

BETON STORTEN TIJDENS DE WINTERPERIODE

Vers beton beschermen tegen vorst

Aangezien de verharding van beton vertraagd of zelfs verhinderd wordt bij koude temperaturen (meer bepaald wanneer het kouder is dan 5 °C op het moment van het betonstorten of gedurende de 72 eerstvolgende uren), dient men in deze omstandigheden beschermingsmaatregelen te treffen. Ook het storten van beton tegen een wand met een temperatuur lager dan 3 °C wordt beschouwd als betonstorten bij koude temperaturen.

1 Invloed van de koude op vers en jong beton

Het aanmaakwater in vers beton gedraagt zich net zoals gewoon water en bevriest bij temperaturen lager dan 0 °C. Het water zet hierdoor uit en kan een volumetoename kennen van zo'n 9 %. Net zoals waterleidingen hierdoor springen, zal ook beton door deze volumetoename beschadiging ondervinden.

Er moet hierbij wel een onderscheid gemaakt worden tussen water dat bevriest in vers, nog plastisch, beton en water dat bevriest in jong, reeds verhard, beton.

Indien het water in vers beton bevriest, kan het nog plastische mengsel de uitzetting gemakkelijk opnemen. De hierdoor veroorzaakte volumetoename doet het beton echter uit de bekisting rijzen, waardoor het verharde beton van zeer slechte kwaliteit zal zijn omwille van een verhoogde porositeit en een onvolledige hydratatie van het cement.

In jong beton ontstaan er aan het betonoppervlak trekspanningen ten gevolge van een temperatuursgradiënt. Het beton is immers veel kouder aan het oppervlak dan binnenin. Deze trekspanningen leiden, samen met de uitzetting (bevriezing) van het water in het beton, tot een onsamenhangend beton (scheuren) en oppervlakkige afschilferingen.

De gevoeligheid voor vorst is sterk afhankelijk van de vorm van de constructie. Zo zal een vloerplaat met een groot oppervlak gevoeliger zijn voor vorst dan een aan drie zijden bekiste balk.

2 Te nemen voorzorgsmaatregelen in de winter

Om in de winterperiode vorstschade bij jong beton te vermijden, beschermt men het bij voorkeur totdat het een voldoende vorstweerstand vertoont. Aan de hand van criteria voor de maturiteit van het beton kan men de noodzaak van een vorstbescherming nagaan. Er wordt aangenomen dat er geen beschermingsmaatregelen meer nodig zijn van zodra de druksterkte 5 N/mm² bedraagt.

Om vorstschade te voorkomen, kan als regel aangehouden worden dat de temperatuur van het meest blootgestelde oppervlak van het beton minstens 5 °C moet bedragen tijdens de eerste 72 uren (drie dagen) na het storten. Men mag enkel van deze regel afwijken en kortere termijnen

hanteren indien men vooraf een reeks proeven uitvoerde.

Om te bepalen welke maatregelen men dient te treffen onder welke weersomstandigheden, legden het WTCB en SECO zes weertypes vast [1].

Op de bouwplaats worden elke dag de maximale en minimale luchttemperaturen genoteerd door middel van een minimum-maximumthermometer. Deze thermometer wordt 1,5 m boven de grond geplaatst, is N-NW georiënteerd en wordt door een luifel beschermd tegen de regen en de zon. Het rekenkundige gemiddelde van de buitentemperaturen die opgetekend werden om 7u00 (minimum) en 14u30 (maximum) wordt aangenomen als de gemiddelde temperatuur t_{gem} .

In de praktijk zal men zich vooral baseren op de weersverwachtingen en toetst men deze aan de opgetekende temperaturen.

Afbeelding 1 geeft de zes weertypes weer afhankelijk van de minimale en de gemiddelde luchttemperatuur gedurende 24 uur. Met elk weertype stemt een reeks beschermingsmaatregelen overeen die hierna aan bod komen. Het betreft preventieve maatregelen die afhankelijk zijn van de weersverwachtingen op korte termijn (24 uur of 2 tot 3 dagen). Ze hebben te maken met:

- de keuze van de betonsamenstelling
- de beperking van de transportduur van het beton
- het storten en beschermen van het beton op de bouwplaats
- de nabehandeling van het beton.

