025

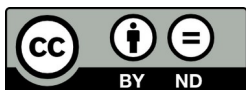
Notificarea UE nr. 2025/0251/DE

Notă:

Notificată în temeiul Directivei (UE) 2015/1535 a Parlamentului European și a Consiliului din 9 septembrie 2015 referitoare la procedura de furnizare de informații în domeniul reglementărilor tehnice și al normelor privind serviciile societății informaționale (JO L 241, 17.9.2015, p. 1).

Broșuri, recomandări și orientări Baw Editor

Institutul Federal de Cercetare și Inginerie a Căilor Navigabile (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/

Cu excepția cazului în care se indică altfel, conținutul articolelor este licențiat sub licența Creative Commons BY-ND 4.0 (Atribuire - Fără lucrări derivate 4.0 Internațional). Dacă nu se specifică altfel, conținutul respectiv este protejat de drepturi de autor și nu poate fi reutilizat.

Cuprins	Pagina
1 Trimiteri la standarde, literatură de specialitate și alte reglementări tehnice	1
2 Domeniul de aplicare	2
3 Creșterea adiabetică a temperaturii conform DIN EN 12390-15 (metoda de referință)	2
4 Determinarea creșterii cvasi-adiabetică a temperaturii în blocul de beton de dimensiune mare într-un test practic	2
5 Estimarea computerizată a creșterii adiabatice a temperaturii betonului	4

Lista de imagini

Figura 1: Bloc de beton cu dispunere de senzori de temperatură	3
--	---

Lista anexelor

A.1. Note privind procedura	6
A.1.1. Observații generale	6
A.1.2. Creșterea adiabetică a temperaturii în conformitate cu secțiunea 3	6
A.1.3. Creșterea cvasiadiabetică a temperaturii în conformitate cu secțiunea 4	6
A.1.4. Estimarea computerizată a creșterii adiabatice a temperaturii în conformitate cu secțiunea 5	7

Observații preliminare

Creșterea adiabetică a temperaturii betonului este o proprietate a betonului, care are un impact asupra constrângerii timpurii și asupra formării de autosolicitări în componentele betonului și poate influența riscul formării etringitului secundar în componentele betonului.

Creșterea adiabetică a temperaturii betonului este un parametru de intrare pentru determinarea armăturii forțate datorită constrângerii timpurii conform BAW-MRZ.

BAW-MATB descrie metode care fac posibilă determinarea sau estimarea creșterii adiabatice a temperaturii betonului.

Mărfurile comercializate în mod legal în alt stat membru al Uniunii Europene sau în Turcia, sau care provin și sunt comercializate în mod legal într-un stat AELS care este parte contractantă la Acordul privind Spațiul Economic European, sunt considerate compatibile cu această măsură. Aplicarea acestei măsuri este supusă dispozițiilor Regulamentului (CE) nr. 764/2008 al Parlamentului European și al Consiliului din 9 iulie 2008 de stabilire a unor proceduri de aplicare a anumitor norme tehnice naționale pentru produsele comercializate în mod legal în alt stat membru și de abrogare a Deciziei nr. 3052/95/CE (JO L 218, 13.8.2008, p. 21).

1 Trimiteri la standarde, literatură de specialitate și alte reglementări tehnice

BAW-MRZ	Institutul Federal de Inginerie Hidraulică [Ed.] (2025) BAWMerkblatt Rissbreitenberenzung für Zwang in masic Wasserbauwerke (MRZ) [broșură BAW privind limitarea lățimii fisurilor pentru constrângerile din structurile hidraulice masive]. Karlsruhe: Institutul Federal pentru Inginerie Hidraulică (pliante, recomandări și orientări BAW).
DIN EN 196-8	DIN EN 196-8:2010-07 Metode de încercări ale cimenturilor – Partea 8: Căldura de hidratare – Metoda prin dizolvare; versiunea germană EN 196-8:2010
DIN EN 196-9	DIN EN 196-9:2010-07 Metode de încercări ale cimenturilor – Partea 9: Căldura de hidratare – Metoda semiadiabetică; versiunea în limba germană EN 196-9:2010
DIN EN 196-11	DIN EN 196-11:2019-03 Metode de încercări ale cimenturilor – Partea 11: Căldură de hidratare – Metoda calorimetrică prin conducție izotermică; versiunea în limba germană EN 196-11:2018
DIN EN 12390-15	DIN EN 12390-15:2019-10 Încercare pe beton întărit – Partea 15: Metoda adiabetică pentru determinarea căldurii eliberate de beton în timpul procesului de întărire; versiunea germană EN 12390-15:2019.
ZTV-W LB 215	Ministerul Federal al Transporturilor [ed.] (2025) ZTV-W LB 215: Clauzele tehnice suplimentare ale contractului – inginerie hidraulică (ZTV-W), referitoare la beton și structuri hidraulice din beton armat (zona de servicii 215).

