



Professionele Bachelor Bouw



DE AANWEZIGHEID VAN ONGEHYDRATEERD CEMENT IN BETONGRANULAAT

Xavier Sevenants

Promotoren:

ing. Hans Van de Craen bedrijfspromotor 1
ing. Henri De krom PXL-promotor 1
ing. Jorn Van Herck bedrijfspromotor 2

VBG - Colas Belgium
Hogeschool PXL
Projectleider Tetra onderzoek PXL





Professionele Bachelor Bouw



DE AANWEZIGHEID VAN ONGEHYDRATEERD CEMENT IN BETONGRANULAAT

Xavier Sevenants

Promotoren:

ing. Hans Van de Craen bedrijfspromotor 1
ing. Henri De krem PXL-promotor 1
ing. Jorn Van Herck bedrijfspromotor 2

VBG - Colas Belgium
Hogeschool PXL
Projectleider Tetra onderzoek PXL



Voorwoord

Graag wil ik iedereen bedanken die heeft bijgedragen om deze scriptie tot stand te brengen. Allereerst, wil ik mijn stagebedrijf VBG-Colas Belgium bedanken voor het verschaffen van een stageplaats. In het bijzonder ing. Hans Van de Craen (mijn externe promotor), maar ook de laboranten van het centraal laboratorium LCL voor hun professionele hulp en kennis. Daarom, dank aan Roel Renckens, Bart Versteynen, Davy Ramaekers en Jean-Philippe Lecat voor het verlenen van alle informatie en de professionele begeleiding.

Uiteraard ben ik ook de docenten van Hogeschool PXL dankbaar: meer bepaald mevr. Evelien Verdonck (onderzoekslector bachelorproef), ing. Henri De krem (mijn PXL-promotor), ing. Jorn Van Herck (projectleider Tetra onderzoek PXL) en zeker niet te vergeten Wim Noblesse (de laborant van het Tetra onderzoek).

Abstract

De dag van vandaag wint recyclage meer en meer aan belang. Primaire grondstoffen, zoals zand en grind, kunnen niet eindeloos onttrokken worden aan de bodem, daarom wordt er steeds meer beroep gedaan op secundaire grondstoffen zoals gerecycleerd betongranulaat. Momenteel wordt er vooral aan “downcycling” gedaan en worden gerecycleerde betongranulaten hergebruikt in onderfunderingen en funderingen. In de toekomst moet er meer gefocust worden op “upcycling”. Bij upcycling wordt aan oude materialen een nieuwe en meer duurzame functie gegeven. Vandaar dat Hogeschool PXL en Universiteit Hasselt in 2015 gestart zijn met het Tetraproject “Hoogwaardig betongranulaat voor duurzame wegenbouw”.

Dit onderzoek kadert binnen dit project, en geeft antwoord op de onderzoeksvraag: “Bevindt er zich nog ongehydrateerd cement in betongranulaat en gaat dit nog actief meewerken?”. In het Standaardbestek 250 v3.1 is het toegelaten om 20% van de grove granulaat fractie te vervangen door hoogwaardige betongranulaten in betonmengsels voor lineaire elementen en in de onderlaag van een tweelaags uitgevoerde wegverharding. Om als hoogwaardig bestempeld te worden moeten betongranulaten aan een aantal eisen voldoen, één daarvan is dat ze maximaal 1,5% aan fijne deeltjes mogen bevatten.

De onderzoeksstrategie gehanteerd in deze scriptie is een “Gevalsstudie”. In concreto wordt onderzoek verricht naar het al dan niet aanwezig zijn van ongehydrateerd cement in de fijne deeltjes en of dit een positief effect heeft op de druksterkte. Dit wordt diepgaand onderzocht aan de hand van twee verschillende methodes. Bij de eerste methode wordt de druksterkte bepaald van mortelprisma’s, aangemaakt met fijn stof (i.s.m. Hogeschool PXL). De tweede methode bepaalt de druksterkte van proctors, aangemaakt met brekerzand (i.s.m. COLAS Belgium).

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat er nog een kleine hoeveelheid ongehydrateerd cement aanwezig is rond de gerecycleerde betongranulaten en dat dit actief gaat meewerken. Dit zorgt voor extra sterkte bij het aanmaken van nieuw beton. Ten slotte resulteert uit dit onderzoek dat de opslagtermijn van het pas gebroken materiaal de belangrijkste factor is in het al dan niet actief meewerken van ongehydrateerd cement.

Kernwoorden: Tetraproject, upcycling, hoogwaardig betongranulaat, ongehydrateerd cement, duurzame wegenbouw

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Abstract	3
Lijst met afkortingen	6
1. Inleiding.....	7
2. Probleemstelling	8
Praktijksituatie	8
Probleemanalyse.....	8
Mindmap	9
Onderzoeksvraag.....	10
SMART-analyse.....	10
Onderzoeksvraag.....	11
3. Literatuurstudie.....	12
Recyclage van de betongranulaten	12
Belang.....	12
Wat is betongranulaat?.....	12
Beschikbare hoeveelheden	12
Herkomst van het te beproeven materiaal.....	13
Hydratatie van cement in betonmengsels	14
Hydratatiegraad (degree of hydration)	14
Belgische en Europese Normen	15
Slim breken.....	15
Breek- en zeefinstallaties	16
Afzetmarkten / Toepassingsgebieden.....	19
4. Onderzoeksaanpak en methodes.....	20
Vertreksituatie voor de 2 onderzoeksmethodes	20
Onderzoeksmethode 1: Druksterkte bepalen van mortelprisma's, aangemaakt met fijn stof (i.s.m. Technologiecentrum campus Diepenbeek).....	21
Droge Micro-Deval proef.....	21
Druk- en buigsterkte van mortelprisma's	22
Onderzoeksmethode 2: Druksterkte bepalen van proctors, aangemaakt met brekerzand (i.s.m. VBG-Colas).....	25
Kaakbreker (Jaw Crusher).....	25
Bewaartijd en bewaringsmethode.....	26
Proctorproef.....	27

5. Onderzoek	30
Onderzoeksmethode 1: Druksterkte bepalen van mortelprisma's, aangemaakt met fijn stof (i.s.m. Technologiecentrum campus Diepenbeek).....	30
Gegevens verzamelen	30
Gegevens verwerken.....	35
Resultaten	39
Resultaten bespreken	43
Onderzoeksmethode 2: Druksterkte bepalen van proctors, aangemaakt met brekerzand (i.s.m. VBG-Colas).....	44
Gegevens verzamelen	44
Gegevens verwerken.....	47
Resultaten	51
Resultaten bespreken	57
6. Algemene conclusie en oplossing	58
Algemene conclusie:	58
Oplossing.....	58
Literatuurlijst.....	59
Lijst met afbeeldingen.....	60
Lijst met bijlagen	62
Bijlagen.....	63

Lijst met afkortingen

BELAC	<u>B</u> elgische <u>a</u> ccreditatieinstelling (attest uitgegeven door een derde partij met betrekking tot een instelling die de conformiteit evalueert, zoals een laboratorium, een keuringsinstelling en een certificatie-instelling).
BENOR	<u>B</u> elgische <u>n</u> orm
BSA	<u>B</u> ouw- en <u>s</u> loopafval
COPRO	Onpartijdige instelling voor de <u>c</u> ontrol <u>e</u> van bouw <u>p</u> roducten
CRIC-OCCN	<u>C</u> entre de <u>r</u> echerches pour l' <u>i</u> ndustrie <u>c</u> imentière - <u>O</u> nderzoek <u>s</u> centrum voor de <u>c</u> ement <u>n</u> ijverheid
DOP	<u>D</u> efinitieve opslag <u>p</u> laats
EMIS	<u>E</u> nergie- en <u>m</u> ilieu-informatie <u>s</u> ysteem voor het Vlaamse Gewest
EN	<u>E</u> uropese <u>n</u> ormen
i.s.m.	<u>i</u> n <u>s</u> amenwerking <u>m</u> et
Kg	<u>K</u> ilogram
MD	<u>M</u> icro- <u>D</u> eval coëfficiënt: indicatie voor de slijtvastheid van granulaten
Mpa	<u>M</u> egapascal in N/mm ²
NBN	Bureau voor <u>n</u> ormalisatie – <u>B</u> ureau de <u>n</u> ormalisation (verantwoordelijk voor het ontwikkelen en verkopen van normen in België)
OCW	<u>O</u> pzoekings <u>s</u> centrum voor de <u>w</u> egenbouw
OVAM	<u>O</u> penbare <u>V</u> laamse <u>a</u> fvalstoffen <u>m</u> aatschappij
PTV	<u>P</u> rescriptions techniques – <u>T</u> echnische <u>v</u> oorschriften
SB250	<u>S</u> tandaard <u>b</u> estek <u>250</u> voor de wegenbouw (versie 3.1)
TOP	<u>T</u> ijdelijke opslag <u>p</u> laats
TRA	<u>T</u> oepassingsreglement - <u>R</u> èglement d' <u>a</u> pplication
VLAREMA	<u>V</u> laams <u>r</u> eglement betreffende het duurzaam beheer van <u>m</u> ateriaal <u>k</u> ringlopen en afvalstoffen
VMR	<u>V</u> aste en <u>m</u> obiele <u>r</u> ecycling
WTCB	<u>W</u> etenschappelijk en <u>t</u> echnisch <u>c</u> entrum voor het <u>b</u> ouwbedrijf

1. Inleiding

Primaire grondstoffen, zoals zand en grind, kunnen niet eindeloos onttrokken worden aan de bodem, daarom wordt er steeds meer beroep gedaan op secundaire grondstoffen zoals gerecycleerd betongranulaat. De dag van vandaag wordt er vooral aan “downcycling” gedaan en worden gerecycleerde betongranulaten hergebruikt in onderfunderingen en funderingen. In de toekomst moet er meer gefocust worden op “upcycling”. Bij upcycling wordt aan oude materialen een nieuwe en meer duurzame functie gegeven. Net om deze reden startte Hogeschool PXL en UHasselt in 2015 het Tetraproject “Hoogwaardig betongranulaat voor duurzame wegenbouw”. Binnen het Tetraproject worden de toepassingsmogelijkheden van hoogwaardig betongranulaat diepgaand onderzocht.

Mijn onderzoek kadert binnen dit project en geeft antwoord op de onderzoeksvraag: “Bevindt er zich nog ongehydrateerd cement in betongranulaat en gaat dit nog actief meewerken?”

2. Probleemstelling

Praktijksituatie

Mijn onderzoek is gekaderd binnen het Tetraproject (Hogeschool PXL en Universiteit Hasselt) “Aanwending van hoogwaardig betongranulaat” en vindt plaats in samenwerking met mijn stagebedrijf Colas Belgium (VBG-Colas).

“Colas Belgium is actief in alle vakgebieden die te maken hebben met de bouw en het onderhoud van wegen en alle andere vormen van transportinfrastructuur (luchtvaart, spoor, maritiem). Maar ook in de stadsvernieuwing en dit zowel voor privéwerven als voor openbare werven.”

[1] www.colasbelgium.be

Daarnaast zet Colas Belgium zich actief in om afval te recyclen en reeds gebruikte materialen uit de wegenbouw te benutten.

Probleemanalyse

Volgens het SB250 is hoogwaardig betongranulaat: *“Betongranulaat dat afkomstig is van het breken van betonpuin met een hoge drukweerstand afkomstig van cementbetonverhardingen, lineaire elementen en andere gelijkaardige constructieve elementen afkomstig van gebouwen en kunstwerken.”* [2] SB250 v3.1

Om als hoogwaardig bestempeld te worden moeten de betongranulaten, volgens het SB250 v3.1 (hoofdstuk 3: 7.1.1.1.B.3.2), aan een aantal eisen voldoen. Ze moeten een volumemassa van ten minste 2200 kg/m³ hebben en de eisen omtrent de korrelmaat zijn $d \geq 4$ mm en $D \geq 10$ mm. De waterabsorptie van de granulaten mag na 24 uur maximaal 10% (± 2 %) verschillen ten opzichte van de gedeclareerde waarde. Volgens NBN EN 12620 mag het gehalte aan fijne deeltjes maximaal 1,5 bedragen, de vlakheidsindex maximaal 20 en de weerstand tegen verbrijzeling moet een Los Angeles waarde hebben van maximaal 35. Verder moet hoogwaardig betongranulaat voldoen aan enkele samenstellingscategorieën. Ze moeten bestaan uit minimaal 95% beton in combinatie met een ongebonden aggregaat waarvan minstens 90% zuiver beton moet zijn. Hoogwaardig betongranulaat mag maximaal 0,5% glas, maximaal 1% bitumineus materiaal en maximaal 2% drijvende deeltjes bevatten. Gerecycleerde en secundaire granulaten zijn slechts toegelaten als ze voldoen aan de voorwaarden van “het Materialendecreet” en van “het VLAREMA” (i.c. grondstofverklaring of certificatie volgens het Eenheidsreglement). Wanneer de granulaten aan alle voorwaarden voldoen zijn dit per definitie hoogwaardige betongranulaten. In dit geval mag er 20% van de grove fractie vervangen worden door deze granulaten in betonmengsels voor lineaire elementen en in de onderlaag van een tweelaags uitgevoerde wegverharding.

Tijdens het Tetra onderzoek naar “Hoogwaardige betongranulaten voor duurzame wegenbouw” wordt nagegaan of het gebruik ervan een invloed heeft op de verwerkbaarheid, de duurzaamheid en de druksterkte.

Voorafgaand aan dit onderzoek was een grondige literatuurstudie nodig. Informatie wordt vooral gehaald uit diverse internetbronnen maar ook uit PowerPointpresentaties, handboeken en papers die geschreven zijn door het OCW, VITO, WTCB en de Belgische BetonGroepering.

Mindmap



Onderzoeksvraag

SMART-analyse

Specifiek:

Het doel is geformuleerd vanuit het Tetra-project. De mate waarin er nog (veel) actief cement aanwezig is rond gerecycleerde betongranulaten ondergaat een controle. De proeven zijn uitgevoerd in het labo van VBG-Colas en in het Technologiecentrum. Rekening houdend met de invloed van termijn en de invloed van de herkomst worden er een aantal batches beproefd op sterkte (mortelprisma's en proctors).

Op deze manier wordt onderzocht of de eisen, gesteld aan de minimale hoeveelheid cement, moeten aangepast worden in de volgende versie van het SB250.

Meetbaar

Hiervoor zijn 2 onderzoeksmethodes aangewend:

- Onderzoeksmethode 1: druksterkte bepalen van mortelprisma's, aangemaakt met fijn stof (i.s.m. Technologiecentrum campus Diepenbeek).
Als de gemeten druksterkte van de mortelprisma's aangemaakt met fijn stof, afkomstig van de betongranulaten, hoger is dan de druksterkte ervan zonder. Dan wordt aangetoond dat er in gerecycleerd betonpuin nog een hoeveelheid actief cement aanwezig is.
- Onderzoeksmethode 2: druksterkte bepalen van proctors, aangemaakt met brekerzand (i.s.m. VBG-Colas).
Als de gemeten druksterkte van de zandcementproctors hoger is dan de druksterkte ervan beproefd na 5 weken, wordt aangetoond dat er in gerecycleerd betonpuin nog een hoeveelheid actief cement aanwezig is.

Acceptabel

Als wordt aangetoond dat er nog een aanzienlijke hoeveelheid actief cement aanwezig is rond de granulaten is het misschien mogelijk om de hoeveelheid cement te verminderen van het origineel mengsel. Minder cement toevoegen resulteert in een lagere kostprijs.

Realistisch

Dit onderzoek is realistisch haalbaar mits het opstellen van een goede planning.

Alle middelen om de proeven uit te voeren zijn beschikbaar in het labo.

Door omstandigheden, beperkt rendement van de kleine kaakbreker, is het niet mogelijk om per batch 3 proctorproeven uit te voeren. Dit kan resulteren in minder representatieve resultaten.

Tijdsgebonden

Het is van groot belang om vanaf de eerste week van het onderzoek al de meeste voorbereidingen te treffen (breken, Micro-Deval, zeven,...) zodat al in week 2 de eerste beproevingen (proctorproef, mortelprisma's,...) kunnen plaatsvinden.

De laatste drukproef vindt plaats op de 62ste dag na het breken (34 dagen rusten in de klimaatkast, mengsel aanmaken en na 28 dagen de druksterkte beproeven).

Onderzoeksvraag

“Bevindt er zich nog ongehydrateerd cement in betongranulaat en gaat dit nog actief meewerken?”

Om dit te onderzoeken wordt het breekproces nader bestudeerd. Meer bepaald, hoe de gebroken granulaten het best worden opgeslagen en de tijdsduur tussen breken en verwerken van de granulaten.

Ook wordt nagegaan of het ongehydrateerd cement nog voor extra sterkte zorgt door drukproeven uit te voeren op zowel mortelprisma's als proctors.

3. Literatuurstudie

Recyclage van de betongranulaten

Belang

Het toepassen van recyclagegranulaten in beton heeft een aantal milieuvoordelen:

[3] *Emis (een initiatief van het Vlaamse Gewest)* [4] www.granulaatbeton.nl

- recyclage laat toe om zuiniger om te springen met de beschikbare grondstoffen (granulaten afkomstig uit de natuur);
- primaire grondstoffen (zoals zand en grind) zijn vervangbaar door secundaire grondstoffen (zoals betongranulaat, menggranulaat, metselwerkgranulaat, asfaltgranulaat, brekerzeefzand,...);
- het sluiten van de materialenkringloop zorgt er voor dat er minder grondstoffen worden ontgonnen of ingevoerd;
- het vermindert de overschotten aan steenachtig bouw- en sloopafval;
- ten slotte, zorgt het gebruik van recyclagegranulaten veelal voor een vermindering van CO₂ uitstoot en lagere transportkosten omdat er minder aanvoer is van natuurlijke grondstoffen.

Wat is betongranulaat?

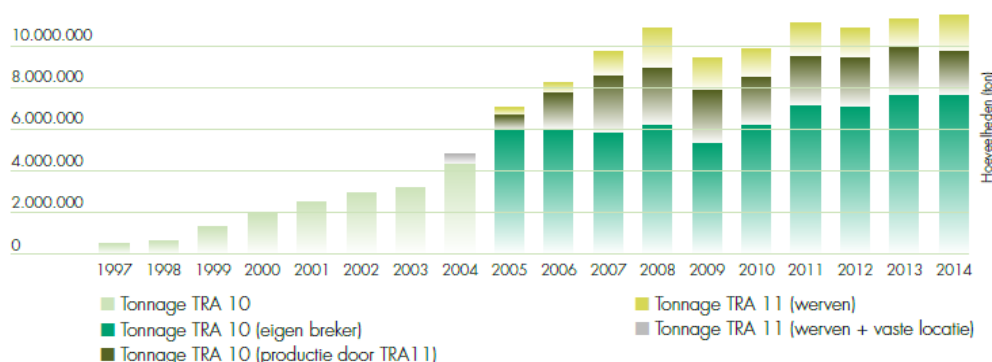
De definitie van betongranulaat wordt volgens het Nederlandse CROW (kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur) en het Belgische Standaardbestek 250 v3.1 omschreven als:

“Betongranulaat is een korrelvormig materiaal, dat is verkregen door het selectief slopen en het adequaat bewerken van betonpuin of betonwaren in een bewerkingsinrichting voor bouw- en sloopafval. Beton voor beton of schraal beton dient voor meer dan 90% te bestaan uit gebroken beton met een volumieke massa van de droge korrels van ten minste 2100 kg/m³.” [5] CROW

“Betongranulaat is afkomstig van het breken van betonpuin van cementbetonverhardingen, schraal betonfunderingen, lineaire elementen, gebouwen en kunstwerken.” [2] SB250 v3.1

Beschikbare hoeveelheden

In 2014 werden er 11 471 095 ton COPRO-gecertificeerde gerecycleerde granulaten geproduceerd. Van dit aantal werd er 7 576 905 geproduceerd op eigen vaste locaties (TRA 10), 2 153 398 ton geproduceerd op een andere vaste locatie (TRA 10 maar productie door TRA 11) en 1 740 792 ton geproduceerd op bouw en sloopwerven (TRA 11). [6] *COPRO vzw: Activiteitenrapport 2014*



Tabel 1. Totale hoeveelheid COPRO-gecertificeerde gerecycleerde granulaten

Herkomst van het te beproeven materiaal

“Zeefinstallaties scheiden de granulaten volgens grootte waarbij te grote korrels via een bypass-systeem worden teruggevoerd. Sommige installaties hebben de mogelijkheid om nadien de diverse fracties weer samen te voegen. De output van het breekproces zijn gerecycleerde granulaten die verschillen in aard en korrelgrootte.

De verkregen materialen kunnen ingedeeld worden in vijf groepen. Binnen elke groep is een grote variatie mogelijk in korrelverdeling: [3] Emis (een initiatief van het Vlaamse Gewest)

- *betongranulaat is afkomstig van het breken en zeven van zuiver al dan niet gewapend beton. Het is een waardevolle fractie. Door de beperkte verontreinigingen zijn de bewerkingsprocessen eenvoudig en het granulaat heeft goede mechanische eigenschappen. Verschillende fracties betongranulaat worden dan ook aangeboden;*
- *menggranulaat is een mengsel van beton- en metselwerkgranulaat in een verhouding 40/60 tot 60/40;*
- *metselwerkgranulaat is afkomstig van de verwerking van metselwerk, dakpannen enz. De mechanische eigenschappen zijn zwak. Door het grote percentage aan onzuiverheden is het bewerkingsproces moeilijk. Deze granulaten zijn dan ook minder gevraagd door de bouwmarkt;*
- *asfaltgranulaat is afkomstig van het affrezen van asfaltverhardingen waarin bitumen gebruikt is als bindmiddel. Door de zuiverheid van deze fractie is ze goed toepasbaar in nieuwe asfaltverhardingen;*
- *brekerzeefzand is de fijne fractie ($D_{max} = 6,3\text{mm}$) die afgezeefd wordt vooraleer het puin gebroken wordt. Niet te verwarren met brekerzand, want brekerzand is de fijne fractie ($D_{max} = 6,3\text{mm}$) die ontstaat tijdens het breekproces;*
- *brekerzeefgranulaat is granulaat ($6,3\text{mm} < D_{max} \leq 10\text{mm}$) dat afkomstig is van het zeven voorafgaand aan het breken van het puin.”*

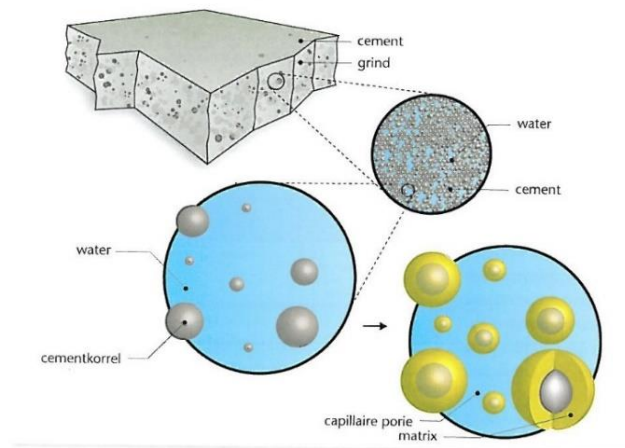
	VASTE LOCATIE	%	MOBIELE INSTALLATIE	%
Betongranulaat	3.149.420 ton	32	2.524.712 ton	44
Menggranulaat	3.791.284 ton	39	1.885.513 ton	33
Metselwerkgranulaat	330.534 ton	3	132.412 ton	2
(Niet-) teerhoudend asfaltgranulaat	574.186 ton	6	374.855 ton	6
Puinzeefzand (beton- en metselwerk)	1.814.629 ton	19	806.020 ton	14
Puinzeefzand asfaltgranulaat	7.463 ton	< 1	24.078 ton	< 1
Beton- en asfaltgranulaat	16.673 ton	< 1	100.874 ton	2
Asfalt- en menggranulaat	15.431 ton	< 1	0 ton	0
Sorteerzeefgranulaten	30.539 ton	< 1	0 ton	0

Tabel 2. Totalen van de geproduceerde soorten granulaten

Hydratatie van cement in betonmengsels

Hydratatie is een exotherme (warmte ontwikkelende) chemische reactie die ontstaat wanneer hydraulisch bindmiddel (cement) met een bepaalde hoeveelheid water wordt vermengd. Na het mengen ontstaan er cementshydraten met een zeer fijne structuur, die de ruimte tussen de cementdeeltjes overbruggen en op deze manier in elkaar groeien. De verharding is het verschijnsel dat volgt op de binding en zorgt voor de sterkteontwikkeling van het beton. De normsterkte wordt bereikt na 28 dagen.

