

# BENOR-beton: Van goed naar beter! – Certificatie van stortklaar beton in ‘facts and figures’

Hanne Vanoutrive · Pascale De Kesel · Caroline Ladang

*Het BENOR-merk draagt bij tot een continu verbeteringsproces van de kwaliteit van stortklaar beton voor de eindgebruiker. Jaarlijkse analyse van de monsternames bijgewoond door de externe keuringsinstellingen laat toe de impact van wijzigingen op normatief niveau alsook op het niveau van het toepassingsreglement te beoordelen. Daarnaast geeft deze analyse ook een weerspiegeling van de tendensen binnen de betonsector. In wat volgt wordt een samenvatting gegeven van de conformiteitsbeoordeling van de monsternames uitgevoerd in de periode 2015-2018 binnen de Belgische sector van stortklaar beton.*

## 1. Opzet van de analyse

In 2018 werden 921 monsternames in 136 betoncentrales uitgevoerd. Sinds de invoering van de categorieën S (Standaard), D (Duurzaam) en H (Hoge sterkte) in 2015 werden 62% van de monsternames in categorie S uitgevoerd en 37% in categorie D. Ondertussen wint het aantal leveringen in categorie D aan belang, wat voor 2018 weerspiegeld wordt in 56% van de staalnames binnen categorie S en 44% binnen categorie D. In 2018 werd geen staalname binnen categorie H uitgevoerd.