2 Domeniul de aplicare

- (1) BAW-MATB descrie două metode de încercare, precum și o metodă de calcul pentru determinarea sau estimarea creșterii adiabatice a temperaturii betonului.
- (2) Informații privind procedurile de încercare și metodele de calcul pot fi găsite în anexa 1.

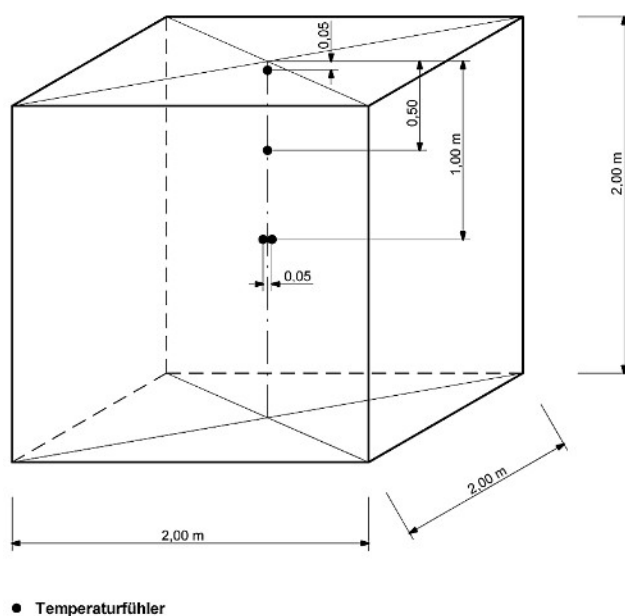
3 Creșterea adiabetică a temperaturii conform DIN EN 12390-15 (metoda de referință)

- (1) Creșterea adiabetică a temperaturii betonului se determină în conformitate cu DIN EN 12390-15. Perioada de încercare este de șapte zile.
- (2) Din lotul de ciment utilizat în experiment, căldura de hidratare se determină în conformitate cu DIN EN 196-8 sau DIN EN 196-11 și un eșantion de rezervă se predă autorității contractante.
- (3) Încercările se documentează într-un raport de încercare care conține informațiile în conformitate cu DIN EN 12390-15, 8, literele (a)-(t). Raportul de încercare trebuie să conțină următoarele informații suplimentare:
 - temperatura betonului proaspăt după producerea betonului în °C;
 - raportul C_{cal}/C_{con} și comparația cu cerința Norman;
 - căldura de hidratare conform DIN EN 196-8 sau DIN EN 196-11 a lotului de ciment utilizat în J/g;
 - data și procesul-verbal al ultimei calibrări a calorimetrului în conformitate cu DIN 12390-15, anexa A;
 - indicarea intervalelor de temperatură în care se utilizează valorile obținute ale abaterii de la adiabată (α) pentru a determina $T_c^*(t)$;
 - temperaturile $T_{con}(t)$, $T_{cal}(t)$, $T_c^*(t)$, $q(t)$ în formă tabelară și grafică.

4 Determinarea creșterii cvasi-adiabetică a temperaturii în blocul de beton de dimensiune mare într-un test practic

- (1) Pentru fiecare beton trebuie să se producă un bloc de beton de dimensiune mare (2,0 m x 2,0 m x 2,0 m) în conformitate cu specificațiile (figura 1). În acest sens, se iau în considerare următoarele condiții-limită:
 - Din lotul de ciment utilizat în beton, căldura de hidratare se determină în conformitate cu DIN EN 196-8 sau DIN EN 196-11 și un eșantion de rezervă se predă autorității contractante.
 - Blocul trebuie prevăzut cu izolație termică pe toate laturile ($d \geq 360$ mm; grupa de conductivitate termică 040 sau mai mică; rezistență suficientă la compresiune).
 - Nu este permisă ancorarea.
 - Temperatura betonului proaspăt în timpul instalării poate fi de 15 °C, temperatura aerului înconjurător în timpul încercării (timp de măsurare: 168 de ore) nu scade sub 5 °C.