Het eindproduct van de reactie van cement met water is cementsteen. Deze cementsteen bestaat voornamelijk uit cementshydraten, maar bevat ook poriën (al dan niet gevuld met water) en resten ongehydrateerd cement. [7] *Betontechnologie ing. H. De krem* [8] www.betonlexicon.nl



Figuur 3. Hydratatie van cement

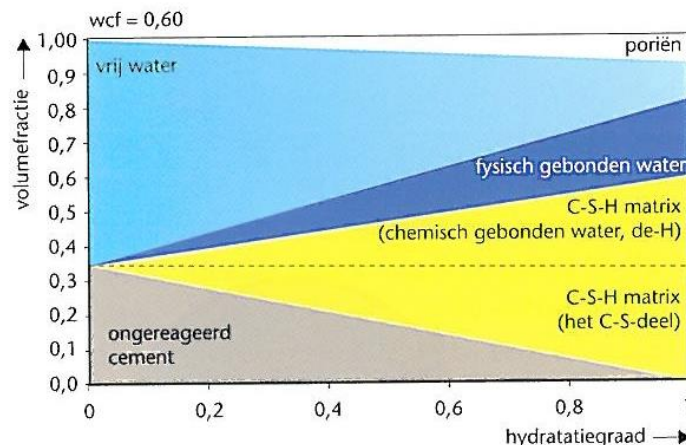
Hydratatiegraad (degree of hydration)

“Geeft aan hoeveel cement er al gereageerd heeft ten opzichte van de oorspronkelijke hoeveelheid cement.” [8] www.betonlexicon.nl

$$h = \frac{\text{gehydrateerd cement}}{\text{totaal cement}}$$

de hydratatiegraad (h) kan variëren tussen 0 en 1

vb.: Een hydratatiegraad van 0,6 wil dus zeggen dat er 60% van het cement met water heeft gereageerd. De overige 40% kan geclassificeerd worden als ongehydrateerd cement.



Figuur 4. Hydratatiegraad van cementsteen

Belgische en Europese Normen

Onderstaande tabel vermeldt een korte omschrijving waarop de specifieke norm zich toespitst.
[9] www.nbn.be

NBN EN 196-1	Beproevingsmethodes voor cement: bepaling van de buig en druksterkte d.m.v. mortelprisma's.
NBN EN 933-1	Beproevingsmethodes voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen: bepaling van de korrelverdeling – Zeefmethode.
NBN EN 1097-1	Beproevingsmethodes voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen: bepaling van de weerstand tegen afslijting (micro-Deval).
NBN EN 1097-5	Beproevingsmethodes voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen: bepaling van het watergehalte door drogen in een geventileerde oven.
NBN EN 1097-6	Beproevingsmethodes voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen: bepaling van de volumieke massa - dichtheid van de deeltjes.
NBN EN 12620	Toeslagmateriaal (aggregaat) voor beton.
NBN EN 13286-2	Ongebonden en hydraulisch gebonden mengsels: beproevingsmethodes voor het bepalen van de laboratoriumreferentiedichtheid en het watergehalte – Proctorverdichting.
NBN EN 13286-41	Ongebonden en hydraulisch gebonden mengsels: bepaling van de druksterkte van hydraulisch gebonden mengsels.
NBN EN 13286-47	Ongebonden en hydraulisch gebonden mengsels: beproevingsmethode voor de bepaling van de California bearing ratio (CBR waarde) na 7 dagen en na 28 dagen.

Al deze proefmethodes zijn BELAC-geaccrediteerd (ISO 17025)

Slim breken

In Nederland, Duitsland, Denemarken en Noorwegen worden gerecycleerde granulaten op dit moment al gebruikt in meer hoogwaardige toepassingen dan in België het geval is.

Momenteel heeft de Nederlandse firma “SmartCrusher bv” een methode ontwikkeld om cement uit betonpuin te halen en nadien te kunnen hergebruiken? Het prototype breker dat zij hiervoor ontwikkelden noemen ze de “SmartCrusher 2.0”.

“Uit literatuuronderzoek blijkt dat ‘Nederlands zand en grind’ globaal 200 MPa (200 N/mm²) sterk is. Eigen onderzoek heeft aangetoond dat cementsteen slechts een druksterkte heeft van 14 MPa. Omdat Slim Breken niet door het veel sterkere ongehydrateerd cement, zand of grind breekt maar uitsluitend het zwakke cementhydraat breekt, is de Slim Breker te beschouwen als een lage druk breker met een significant lager eigen gewicht dan het gewicht van de traditionele brekers.”

[10] www.slimbreker.nl

Breek- en zeefinstallaties

Het recyclen van bouw- en sloopafval tot hoogwaardige secundaire grondstoffen voor de bouw wordt wettelijk bepaald door het VLAREMA en het Standaardbestek 250.

Het recyclen gebeurt op 2 manieren: enerzijds door een mobiele breek- en zeefinstallatie en anderzijds door een vaste breek- en zeefinstallatie. Bij een mobiele breek- en zeefinstallatie wordt het puin ter plaatse op de werf gebroken, meestal op de TOP (tijdelijke opslagplaats). Vanzelfsprekend moet de behoefte aan gerecycleerd materiaal op de werf voldoende groot zijn en moet er (geografisch gezien) voldoende plaats zijn voor het installeren van een mobiele installatie. Het grootste voordeel van een mobiele installatie is de lagere transportkost, wat ook bijdraagt tot een vermindering van de CO2 uitstoot.

Een mobiele installatie is financieel interessant als de werf op een verdere afstand gelegen is van de vaste breekinstallatie, die zich meestal bevindt op de DOP (definitieve opslagplaats). Daarom is het essentieel om vooraf een kostprijsvergelijking te maken tussen een éénmalige installatie van de infrastructuur en het frequent transport per vrachtwagen naar een vaste infrastructuur.

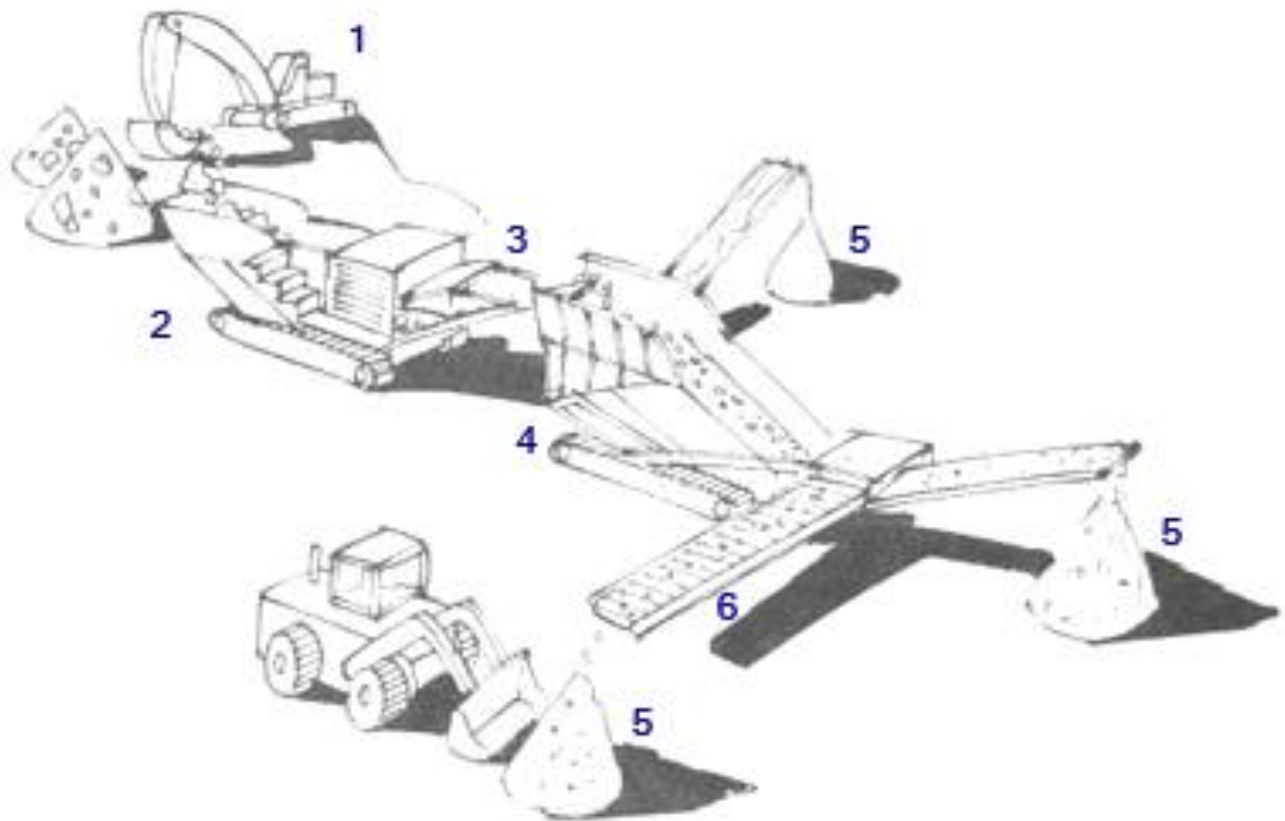


Foto 5. Mobiele breek- en zeefinstallatie VBG-Colas (foto: Xavier Sevenants)



Foto 6. Vaste breek- en zeefinstallatie ABAR-Meerhout (foto: Xavier Sevenants)

Onderstaande tekening is een schematische weergave van het verwerkingsproces.



Figuur 7. Verwerkingsproces breekcentrale [11] www.pietersgca.be

Met een rupskraan (1) wordt de breekmachine (2) gevoed met het grove bouw- en sloopafval. Deze breker verwerkt het grove puin tot kleinere puingranulaten met een vooraf ingestelde maximale grootte. Na het breekproces brengt een opvoerband (3) het gebroken puin naar de nazeef-installatie (4), hier gebeurt de scheiding in drie fracties (5) van verschillende korrelgroottes. Een voorbeeld van een mogelijke combinatie is 0/20mm, 20/40mm en 40/80mm.

Vervolgens verwijdert de ingebouwde magneetband zo goed als alle metalen uit het puin, dit proces heet de ontijzering. De laatste stap is de handpicking (6), hierbij is er de mogelijkheid om plastic, hout, papier en andere moeilijk te recycleren materialen manueel van de transportband te verwijderen

In de praktijk is een productiecapaciteit van 150 ton per uur meestal wel haalbaar maar dit cijfer is natuurlijk sterk afhankelijk van het te zeven materiaal en gewenste fracties



Foto 8. Mobiele breker Giporec R 131 FDR GIGA (max. 400 ton/uur) (foto: VBG – COLAS)



Foto 9. Mobiele zeefinstallatie Powerscreen Chieftain 1700 (max. 500 ton/uur) (foto: VBG – COLAS)

Afzetmarkten / Toepassingsgebieden

De wegenbouw gebruikt gerecycleerde betongranulaten de dag van vandaag grotendeels als alternatief voor primaire granulaten en draagt zo bij aan een duurzaam materiaalgebruik.

In de bouwsector is het gebruik van gerecycleerde granulaten nog niet zo ingeburgerd, wat waarschijnlijk te wijten is aan een gebrek aan vertrouwen en aan ondersteuning door de (aanbestedende) overheid. [12] *OVAM*

Toepassingen van gerecycleerde granulaten in de wegenbouw ($\pm 80\%$) volgens SB250 v3.1:

- verwerking van 100% mengpuin in cementgebonden (onder)fundering (type IA en IIA);
- betonpuin in mager beton toepassingen;
- verwerking van 20% hoogwaardige betongranulaten (als grindvervanger) voor nieuw beton in de onderlaag van tweelaagse wegverhardingen en in lineaire elementen;
- verwerking van zeefzand in zandcement (maar nog niet toegestaan in SB250);
- andere toepassingen.

Toepassingen van gerecycleerde granulaten in gebouwen en structuren ($\pm 20\%$):

- meestal voor het aanleggen van werfwegen of de aanleg van een werkplatform ($\pm 10\%$);
- soms ook voor funderingen en dekvloeren ($< 10\%$);
- zeer uitzonderlijk worden deze gebruikt in constructiebeton ($< 5\%$): ongewapend en gewapend beton voor prefab elementen, kolommen, balken, vloerplaten enz.

4. Onderzoeksaanpak en methodes

De onderzoeksstrategie gehanteerd in deze scriptie is een “Gevalsstudie”. Deze strategie richt zich op één specifieke probleemsituatie en gaat deze diepgravend onderzoeken. Het al dan niet aanwezig zijn van ongehydrateerd cement in betongranulaten is in deze scriptie de specifieke probleemsituatie en twee verschillende methodes onderzoeken dit diepgaand.

Vertreksituatie voor de 2 onderzoeksmethodes

3 Batches / Monsters:

- Batch A: Wegenisbeton (afkomstig van opgebroken wegen door VBG-Colas)
6/14mm (bijlage 1 - 3)
korrelverdeling (bijlage 4)



Foto 10. Batch A: Wegenisbeton (foto: Xavier Sevenants)

- Batch B: Schraalbeton (magere beton) Dmax 40
handmatig gebroken



Foto 11. Batch B: Schraalbeton (foto: Xavier Sevenants)

- Batch C: Prefab beton afkomstig van betonstraatstenen Dmax 40
handmatig gebroken



Foto 12. Batch C: Prefab beton (foto: Xavier Sevenants)

Onderzoeksmethode 1: Druksterkte bepalen van mortelprisma's, aangemaakt met fijn stof (i.s.m. Technologiecentrum campus Diepenbeek)

Bij deze methode wordt de slijtproef (Micro-Deval proef) droog uitgevoerd om het fijn stof van de grove granulaten te scheiden. Met dit fijne stof worden mortelprisma's aangemaakt. Vervolgens wordt de druk- en buigsterkte bepaald op deze mortelprisma's.

Droge Micro-Deval proef

NBN EN 1097-1 Micro-Deval [9] www.nbn.be

In normale omstandigheden wordt deze proef met een hoeveelheid water uitgevoerd en gebruikt om de weerstand tegen afschuring of afslijting te bepalen. Voor dit onderzoek wordt er geen water toegevoegd omdat anders het ongehydrateerd cement vroegtijdig reageert en het moeilijk wordt de fijne deeltjes af te scheiden.



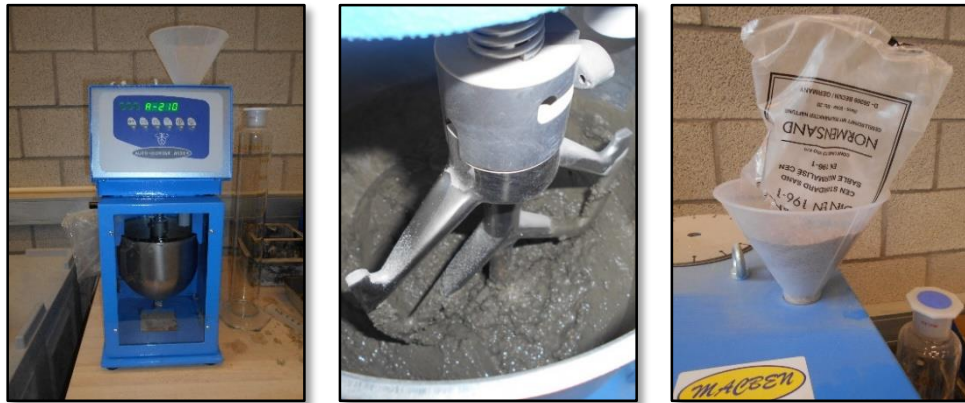
Foto's 13. Micro-Deval methode (foto's: Xavier Sevenants)

Stappenplan:

- de Micro-Deval proef droog uitvoeren (12000 omwentelingen aan 100 omw/min)
 - 2 kg betongranulaten
 - 5 kg stalen kogeltjes
- resultaat uitzeven en de kleine fractie 0/2 mm bewaren om met dit materiaal de mortelprisma's aan te maken

Stappenplan:

- samenstelling mortel:
 - referentie 100% cement CEM III/A 42,5 N LA (bijlage 5 en 6):
450 ±2 g cement, 1350 ±5 g normzand (bijlage 7) en 225 ±1 g water
 - 25% van het cement vervangen door fijn stof (gezeefde kleine fractie 0/2 mm):
337,5 g cement, 112,5 g fijn stof, 1350 ±5 g normzand en 225 ±1 g water
 - 50% van het cement vervangen door fijn stof (gezeefde kleine fractie 0/2 mm):
225 g cement, 225 g fijn stof, 1350 ±5 g normzand en 225 ±1 g water
 - 75% van het cement vervangen door fijn stof (gezeefde kleine fractie 0/2 mm):
112,5 g cement, 337,5 g fijn stof, 1350 ±5 g normzand en 225 ±1 g water
 - 0% cement aangevuld met 100% fijn stof (gezeefde kleine fractie 0/2 mm):
450 ±2g fijn stof, 1350 ±5 g normzand en 225 ±1 g water
- mengen met een mortelmenger:



Foto's 14. Aanmaken van het mortelmengsel (foto's: Xavier Sevenants)

- water en cement samenvoegen in de menger;
- 30s mengen op lage snelheid;
- normzand gelijkmatig toevoegen tijdens de volgende 30s;
- 30s mengen op hoge snelheid;
- stop de mortelmenger voor 90s en meng de eerste 30s manueel en laat dan 60s verder rusten;
- 60s mengen op hoge snelheid;
- 3 mallen (40 x 40 x 160mm) voor de helft vullen met mortel;



Foto 15. Voor de helft gevulde mortelmal (foto: Xavier Sevenants)

- 60 ± 3 s verdichten d.m.v. het schokapparaat (60 schokken);



Foto 16. Schokapparaat (foto: Xavier Sevenants)

- rest van de mal tot aan de rand vullen en opnieuw verdichten zoals eerder beschreven;



Foto 17. Volledig gevulde mortelmal (foto: Xavier Sevenants)

- aanbrengen van een plexiglazen plaat over de mallen en dit geheel gedurende 24u bewaren in een geklimatiseerde omgeving 20°C RV 90%; eventueel nameten met loggertje;



Foto 18. Bewaring in geklimatiseerde omgeving (foto: Xavier Sevenants)

- ontkisten van de 3 mortelprisma's en gedurende 6 dagen volledig ondergedompeld onder water verder laten uitharden;
- 15 minuten voor de drukproef de mortelprisma's uit het water halen;
- buigsterkte bepalen (d.m.v. speciale adapter) op de 3 mortelprisma's:



Foto 19. Buigweerstand beproeven (foto: Xavier Sevenants)

Berekenen van het gemiddelde van de 3 buigsterktes (drukbank instellen op een toename van 50 ± 10 N/s):

$$R_f = \frac{1,5 \times F_{fx1} \times L}{b^3}$$

- na deze proef ontstaan er 6 halve mortelprisma's waarop de druksterkte beproefd wordt (d.m.v. speciale adapter):



Foto 20. Drukweerstand beproeven (foto: Xavier Sevenants)

Berekenen van het gemiddelde van de 6 druksterktes (drukbank instellen op een toename van 2400 ± 200 N/s):

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

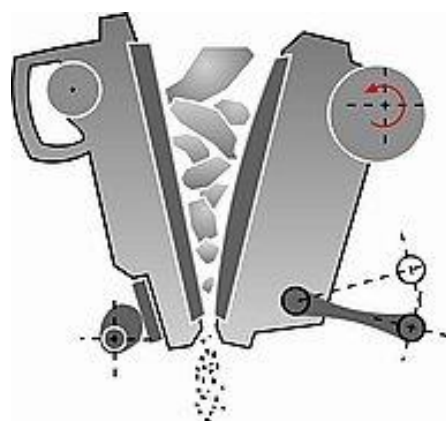
In de Norm NBN EN 196-1 staat beschreven dat wanneer 1 van de 6 resultaten meer dan $\pm 10\%$ afwijkt van het gemiddelde, dit resultaat mag worden weggelaten. In dat geval wordt het gemiddelde berekend van de resterende 5 resultaten. Als 1 van deze 5 resultaten met meer dan $\pm 10\%$ afwijkt van het gemiddelde wordt de beproeving ongeldig verklaard.

Onderzoeksmethode 2: Druksterkte bepalen van proctors, aangemaakt met brekerzand (i.s.m. VBG-Colas)

Kaakbreker (Jaw Crusher)

Om de granulaten fijn te breken tot een fractie 0/4 wordt er gebruik gemaakt van een kaakbreker. Deze breker is bijzonder geschikt voor de verkleining van middelharde tot harde materialen.

De kaakbreker is een breker met één beweeglijke plaat en één vaste plaat. De vaste plaat kan met een instelschroef verplaatst worden in de richting van de beweeglijke plaat. Hierdoor wordt de bodemopening aangepast en kan de gewenste deeltjesgrootte ingesteld worden (bv. van 1 tot 15 mm). De granulaten komen via de vulopening terecht in de wigvormige breekkamer waar ze verpulverd worden. Zodra de granulaten verkleind zijn tot een grootte kleiner dan die van de bodemopening vallen ze in een opvangbak. De fijnheid en de verwerkingscapaciteit zijn niet enkel afhankelijk van de ingestelde bodemopening, maar ook van de breek eigenschappen van de gebruikte granulaten. [13] *Fritsch maalmolens en zeefmachines*



Foto's en Figuur 21. Fritsch kaakbreker Pulverisette 1 [13] www.fritsch-malen-zeven.nl

Bewaartijd en bewaringsmethode

Per Batch drie verschillende bewaringsmethodes (termijn tussen breken en aanmaken proctors):

- 1: Niet bewaren (0 dagen), dus onmiddellijk proctors aanmaken na het breken van de granulaten
- 2: Na 34 dagen bewaring in een vochtige omgeving (klimaatkast: 20°C & 95% lv)



Foto 22. Bewaring in een vochtige omgeving (foto: Xavier Sevenants)

- 3: Na 34 dagen volledige verzadiging (monster wordt volledig onder water bewaard)



Foto 23. Bewaring onder water (foto: Xavier Sevenants)

Per batch en per bewaringsmethode telkens 2 drukproeven:

- na 7 dagen bewaring in een vochtige omgeving (klimaatkast: 20°C & 95% lv);
- na 28 dagen bewaring in een vochtige omgeving (klimaatkast: 20°C & 95% lv).