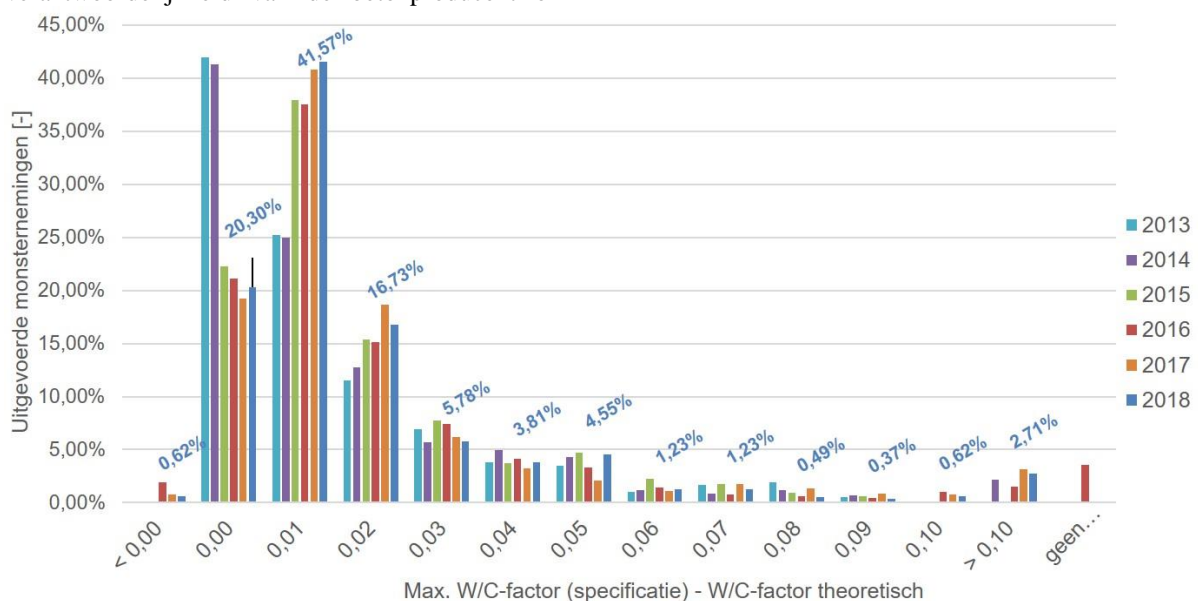
## 2. Conformiteit van het verse beton

### 2.1. Conformiteit van de consistentie en waterbindmiddel factor

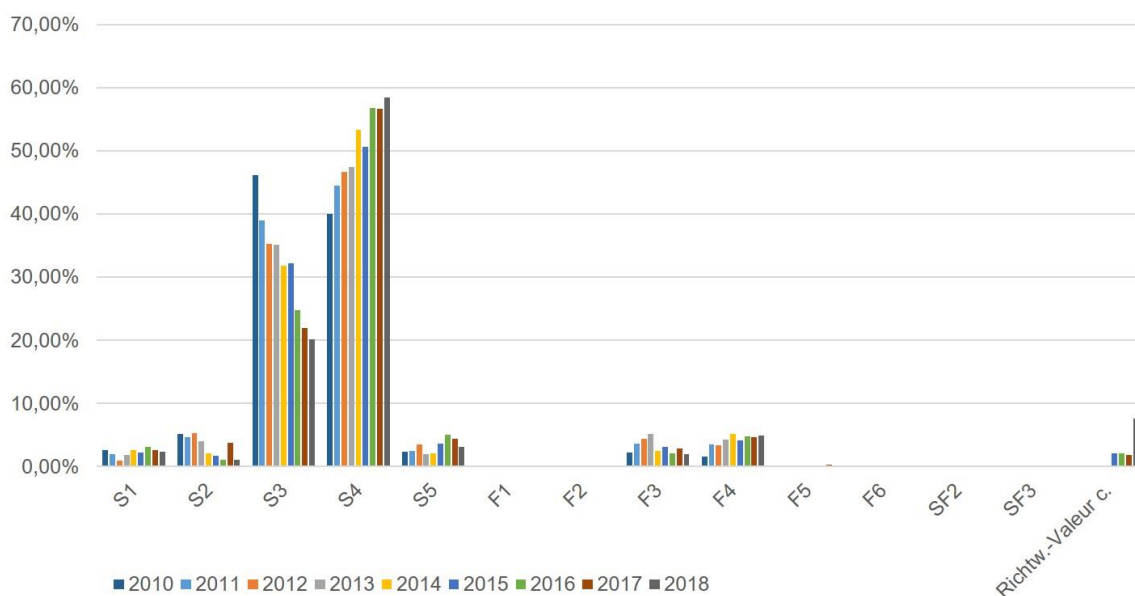
Een belangrijk aspect binnen de beoordeling van de conformiteit is de beheersing van de waterbindmiddel factor (w/b-factor). Het toepassingsreglement TRA 550 speelt hierop in door reeds in de ontwerpfase van een betonsamenstelling een marge van 0,01 op te leggen voor de recepten die vallen onder de categorie Duurzaam. Verder is het de verantwoordelijkheid van de betonproducent om

recepten te ontwikkelen die op een conforme manier kunnen geproduceerd worden. In Figuur 1 wordt een overzicht gegeven van de marge tussen de theoretische w/b-factor en de maximale w/b-factor inherent aan de gedeclareerde omgevingsklasse vanaf 2013 tot 2018. De shift naar aanleiding van de invoering van de categorieën S, D en H in 2015 en de bijhorende eis betreffende de marge op de w/b-factor is duidelijk vast te stellen. Rekening houdend met een meetonzekerheid van 0,02, is 91% van de beoordelingen conform. In slechts 2% van de gevallen was de w/b-factor bepaald op basis van de droging niet conform waarbij een kennisgeving aan de klant kan opgelegd worden. In Figuur 1 kan verder worden vastgesteld dat er gedurende 2016 en 2017 een tendens was om systematisch meer marge te nemen op de w/b-factor. Deze tendens lijkt zich in 2018 niet verder te zetten, en toont zelfs een lichte terugval.