2.1 BETONSAMENSTELLING

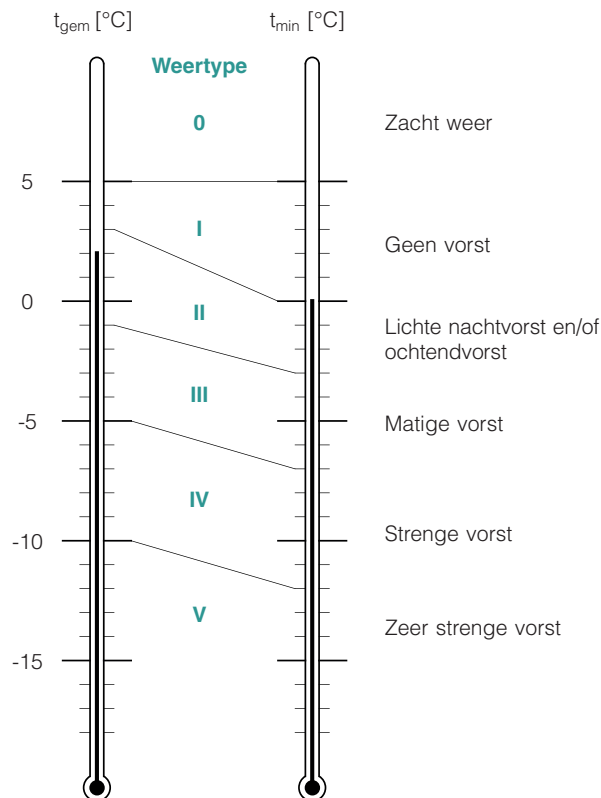
Het beton moet zodanig samengesteld worden dat de temperatuur van het beton hoger is naarmate de buitentemperatuur lager is (zie tabel 1) en dat de grenswaarde voor de druksterkte (5 N/mm²) zo snel mogelijk bereikt wordt.

Hiertoe is het raadzaam om:

- gebruik te maken van onbevoren granulaten
- zo weinig mogelijk water te gebruiken (met behoud van de vereiste verwerkbaarheid)
- een snelverhardend cementtype te gebruiken (bv. CEM I 42,5R, CEM I 52,5N of CEM I 52,5R)
- het cementgehalte te verhogen
- een bindings- of verhardingsversneller te gebruiken (zonder chloor voor gewapend of voorgespannen beton)
- vanaf het weertype III (matige vorst) gebruik te maken van voorverwarmd water (maximum 70 °C)

Tabel 1 Minimumtemperatuur van het beton bij het storten [°C].

Beschermingstype	Weertype				
	I	II	III	IV	V
Eenvoudige afdekking	> 7	> 10	> 12	> 15	> 15
Isolerende bescherming	> 5	> 5	> 10	> 10	> 10



Afb. 1 De zes weertypes.

Tabel 2 Beschermingsmaatregelen voor de blootliggende betonoppervlakken.

Beschermingsmaatregel	Weertype				
	I	II	III	IV	V
Het water verwarmen tot max. 70 °C (de temperatuur van het beton mag niet hoger zijn dan 40 °C)	–	(X)	X	X	X
Bij voorkeur thermisch isolerende (waterdichte en redelijk dikke) houten bekistingen gebruiken	X	X	X	X	X
Metalen bekistingen thermisch isoleren	(X)	(X)	X	X	X
Matige thermische isolatie (houten plaat of dekzeil met luchtlag van 2 tot 5 cm)	X	X	–	–	–
Sterke thermische isolatie (bv. minstens 4 cm dikke minerale-wolmat in een kunststofhoes)	–	–	X	X	X
Bescherming met verwarmde ruimte	–	–	–	(X)	(X)

Legende:
 –: geen maatregel; X: noodzakelijke maatregel; (X): gewenste maatregel

- zodat men tijdens het storten een betontemperatuur bekomt die overeenstemt met de waarden uit tabel 1
- geen overmatige hoeveelheden toevoegsels of hulpstoffen te gebruiken die de binding vertragen.