Omwille van de benodigde wacht- en droogtijden voor de verschillende monsters en proeven is een strikte tijdsplanning van groot belang voor dit onderzoek.

Stappenplan:

- voorbreken (manueel met de hamer) van de materialen tot granulaten die verwerkbaar zijn in de kleine labobreker (kaakbreker); kalibers zie boven
- granulaten splitsen en gelijkmatig verdelen door een spleetverdeler (Riffle Splitter) met gepaste spleetopening. Op deze manier ontstaat er een representatief proefmonster t.o.v. het geheel van beschikbare monsters;



Foto 24. Riffle Splitter (foto: Xavier Sevenants)

- fijnbreken van de granulaten met de labobreker door ze te verkleinen tot brekerzand en daarna het monster afzeven tot 0/4mm;
- vochtgehalte bepalen met onderstaande formule:
$$\frac{\text{massa in vochtige toestand (gr)} - \text{massa na droging (gr)}}{\text{massa na droging (gr)}} = \text{vochtgehalte in \%}$$

Dit moet uitgevoerd worden op een apart staal omdat anders door de droging (24u aan 105°C) het aanwezige ongehydrateerd cement zou kunnen verbranden;

- korrelverdeling of granulometrie uitvoeren door een horizontale zeping en het opstellen van een zeefkromme. Het droge monster wordt gezeefd door een rondgaande horizontale beweging nadat de zeven op een schutplaat worden gemonteerd.
gebruikte zeven: 4mm 2mm 1mm 0,5mm 0,25mm 0,125mm 0,063mm;



Foto 25. Zeefstoren (foto: Xavier Sevenants)

- uniformiteitscoëfficiënt $C_u = \frac{D_{50}}{D_{10}}$, Krommingscoëfficiënt $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ en de Fijnheidsmodulus bepalen;
- een gedeelte van het brekerzand bewaren volgens de hierboven beschreven methode;
- zandcement mengsel aanmaken in een verhouding:
 - droog brekerzand (0/4mm) 2000 kg/m³
 - cement CEMIII/A 32,5 N LA 50 kg/m³ (2,43%)
- visuele inschatting van het optimale vochtgehalte (een exact vochtgehalte wordt naderhand toch gemeten op een apart staal)f;



Foto 26. Visuele inschatting van het optimale vochtgehalte (foto: Xavier Sevenants)

- van dit zandcementmengsel proctors aanmaken in 3 lagen (telkens 25x het gewicht laten vallen);



Foto's 27. Aanmaken van proctors (foto: Xavier Sevenants)

- soortelijk gewicht/volumieke massa bepalen (bij vervaardiging van de proctor net voor hij de klimaatkast ingaat)

$$\frac{\text{massa van het proefstuk in kg}}{\text{volume in m}^3} = \text{volumieke massa in kg/m}^3$$

- de aangemaakte proctors bewaren in een vochtige omgeving (klimaatkast: 20°C & 95% lv);



Foto 28. Bewaring in klimaatkast (foto: Xavier Sevenants)

- druksterkte bepalen na 7 en 28 dagen (programma ZC80: 0,100 N/mm²s);



Foto 29. Drukkers zandcementproctors (foto: Xavier Sevenants)

- droog soortelijk gewicht bepalen:
 - volume bepaling (opmeten) nadat de proctor uit de klimaatkast werd gehaald;
 - drukproef uitvoeren;
 - drogen (24 uur 105°C);
 - opnieuw wegen van het droge (gebroken) mengsel.

$$\frac{\text{massa van het proefstuk in kg}}{\text{volume in m}^3} = \text{volumieke massa in kg/m}^3$$

5. Onderzoek

Onderzoeksmethode 1: Druksterkte bepalen van mortelprisma's, aangemaakt met fijn stof (i.s.m. Technologiecentrum campus Diepenbeek)

Gegevens verzamelen

Om alle verzamelde gegevens te registreren werden er tabellen aangemaakt, zoals in onderstaand voorbeeld.

Gewicht van het vochtige mortelbalkje na 7/28 dagen bewaring onder water

Datum wanneer het mortelbalkje werd aangemaakt



Gemeten buigweerstand af te lezen op de drukpers

 Samenstelling		Datum van aanmaak	Natgewicht gr	Buigsterkte kN	Druksterkte kN
na 7 dagen		Mortelbalkje 1a			
		Mortelbalkje 1b			
		Mortelbalkje 2a			
		Mortelbalkje 2b			
		Mortelbalkje 3a			
		Mortelbalkje 3b			
na 28 dagen		Mortelbalkje 4a			
		Mortelbalkje 4b			
		Mortelbalkje 5a			
		Mortelbalkje 5b			
		Mortelbalkje 6a			
		Mortelbalkje 6b			

Referentiebatch:
100% CEM III A 42,5 N LA

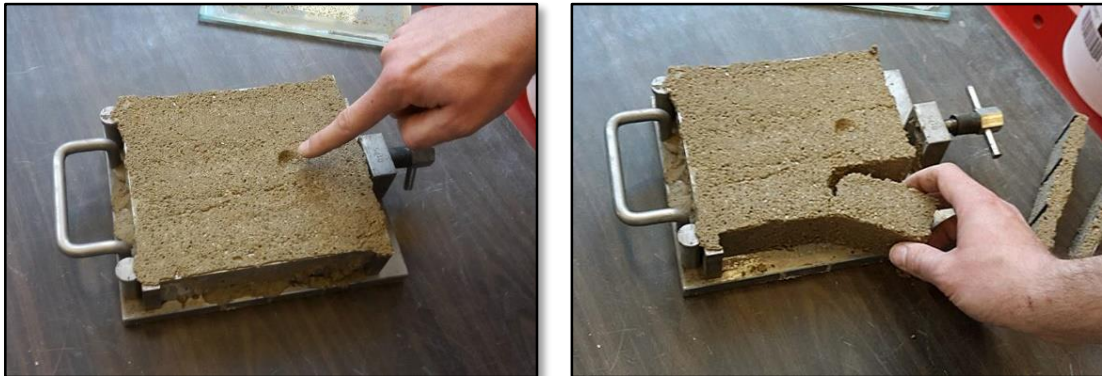
Samenstelling mortelmengsel voor de aanmaak van de mortelprisma's



Gemeten drukweerstand af te lezen op de drukpers (op een halve mortelprisma)

Tabel 30. Sjabloon invulblad mortelprisma's (inclusief uitleg)

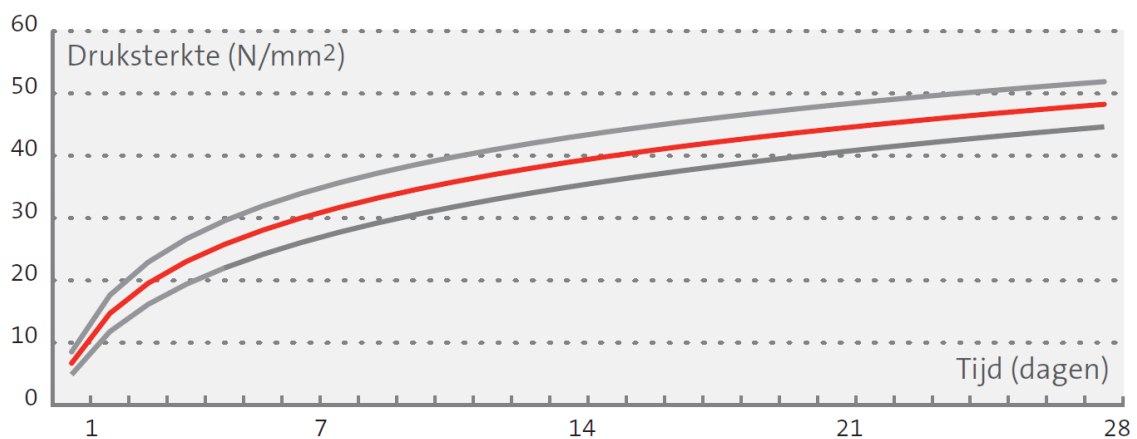
Initieel was het ook de bedoeling om mortelprisma's aan te maken met 100% vervanging van cement door de fijne fractie afkomstig van de betongranulaten. Dit was echter niet mogelijk omdat er geen uitharding plaatsvond van de mortelprisma's.



Foto's 31. Mortelprisma's 100% vervanging (foto's: Xavier Sevenants)

Dit zou erop kunnen wijzen dat het ongehydrateerd cement, dat aanwezig is in de fijne fractie, een activator nodig heeft om de reactie tot stand te doen komen. Deze activator kan het cement zijn dat wordt toegevoegd.

Uiteindelijk is er voor gekozen om de mortelprisma's met 100% vervanging niet aan te maken. Deze zijn vervangen door een mengsel met 25% en 75% vervanging van cement door de fijne fractie, afkomstig van de betongranulaten.



Tabel 32. Evolutie van de druksterkte CEM III/A 42,5 N LA

Bovenstaande grafiek toont de evolutie van de druksterkte van het gebruikte cement. Deze gegevens vergelijken we met de referentiemengsels 100% cement (CEM III/A 42,5 N LA) van de resultaten. Concreet betekent dit dat er na 7 dagen een gemiddelde druksterkte behaald moet worden van $\pm 32,0$ Mpa (min. 28,0 Mpa en max 36,0 Mpa) en na 28 dagen $\pm 48,0$ Mpa (min. 42,5 Mpa en max 54,0 Mpa). Uit de verkregen resultaten kan besloten worden dat dit het geval is in voor dit onderzoek (31,1 Mpa op 7 dagen en 52,6 Mpa op 28 dagen).

	Datum van aanmaak		Natgewicht	Buigsterkte	Druksterkte
	Samenstelling		gr	kN	kN
Referentiebatch: 25% CEM III A 42,5 N LA 75% Normzand 0/1	na 7 dagen	16/mei	Mortelbalkje 1a	/	3,014
		16/mei	Mortelbalkje 1b		3,116
		16/mei	Mortelbalkje 2a	/	2,942
		16/mei	Mortelbalkje 2b		3,217
		16/mei	Mortelbalkje 3a	/	3,193
		16/mei	Mortelbalkje 3b		3,561
	na 28 dagen	6/jun	Mortelbalkje 4a	0,581	4,757
		6/jun	Mortelbalkje 4b		6,989
		6/jun	Mortelbalkje 5a	0,543	6,025
		6/jun	Mortelbalkje 5b		7,165
		6/jun	Mortelbalkje 6a	0,649	6,276
		6/jun	Mortelbalkje 6b		7,389
25% CEM III A 42,5 N LA 75% Wegenis Beton	na 7 dagen	2/mei	Mortelbalkje 1a	0,458	5,483
		2/mei	Mortelbalkje 1b		6,100
		2/mei	Mortelbalkje 2a	0,426	5,899
		2/mei	Mortelbalkje 2b		5,952
	na 28 dagen	23/mei	Mortelbalkje 3a	1,341	13,704
		23/mei	Mortelbalkje 3b		13,600
25% CEM III A 42,5 N LA 75% Schraal Beton	na 7 dagen	25/apr	Mortelbalkje 1a	0,530	6,218
		25/apr	Mortelbalkje 1b		5,756
		25/apr	Mortelbalkje 2a	0,411	5,766
		25/apr	Mortelbalkje 2b		5,451
	na 28 dagen	16/mei	Mortelbalkje 3a	1,076	12,240
		16/mei	Mortelbalkje 3b		11,966
25% CEM III A 42,5 N LA 75% Prefab Beton	na 7 dagen	2/mei	Mortelbalkje 1a	0,207	5,691
		2/mei	Mortelbalkje 1b		5,537
		2/mei	Mortelbalkje 2a	0,119	5,453
		2/mei	Mortelbalkje 2b		5,845
	na 28 dagen	23/mei	Mortelbalkje 3a	1,260	12,650
		23/mei	Mortelbalkje 3b		12,319

Tabel 33. Verzamelde gegevens Mortelprisma's met 75% vervanging

						
		Datum van aanmaak	Natgewicht	Buigsterkte	Druksterkte	
Samenstelling			gr	kN	kN	
Referentiebatch: 50% CEM III A 42,5 N LA 50% Normzand 0/1	na 7 dagen	16/mei	Mortelbalkje 1a	576,2	1,219	16,142
		16/mei	Mortelbalkje 1b			16,253
		16/mei	Mortelbalkje 2a	577,0	1,209	15,991
		16/mei	Mortelbalkje 2b			16,443
		16/mei	Mortelbalkje 3a	576,0	1,127	16,052
		16/mei	Mortelbalkje 3b			17,233
	na 28 dagen	6/jun	Mortelbalkje 4a	591,8	1,749	29,677
		6/jun	Mortelbalkje 4b			31,217
		6/jun	Mortelbalkje 5a	589,0	1,969	31,615
		6/jun	Mortelbalkje 5b			31,966
		6/jun	Mortelbalkje 6a	593,9	1,969	29,172
		6/jun	Mortelbalkje 6b			29,085
50% CEM III A 42,5 N LA 50% Wegenis Beton	na 7 dagen	25/apr	Mortelbalkje 1a	586,0	1,467	21,427
		25/apr	Mortelbalkje 1b			22,166
		25/apr	Mortelbalkje 2a	587,2	1,392	21,326
		25/apr	Mortelbalkje 2b			20,931
		25/apr	Mortelbalkje 3a	582,9	1,447	21,326
		25/apr	Mortelbalkje 3b			20,767
	na 28 dagen	16/mei	Mortelbalkje 4a	580,3	2,642	41,132
		16/mei	Mortelbalkje 4b			40,423
		16/mei	Mortelbalkje 5a	581,9	2,868	40,627
		16/mei	Mortelbalkje 5b			41,547
		16/mei	Mortelbalkje 6a	580,0	2,604	40,446
		16/mei	Mortelbalkje 6b			41,638
50% CEM III A 42,5 N LA 50% Schraal Beton	na 7 dagen	18/apr	Mortelbalkje 1a	575,9	1,314	18,070
		18/apr	Mortelbalkje 1b			18,080
		18/apr	Mortelbalkje 2a	574,1	1,399	18,749
		18/apr	Mortelbalkje 2b			19,040
		18/apr	Mortelbalkje 3a	574,1	1,402	18,538
		18/apr	Mortelbalkje 3b			19,198
	na 28 dagen	9/mei	Mortelbalkje 4a	583,0	2,540	33,715
		9/mei	Mortelbalkje 4b			35,044
		9/mei	Mortelbalkje 5a	582,9	2,435	34,870
		9/mei	Mortelbalkje 5b			33,086
		9/mei	Mortelbalkje 6a	584,2	2,540	36,135
		9/mei	Mortelbalkje 6b			35,877
50% CEM III A 42,5 N LA 50% Prefab Beton	na 7 dagen	25/apr	Mortelbalkje 1a	580,5	1,450	21,269
		25/apr	Mortelbalkje 1b			21,473
		25/apr	Mortelbalkje 2a	580,9	1,484	21,099
		25/apr	Mortelbalkje 2b			20,824
		25/apr	Mortelbalkje 3a	580,7	1,430	21,286
		25/apr	Mortelbalkje 3b			20,496
	na 28 dagen	16/mei	Mortelbalkje 4a	594,6	2,917	40,567
		16/mei	Mortelbalkje 4b			41,129
		16/mei	Mortelbalkje 5a	597,6	3,038	41,969
		16/mei	Mortelbalkje 5b			42,702
		16/mei	Mortelbalkje 6a	593,6	2,839	40,898
		16/mei	Mortelbalkje 6b			42,508

Tabel 34. Verzamelde gegevens Mortelprisma's met 50% vervanging

	Datum van aanmaak		Natgewicht		Buigsterkte		Druksterkte	
Samenstelling			gr		kN		kN	
Referentiebatch: 75% CEM III A 42,5 N LA 25% Normzand 0/1	na 7 dagen	16/mei	Mortelbalkje 1a	585,7	2,292	34,427		
		16/mei	Mortelbalkje 1b			37,864		
		16/mei	Mortelbalkje 2a	586,8	2,231	33,477		
		16/mei	Mortelbalkje 2b			35,699		
		16/mei	Mortelbalkje 3a	586,1	2,262	33,897		
		16/mei	Mortelbalkje 3b			37,235		
	na 28 dagen	6/jun	Mortelbalkje 4a	590,2	2,772	65,118		
		6/jun	Mortelbalkje 4b			64,961		
		6/jun	Mortelbalkje 5a	592,3	2,812	67,388		
		6/jun	Mortelbalkje 5b			64,781		
		6/jun	Mortelbalkje 6a	589,5	2,726	65,992		
		6/jun	Mortelbalkje 6b			65,089		
75% CEM III A 42,5 N LA 25% Wegenis Beton	na 7 dagen	2/mei	Mortelbalkje 1a	587,6	2,424	38,675		
		2/mei	Mortelbalkje 1b			39,448		
		2/mei	Mortelbalkje 2a	588,0	2,316	41,121		
		2/mei	Mortelbalkje 2b			37,112		
	na 28 dagen	23/mei	Mortelbalkje 3a			74,407		
		23/mei	Mortelbalkje 3b	588,2	3,434	73,363		
75% CEM III A 42,5 N LA 25% Schraal Beton	na 7 dagen	2/mei	Mortelbalkje 1a	582,6	2,289	36,372		
		2/mei	Mortelbalkje 1b			35,308		
		2/mei	Mortelbalkje 2a	582,9	2,244	35,780		
		2/mei	Mortelbalkje 2b			35,408		
	na 28 dagen	23/mei	Mortelbalkje 3a			68,564		
		23/mei	Mortelbalkje 3b	582,9	3,572	65,635		
75% CEM III A 42,5 N LA 25% Prefab Beton	na 7 dagen	2/mei	Mortelbalkje 1a	581,2	2,336	36,901		
		2/mei	Mortelbalkje 1b			37,058		
		2/mei	Mortelbalkje 2a	586,3	2,336	38,410		
		2/mei	Mortelbalkje 2b			38,059		
	na 28 dagen	23/mei	Mortelbalkje 3a			68,560		
		23/mei	Mortelbalkje 3b	584,6	3,692	69,785		

Tabel 35. Verzamelde gegevens Mortelprisma's met 25% vervanging

	Datum van aanmaak		Natgewicht	Buigsterkte	Druksterkte	
	Samenstelling		gr	kN	kN	
Referentiebatch: 100% CEM III A 42,5 N LA	na 7 dagen	18/apr	Mortelbalkje 1a	602,8	2,907	57,273
		18/apr	Mortelbalkje 1b			54,177
		18/apr	Mortelbalkje 2a	599,8	2,997	51,189
		18/apr	Mortelbalkje 2b			47,440
		18/apr	Mortelbalkje 3a	604,4	2,721	48,036
		18/apr	Mortelbalkje 3b			47,688
	na 28 dagen	9/mei	Mortelbalkje 4a	594,8	3,576	79,173
		9/mei	Mortelbalkje 4b			88,236
		9/mei	Mortelbalkje 5a	599,1	3,821	83,983
		9/mei	Mortelbalkje 5b			82,399
		9/mei	Mortelbalkje 6a	601,5	4,040	83,882
		9/mei	Mortelbalkje 6b			87,470

Tabel 36. Verzamelde gegevens Referentiebatch 100% CEM IIIA 42,5 N LA

Gegevens verwerken

Alle verzamelde gegevens moeten worden verwerkt tot informatie die nuttig is voor dit onderzoek. Zo moet de natte volumieke massa (soortelijk gewicht) bepaald worden, maar ook de individuele en de gemiddelde buig- en drukweerstand van de mortelprisma's.

Om bovenstaande gegevens te verwerken wordt gebruik gemaakt van volgende formules:

- natte volumieke massa:

$$\frac{\text{massa van het vochtige proefstuk in kg}}{\text{volume van het proefstuk in m}^3} = \text{natte volumieke massa in kg/m}^3$$

- buigsterkte in Mpa (N/mm²):

$$R_f = \frac{1,5 \times F_{f \times 1} \times L}{b^3}$$

- rekenkundig gemiddelde buigsterkte in Mpa (N/mm²):

$$\text{rekenkundig gemiddelde} = \frac{\text{som van een aantal getallen}}{\text{het aantal getallen}}$$

- druksterkte in Mpa (N/mm²):

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

- rekenkundig gemiddelde druksterkte in Mpa (N/mm²):

$$\text{rekenkundig gemiddelde} = \frac{\text{som van een aantal getallen}}{\text{het aantal getallen}}$$

In de Norm NBN EN 196-1 staat beschreven dat wanneer 1 van de 6 resultaten meer dan $\pm 10\%$ afwijkt van het gemiddelde, dit resultaat mag worden weggelaten. In dat geval wordt het gemiddelde berekend van de resterende 5 resultaten. Als 1 van deze 5 resultaten met meer dan $\pm 10\%$ afwijkt van het gemiddelde wordt de beproeving ongeldig verklaard. Dit is zichtbaar in onderstaande tabel bij de druksterkte van de mortelprisma's 3b, 4a.en 5a.