Naast de beheersing van het watergehalte van het beton, is ook de beheersing van de verwerkbaarheid een belangrijk aspect binnen de sector stortklaar beton. Elke toepassing vereist een specifieke



Figuur 1 - Procentuele verdeling van de marge tussen de theoretische w/b-factor en de maximale w/b-factor inherent aan de gedeclareerde omgevingsklasse vanaf 2013 tot 2018

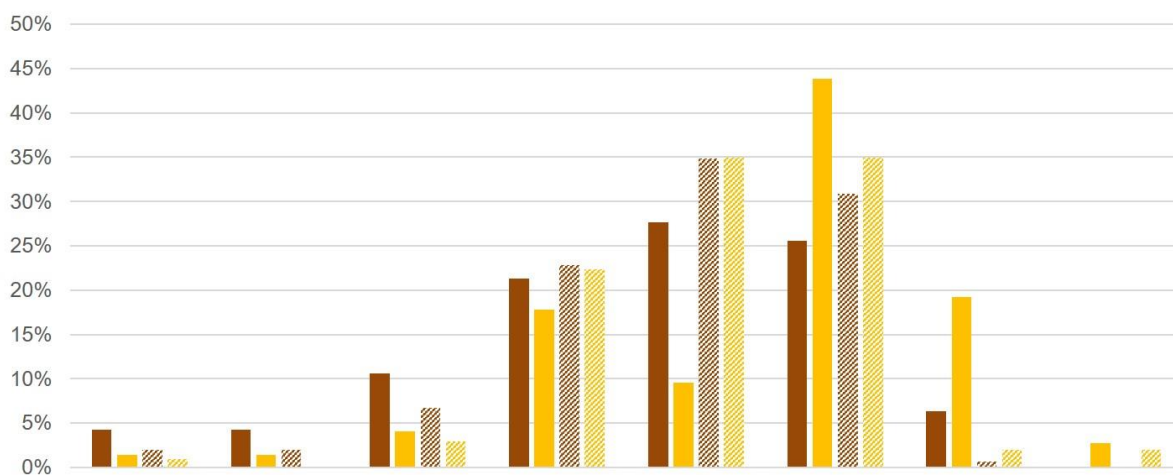


Figuur 2 - Procentuele verdeling van de gedeclareerde consistentieklasse van 2010 tot 2018

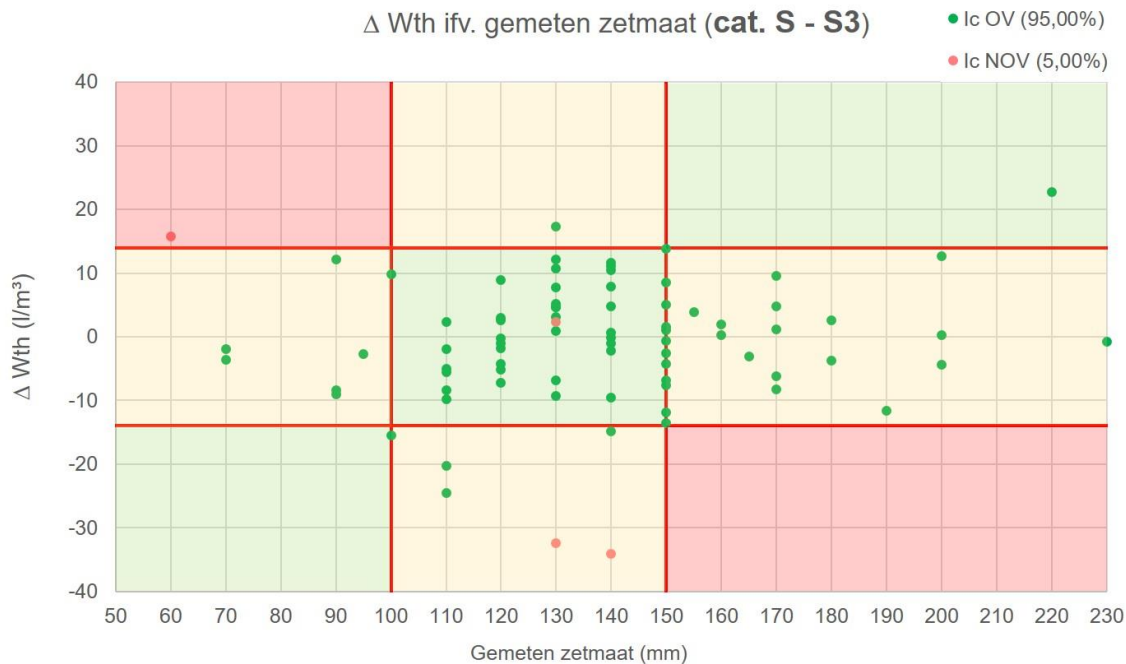
verwerkbaarheid en dient door de betonproducent gedurende een gegarandeerde verwerkingstijd van minstens 100 minuten voor CEM I en CEM II en 120 minuten voor CEM III en CEM V te kunnen gegarandeerd worden. Dit kan door middel van toevoeging van een hulpstof binnen deze gegarandeerde verwerkingstijd. In elk geval dient de gevraagde consistentieklasse minstens 30 minuten na aankomst op de bouwplaats behouden te blijven. De gespecificeerde consistentie bij de externe monsternames kent sinds 2010 een dalende trend voor S3 in combinatie met een stijging van de consistentieklasse S4 (zie Figuur 2). In 2018 vertegenwoordigden deze twee consistentieklassen bijna 80% van alle monsternames. In 2018 is er ook een stijging van 6% ten opzichte van 2017 voor het