- În centrul blocului trebuie amplasați doi senzori de temperatură (la distanță de 5 cm). Doi senzori de temperatură suplimentari trebuie amplasați pe o linie imaginată între centrul blocului și centrul unei suprafețe laterale sau centrul suprafeței superioare la o distanță de 5 cm și 50 cm față de suprafață (a se vedea figura Figura 1).
- Senzorii de rezistență cu o abatere admisibilă de ± 1 K se utilizează ca senzori de temperatură. Lanțul de măsurare (senzor de temperatură, înregistrator de date, sursă de alimentare) trebuie să aibă o precizie de ± 1 K pentru înregistrarea intervalului de temperatură.
- Profilul de temperatură din blocul de beton și temperatura aerului înconjurător se înregistrează continuu, cu o frecvență de 30 de minute, pe o perioadă de cel puțin 168 de ore (șapte zile).
- Încercările trebuie să fie documentate într-un raport de încercare cu următoarele informații:
 - căldura de hidratare conform DIN EN 196-8 sau DIN EN 196-11 a lotului de ciment utilizat în J/g;
 - tipul, desemnarea și precizia de măsurare a senzorilor și a lanțului de măsurare;
 - documentarea lanțului de măsurare (fișe de date, configurația înregistratorului de date, pregătirea datelor);
 - temperatura betonului proaspăt T_{beton} la momentul instalării, în $^{\circ}\text{C}$;
 - temperatura măsurată $T_{\text{beton}}(t)$ în formă tabelară și grafică în $^{\circ}\text{C}$;
 - $T_{\text{qadiab}}(t)$ în formă tabelară și grafică în K



Temperaturfühler

Senzor de temperatură

1,00 m

1,00 m

2,00 m

2,00 m

Figura 1: Bloc de beton cu dispunere de senzori de temperatură

5 Estimarea computerizată a creșterii adiabatice a temperaturii betonului

- (1) O estimare matematică a creșterii adiabatice a temperaturii betonului se efectuează conform formulei (1).
- (2) Calculul se bazează pe căldura de hidratare a cimentului furnizat în beton pe baza unei valori de încercare actuale Q_{iso} .

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

$\Delta T_{ad, 7d, cal}$ Creșterea adiabetică calculată a temperaturii betonului în K

Q_{iso} Căldura de hidratare a cimentului în conformitate cu DIN EN 196-8 (referință) sau DIN EN 196-11 în J/g. Ca alternativă, se poate utiliza căldura de hidratare determinată în conformitate cu DIN EN 196-9. Valoarea pentru Q_{iso} este apoi de 80 % din rezultat, în conformitate cu DIN EN 196-9, după 168 de ore de măsurare.

Q_{adiab} Căldura de hidratare a cimentului în condiții adiabatice, în J/g

$Q_{iso}/Q_{adiab.}$ Raportul dintre căldura de hidratare izotermă Q_{izo} la 20 °C și căldura de hidratare adiabetică Q_{adiab} după 7 zile:

Fără a determina raportul real, următoarele valori pot fi utilizate atunci când se utilizează

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 Căldura specifică a cimentului, aditivului și granulelor de piatră. Cu excepția cazului în care sunt disponibile informații separate: 0,84 J/(g*K)

c_w Căldura specifică a apei conținute în eșantion. Cu excepția cazului în care sunt disponibile informații separate: 3,76 J/(g*K) în conformitate cu DIN EN 12390-15

z, f, g Conținutul de ciment, conținutul de aditivi, conținutul de granule de piatră în kg/m³

w Conținutul de apă în kg/m³

- (3) Încercările se documentează într-un raport de încercare în care se specifică parametrii utilizați.

- Q_{iso} ca valoare de încercare în J/g însoțită de raportul de încercare
- raportul presupus Q_{iso}/Q_{adiab}

- Conținutul de ciment, conținutul de aditivi, conținutul de apă, conținutul de granule de piatră al betonului în kg/m^3
- c_c, c_{ad}, c_a, c_w
- $\Delta T_{ad,7d,cal}$ în K

A.1. Note privind procedura

A.1.1. Observații generale

- (1) În cele ce urmează, sunt furnizate informații cu privire la cele trei metode care trebuie luate în considerare la evaluarea rezultatelor.
- (2) Căldura de hidratare a betonului este influențată în principal de proprietățile cimentului și de conținutul cimentului.
- (3) În esență, fluctuațiile de producție ale proprietăților cimentului pot duce la diferite creșteri ale temperaturii adiabatice determinate cu aceeași compoziție a betonului, dar cu un lot diferit de ciment. Pentru a clasifica creșterea adiabetică a temperaturii betonului determinată în conformitate cu secțiunile 3 și 4, este, prin urmare, absolut necesar să se determine căldura de hidratare a lotului de ciment utilizat în experiment în conformitate cu DIN EN 196-8 sau DIN EN 196-11.
- (4) Pentru compoziția betonului, fluctuațiile preconizate ale creșterii adiabatice a temperaturii betonului pot fi estimate prin cunoașterea fluctuațiilor de producție a căldurii de hidratare a cimentului.