 Samenstelling	Datum van aanmaak		Natgewicht gr	Nat soortelijk gewicht kg/m³	Buigsterkte			Druksterkte		
					kN	Mpa	Mpa	kN	Mpa	Mpa
Referentiebatch: 25% CEM III A 42,5 N LA 75% Normzand 0/1	na 7 dagen	16/mei	Mortelbalkje 1a	565,2	2208	/	#####	3,014	1,9	1,9
		16/mei	Mortelbalkje 1b					3,116	1,9	
		16/mei	Mortelbalkje 2a	565,8	2210	/	#####	2,942	1,8	
		16/mei	Mortelbalkje 2b				####	3,217	2,0	
		16/mei	Mortelbalkje 3a	560,0	2188	/	#####	3,193	2,0	
	na 28 dagen	16/mei	Mortelbalkje 3b					3,561	2,2	4,3
		6/jun	Mortelbalkje 4a	558,5	2182	0,581	1,4	4,757	3,0	
		6/jun	Mortelbalkje 4b					6,989	4,4	
		6/jun	Mortelbalkje 5a	569,6	2225	0,543	1,3	6,025	3,8	
		6/jun	Mortelbalkje 5b					7,165	4,5	
25% CEM III A 42,5 N LA 75% Wegenis Beton	na 7 dagen	2/mei	Mortelbalkje 1a	586,3	2290	0,458	1,1	5,483	3,4	3,7
		2/mei	Mortelbalkje 1b					6,100	3,8	
		2/mei	Mortelbalkje 2a	587,9	2296	0,426	1,0	5,899	3,7	
		2/mei	Mortelbalkje 2b					5,952	3,7	
	na 28 dagen	23/mei	Mortelbalkje 3a					13,704	8,6	8,5
		23/mei	Mortelbalkje 3b	589,0	2301	1,341	3,1	13,600	8,5	
25% CEM III A 42,5 N LA 75% Schraal Beton	na 7 dagen	25/apr	Mortelbalkje 1a	552,8	2159	0,530	1,2	6,218	3,9	3,6
		25/apr	Mortelbalkje 1b					5,756	3,6	
		25/apr	Mortelbalkje 2a	554,3	2165	0,411	1,0	5,766	3,6	
		25/apr	Mortelbalkje 2b					5,451	3,4	
	na 28 dagen	16/mei	Mortelbalkje 3a					12,240	7,7	7,6
		16/mei	Mortelbalkje 3b	560,8	2191	1,076	2,5	11,966	7,5	
25% CEM III A 42,5 N LA 75% Prefab Beton	na 7 dagen	2/mei	Mortelbalkje 1a	569,2	2223	0,207	0,5	5,691	3,6	3,5
		2/mei	Mortelbalkje 1b					5,537	3,5	
		2/mei	Mortelbalkje 2a	568,3	2220	0,119	0,3	5,453	3,4	
		2/mei	Mortelbalkje 2b					5,845	3,7	
	na 28 dagen	23/mei	Mortelbalkje 3a					12,650	7,9	7,8
		23/mei	Mortelbalkje 3b	571,3	2232	1,260	3,0	12,319	7,7	

Tabel 37. Verwerking gegevens Mortelprisma's met 75% vervanging

 Samenstelling	Datum van aanmaak		Natgewicht	Nat soortelijk gewicht	Buigsterkte			Druksterkte		
			gr	kg/m³	kN	Mpa	Mpa	kN	Mpa	Mpa
Referentiebatch: 50% CEM III A 42,5 N LA 50% Normzand 0/1	na 7 dagen	16/mei	Mortelbalkje 1a	576,2	2251	1,219	2,9	16,142	10,1	10,2
		16/mei	Mortelbalkje 1b					16,253	10,2	
		16/mei	Mortelbalkje 2a	577,0	2254	1,209	2,8	15,991	10,0	
		16/mei	Mortelbalkje 2b					16,443	10,3	
		16/mei	Mortelbalkje 3a					16,052	10,0	
	na 28 dagen	16/mei	Mortelbalkje 3b	576,0	2250	1,127	2,6	17,233	10,8	19,0
		6/jun	Mortelbalkje 4a	591,8	2312	1,749	4,1	29,677	18,5	
		6/jun	Mortelbalkje 4b					31,217	19,5	
		6/jun	Mortelbalkje 5a	589,0	2301	1,969	4,6	31,615	19,8	
		6/jun	Mortelbalkje 5b					31,966	20,0	
		6/jun	Mortelbalkje 6a					29,172	18,2	
		6/jun	Mortelbalkje 6b	593,9	2320	1,969	4,6	29,085	18,2	
50% CEM III A 42,5 N LA 50% Wegenis Beton	na 7 dagen	25/apr	Mortelbalkje 1a	586,0	2289	1,467	3,4	21,427	13,4	13,3
		25/apr	Mortelbalkje 1b					22,166	13,9	
		25/apr	Mortelbalkje 2a	587,2	2294	1,392	3,3	21,326	13,3	
		25/apr	Mortelbalkje 2b					20,931	13,1	
		25/apr	Mortelbalkje 3a	582,9	2277	1,447	3,4	21,326	13,3	
	na 28 dagen	25/apr	Mortelbalkje 3b					20,767	13,0	25,6
		16/mei	Mortelbalkje 4a	580,3	2267	2,642	6,2	41,132	25,7	
		16/mei	Mortelbalkje 4b					40,423	25,3	
		16/mei	Mortelbalkje 5a	581,9	2273	2,868	6,7	40,627	25,4	
		16/mei	Mortelbalkje 5b					41,547	26,0	
		16/mei	Mortelbalkje 6a	580,0	2266	2,604	6,1	40,446	25,3	
		16/mei	Mortelbalkje 6b					41,638	26,0	
50% CEM III A 42,5 N LA 50% Schraal Beton	na 7 dagen	18/apr	Mortelbalkje 1a	575,9	2250	1,314	3,1	18,070	11,3	11,6
		18/apr	Mortelbalkje 1b					18,080	11,3	
		18/apr	Mortelbalkje 2a	574,1	2243	1,399	3,3	18,749	11,7	
		18/apr	Mortelbalkje 2b					19,040	11,9	
		18/apr	Mortelbalkje 3a	574,1	2243	1,402	3,3	18,538	11,6	
	na 28 dagen	18/apr	Mortelbalkje 3b					19,198	12,0	21,7
		9/mei	Mortelbalkje 4a	583,0	2277	2,540	6,0	33,715	21,1	
		9/mei	Mortelbalkje 4b					35,044	21,9	
		9/mei	Mortelbalkje 5a	582,9	2277	2,435	5,7	34,870	21,8	
		9/mei	Mortelbalkje 5b					33,086	20,7	
		9/mei	Mortelbalkje 6a	584,2	2282	2,540	6,0	36,135	22,6	
		9/mei	Mortelbalkje 6b					35,877	22,4	
50% CEM III A 42,5 N LA 50% Prefab Beton	na 7 dagen	25/apr	Mortelbalkje 1a	580,5	2268	1,450	3,4	21,269	13,3	13,2
		25/apr	Mortelbalkje 1b					21,473	13,4	
		25/apr	Mortelbalkje 2a	580,9	2269	1,484	3,5	21,099	13,2	
		25/apr	Mortelbalkje 2b					20,824	13,0	
		25/apr	Mortelbalkje 3a	580,7	2268	1,430	3,4	21,286	13,3	
	na 28 dagen	25/apr	Mortelbalkje 3b					20,496	12,8	26,0
		16/mei	Mortelbalkje 4a	594,6	2323	2,917	6,8	40,567	25,4	
		16/mei	Mortelbalkje 4b					41,129	25,7	
		16/mei	Mortelbalkje 5a	597,6	2334	3,038	7,1	41,969	26,2	
		16/mei	Mortelbalkje 5b					42,702	26,7	
		16/mei	Mortelbalkje 6a	593,6	2319	2,839	6,7	40,898	25,6	
		16/mei	Mortelbalkje 6b					42,508	26,6	

Tabel 38. Verwerking gegevens Mortelprisma's met 50% vervanging

 Samenstelling	Datum van aanmaak		Natgewicht gr	Nat soortelijk gewicht kg/m³	Buigsterkte			Druksterkte		
					kN	Mpa	Mpa	kN	Mpa	Mpa
Referentiebatch: 75% CEM III A 42,5 N LA 25% Normzand 0/1	na 7 dagen	16/mei Mortelbalkje 1a	585,7	2288	2,292	5,4		34,427	22,3	
		16/mei Mortelbalkje 1b						37,864	23,7	
		16/mei Mortelbalkje 2a	586,8	2292	2,231	5,2	5,3	33,477	21,7	22,5
		16/mei Mortelbalkje 2b						35,699	22,3	
		16/mei Mortelbalkje 3a	586,1	2289	2,262	5,3		33,897	21,8	
		16/mei Mortelbalkje 3b						37,235	23,3	
	na 28 dagen	6/jun Mortelbalkje 4a	590,2	2305	2,772	6,5		65,118	40,7	
		6/jun Mortelbalkje 4b						64,961	40,6	
		6/jun Mortelbalkje 5a	592,3	2314	2,812	6,6	6,5	67,388	42,1	41,0
		6/jun Mortelbalkje 5b						64,781	40,5	
		6/jun Mortelbalkje 6a	589,5	2303	2,726	6,4		65,992	41,2	
		6/jun Mortelbalkje 6b						65,089	40,7	
75% CEM III A 42,5 N LA 25% Wegenis Beton	na 7 dagen	2/mei Mortelbalkje 1a	587,6	2295	2,424	5,7		38,675	24,2	
		2/mei Mortelbalkje 1b					5,6	39,448	24,7	24,4
		2/mei Mortelbalkje 2a	588,0	2297	2,316	5,4		41,121	25,7	
		2/mei Mortelbalkje 2b						37,112	23,2	
	na 28 dagen	23/mei Mortelbalkje 3a	588,2	2298	3,434	8,0	8,0	74,407	46,5	46,2
		23/mei Mortelbalkje 3b						73,363	45,9	
75% CEM III A 42,5 N LA 25% Schraal Beton	na 7 dagen	2/mei Mortelbalkje 1a	582,6	2276	2,289	5,4		36,372	22,7	
		2/mei Mortelbalkje 1b					5,3	35,308	22,1	22,3
		2/mei Mortelbalkje 2a	582,9	2277	2,244	5,3		35,780	22,4	
		2/mei Mortelbalkje 2b						35,408	22,1	
	na 28 dagen	23/mei Mortelbalkje 3a	582,9	2277	3,572	8,4	8,4	68,564	42,9	41,9
		23/mei Mortelbalkje 3b						65,635	41,0	
75% CEM III A 42,5 N LA 25% Prefab Beton	na 7 dagen	2/mei Mortelbalkje 1a	581,2	2270	2,336	5,5		36,901	23,1	
		2/mei Mortelbalkje 1b					5,5	37,058	23,2	23,5
		2/mei Mortelbalkje 2a	586,3	2290	2,336	5,5		38,410	24,0	
		2/mei Mortelbalkje 2b						38,059	23,8	
	na 28 dagen	23/mei Mortelbalkje 3a	584,6	2284	3,692	8,7	8,7	68,560	42,9	43,2
		23/mei Mortelbalkje 3b						69,785	43,6	

Tabel 39. Verwerking gegevens Mortelprisma's met 25% vervanging

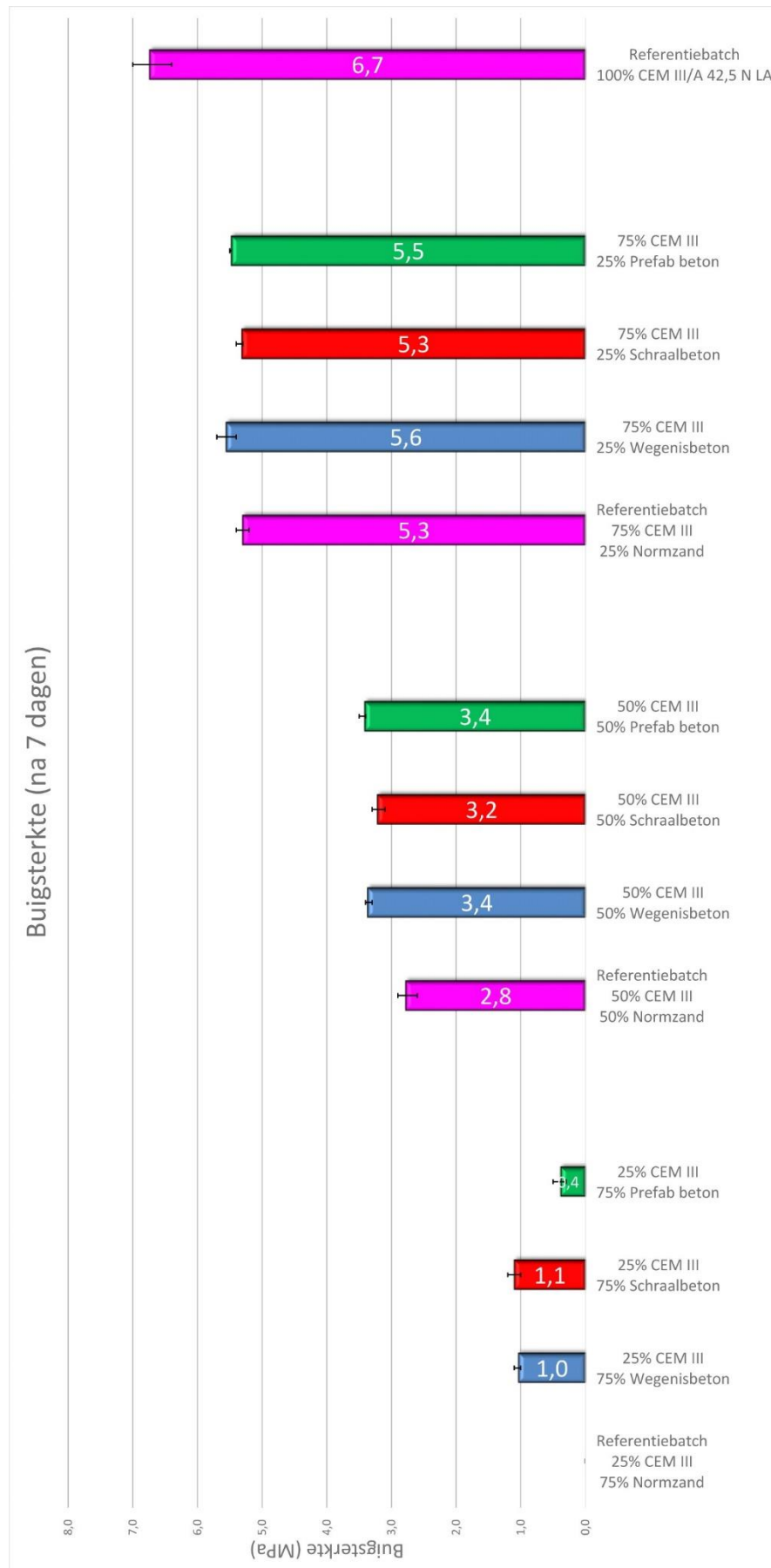
 Samenstelling	Datum van aanmaak		Natgewicht gr	Nat soortelijk gewicht kg/m³	Buigsterkte			Druksterkte		
					kN	Mpa	Mpa	kN	Mpa	Mpa
Referentiebatch: 100% CEM III A 42,5 N LA	na 7 dagen	18/apr Mortelbalkje 1a	602,8	2355	2,907	6,8		57,273	35,8	
		18/apr Mortelbalkje 1b						54,177	33,9	
		18/apr Mortelbalkje 2a	599,8	2343	2,997	7,0	6,7	51,189	32,0	31,1
		18/apr Mortelbalkje 2b						47,440	29,7	
		18/apr Mortelbalkje 3a	604,4	2361	2,721	6,4		48,036	30,0	
		18/apr Mortelbalkje 3b						47,688	29,8	
	na 28 dagen	9/mei Mortelbalkje 4a	594,8	2323	3,576	8,4		79,173	49,5	
		9/mei Mortelbalkje 4b						88,236	55,1	
		9/mei Mortelbalkje 5a	599,1	2340	3,821	9,0	8,9	83,983	52,5	52,6
		9/mei Mortelbalkje 5b						82,399	51,5	
		9/mei Mortelbalkje 6a	601,5	2350	4,040	9,5		83,882	52,4	
		9/mei Mortelbalkje 6b						87,470	54,7	

Tabel 40. Verwerking gegevens Referentiebatch 100% CEM IIIA 42,5 N LA

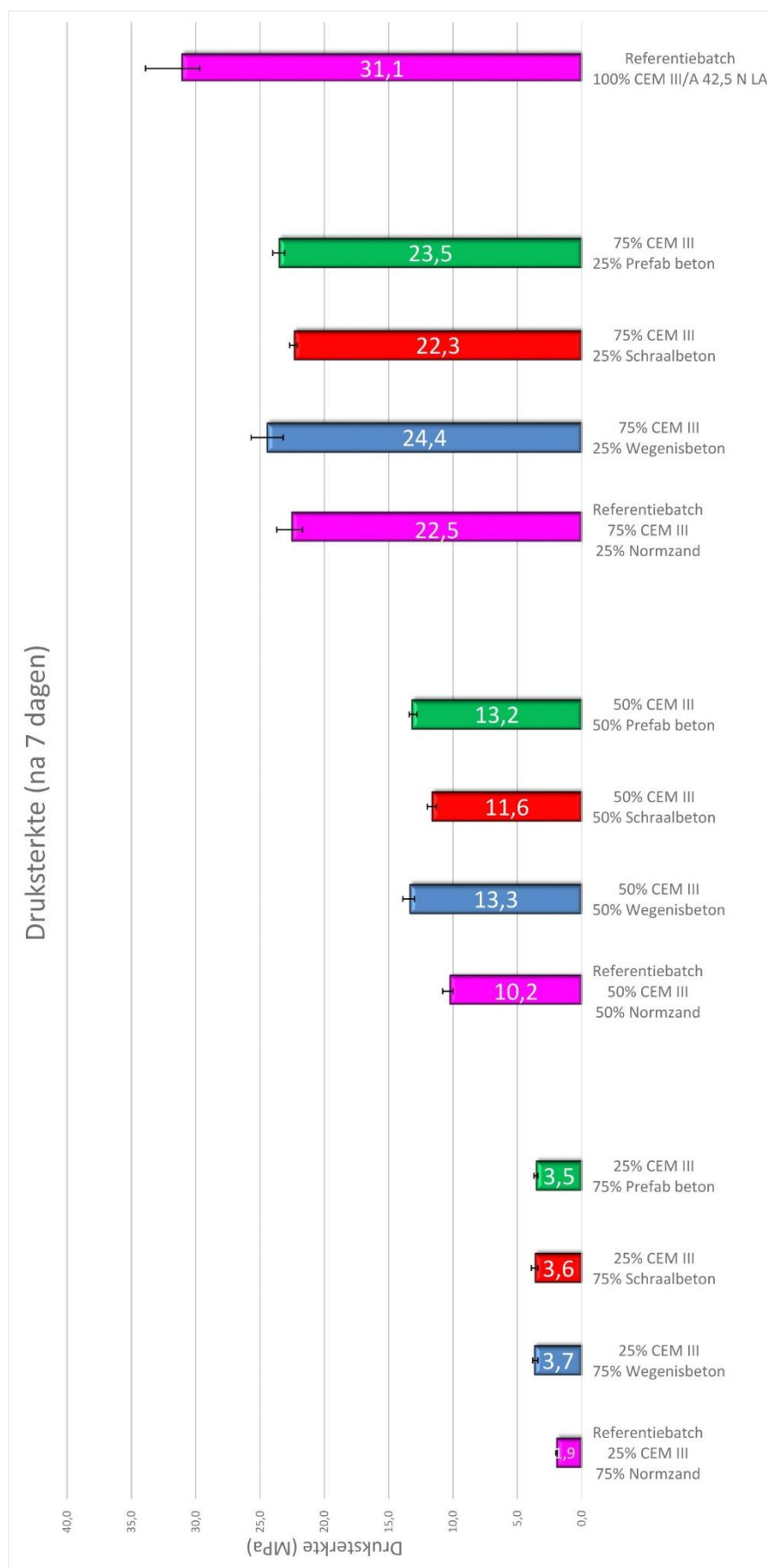
Alle gegevens die beschikbaar zijn in voorgaande tabellen kunnen worden weergegeven in enkele vergelijkende grafieken. De twee grafieken op pagina 39 en 40 geven de buig- en drukweerstand weer van de mortelprisma's beproefd na 7 dagen. De twee grafieken op pagina 41 en 42 tonen de buig- en drukweerstand na 28 dagen.

De cijfers op de grafiek geven telkens de gemiddelde waarde van de buig- en drukweerstand van de mortelprisma's weer. Op de grafiek is ook visueel de spreiding weergegeven, door de minimale en de maximale waarden van de gemeten resultaten aan te duiden.