Door de verhoging van het cementgehalte en de verlaging van de water-cementfactor is het mogelijk dat het aldus bekomen beton voldoet aan de duurzaamheidseisen van een hogere omgevingsklasse dan initieel voorzien.

2.2 TRANSPORT

De transportduur moet zo kort mogelijk gehouden worden en het storten moet zodanig gepland worden dat de tijd tussen het in contact brengen van het cement met het water en het storten zo kort mogelijk is.

2.3 STORTEN EN BESCHERMEN VAN BETON

Vóór het storten dient men:

- de bekistingen, de wapening en de stortnaden te ontdoen van sneeuw en ijs en zo nodig te ontdooien (bv. met stoom)
- de betontemperatuur te controleren tijdens het storten (zie tabel 1). Vanaf weertype III (matige vorst) moet deze temperatuur minstens 10 °C bedragen indien er een isolerende bescherming voorzien werd. Zonder isolerende bescherming dient deze temperatuur 12 °C te bedragen bij weertype III (matige vorst) of minstens 15 °C vanaf weertype IV (strengere vorst).

Tabel 2 geeft de te nemen beschermingsmaatregelen weer afhankelijk van het weertype. Voor weertype 0 (zacht weer) dient men geen enkele maatregel te treffen.

Vanaf weertype I (geen vorst) en progressief volgens

de intensiteit van de koude dient men:

- bij voorkeur houten bekistingen te gebruiken die weinig water opnemen (hoe vochtiger het hout, hoe minder het thermisch isoleert). Metalen bekistingen dienen thermisch geïsoleerd te worden van zodra het begint te vriezen
- de blootliggende betonoppervlakken onmiddellijk na het storten te beschermen. Dekzeilen en kunststof-foelies die rechtstreeks op het beton aangebracht worden, hebben nagenoeg geen isolerend effect. Het beton wordt beter beschermd indien er een niet-geventileerde luchtlag voorzien wordt of houten platen. De beste resultaten kunnen behaald worden met sterk thermisch isolerende matten uit bijvoorbeeld minerale wol in een kunststofhoes of met platen uit geëxpandeerd of geëxtrudeerd polystyreen. Men dient in ieder geval steeds te opteren voor een thermisch isolerend en vochtbestendig beschermingsmateriaal.

In sommige gevallen kan het aangewezen zijn om een windvaste en verwarmde beschermingsruimte te creëren over de betonconstructie. Deze ruimte kan bijvoorbeeld opgebouwd zijn uit dekzeilen en verwarmd worden met luchtkanonnen. Hierbij moet men erop toezien dat het beton niet uitdroogt en dat de betontemperatuur niet hoger oploopt dan 65 °C.

2.4 NABEHANDELING VAN HET BETON

Ook in winteromstandigheden moet men vermijden dat het beton uitdroogt voordat de hydratatie plaatsvindt. In de meeste gevallen vormt de gehanteerde vorstbescherming tevens een uitstekende nabehandelingstechniek. De nabehandeldingsduur hangt niet alleen af van de omgevingsomstandigheden die na het storten rond de constructie heersen (temperatuur, wind, relatieve vochtigheidsgraad), maar ook van de evolutie van de betonsterkte.

Voor binnenomgevingen eist de norm NBN EN 13670 [2] en zijn Belgische nationale bijlage prNBN B 15-400 [3] een minimale nabehandelingsduur van 12 uur, behalve voor bedrijfsvloeren en voor beton waarvoor een hoge oppervlaktekwaliteit vereist is. Voor deze uitzonderingen en in andere omgevingen dient de nabehandelingsduur minstens 2 tot 15 dagen te bedragen.