A.1.2. Creșterea adiabetică a temperaturii în conformitate cu secțiunea 3

- (1) Determinarea creșterii temperaturii adiabatice în conformitate cu secțiunea 3 este metoda de referință pentru determinarea creșterii adiabatice a temperaturii.
- (2) În încercarea de laborator în condiții-cadru definite, luând în considerare pierderile de căldură din calorimetrul de beton, creșterea adiabetică a temperaturii betonului se determină luând în considerare toate proprietățile betonului testat cu loturile de beton utilizate în cadrul încercării.
- (3) Se demonstrează că o anumită creștere adiabetică a temperaturii betonului poate fi menținută cu compoziția de beton investigată.

A.1.3. Creșterea cvasiadiabetică a temperaturii în conformitate cu secțiunea 4

- (1) În cadrul încercării pe șantierul de construcții, dacă încercarea este efectuată corect, creșterea cvasiadiabetică a temperaturii betonului se determină luând în considerare toate proprietățile betonului examinat cu loturile de materii prime de beton utilizate în acesta.
- (2) Creșterea cvasiadiabetică a temperaturii determinată în încercarea pe șantierul de construcții reprezintă o estimare mai mică a creșterii adiabatice a temperaturii din beton, deoarece pierderile inevitabile de căldură nu sunt luate în considerare în funcție de condițiile de mediu în schimbare. De asemenea, este de așteptat ca intervalele mai mari de temperatură a betonului proaspăt, precum și fluctuațiile mai mari ale compoziției betonului preconizate în fabrica de beton ca urmare a producției în comparație cu încercarea de laborator să conducă la fluctuații mai mari ale rezultatelor.
- (3) Pe lângă determinarea creșterii cvasiadiabatice a temperaturii betonului, în timpul producției blocului pot fi investigate și alte proprietăți ale betonului, spre deosebire de

încercarea de laborator, cum ar fi capacitatea de pompare și stabilitatea porilor de aer în condiții practice de construcție.

- (4) Se demonstrează că o anumită creștere adiabetică a temperaturii betonului poate fi menținută cu compoziția de beton investigată. Rezultatele sunt mai puțin sigure, dar suficient de sigure decât în cazul încercării adiabatice menționate la secțiunea 3.

A.1.4. Estimarea computerizată a creșterii adiabatice a temperaturii în conformitate cu secțiunea 5

- (1) Folosind o abordare computerizată, creșterea adiabetică a temperaturii betonului este estimată în ipoteza unei temperaturi a betonului proaspăt de 20 °C, luând în considerare ipotezele privind parametrii din referințele din literatura de specialitate, precum și o căldură de hidratare a cimentului determinată prin încercare.
- (2) Determinarea căldurii de hidratare a cimentului este posibilă prin trei metode de încercare standardizate diferite (DIN EN 196-8, DIN EN 196-9, DIN EN 196-11), al căror scop real este de a determina proprietatea LH a cimentului. Rezultatele încercărilor pentru aceste trei proceduri sunt supuse anumitor fluctuații din cauza procedurii. Rezultatele a două încercări executate corect de două laboratoare pot diferi în funcție de specificațiile de precizie specificate în standarde în conformitate cu DIN EN 196-8 până la 50 J/g, în conformitate cu DIN EN 196-9 până la 42 J/g și în conformitate cu DIN EN 196-11 până la 37 J/g.
- (3) Abaterile menționate la alineatul (2) pot duce la abateri de aproximativ 5 K ale creșterii adiabatice calculate a temperaturii betonului numai pe baza căldurii de hidratare a cimentului, cu parametri neschimbați.
- (4) Abaterile de 0,05 din raportul real Q_{iso}/Q_{ad} față de raportul calculat pot reprezenta o diferență de aproximativ 3 K în creșterea temperaturii adiabatice calculate în beton.
- (5) Atunci când se aplică abordarea computerizată cu inexactitățile menționate la alineatele (3) și (4), trebuie să se acorde o atenție deosebită unei metodologii simple de estimare a creșterii adiabatice a temperaturii și a posibilelor efecte asupra structurii/componentei avute în vedere. În cazul în care betonul se află la limita superioară a temperaturii maxime admisibile a componentei, procedura descrisă la secțiunea 5 prezintă un risc din cauza pericolului de deteriorare care rezultă din formarea secundară de etringită. În cazul componentelor de tip bază care funcționează la limita superioară a creșterii adiabatice admise a temperaturii, metoda descrisă în secțiunea 5 prezintă un risc datorat suprapunerii nefavorabile a tensiunilor aplicate și reziduale.