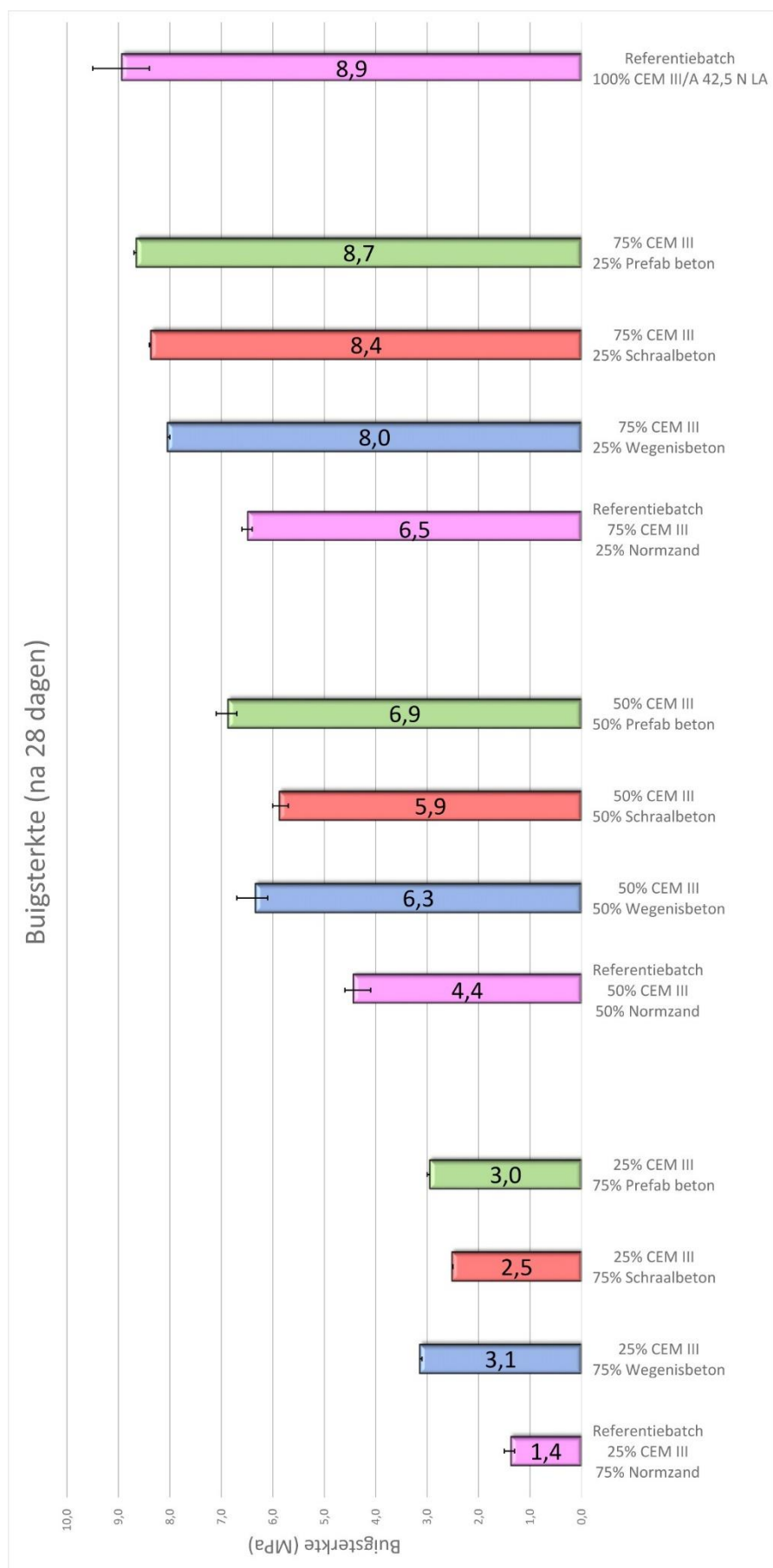
Resultaten



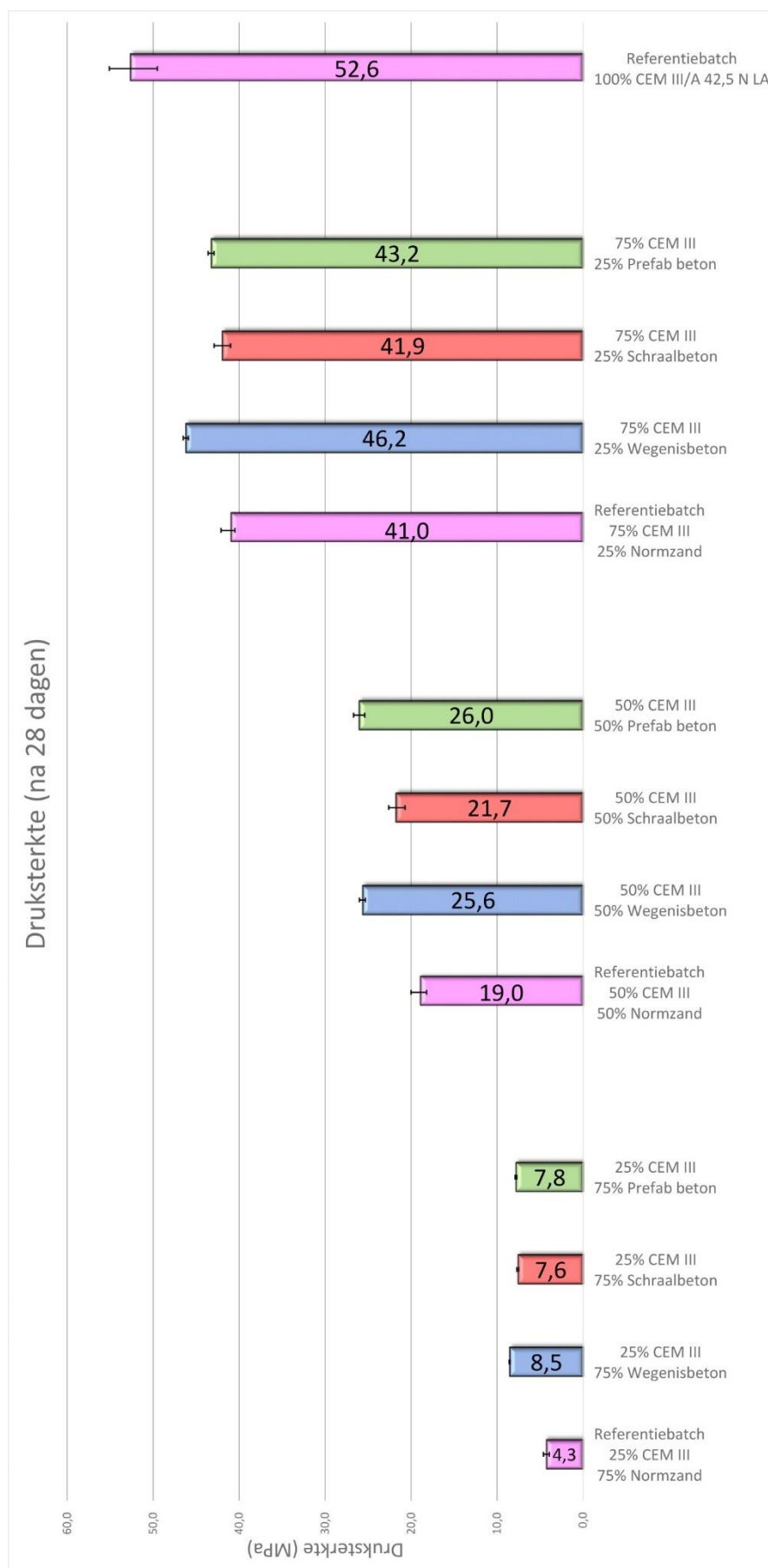
Tabel 41. Overzichtsgrafiek buigweerstand na 7 dagen



Tabel 42. Overzichtsgrafiek drukweerstand na 7 dagen



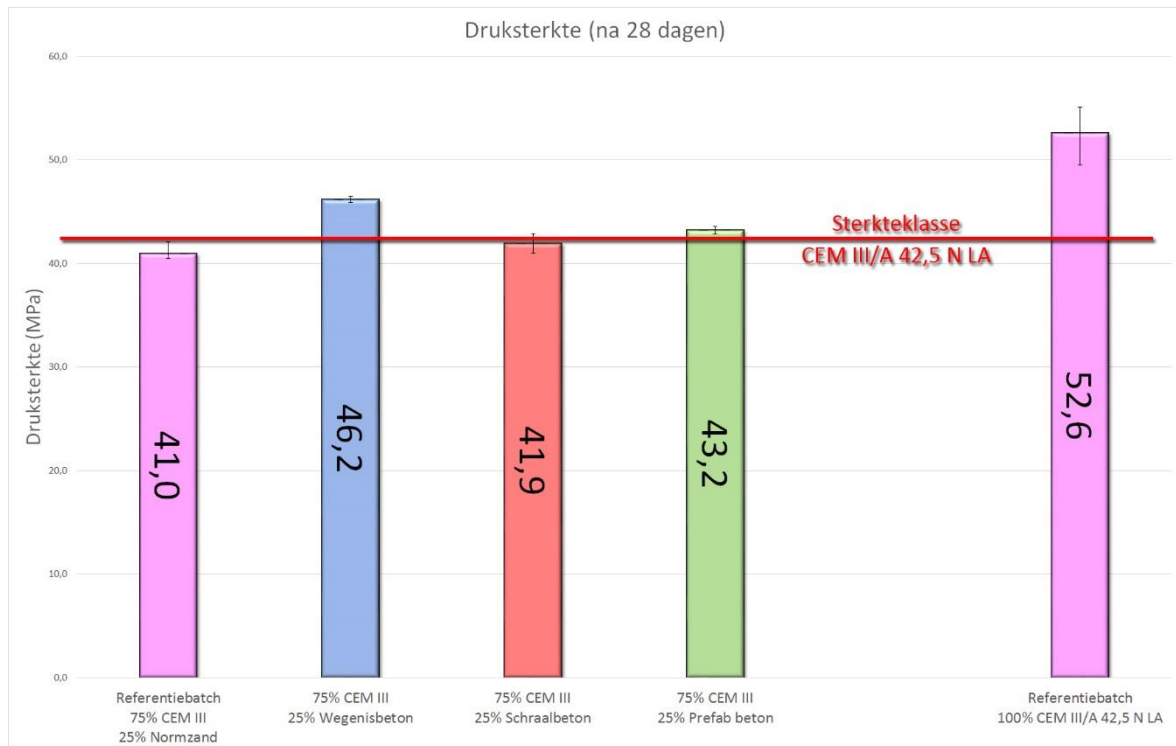
Tabel 43. Overzichtsgrafiek buigweerstand na 28 dagen



Tabel 44. Overzichtsgrafiek drukweerstand na 28 dagen

Resultaten bespreken

In bovenstaande grafieken is duidelijk dezelfde tendens waar te nemen. Om deze reden en omdat de sterkteklasse van cement bepaald wordt door de druksterkte gemeten op 28 dagen, gaat enkel de laatste grafiek verder besproken worden.



Tabel 45. Detailgrafiek drukweerstand na 28 dagen bij 25% vervanging van cement door fijn stof

Op basis van de resultaten van het onderzoek kan besloten worden dat er een extra sterkte verkregen wordt bij het gebruik van gerecycleerde granulaten. Dit is vooral duidelijk zichtbaar bij mortelprisma's vervaardigd met het fijn stof afkomstig van de granulaten van wegenisbeton en prefab beton. Bij schraalbeton is dit effect ook waarneembaar, maar beduidend minder dan bij de andere twee herkomsten. Dit is vermoedelijk te wijten aan het feit dat er bij de aanmaak van schraal beton veel minder cement wordt gebruikt dan bij de andere twee. Het feit dat bij prefab beton de bijkomende sterkte ook lager ligt, heeft te maken met het geoptimaliseerde proces van de prefab industrie. Doordat er in (ideale) fabrieksomstandigheden gewerkt wordt kan de hoeveelheid cement geoptimaliseerd worden in de samenstelling van het mengsel. Er wordt altijd gestreefd naar toevoeging van een minimale hoeveelheid cement om de kostprijs zo laag mogelijk te houden.

Theoretisch kan op basis van deze grafiek ook worden besloten dat bij een vervanging van 25% cement door fijn stof, afkomstig van de granulaten van wegenis- en prefab beton, de minimale sterkte van 42,5 Mpa nog steeds wordt behaald. Wel moet de vraag gesteld worden of dit in praktijk haalbaar is, omdat het erg moeilijk is te bepalen hoeveel fijn stof er aanwezig is rond de gebroken betongranulaten.

Onderzoeksmethode 2: Druksterkte bepalen van proctors, aangemaakt met brekerzand (i.s.m. VBG-Colas)

Gegevens verzamelen

Identificatiegegevens batch: nummer, betonsoort en bewaringsmethode

Uitvoerder van de proef

Datum wanneer het zandcementmengsel werd aangemaakt

LABO CENTRAL - CENTRAAL LABO - LCL
DELLESTRAAT, 25 - 3550 HEUSDEN-ZOLDER
TEL +32 (0) 13 53.02.98 - FAX +32 (0) 13 53.02.64

COLAS Belgium

LCL

Batch:

Uitvoerder:

Datum aanmaak:

Drukweerstand van zandcementkernen: N 51.08

Gewicht van de vochtige proctor na 7/28 dagen bewaring in de klimaatkast

verwijzen naar het vak van het werk en naar de bewaring
de fabricagedatum van het zandcement
tijd tussen fabricage van het zandcement en de verdichting verstreken is.

Gemeten drukweerstand af te lezen op de drukpers

Staal nr°	Datum aanmaak	Datum druk	M voor bewaring M_1 (g)	M na bewaring M_2 (g)	Drukweerstand f_c (Mpa / N/mm²)	M kern droog (g)
1	7 dagen					
			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	28 dagen					
5			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Gewicht van de proctor bij vervaardiging (net voor hij de klimaatkast ingaat)

Gewicht van de (gebroken) proctor na droging

Bepaling van het vochtgehalte d.m.v. een aparte staal

Voor elk proefstuk mogen de massa's M_1 en M_2 niet meer dan 10 g verschillen. (grotere verschillen worden in proefverslag vermeld)

Instellen programma:

Proctor na 7 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

Proctor na 28 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

In te stellen programma op de drukpers

Opmeting van de hoogte van de proctor

Opmeting van de diameter van de proctor

Tabel 46. Sjabloon invulblad proctors (inclusief uitleg)

Om alle verzamelde gegevens te registreren werden er invulbladen aangemaakt, zoals in voorgaand voorbeeld. De ingevulde exemplaren zijn terug te vinden als bijlage. Onderstaande tabellen geven een duidelijk overzicht van alle verzamelde gegevens.

Verzamelde gegevens			Wegenisbeton		
			Onmiddellijk na breken	Bewaring in vochtige omgeving	Volledige verzadiging
Massa proctor	Na 7 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1821,4	1761,0	1743,3
		M ₂ : na bewaring (g)	1836,1	1930,2	1925,7
		M ₃ : na droging (g)	1683,8	1625,7	1633,8
	Na 28 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1800,9	1760,7	1745,2
		M ₂ : na bewaring (g)	1976,1	1932,1	1947,0
		M ₃ : na droging (g)	1668,8	1625,4	1628,5
Massa reststaal		Nat (g)	1097,3	1620,1	1782,7
		Droog (g)	1015,6	1488,4	1657,7
Afmetingen proctor	Na 7 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,6	101,6	101,7
		Hoogte (mm)	117,1	117,0	116,1
	Na 28 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,7	101,6	101,7
		Hoogte (mm)	117,2	116,3	116,4
Drukweerstand proctor (ZC 80)	Na 7 dagen bewaring	(Mpa - N/mm ²)	1,59	1,38	1,52
	Na 28 dagen bewaring	(Mpa - N/mm ²)	2,39	2,24	2,39

Tabel 47. Verzamelde gegevens Wegenisbeton

Verzamelde gegevens			Schraalbeton		
			Onmiddellijk na breken	Bewaring in vochtige omgeving	Volledige verzadiging
Massa proctor	Na 7 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1804,4	1972,1	1748,7
		M ₂ : na bewaring (g)	1806,7	1989,5	1927,0
		M ₃ : na droging (g)	1615,3	1745,8	1632,3
	Na 28 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1806,8	1974,4	1741,5
		M ₂ : na bewaring (g)	1826,1	1997,0	1938,4
		M ₃ : na droging (g)	1621,6	1749,3	1624,4
Massa reststaal	Nat (g)		355,9	1662,0	1913,3
	Droog (g)		321,1	1470,1	1783,5
Afmetingen proctor	Na 7 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,5	101,7	101,7
		Hoogte (mm)	117,5	116,7	116,0
	Na 28 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,6	101,8	101,6
		Hoogte (mm)	117,7	116,7	116,1
Drukweerstand proctor (ZC 80)	Na 7 dagen bewaring	(Mpa - N/mm ²)	1,64	2,74	1,07
	Na 28 dagen bewaring	(Mpa - N/mm ²)	2,08	3,57	1,39

Tabel 48. Verzamelde gegevens Schraalbeton

Verzamelde gegevens			Prefab beton		
			Onmiddellijk na breken	Bewaring in vochtige omgeving	Volledige verzadiging
Massa proctor	Na 7 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1800,0	1890,1	1755,4
		M ₂ : na bewaring (g)	1804,5	1914,0	1774,5
		M ₃ : na droging (g)	1661,8	1694,3	1634,9
	Na 28 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1804,0	1902,8	1750,4
		M ₂ : na bewaring (g)	1828,0	1939,2	1796,8
		M ₃ : na droging (g)	1665,7	1707,6	1639,9
Massa reststaal	Nat (g)		1886,4	1539,0	1774,5
	Droog (g)		1741,5	1377,5	1651,3
Afmetingen proctor	Na 7 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,7	101,7	101,7
		Hoogte (mm)	117,1	116,7	116,9
	Na 28 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,7	101,4	101,6
		Hoogte (mm)	117,8	117,4	116,6
Drukweerstand proctor (ZC 80)	Na 7 dagen bewaring	(Mpa - N/mm ²)	1,54	1,29	1,04
	Na 28 dagen bewaring	(Mpa - N/mm ²)	2,49	2,39	2,06

Tabel 49. Verzamelde gegevens Prefab beton

Gegevens verwerken

Alle verzamelde gegevens moeten worden verwerkt tot informatie die nuttig is voor dit onderzoek. Zo moet het vochtgehalte bepaald worden, maar ook de droge en de natte volumieke massa (soortelijk gewicht).

Om bovenstaande gegevens te verwerken wordt gebruik gemaakt van volgende formules:

- vochtgehalte:

$$\frac{\text{massa in vochtige toestand (gr)} - \text{massa na droging (gr)}}{\text{massa na droging (gr)}} = \text{vochtgehalte in \%}$$

Dit moet uitgevoerd worden op een apart staal omdat door de droging (24u aan 105°C) het aanwezige ongehydrateerd cement zou kunnen verbranden;

- volume van het proefstuk (cfr. volume van een cilinder):

$$\frac{\pi \times (\text{diameter})^2 \times \text{hoogte}}{4} = \text{volume van het proefstuk in m}^3$$

- natte volumieke massa bepalen van het proefstuk
(bij vervaardiging van de proctor net voor hij de klimaatkast ingaat)

$$\frac{\text{massa van het vochtige proefstuk in kg}}{\text{volume van het proefstuk in m}^3} = \text{natte volumieke massa in kg/m}^3$$

- droge volumieke massa bepalen van het proefstuk
(na 24 uur drogen aan 105°C van het gebroken mengsel)

$$\frac{\text{massa van het droge proefstuk in kg}}{\text{volume van het proefstuk in m}^3} = \text{droge volumieke massa in kg/m}^3$$

Verzamelde gegevens				Wegenisbeton		
				Onmiddellijk na breken	Bewaring in vochtige omgeving	Volledige verzadiging
Massa proctor	Na 7 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1821,4	1761,0	1743,3	
		M ₂ : na bewaring (g)	1836,1	1930,2	1925,7	
		M ₃ : na droging (g)	1683,8	1625,7	1633,8	
	Natte volumieke massa (kg/m³)		1919	1857	1848	
	Droge volumieke massa (kg/m³)		1774	1714	1732	
Massa proctor	Na 28 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1800,9	1760,7	1745,2	
		M ₂ : na bewaring (g)	1976,1	1932,1	1947,0	
		M ₃ : na droging (g)	1668,8	1625,4	1628,5	
	Natte volumieke massa (kg/m³)		1892	1867	1846	
	Droge volumieke massa (kg/m³)		1753	1724	1722	
Massa reststaal	Nat (g)		1097,3	1620,1	1782,7	
	Droog (g)		1015,6	1488,4	1657,7	
Vochtgehalte in %			8%	9%	8%	
Afmetingen proctor	Na 7 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,6	101,6	101,7	
		Hoogte (mm)	117,1	117,0	116,1	
	Na 28 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,7	101,6	101,7	
		Hoogte (mm)	117,2	116,3	116,4	
Drukweerstand proctor (ZC 80)	Na 7 dagen bewaring	(Mpa - N/mm²)	1,59	1,38	1,52	
	Na 28 dagen bewaring	(Mpa - N/mm²)	2,39	2,24	2,39	

Tabel 50. Verwerking gegevens Wegenisbeton

Verzamelde gegevens				Schraalbeton		
				Onmiddellijk na breken	Bewaring in vochtige omgeving	Volledige verzadiging
Massa proctor	Na 7 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1804,4	1972,1	1748,7	
		M ₂ : na bewaring (g)	1806,7	1989,5	1927,0	
		M ₃ : na droging (g)	1615,3	1745,8	1632,3	
	Natte volumieke massa (kg/m³)		1898	2080	1856	
	Droge volumieke massa (kg/m³)		1699	1842	1732	
Massa proctor	Na 28 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1806,8	1974,4	1741,5	
		M ₂ : na bewaring (g)	1826,1	1997,0	1938,4	
		M ₃ : na droging (g)	1621,6	1749,3	1624,4	
	Natte volumieke massa (kg/m³)		1893	2079	1850	
	Droge volumieke massa (kg/m³)		1699	1842	1726	
Massa reststaal	Nat (g)		355,9	1662,0	1913,3	
	Droog (g)		321,1	1470,1	1783,5	
Vochtgehalte in %			11%	13%	7%	
Afmetingen proctor	Na 7 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,5	101,7	101,7	
		Hoogte (mm)	117,5	116,7	116,0	
	Na 28 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,6	101,8	101,6	
		Hoogte (mm)	117,7	116,7	116,1	
Drukweerstand proctor (ZC 80)	Na 7 dagen bewaring	(Mpa - N/mm²)	1,64	2,74	1,07	
	Na 28 dagen bewaring	(Mpa - N/mm²)	2,08	3,57	1,39	

Tabel 51. Verwerking gegevens Schraalbeton

Verzamelde gegevens				Prefab beton		
				Onmiddellijk na breken	Bewaring in vochtige omgeving	Volledige verzadiging
Massa proctor	Na 7 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1800,0	1890,1	1755,4	
		M ₂ : na bewaring (g)	1804,5	1914,0	1774,5	
		M ₃ : na droging (g)	1661,8	1694,3	1634,9	
	Natte volumieke massa (kg/m³)		1892	1994	1849	
	Droge volumieke massa (kg/m³)		1747	1787	1722	
Massa proctor	Na 28 dagen bewaring	M ₁ : bij vervaardiging (g)	1804,0	1902,8	1750,4	
		M ₂ : na bewaring (g)	1828,0	1939,2	1796,8	
		M ₃ : na droging (g)	1665,7	1707,6	1639,9	
	Natte volumieke massa (kg/m³)		1885	2007	1852	
	Droge volumieke massa (kg/m³)		1741	1801	1735	
Massa reststaal		Nat (g)	1886,4	1539,0	1774,5	
		Droog (g)	1741,5	1377,5	1651,3	
Vochtgehalte in %			8%	12%	7%	
Afmetingen proctor	Na 7 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,7	101,7	101,7	
		Hoogte (mm)	117,1	116,7	116,9	
	Na 28 dagen bewaring	Diameter (mm)	101,7	101,4	101,6	
		Hoogte (mm)	117,8	117,4	116,6	
Drukweerstand proctor (ZC 80)	Na 7 dagen bewaring	(Mpa - N/mm²)	1,54	1,29	1,04	
	Na 28 dagen bewaring	(Mpa - N/mm²)	2,49	2,39	2,06	

Tabel 52. Verwerking gegevens Prefab beton



Contact LCL: J-Ph Lecat

Betreft : Vergelijking Korrelverdeling Batch A, B en C

Kenmerken : Breekzand 0/4

Aanvraag : Granulometrie

Uitvoerder : Xavier Sevenants

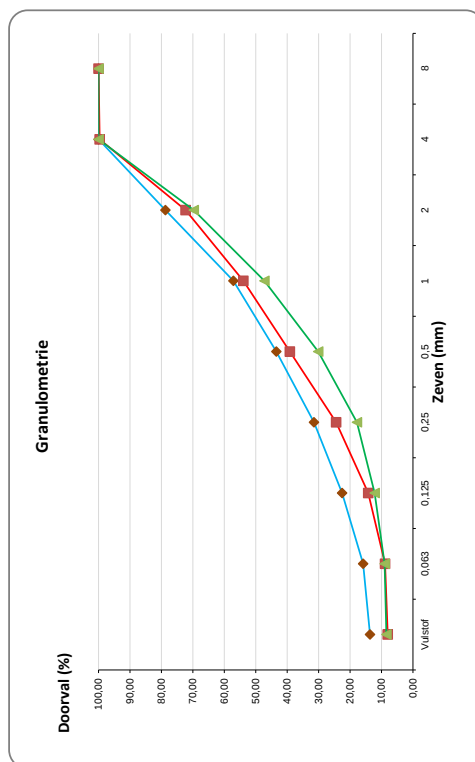
Ref Copro : Intern

	EN 933-1 (2012)	EN 1097-5 (2008)
Granulometrie :		
Vochtgehalte :		

Nassen en droge zeying

RESULTAAT

	Batch A: Wegensibeton	Batch B: Schaalbeton	Batch C: Prefabibeton
Massa analysestraal (g):	1015,6	321,1	1741,5
Vochtgehalte (%):	8,05%	10,84%	8,32%
Zeven (mm)	Doorval	Doorval	Doorval
8	100%	100%	100%
4	100%	100%	100%
2	79%	72%	70%
1	57%	54%	47%
0,5	43%	39%	30%
0,25	31%	24%	18%
0,125	22%	14%	12%
0,063	16%	9%	9%
Vulstof	14%	8%	8%