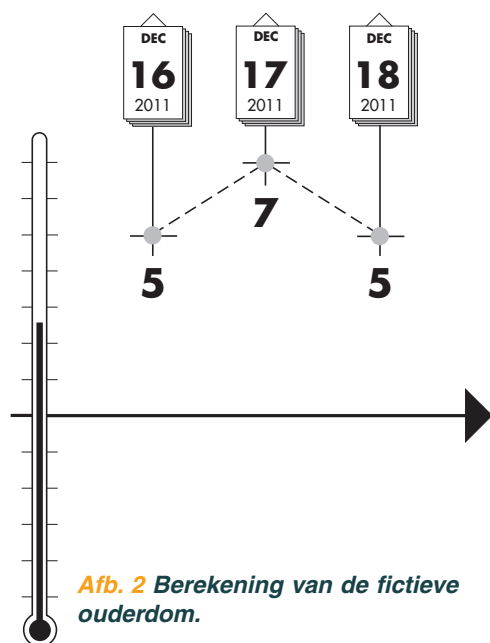
3 Sterkteontwikkeling van het beton

De sterkteontwikkeling kan geëvalueerd worden door proeven uit te voeren op betonkubussen die op de bouwplaats vervaardigd en bewaard werden of, minder precies, aan de hand van de fictieve ouderdom van het beton (deze is kleiner dan of gelijk aan de werkelijke ouderdom). Deze fictieve ouderdom kan gebruikt worden bij de berekening van de ontkistingstermijnen volgens de ontwerpnorm prNBN B 15-400 [3].

Tabel 3 Maturiteitscoëfficiënt k afhankelijk van de gemiddelde betontemperatuur.

Gemiddelde betontemperatuur over 24 uur [°C]	Maturiteitscoëfficiënt k (*)
≥ 20	1
15	0,8
10	0,6
5	0,45
0	0,3
-5	0,15

(*) Met lineaire interpolatie van k voor de tussenliggende temperaturen.



Bij de berekening van de fictieve ouderdom wordt elke kalenderdag vermenigvuldigd met de maturiteitscoëfficiënt k (zie tabel 3), afhankelijk van de gemiddelde betontemperatuur tijdens die dag. Gezien het een schatting betreft, wordt de temperatuur van het beton gelijkgesteld met de luchttemperatuur. De berekening is slechts geldig indien de temperatuur van het beton minstens 5 °C bedraagt tijdens de eerste 72 uren na het storten.

Voorbeeld: we geven hieronder de temperaturen weer die opgemeten werden gedurende de eerste drie dagen na het storten:

- dag 1: 5 °C
- dag 2: 7 °C
- dag 3: 5 °C.

De fictieve ouderdom is gelijk aan $(1 \text{ dag} \times 0,45) + (1 \text{ dag} \times 0,51) + (1 \text{ dag} \times 0,45) = 1,41$ dagen in vergelijking met de werkelijke ouderdom van 3 dagen.

Deze WTCB-Digest werd opgesteld door ir. V. Pollet en ir. B. Dooms in het kader van de Normen-Antenne 'Beton, mortel, granulaten' die gesubsidieerd wordt door de FOD Economie.

Literatuurlijst

- 1. Ammar C., Dutron P., Motteu H. en Dubois J.**
Werken in het winterseizoen. Synthese van de onderzoeken doorgevoerd tijdens de periode 1964-1970 en praktische aanbevelingen ten behoeve van het personeel op de bouwplaats. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Tijdschrift, nr. 4, 1972.
- 2. Bureau voor Normalisatie**
NBN EN 13670 Uitvoering van betonconstructies. Brussel, NBN, 2010.
- 3. Bureau voor Normalisatie**
prNBN B 15-400 Uitvoering van betonconstructies. Nationale aanvulling bij NBN EN 13670. Brussel, NBN, 2012.
- 4. Dierick V., Pollet, V., Parmentier B. en Denoël J.-F.**
Uitvoeringsklassen, ontkisting en nabehandeling van beton: nieuwe regels. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 2, 2011.