specificeren van een richtwaarde voor de consistentie in plaats van een consistentieklasse.

Naast het declareren van een consistentieklasse, is de betonproducent verplicht een theoretische waarde voor de consistentie voorop te stellen. Figuur 3 geeft de frequentieverdeling in functie van de theoretische consistentie voor consistentieklasse S3 weer, opgesplitst in monsternames op de werf en op centrale voor 2017 en 2018. Hierbij kan vastgesteld worden dat er ten opzichte van 2017 een duidelijke shift is van de theoretische consistentie naar de bovengrens van de klasse voor metingen op centrale. Daarnaast is op te merken dat als theoretische consistentie op de werf naar de bovengrens van de klasse wordt ontworpen voor consistentieklasse S3. Deze praktijk reflecteert de niet steeds realistische



Figuur 3 - Procentuele verdeling van de waarde voor de theoretische consistentie binnen consistentieklasse S3 in functie van monstername op de werf of op centrale voor 2017 en 2018



Figuur 4 - Beoordeling van de Ic-factor voor categorie S met betrekking tot de resultaten voor consistentieklasse S3

verwachtingen van de gebruiker ten aanzien van de reële verwerkbaarheid.

Om de coherentie tussen enerzijds het watergehalte dat verkregen wordt uit de droging van het beton en anderzijds de gemeten consistentie te kunnen vaststellen en beoordelen, werd de consistentie-water-hulpstof-correlatie-indicator, of kortweg Ic, in TRA 550 geïntroduceerd. Figuur 4 geeft weer hoe de Ic-factor kan geïnterpreteerd worden. Indien uit een monsternamen blijkt dat de consistentiemeting buiten het bereik van de klasse valt (links of rechts van de verticale rode lijnen), is het logisch dat het verschil in water uit droging respectievelijk onder of boven de horizontale rode lijnen valt. Deze logische zones zijn in het groen aangeduid en de conforme Ic-factoren (aangeduid met groene bollen) moeten in deze zones terug te vinden zijn. Wanneer echter het omgekeerde wordt vastgesteld, bijvoorbeeld een te vloeibaar beton waarbij echter een groot tekort aan water wordt vastgesteld, is dit eerder een onlogisch resultaat en deze zones zijn in het rood aangeduid. In deze zone zouden enkel niet-conforme Ic-factoren (aangeduid met rode bollen) mogen vastgesteld worden. De gele gebieden zijn randzones waarbij de beschouwde parameters in de berekening een invloed zullen hebben op de conformiteit van de Ic-factor. In het algemeen kan vastgesteld worden dat zo goed als alle monsternames die zich in de rode zones bevinden ook als niet-conform worden beoordeeld. Dit komt neer op zowat 5% van alle staalnames op vers beton. Echter kan uit de analyse van de Ic-factor ook vastgesteld worden dat er een zeer grote spreiding is en dat de criteria voor de Ic-factor niet altijd conservatief genoeg zijn om elk onlogisch resultaat