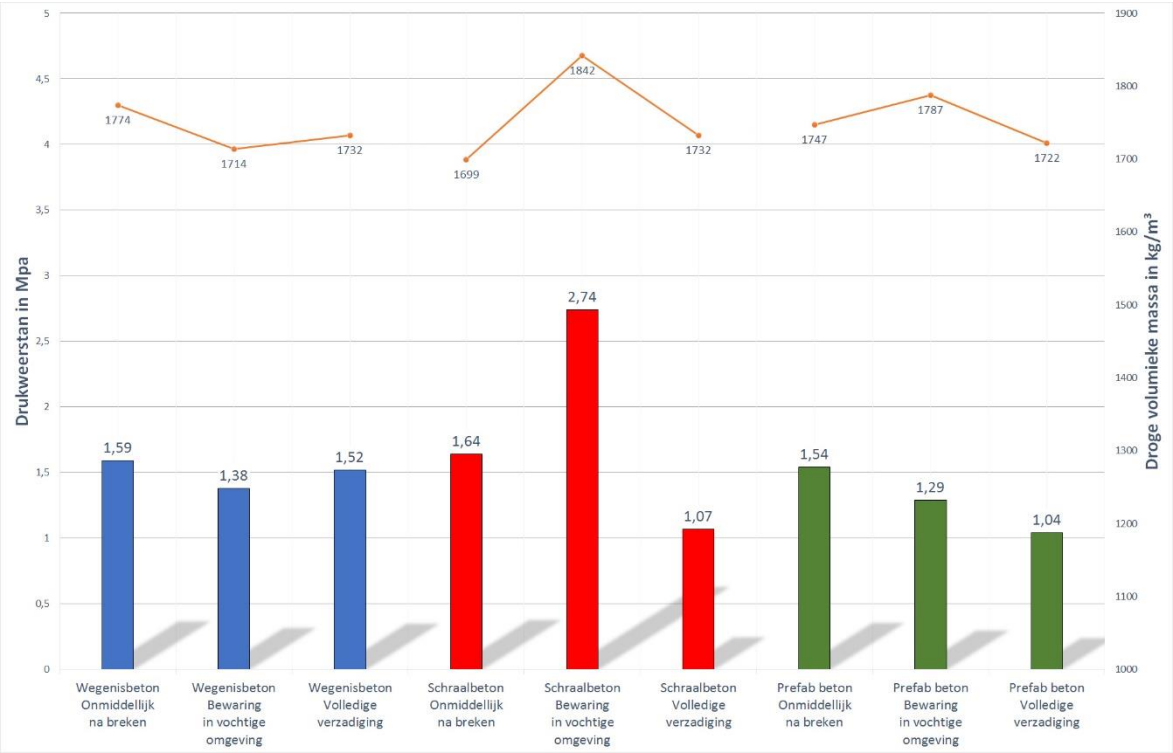
Xavier Seven;
Uitvoerder

Jean-Philippe Lecat
Labo verantwoordelijke

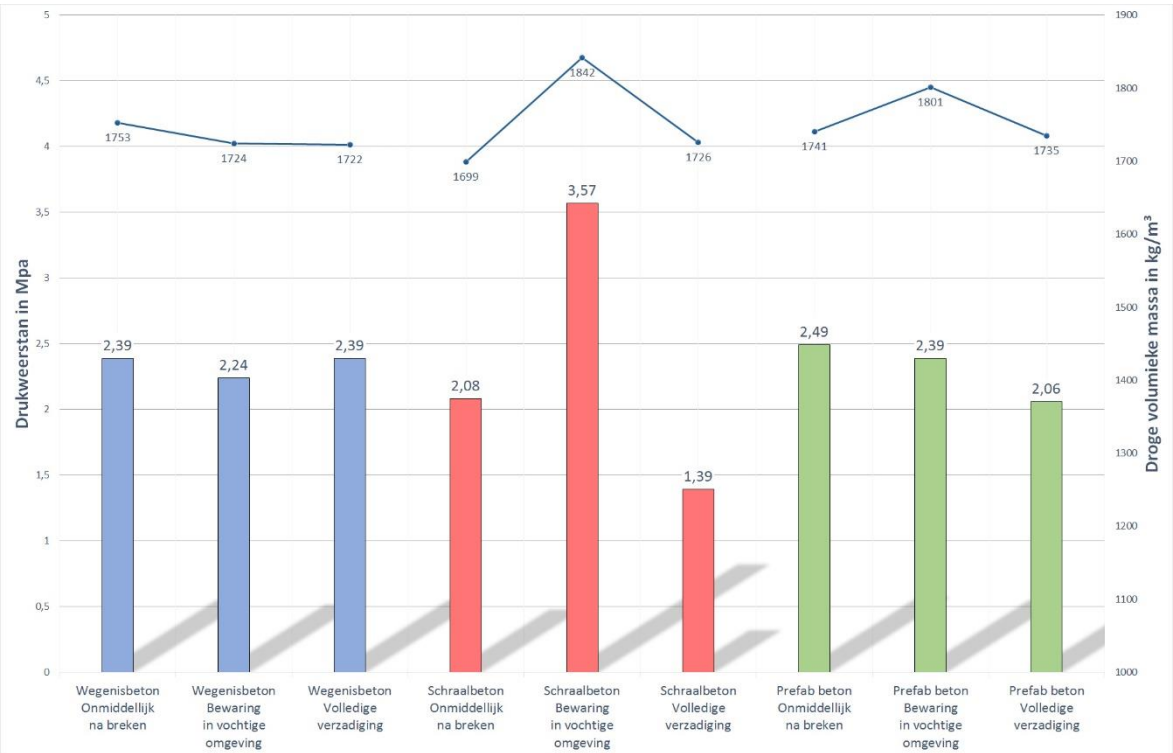
Voor ontvangst

Figuur 53. Vergelijking van de korrelverdeling Batch A, B en C

Met de gegevens uit voorgaande tabellen (pagina 48, 49 en 50) kunnen twee grafieken worden opgesteld die een algemeen overzicht geven van de druksterkte van de proctors op 7 en op 28 dagen. Ook de droge volumieke massa wordt in de grafiek verwerkt, omdat dit een grote invloed heeft op de resulterende druksterkte. De invloed van de droge volumieke massa op de druksterkte is goed zichtbaar bij het schraalbeton dat bewaard werd in een vochtige omgeving.

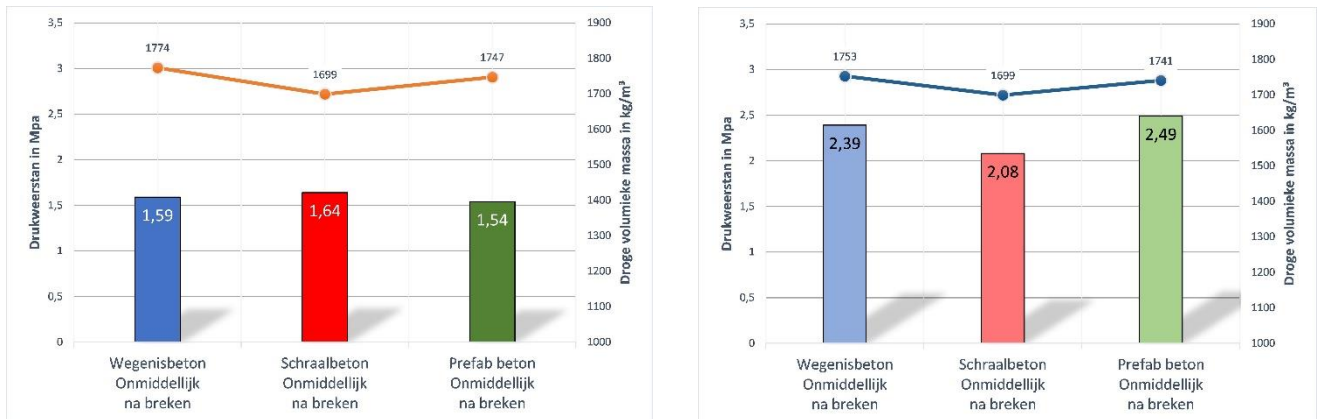


Tabel 54. Overzichtstabel drukweerstand van proctors na 7 dagen

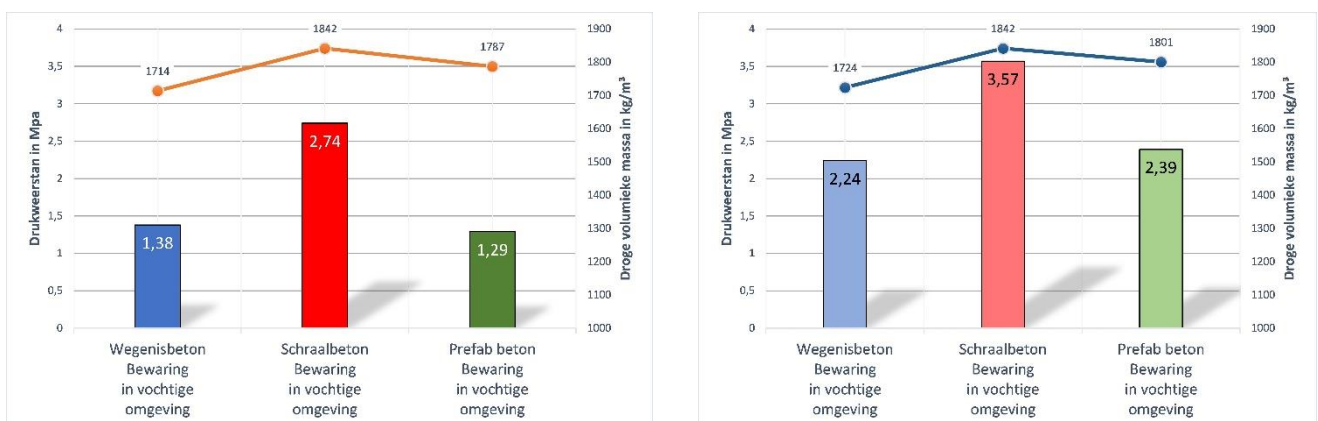


Tabel 55. Overzichtstabel drukweerstand van proctors na 28 dagen

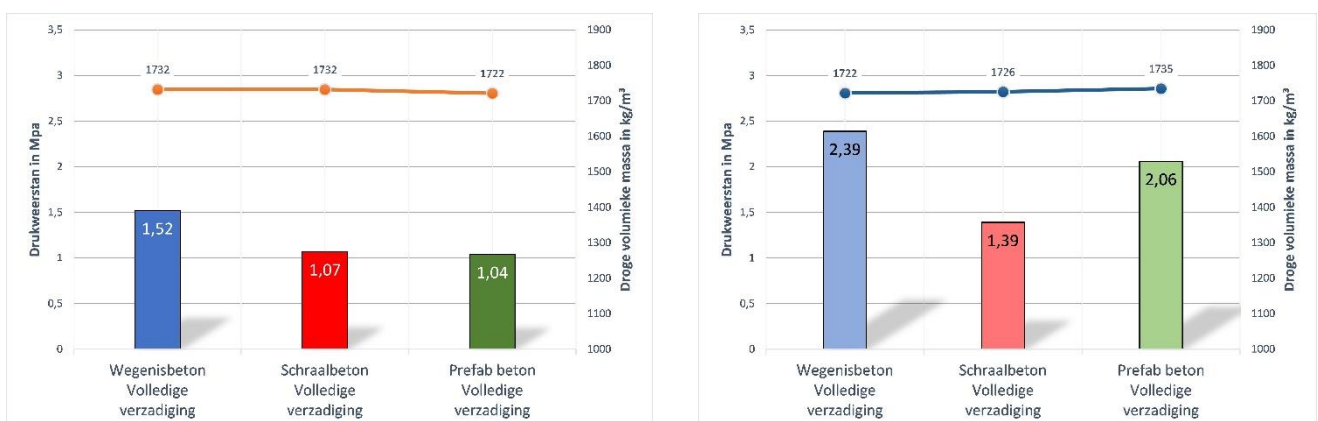
Voorgaande grafieken geven een algemeen beeld van de bekomen resultaten. Om de druksterktes makkelijker met elkaar te vergelijken zijn er nog enkele kleinere grafieken opgesteld. Allereerst zes grafieken waarin de drie monsters ten opzichte van elkaar worden vergeleken (pagina 53), dit om te controleren of de herkomst van het materiaal een verschil geeft in druksterkte. Daarna nog zes extra grafieken (pagina 54, 55 en 56) waarin de bewaarmethodes worden vergeleken, telkens op 7 dagen en 28 dagen gedrukt.



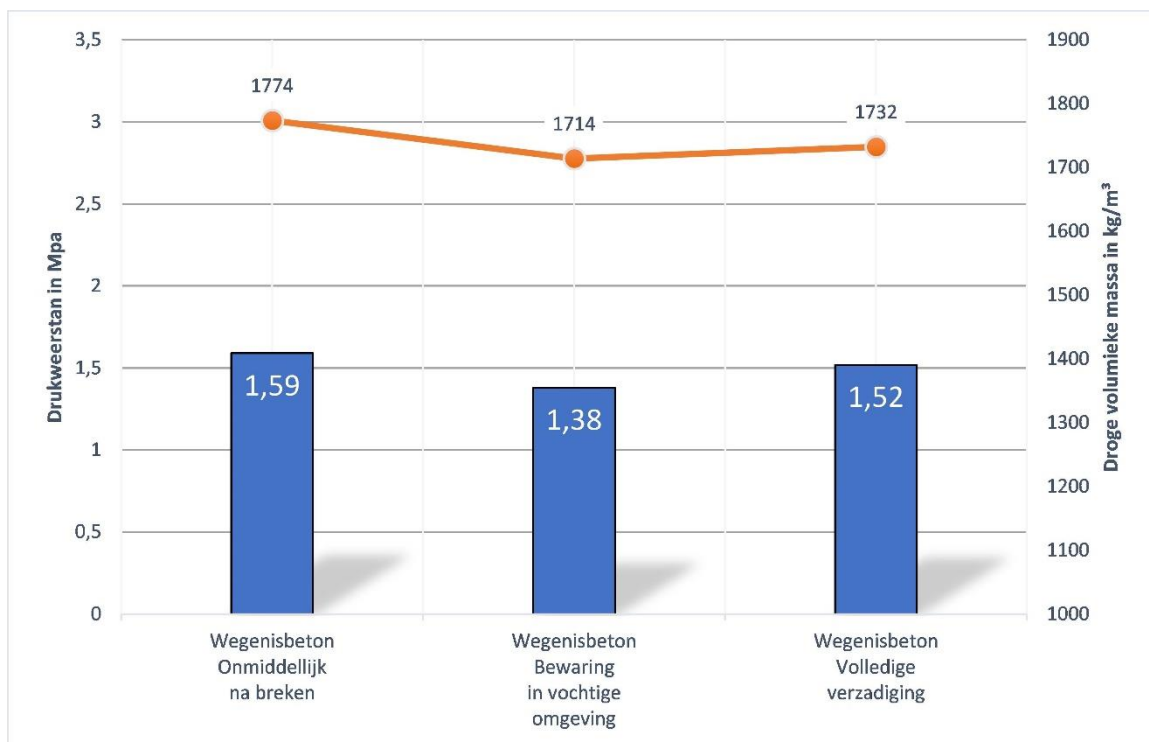
Tabel 56. Drukweerstand onmiddellijk na breken (links na 7 dagen - rechts na 28 dagen)



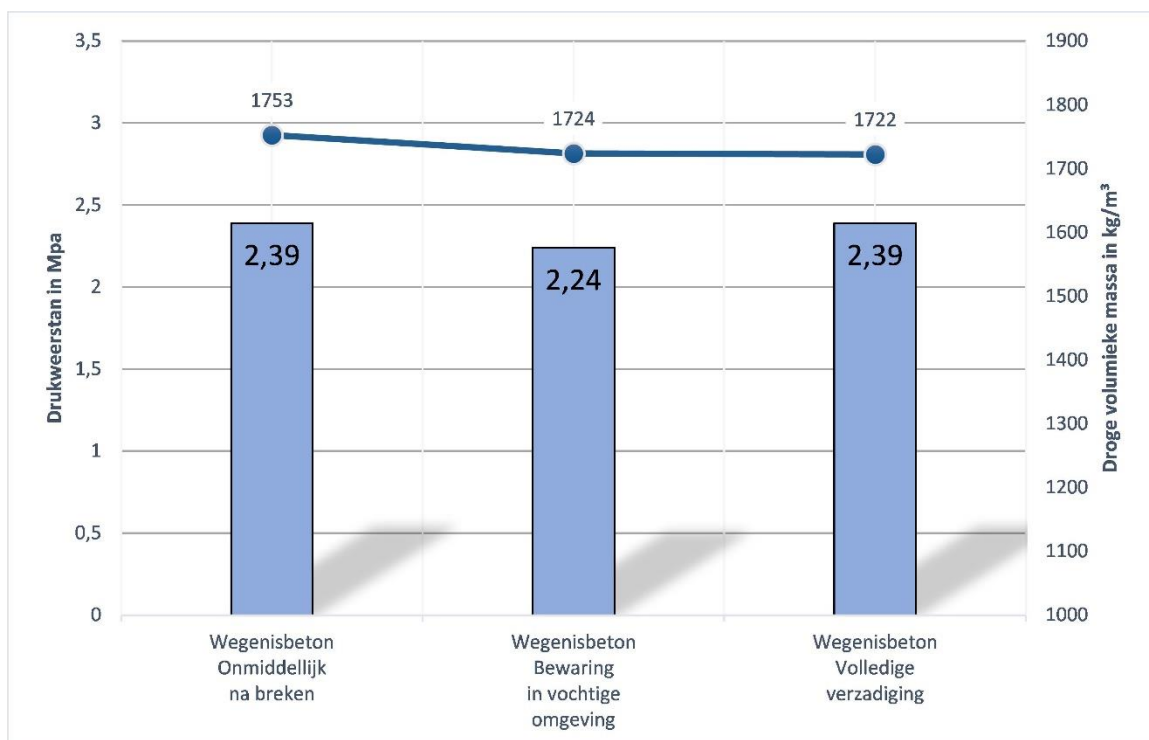
Tabel 57. Drukweerstand bewaring in vochtige omgeving (links na 7 dagen - rechts na 28 dagen)



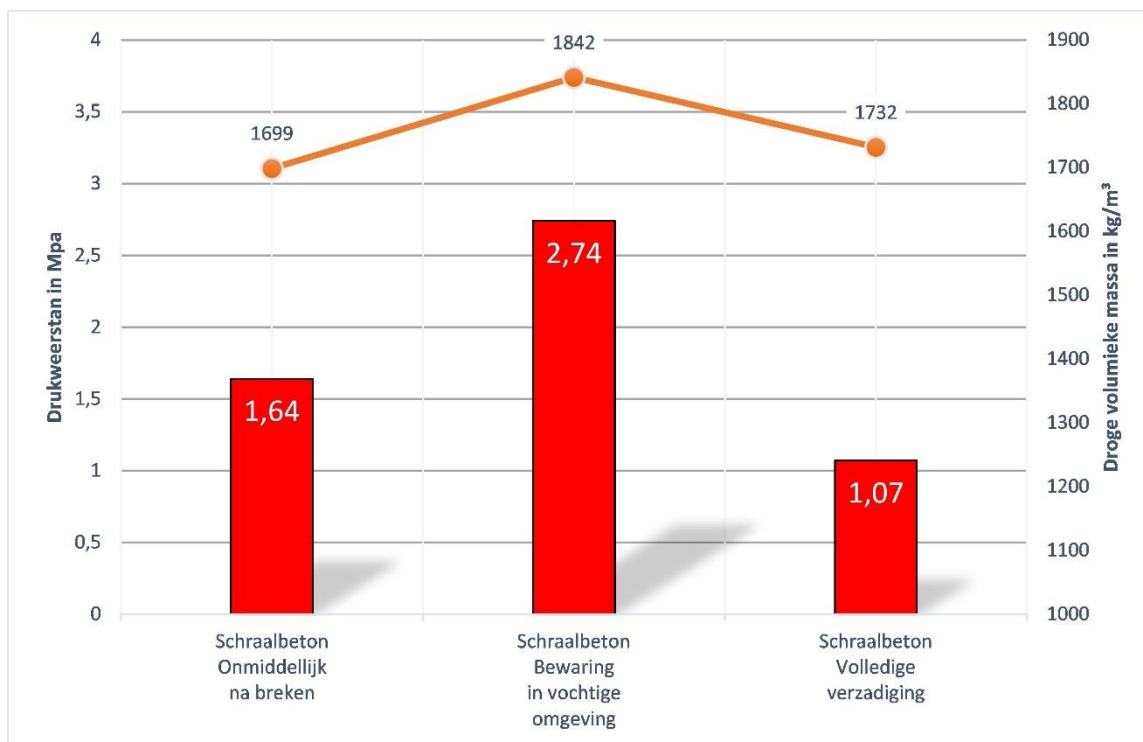
Tabel 58. Drukweerstand volledige verzadiging (links na 7 dagen - rechts na 28 dagen)



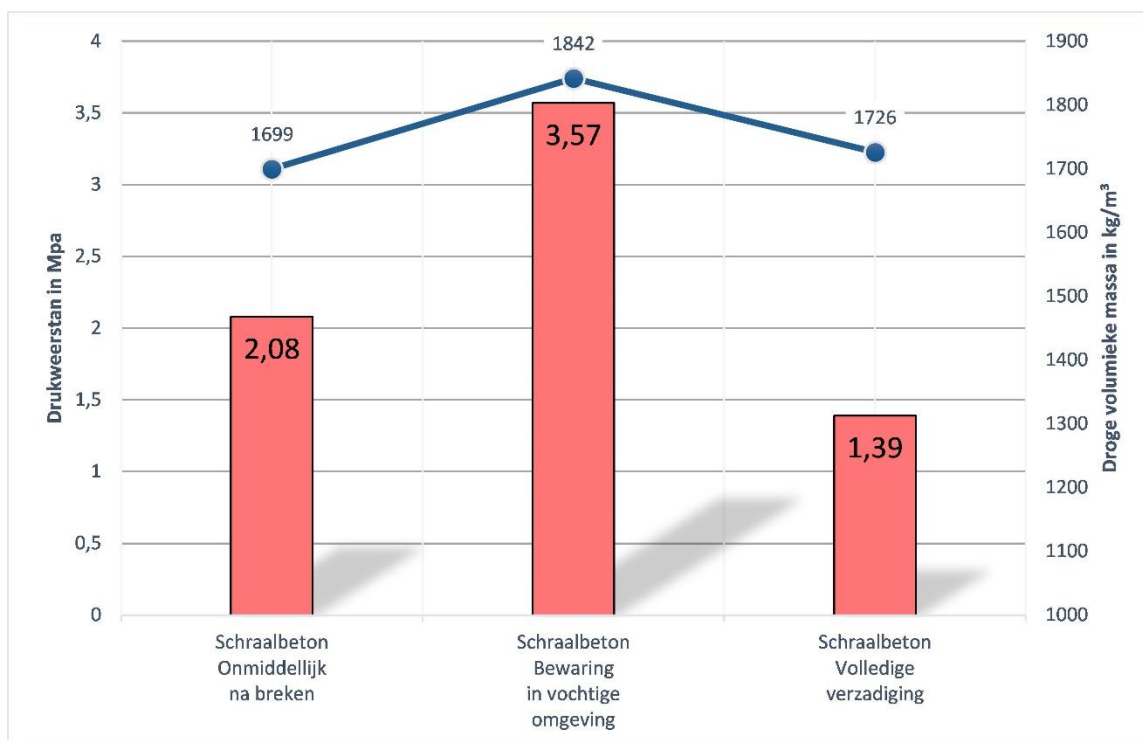
Tabel 59. Drukweerstand wegenisbeton na 7 dagen



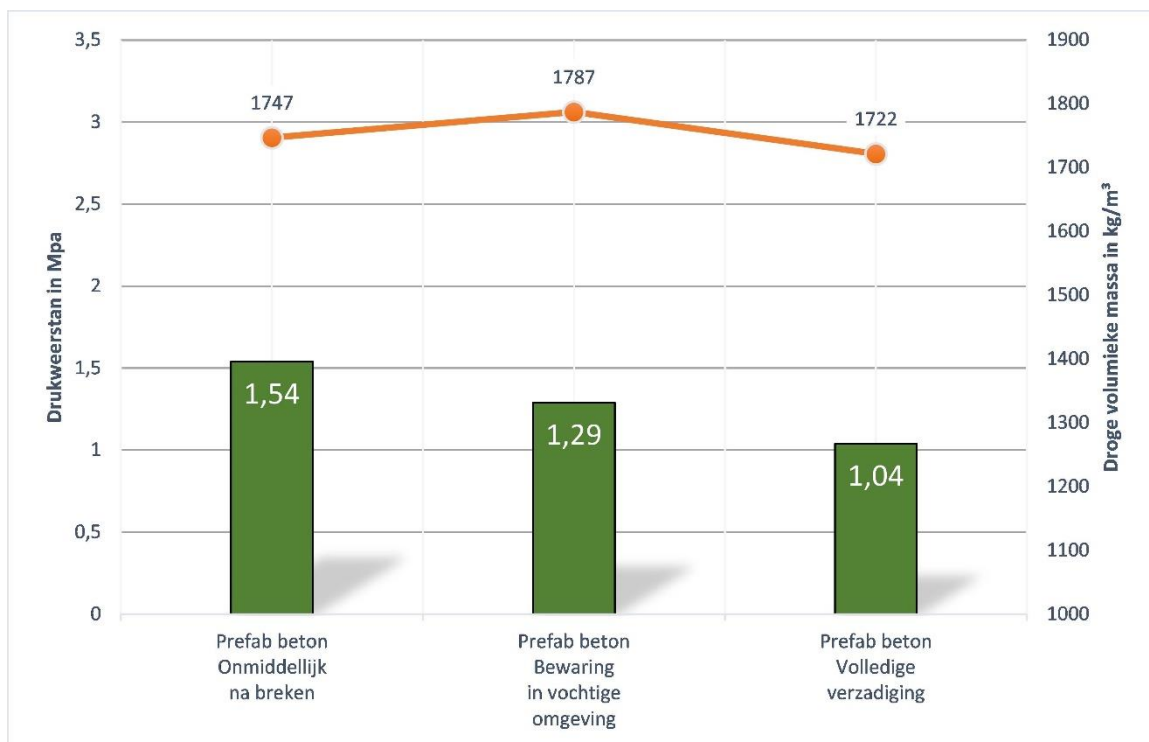
Tabel 60. Drukweerstand wegenisbeton na 28 dagen



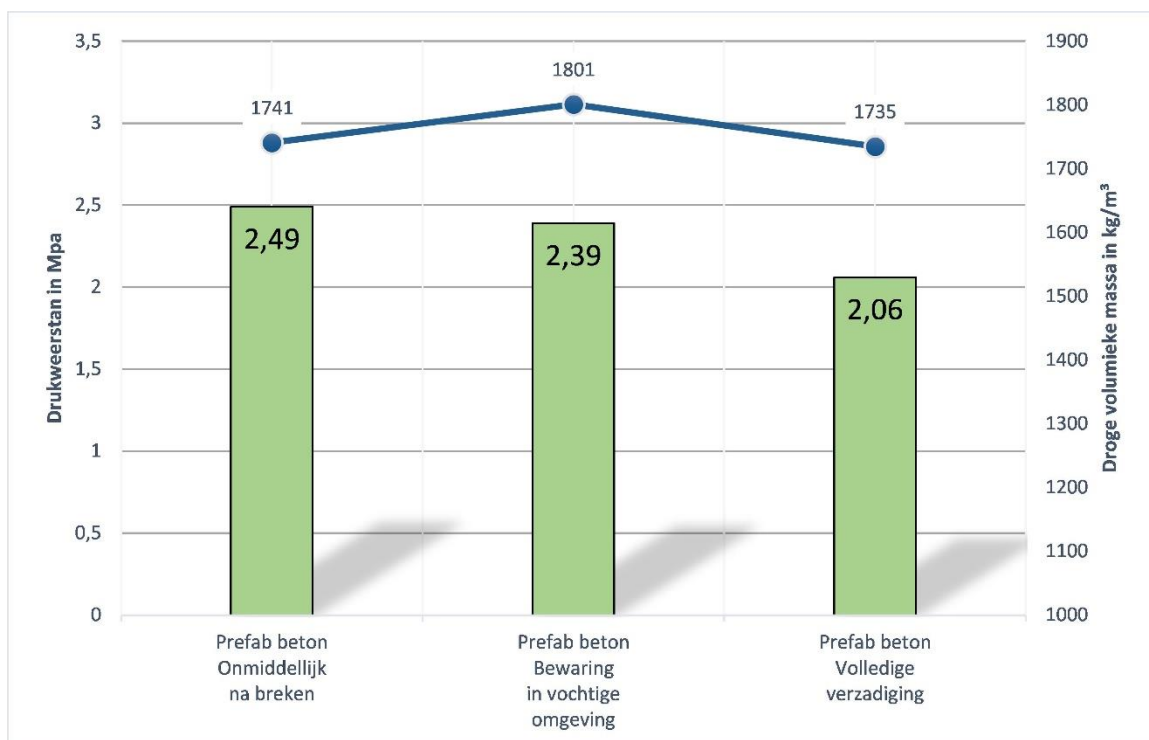
Tabel 61. Drukweerstand schraalbeton na 7 dagen



Tabel 62. Drukweerstand schraalbeton na 28 dagen



Tabel 63. Drukweerstand prefab beton na 7 dagen



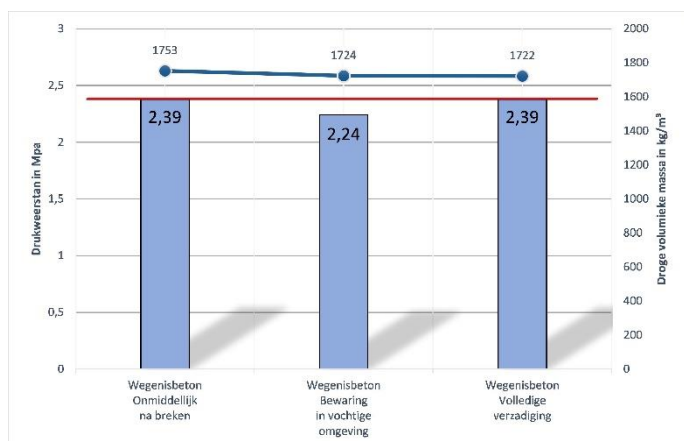
Tabel 64. Drukweerstand prefab beton na 28 dagen

Resultaten bespreken

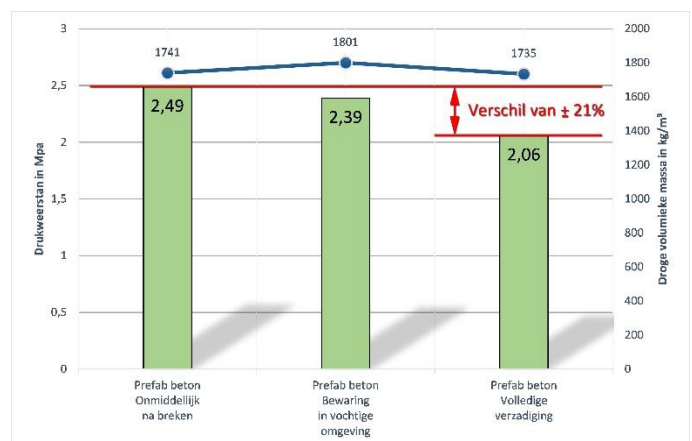
Zoals eerder vermeld, is een duidelijke piek zichtbaar bij de druksterkte van het schraalbeton dat bewaard werd in een vochtige omgeving. De hoge druksterkte van deze proctor is waarschijnlijk te wijten aan de hogere volumieke massa. Wanneer hierbij ook rekening gehouden wordt met het hogere vochtgehalte (13%), kan geconcludeerd worden dat voor deze proctor het optimale vochtgehalte bereikt is. Omdat dit een vertekend beeld geeft in de vergelijking met de andere proctors, zal er geen rekening gehouden worden met deze proctor.

Hierdoor kan er besloten worden dat bovenstaande resultaten (net zoals in onderzoeksmethode 1) bevestigen dat er een extra sterkte wordt verkregen bij het gebruik van gerecycleerde betongranulaten. Dit is wederom vooral zichtbaar bij wegenisbeton en prefab beton en in mindere mate bij schraalbeton.

Bijkomend kan er op basis van de gevonden resultaten worden besloten dat de opslagmethode één van de belangrijkste factoren is. Er is duidelijk te zien dat er bij wegenisbeton geen verschil is tussen “onmiddellijk na breken” en “volledige verzadiging”, maar bij prefab beton is er een verschil van ongeveer 21% tussen deze 2 bewaringsmethodes.



Tabel 65. Drukweerstand wegenisbeton na 28 dagen



Tabel 66. Drukweerstand prefab beton na 28 dagen

Het besluit dat hieruit getrokken kan worden, is dat er bij prefab beton wel nog een hoeveelheid ongehydrateerd cement actief gaat meewerken en dat dit bij wegenisbeton niet meer actief meewerkt. Waarschijnlijk is dit omdat het origineel gebroken wegenisbeton (6/14 mm) lange tijd buiten heeft gelegen, waardoor het nog aanwezige ongehydrateerd cement rond de gebroken betongranulaten al uitgewerkt is.

Met andere woorden, wanneer de aannemer wil genieten van een extra sterkte, voortvloeiend uit het ongehydrateerd cement rond de betongranulaten, moet hij het gebroken puin zo snel mogelijk verwerken.

6. Algemene conclusie en oplossing

Algemene conclusie:

Beide onderzoeksmethodes bevestigen dat er zich nog ongehydrateerd cement bevindt rond de gerecycleerde betongranulaten en dit aanleiding geeft tot een hogere druksterkte van het nieuw beton. De hoeveelheid cement die nog actief gaat meewerken is sterk afhankelijk van de manier en vooral de duur van stockage. Voor een optimale benutting van het ongehydrateerd cement moeten de gebroken betongranulaten zo snel mogelijk in een nieuw mengsel verwerkt worden. Wanneer dit gerecycleerd materiaal lange tijd buiten op de werf blijft liggen, is het meeste ongehydrateerd cement uitgewerkt en zorgt dit niet meer voor extra sterkte. Omdat dit in de praktijk vaak voorkomt zal de aannemer hiervoor een oplossing moeten zoeken.

Oplossing

Een mogelijke oplossing is het droog opslaan van de gerecycleerde granulaten. Dit kan verwezenlijkt worden door de stockageruimte te overkappen. Helaas is dit een dure investering en moet worden nagegaan of dit voldoende rendeert. Jacobs Beton in Sint-Katelijne-Waver bijvoorbeeld, maakt gebruik van zo'n overkapte stockageruimte.

Het stockeren van grotere stukken beton kan ook een mogelijke oplossing bieden. Op deze manier wordt de opgebroken weg in plaatvorm vervoerd naar de opslagplaats. Hier worden deze grote betonplaten pas gebroken als ze op zeer korte termijn verwerkt kunnen worden.

Zoals eerder vermeld is het initieel dat de termijn tussen het breken van de betongranulaten en de verwerking ervan zo kort mogelijk wordt gehouden. In de praktijk is dit niet zo eenvoudig te verwezenlijken omdat er rekening wordt gehouden met een aantal bijkomende factoren. Er moet onder andere rekening gehouden worden met de termijn die nodig is om het materiaal te beproeven (min. 28 dagen), de certificatie door COPRO en het probleem dat de werfomstandigheden vaak enorm verschillen van werf tot werf.

Huidig onderzoek kan een basis vormen voor toekomstige vervolgonderzoeken over deze materie.

Literatuurlijst

- [1] Colas Belgium, „Colas Belgium,” 2016. [Online]. Available: <http://www.colasbelgium.be>. [Geopend maart 2016].
- [2] Agentschap Wegen en Verkeer, Standaardbestek 250 versie 3.1, Brussel, 2015.
- [3] Emis - Vito, „www.emis.vito.be,” een initiatief van het Vlaamse Gewest, maart 2016. [Online]. Available: <https://afss.emis.vito.be/techniek/breken>. [Geopend maart 2016].
- [4] Granulaatbeton, „Granulaatbeton,” WebDog Content Management, 2016. [Online]. Available: <http://www.granulaatbeton.nl>. [Geopend maart 2016].
- [5] CROW, „deel 2: Betongranulaat,” in *Cementgebonden secundaire materialen in de wegenbouw*, Ede, CROW, 1998.
- [6] COPRO vzw, „Activiteitenrapport 2014,” www.COPRO.eu, Zellik (Asse), 2014.
- [7] i. H. d. Krem, Cursus Betontechnologie: Labo, Diepenbeek: Hogeschool PXL, 2014.
- [8] v. v. d. brancheverenigingen, „Beton Lexicon,” Aeneas Media, [Online]. Available: <http://www.betonlexicon.nl>. [Geopend maart 2016].
- [9] „NBN (Bureau voor normalisatie – Bureau de Normalisation),” 2016. [Online]. Available: <http://www.nbn.be>. [Geopend maart 2016].
- [10] SmartCrusher bv, „SmartCrusher bv,” 2016. [Online]. Available: www.slimbreker.nl. [Geopend maart 2016].
- [11] „nv Pieters GCA,” [Online]. Available: <http://www.pietersgca.be/>. [Geopend maart 2016].
- [12] J. V. & J. Desmyter, „Een hoogwaardig gebruik van puingranulaten stimuleren (bijzonder bestek: PA/AVP-AD/0702),” WTCB voor OVAM, september 2008.
- [13] „Fritsch maalmolens en zeefmachines,” 2016. [Online]. Available: <http://www.fritsch-malen-zeven.nl>. [Geopend maart 2016].
- [14] Betontechnologie, Brussel: Belgische BetonGroepering, 4de herziene druk 2006.

Lijst met afbeeldingen

Tabel 1. Totale hoeveelheid COPRO-gecertificeerde gerecycleerde granulaten.....	12
Tabel 2. Totalen van de geproduceerde soorten granulaten.....	13
Figuur 3. Hydratatie van cement.....	14
Figuur 4. Hydratatiegraad van cementsteen.....	14
Foto 5. Mobiele breek- en zeefinstallatie VBG-Colas (foto: Xavier Sevenants)	16
Foto 6. Vaste breek- en zeefinstallatie ABAR-Meerhout (foto: Xavier Sevenants).....	16
Figuur 7. Verwerkingsproces breekcentrale (www.pietersgca.be).....	17
Foto 8. Mobiele breker Giporec R 131 FDR GIGA (foto: VBG – COLAS)	18
Foto 9. Mobiele zeefinstallatie Powerscreen Chieftain 1700 (foto: VBG – COLAS)	18
Foto 10. Batch A: Wegenisbeton (foto: Xavier Sevenants)	20
Foto 11. Batch B: Schraalbeton (foto: Xavier Sevenants).....	20
Foto 12. Batch C: Prefabbeton (foto: Xavier Sevenants).....	20
Foto's 13. Micro-Deval methode (foto's: Xavier Sevenants).....	21
Foto's 14. Aanmaken van het mortelmengsel (foto's: Xavier Sevenants)	22
Foto 15. Voor de helft gevulde mortelmal (foto: Xavier Sevenants)	22
Foto 16. Schokapparaat (foto: Xavier Sevenants)	23
Foto 17. Volledig gevulde mortelmal (foto: Xavier Sevenants).....	23
Foto 18. Bewaring in geklimatiseerde omgeving (foto: Xavier Sevenants).....	23
Foto 19. Buigweerstand beproeven (foto: Xavier Sevenants)	24
Foto 20. Drukweerstand beproeven (foto: Xavier Sevenants).....	24
Foto's en Figuur 21. Fritsch kaakbreker Pulverisette 1 (www.fritsch-malen-zeven.nl)	25
Foto 22. Bewaring in een vochtige omgeving (foto: Xavier Sevenants).....	26
Foto 23. Bewaring onder water (foto: Xavier Sevenants)	26
Foto 24. Riffle Splitter (foto: Xavier Sevenants)	27
Foto 25. Zeeftoren (foto: Xavier Sevenants)	27
Foto 26. Visuele inschatting van het optimale vochtgehalte (foto: Xavier Sevenants)	28
Foto's 27. Aanmaken van proctors (foto: Xavier Sevenants)	28
Foto 28. Bewaring in klimaatkast (foto: Xavier Sevenants)	29
Foto 29. Drukpers zandcementproctors (foto: Xavier Sevenants).....	29
Tabel 30. Sjabloon invulblad mortelprisma's (inclusief uitleg)	30
Foto's 31. Mortelprisma's 100% vervanging (foto's: Xavier Sevenants).....	31
Tabel 32. Evolutie van de druksterkte CEM III/A 42,5 N LA	31

Tabel 33. Verzamelde gegevens Mortelprisma's met 75% vervanging	32
Tabel 34. Verzamelde gegevens Mortelprisma's met 50% vervanging	33
Tabel 35. Verzamelde gegevens Mortelprisma's met 25% vervanging	34
Tabel 36. Verzamelde gegevens Referentiebatch 100% CEM IIIA 42,5 N LA.....	34
Tabel 37. Verwerking gegevens Mortelprisma's met 75% vervanging	36
Tabel 38. Verwerking gegevens Mortelprisma's met 50% vervanging	37
Tabel 39. Verwerking gegevens Mortelprisma's met 25% vervanging	38
Tabel 40. Verwerking gegevens Referentiebatch 100% CEM IIIA 42,5 N LA.....	38
Tabel 41. Overzichtsgrafiek buigweerstand na 7 dagen	39
Tabel 42. Overzichtsgrafiek drukweerstand na 7 dagen.....	40
Tabel 43. Overzichtsgrafiek buigweerstand na 28 dagen	41
Tabel 44. Overzichtsgrafiek drukweerstand na 28 dagen.....	42
Tabel 45. Detailgrafiek drukweerstand na 28 dagen bij 25% vervanging.....	43
Tabel 46. Sjabloon invulblad proctors (inclusief uitleg)	44
Tabel 47. Verzamelde gegevens Wegenisbeton	45
Tabel 48. Verzamelde gegevens Schraalbeton.....	46
Tabel 49. Verzamelde gegevens Prefab beton.....	46
Tabel 50. Verwerking gegevens Wegenisbeton	48
Tabel 51. Verwerking gegevens Schraalbeton	49
Tabel 52. Verwerking gegevens Prefab beton	50
Figuur 53. Vergelijking van de korrelverdeling Batch A, B en C	51
Tabel 54. Overzichtstabel drukweerstand van proctors na 7 dagen	52
Tabel 55. Overzichtstabel drukweerstand van proctors na 28 dagen	52
Tabel 56. Drukweerstand onmiddellijk na breken (na 7 dagen - na 28 dagen)	53
Tabel 57. Drukweerstand bewaring in vochtige omgeving (na 7 dagen - na 28 dagen)	53
Tabel 58. Drukweerstand volledige verzadiging (na 7 dagen - na 28 dagen).....	53
Tabel 59. Drukweerstand wegenisbeton na 7 dagen.....	54
Tabel 60. Drukweerstand wegenisbeton na 28 dagen.....	54
Tabel 61. Drukweerstand schraalbeton na 7 dagen.....	55
Tabel 62. Drukweerstand schraalbeton na 28 dagen	55
Tabel 63. Drukweerstand prefab beton na 7 dagen	56
Tabel 64. Drukweerstand prefab beton na 28 dagen	56
Tabel 65. Drukweerstand wegenisbeton na 28 dagen.....	57
Tabel 66. Drukweerstand prefab beton na 28 dagen	57

Lijst met bijlagen

Bijlage 1. COPRO certificaat Betongranulaat 6/14mm (0/20mm) (deel 1/2)	63
Bijlage 2. COPRO certificaat Betongranulaat 6/14mm (0/20mm) (deel 2/2)	64
Bijlage 3. Prestatieverklaring Betongranulaat 6/14mm	65
Bijlage 4. Korrelverdeling Betongranulaat 6/14mm	66
Bijlage 5. Productfiche Cement (deel 1/2)	67
Bijlage 6. Productfiche Cement (deel 2/2)	68
Bijlage 7. Productfiche CEN-normzand DIN EN 196-1	69
Bijlage 8. Invulblad Batch 1A Wegenisbeton onmiddellijk na breken.....	70
Bijlage 9. Invulblad Batch 1B Schraalbeton onmiddellijk na breken	71
Bijlage 10. Invulblad Batch 1C Prefabbeton onmiddellijk na breken	72
Bijlage 11. Invulblad Batch 2A Wegenisbeton bewaring in vochtige omgeving	73
Bijlage 12. Invulblad Batch 2B Schraalbeton bewaring in vochtige omgeving.....	74
Bijlage 13. Invulblad Batch 2C Prefabbeton bewaring in vochtige omgeving.....	75
Bijlage 14. Invulblad Batch 3A Wegenisbeton volledige verzadiging.....	76
Bijlage 15. Invulblad Batch 3B Schraalbeton volledige verzadiging	77
Bijlage 16. Invulblad Batch 3C Prefabbeton volledige verzadiging	78
Bijlage 17. Rekenblad Batch 1A Wegenbeton onmiddellijk na breken.....	79
Bijlage 18. Rekenblad Batch 1B Schraalbeton onmiddellijk na breken.....	80
Bijlage 19. Rekenblad Batch 1C Prefabbeton onmiddellijk na breken	81
Bijlage 20. Korrelverdeling Batch A: Wegenisbeton.....	82
Bijlage 21. Korrelverdeling Batch B: Schraalbeton	83
Bijlage 22. Korrelverdeling Batch C: Prefabbeton	84
Bijlage 23. Drukweerstand Cementkernen Batch 1A Wegenbeton onmiddellijk na breken	85
Bijlage 24. Drukweerstand Cementkernen Batch 1B Schraalbeton onmiddellijk na breken	86
Bijlage 25. Drukweerstand Cementkernen Batch 1C Prefabbeton onmiddellijk na breken	87

TOELICHTINGEN**AANDACHTSPUNTEN - NOG TE CONTROLEREN DOOR DE AFNEMER (NIET LIMITATIEF)**

Deze door COPRO gewaarmerkte fiche maakt integraal deel uit van het BENOR-certificaat. De garantie dat de geleverde gerecycleerde granulaten gecertificeerd zijn wordt enkel bevestigd indien ELKE VRACHT geïdentificeerd is door een ORIGINELE AFLEVERINGSBON met oplopend volgnummer met vermelding van de snelcode van het desbetreffende product.