te benadrukken. Dit ligt mede aan de w- en a-factor (respectievelijk hoeveelheid water en hulpstof die nodig is om een consistentieklasse te stijgen) die door de producent experimenteel dient vastgelegd te worden, wat geen evidentie is gezien het grote aantal beïnvloedende parameters.

## 2.2. Conformiteit van het luchtgehalte en de doseerprecisie

Van alle monsternames op vers beton werd 18 keer een omgevingsklasse met gespecificeerd luchtgehalte geselecteerd. Van deze 18 staalnames was het luchtgehalte 15 keer conform, 2 keer acceptabel en één keer niet-conform.

Voor de beoordeling van de doseerprecisie wordt onderscheid gemaakt tussen het reële cementgehalte en de werkelijke doseerafwijkingen van de individuele bestanddelen tijdens productie. Het reële cementgehalte wordt bepaald op basis van het gedoseerde cementgehalte rekening houdend met het rendement van het verse beton. Van de 809 monsternames op vers beton waarvan alle gegevens beschikbaar waren, was slechts 1% acceptabel ( $C_{\text{reëel}} \leq C_{\text{min}}$ ) en geen enkel resultaat was niet-conform ( $C_{\text{reëel}} \leq C_{\text{min}} - 10 \text{ kg/m}^3$ )!

Voor de doseringen van de andere grondstoffen werden maximaal 4% niet-conformiteiten vastgesteld, met uitzondering van de vele niet-conforme doseerafwijkingen voor hulpstof 2. Dit betreft meestal doseringen van superplastificeerder op de werf die initieel niet in het theoretische recept zijn inbegrepen, en die compenseren voor

bijkomende parameters als temperatuur, rij- en wachttijden,...

### 3. Conformiteit van het verharde beton

Naast de beoordeling van de conformiteit van het verse beton, wordt ook een beoordeling gemaakt van de conformiteit van de individuele druksterkte alsook op basis van een vergelijking tussen interne en externe resultaten. Indien gespecificeerd, valt ook de beoordeling van de wateropslorping door onderdompeling (WAI) onder de conformiteitsbeoordeling van het verharde beton.

In 2018 voldeed elke interne individuele druksterkte van de bijgewoonde monsternamen aan de normatieve eis  $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$ . De gemiddelde sterkte ligt voor elke sterkteklasse bovendien ruim boven de normatieve grens. Gemiddeld wordt voor de klasse C25/30 een waarde van 44 MPa opgetekend, voor C30/37 is dat 50 MPa.

De WAI werd pas recent in de externe controle opgenomen. Van de 25 beschikbare resultaten was de reproduceerbaarheid in 23 gevallen aangetoond.

### 4. Conclusie

De invoering van het toepassingsreglement TRA 550 versie 3.0 heeft geleid tot een aanzienlijke verbetering van het ontwerp van de recepten, vooral ten aanzien van de inschatting van de waterbehoefte.

De verbetering in beheersing van de w/b-factor die hierbij is opgetreden, houdt stand. Verder wordt vastgesteld dat er behoorlijke reserves zijn in het cementgehalte en de druksterkte ten aanzien van de normatieve eisen.

Betreffende de verwerkbaarheid is het zeer positief om vast te stellen dat de bestellingen in een hogere consistentie jaar na jaar toenemen, dit in lijn met de behoeften van de uitvoerders op de werf. Het viseren van een te hoge richtwaarde voor de verwerkbaarheid van samenstellingen in klasse S3 door de producenten wijst in dezelfde richting. Correcte bestellingen kunnen de kwaliteit enkel ten goede komen.