TOELEVERINGSVORM

Bulkgoederen.

EXTRA INFORMATIE

Rc = Beton(-producten), ...

Ru = Hydraulisch gebonden en ongebonden granulaten

Waarvan Rn = Natuursteen

Rb = Baksteen, keramische producten, kalkzandsteen, argexbeton, ...

Ra = Koolwaterstofmengsels

Rg = Glas

X = Niet-vlottende verontreinigingen o.a. metaal, pleisterwerk, ...

FL = Vlottende verontreinigingen o.a. hout, drijvende cellenbeton, ...

Contactpersoon bij

* **COPRO:** Michaël Van Schelvergem +32 2 468 00 95 michael.vanschelvergem@copro.eu

* **Certificaathouder:** Hans Van de Craen +32 13 67 93 00 hans.vandecraen@colas.be

GECERTIFICEERDE EIGENSCHAPPEN

EIGENSCHAPPEN	PROEFNORM	EENHEID	WAARDE	MIN	MAX
Classificatiebeproeving fractie groter dan 4mm:	PTV 406		-	-	-
<i>Rc</i>		%	-	70	100
<i>Rcug</i>		%	-	90	100
<i>Rb</i>		%	-	0	10
<i>Ra</i>		%	-	0	5
<i>Rg</i>		%	-	0	2
<i>X</i>		%	-	0	1,0
<i>FL</i>		cm ³ /kg	-	0	5
Korrelverdeling (Doorval):	NBN EN 933-1		0/20 GA75GTANR7	-	-
<i>Zeef 40mm</i>		%	-	100	100
<i>Zeef 20mm</i>		%	-	75	99
<i>Zeef 0.063mm</i>		%	-	0	7
Methyleenblauwproef	NBN EN 933-9 Bijl. A	g/kg	MBF10	0	10
Humusgehalte	NBN EN 1744-1 § 15		OSPass	-	-
Droge volumieke massa	NBN EN 1097-6	Mg/m ³	-	1,50	-

Bijlage 2. COPRO certificaat Betongranulaat 6/14mm (0/20mm) (deel 2/2)

Prestatieverklaring volgens EU-VO 305/2011		NR: 2015/526/9
1.	Unieke identificatie product	Betongranulaat 4/16mm (0/20mm) – 526/9
2.	Identificatiemiddel product	Zie leveringsdocumenten
3.	Gebruik product	EN 13242: Toeslagmaterialen voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen voor burgerlijke bouwkunde en wegenbouw
4.	Naam en contactadres fabrikant	VBG nv Dellestraat 25 - 3550 Heusden-Zolder
5.	Systeem voor de beoordeling en verificatie van de prestatiebestendigheid	AVCP systeem 2+
6.	Notified body (certificatie-instelling)	De aangemelde certificatie-instelling COPRO met identificatienummer 1137 heeft onder AVCP-systeem de volgende taken uitgevoerd: - initiële inspectie van productie-installatie en productiecontrole in de fabriek, - permanente bewaking, beoordeling en evaluatie van de productiecontrole - verstrekken conformiteitscertificaat van de productiecontrole 1137-CPR-526
7.	Aangegeven prestatie	
Essentiële kenmerken (zie noot 1)		Prestaties (zie noot 2)
Korrelvorm, afmetingen en dichtheid		
	Korrelmaat	4/16mm (0/20mm)
	Korrelgradering	GA75 G _{TA} NR
	Korrelvorm van grove granulaten	NPD
	Gehalte aan ronde stenen	NPD
	Hoekigheid van zanden	NPD
	Volumieke massa ρ_{rd} (Mg/m ³)	2,00 Mg/m ³
Mate van verontreiniging		
	Gehalte aan fijne deeltjes	f_r
	Kwaliteit van de fijne deeltjes	MB _r 10
	Gehalte aan schelpdelen	NPD
Waterabsorptie		
	Waterabsorptie	NPD
Weerstand tegen verbrijzeling		
	Weerstand tegen verbrijzeling	NPD
Weerstand tegen polijsten, afslijten, slijtage		NPD
Samenstelling		
	Petrografische omschrijving	NPD
	Classificatie van de bestanddelen	Rc70 Rcug90 Rb10- Ra5- Rg2- X1- FL5-
	In zuur oplosbare sulfaten	NPD
	Totaal zwavelgehalte	NPD
	In water oplosbare sulfaten	NPD
	Chloriden	NPD
	Invloed van de initiële bindtijd van cement	NPD
	Bestanddelen die de binding en de verharding van beton beïnvloeden	OS _{Pass}
	Carbonaatgehalte van zanden voor de toplaag van betonverhardingen	NPD
	Vormvastheid	NPD
	Duurzaamheid	NPD
	Gevaarlijke bestanddelen	Conform Vlarema
8. De prestaties van het in de punten 1 en 2 omschreven product zijn conform de in punt 7 aangegeven prestaties. Deze prestatieverklaring wordt verstrekt onder de exclusieve verantwoordelijkheid van de in punt 4 vermelde fabrikant. Ondertekend voor en namens de fabrikant door: Heusden-Zolder, 26/01/2016 Hans Van de Craen Verantwoordelijke kwaliteit Per Volmacht		

Bijlage 3. Prestatieverklaring Betongranulaat 6/14mm

Hoogovencement

CEM III/A



CEM III/A 32,5 N

CEM III/A 32,5 N LA

CEM III/A 42,5 N LA

CEM III/A 42,5 N

CEM III/A 52,5 N

ENCI

Technische Voorlichting

Postbus 3233

5203 DE 's-Hertogenbosch

Tel: 073 640 12 20

Fax: 073 640 12 18

tv@enci.nl

www.enci.nl

CBR Cementbedrijven

Afdeling Technische Voorlichting

Terhulpesteenweg 185

1170 Brussel

Tel: 02 678 35 10

Fax: 02 675 23 91

communication@cbr.be

www.cbr.be

Productomschrijving

Hoogovencement CEM III/A is een lichtgrijs cement dat verkregen wordt door het gezamenlijk malen van de hoofdcomponenten portlandcementklinker en gegraneerde hoogovenslak. Door de juiste verhouding tussen de samenstellende bestanddelen wordt, in combinatie met een bepaalde maalfijnheid, een cement vervaardigd in de sterkteklasse 32,5, 42,5 of 52,5. Alle cementen worden binnen hun sterkteklasse gekenmerkt als een cement met een normale beginsterkte. Hoogovencement CEM III/A voldoet aan de eisen zoals gesteld in de Europese cementnorm EN 197-1, inclusief wijzigingsblad A1. Deze norm geeft eisen ten aanzien van de samenstelling op bestanddelen, chemische eisen, mechanische en fysische eisen.

Samenstelling

De eisen aan de samenstelling zijn uitgedrukt in procenten ten opzichte van de som van alle hoofd- en nevenbestanddelen. Dit totaal wordt nog vermeerderd met het nodige calciumsulfaat om het bindingsgedrag te regelen.

Cementsoort	Hoofdbestanddelen (in massa %)		Nevenbestanddelen (in massa %)
	Portlandcementklinker (K)	Hoogovenslak (S)	
CEM III/A	35 - 64	36 - 65	0 - 5

Mechanische en fysische eisen

De sterkteklasse van een cement bepaalt de minimale druksterkte, gemeten na 28 dagen op normprisma's. Binnen zijn normsterkteklasse heeft dit cement een normale beginsterkte, aangeduid met N. Het begin van de binding is een maat voor het opstijfgedrag van een cementpasta. Aan de eis van vormhoudendheid moet worden voldaan om aan te tonen dat een cementpasta niet gevoelig is voor expansie.

Sterkteklasse	Druksterkte in MPa				Begin van de binding (min.)	Vormhoudendheid (mm)
	Beginsterkte		Normsterkte			
	2 dagen	7 dagen	28 dagen			
32,5 N	—	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	
42,5 N	≥ 10,0	—	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	≤ 10
52,5 N	≥ 20,0	—	≥ 42,5	—	≥ 45	

Speciale eigenschappen

Cement dat voldoet aan de in EN 197-1 gestelde eisen is voorzien van een CE-markering. Daarnaast kan cement gecertificeerd worden op een aantal andere specifieke eigenschappen. Deze eigenschappen komen tot uiting in de naamgeving van het cement. De naamgeving is



afhankelijk van de norm op basis waarvan de speciale eigenschap is gecertificeerd. CBR en ENCI brengen de volgende typen hoogoven-cement CEM III/A op de markt:

- CEM III/A 32,5 N;
- CEM III/A 32,5 N LA;
- CEM III/A 42,5 N LA;
- CEM III/A 42,5 N;
- CEM III/A 52,5 N.

Hoogovencement CEM III/A is leverbaar met de volgende certificaten :

Type cement	Certificaat		
	CE	KOMO	BENOR
	EN 197-1	NEN 3550	PTV 603
CEM III/A 32,5 N	*	*	
CEM III/A 32,5 N LA	*		*
CEM III/A 42,5 N LA	*		*
CEM III/A 42,5 N	*	*	
CEM III/A 52,5 N	*	*	

Aanvullende informatie

De in dit productblad gegeven informatie is zeer algemeen en bevat de minimale eisen waaraan het cement volgens de relevante normen moet voldoen. CBR en ENCI produceren de in dit productblad beschreven cementen op verschillende locaties. Op aanvraag zijn er, per cementtype en per fabriek, aanvullende informatiebladen beschikbaar bij de vermelde adressen.

Betekenis van de naamgeving:

Naamgeving	Betekenis	Eis	Norm
LA	Begrensd alkaligehalte	Gehalte aan alkaliën uitgedrukt als $\text{Na}_2\text{O-eq} \leq 0,90$ (in massa %)	NBN B 12 - 109

Toepassingsgebied

CEM III/A in de sterkteklasse 32,5 N is aangewezen in die toepassingen waarin geen hoge aanvangssterkte en geen snelle ontkisting vereist is. Door het toevoeren van warmte kan de aanvangssterkte worden verhoogd. Dit cement wordt sterk gewaardeerd voor massabeton, schraal beton en gestabiliseerd zand. Door het begrensde alkaligehalte (LA), is dit cement geschikt voor gebruik met alle traditionele granulaten zonder risico voor een reactie tussen de alkaliën van het cement en de granulaten (ASR).

CEM III/A in de sterkteklasse 42,5 N is veelzijdig inzetbaar en bijzonder geschikt voor toepassingen waarvoor een hoge druksterkte vereist is op 28 dagen. Het cement is uitstekend geschikt voor toepassingen in de wegenbouw. Door een zeer bewust gekozen slaggehalte combineert dit cement de gunstige eigenschap van een hoge splijttreksterkte met een zeer goede bestandheid tegen vorst en dooizouten. Cement met een begrensd alkaligehalte (LA) is geschikt voor gebruik met alle traditionele granulaten zonder risico voor een reactie tussen de alkaliën van het cement en de granulaten (ASR).

CEM III/A 52,5 N is een cement dat voornamelijk wordt toegepast voor de fabricage van betonproducten waarvoor een verhoogde duurzaamheid gewenst is. De snelle sterkteontwikkeling in combinatie met de warmtegevoeligheid maakt het voor dit doel tot een ideaal cement. Het cement werkt goed samen met alle gangbare hulpstoffen en is een uitermate goed toepasbaar in zelfverdichtend beton. Voor betonelementen met een bijkomende esthetische functie is de egaal lichtgrijze betonkleur attractief.

Voor een optimaal resultaat bij het gebruik van dit cement in mortel of beton, moeten de gangbare regels voor de vervaardiging, het verwerken en de nazorg in acht worden genomen.



SABLE NORMALISE CEN
CERTIFIE CONFORME –
EN 196-1 par l'AFNOR et conforme ISO 679

Contrôlé par le Laboratoire d'Essais des Matériaux de
la Ville de Paris (L.E.M.V.P.)
4 Avenue du Colonel Henri Rol-Tanguy
75014 PARIS

CEN STANDARD SAND

CERTIFIED IN ACCORDANCE WITH EN 196-1 CONFORMING TO ISO 679

Methods of cement testing
Sand for strength measurements

1- CHARACTERISTICS:

CEN Standard sand (ISO standard sand) is a natural sand, which is siliceous particularly its finest fractions. It is clean, the particles are generally isometric and rounded in shape. It is dried, screened and prepared in a modern workshop which offers every guarantee in terms of quality and consistency.

The sand is packaged in polyethylene bags each containing $1\,350 \pm 5$ g.

Deliveries are made in boxes of 16 bags weighing 21.6 kg and in pallets of 2 to 54 boxes, suitably protected by a polyethylene cover (land transport) or reinforced boxes (shipping).

2- CONTROLS

The grading, measured by sieving, complies with the requirements of EN 196-1 (§5) and of ISO 679: 2009 (§5).

Square mesh Size (mm)	Cumulative (%) retained
0.08	99 ± 1
0.16	87 ± 5
0.50	67 ± 5
1.00	33 ± 5
1.60	7 ± 5
2.00	0

This analysis is complemented by bag mass controls, water content controls and strength controls, in accordance with EN 196-1 (§11) and ISO 679: 2009 (§11).

3- CONFORMITY

CEN standard conformity is carried out by L.E.M.V.P. (Material Test Laboratory), 4 Avenue du Colonel Henri Rol-Tanguy - 75014 PARIS

Production has been certified by AFNOR (Association Française de Normalisation), 11 Rue Francis de Pressensé – 93571 La Plaine Saint Denis Cédex.



Belgium

LABO CENTRAL - CENTRAAL LABO - LCL
DELLESTRAAT, 25 - 3550 HEUSDEN-ZOLDER
TEL +32 (0) 13 53.02.98 - FAX +32 (0) 13 53.02.64

LCL

Batch:	1A: Wegenisbeton onmiddellijk na breken	Uitvoerder:	Xavier Sevenants	Datum aanmaak:	9/03/2016
---------------	--	--------------------	---------------------	---------------------------	-----------

■ Drukweerstand van zandcementkernen : N 51.08

verwijzingen naar het vak van het werk en naar de levering

de fabricagedatum van het zandcement

tijd tussen fabricage van het zandcement en de verdichting verstreken is.

Staal nr°	Datum aanmaak	Datum druk	M voor bewaring M ₁ (g)	M na bewaring M ₂ (g)	Drukweerstand f _c (Mpa - N/mm²)	M kern droog (g)
1	7 dagen →		1821,4	1836,1	1,59	1683,8
2			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	28 dagen →		1800,9	1976,1	2,39	1668,8
5			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

M reststaal nat (g)	1097,3
M reststaal droog (g)	1015,6

Voor elk proefstuk mogen de massa's M₁ en M₂ niet meer dan 10 g verschillen.
(grotere verschillen worden in proefverslag vermeld)

Instellen programma:

ZC 80

→ Proctor na 7 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,6

117,1

→ Proctor na 28 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,7

117,2

Bijlage 8. Invulblad Batch 1A Wegenisbeton onmiddellijk na breken



Belgium

LABO CENTRAL - CENTRAAL LABO - LCL
DELLESTRAAT, 25 - 3550 HEUSDEN-ZOLDER
TEL +32 (0) 13 53.02.98 - FAX +32 (0) 13 53.02.64

LCL

Batch:	1B: Schraalbeton onmiddellijk na breken	Uitvoerder:	Xavier Sevenants	Datum aanmaak:	9/03/2016
---------------	--	--------------------	---------------------	---------------------------	-----------

■ Drukweerstand van zandcementkernen : N 51.08

verwijzingen naar het vak van het werk en naar de levering

de fabricagedatum van het zandcement

tijd tussen fabricage van het zandcement en de verdichting verstreken is.

Staal nr°	Datum aanmaak	Datum druk	M voor bewaring M ₁ (g)	M na bewaring M ₂ (g)	Drukweerstand f _c (Mpa - N/mm²)	M kern droog (g)
1	7 dagen →		1804,4	1806,7	1,64	1615,3
2			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	28 dagen →		1806,8	1826,1	2,08	1621,6
5			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

M reststaal nat (g)	355,9
M reststaal droog (g)	321,1

Voor elk proefstuk mogen de massa's M₁ en M₂ niet meer dan 10 g verschillen.
(grotere verschillen worden in proefverslag vermeld)

Instellen programma:

ZC 80

→ Proctor na 7 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,5

117,5

→ Proctor na 28 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,6

117,7

Bijlage 9. Invulblad Batch 1B Schraalbeton onmiddellijk na breken



Belgium

LABO CENTRAL - CENTRAAL LABO - LCL
DELLESTRAAT, 25 - 3550 HEUSDEN-ZOLDER
TEL +32 (0) 13 53.02.98 - FAX +32 (0) 13 53.02.64

LCL

Batch: 1C: Prefabbeton onmiddellijk na breken	Uitvoerder: Xavier Sevenants	Datum aanmaak: 9/03/2016
---	--	-------------------------------------

■ Drukweerstand van zandcementkernen : N 51.08

verwijzingen naar het vak van het werk en naar de levering

de fabricagedatum van het zandcement

tijd tussen fabricage van het zandcement en de verdichting verstreken is.

Staal nr°	Datum aanmaak	Datum druk	M voor bewaring M ₁ (g)	M na bewaring M ₂ (g)	Drukweerstand f _c (Mpa - N/mm²)	M kern droog (g)
1	7 dagen →		1800	1804,5	1,54	1661,8
2			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	28 dagen →		1804	1828	2,49	1665,7
5			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

M reststaal nat (g)	1886,4
M reststaal droog (g)	1741,5

Voor elk proefstuk mogen de massa's M₁ en M₂ niet meer dan 10 g verschillen.
(grotere verschillen worden in proefverslag vermeld)

Instellen programma:

ZC 80

→ Proctor na 7 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,7

117,1

→ Proctor na 28 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,7

117,8

Bijlage 10. Invulblad Batch 1C Prefabbeton onmiddellijk na breken



Belgium

LABO CENTRAL - CENTRAAL LABO - LCL
DELLESTRAAT, 25 - 3550 HEUSDEN-ZOLDER
TEL +32 (0) 13 53.02.98 - FAX +32 (0) 13 53.02.64

LCL

Batch: 2A: Wegenisbeton
bewaring in vochtige omgeving

Uitvoerder: Xavier
Sevenants

**Datum
aanmaak:** 13/04/2016

■ **Drukweerstand van zandcementkernen :** N 51.08

verwijzingen naar het vak van het werk en naar de levering

de fabricagedatum van het zandcement

tijd tussen fabricage van het zandcement en de verdichting verstreken is.

Staal nr°	Datum aanmaak	Datum druk	M voor bewaring M ₁ (g)	M na bewaring M ₂ (g)	Drukweerstand f _c (Mpa - N/mm²)	M kern droog (g)
1	7 dagen →		1761,0	1930,2	1,38	1625,7
2			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	28 dagen →		1760,7	1932,1	2,24	1625,4
5			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

M reststaal nat (g)	1620,1
M reststaal droog (g)	1488,4

Voor elk proefstuk mogen de massa's M₁ en M₂ niet meer dan 10 g verschillen.
(grotere verschillen worden in proefverslag vermeld)

Instellen programma:

ZC 80

→ Proctor na 7 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,6

117,0

→ Proctor na 28 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,6

116,3

Bijlage 11. Invulblad Batch 2A Wegenisbeton bewaring in vochtige omgeving



Belgium

LABO CENTRAL - CENTRAAL LABO - LCL
DELLESTRAAT, 25 - 3550 HEUSDEN-ZOLDER
TEL +32 (0) 13 53.02.98 - FAX +32 (0) 13 53.02.64

LCL

Batch: 2B: Schraalbeton
bewaring in vochtige omgeving

Uitvoerder: Xavier
Sevenants

**Datum
aanmaak:** 14/04/2016

■ **Drukweerstand van zandcementkernen :** N 51.08

verwijzingen naar het vak van het werk en naar de levering

de fabricagedatum van het zandcement

tijd tussen fabricage van het zandcement en de verdichting verstreken is.

Staal nr°	Datum aanmaak	Datum druk	M voor bewaring M ₁ (g)	M na bewaring M ₂ (g)	Drukweerstand f _c (Mpa - N/mm²)	M kern droog (g)
1	7 dagen →		1972,1	1989,5	2,74	1745,8
2			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	28 dagen →		1974,4	1997,0	3,57	1749,3
5			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

M reststaal nat (g)	1662,0
M reststaal droog (g)	1470,1

Voor elk proefstuk mogen de massa's M₁ en M₂ niet meer dan 10 g verschillen.
(grotere verschillen worden in proefverslag vermeld)

Instellen programma:

ZC 80

→ Proctor na 7 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,7

116,7

→ Proctor na 28 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,8

116,7

Bijlage 12. Invulblad Batch 2B Schraalbeton bewaring in vochtige omgeving



Belgium

LABO CENTRAL - CENTRAAL LABO - LCL
DELLESTRAAT, 25 - 3550 HEUSDEN-ZOLDER
TEL +32 (0) 13 53.02.98 - FAX +32 (0) 13 53.02.64

LCL

Batch:	2C: Prefab beton bewaring in vochtige omgeving	Uitvoerder:	Xavier Sevenants	Datum aanmaak:	14/04/2016
---------------	---	--------------------	---------------------	---------------------------	------------

■ Drukweerstand van zandcementkernen : N 51.08

verwijzingen naar het vak van het werk en naar de levering

de fabricagedatum van het zandcement

tijd tussen fabricage van het zandcement en de verdichting verstreken is.

Staal nr°	Datum aanmaak	Datum druk	M voor bewaring M ₁ (g)	M na bewaring M ₂ (g)	Drukweerstand f _c (Mpa - N/mm²)	M kern droog (g)
1	7 dagen →		1890,1	1914,0	1,29	1694,3
2			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	28 dagen →		1902,8	1939,2	2,39	1707,6
5			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

M reststaal nat (g)	1539,0
M reststaal droog (g)	1377,5

Voor elk proefstuk mogen de massa's M₁ en M₂ niet meer dan 10 g verschillen.
(grotere verschillen worden in proefverslag vermeld)

Instellen programma:

ZC 80

→ Proctor na 7 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,7

116,7

→ Proctor na 28 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,4

117,4

Bijlage 13. Invulblad Batch 2C Prefabbeton bewaring in vochtige omgeving



Belgium

LABO CENTRAL - CENTRAAL LABO - LCL
DELLESTRAAT, 25 - 3550 HEUSDEN-ZOLDER
TEL +32 (0) 13 53.02.98 - FAX +32 (0) 13 53.02.64

LCL

Batch:	3A: Wegenisbeton volledige verzadiging	Uitvoerder:	Xavier Sevenants	Datum aanmaak:	12/04/2016
---------------	---	--------------------	---------------------	---------------------------	------------

■ Drukweerstand van zandcementkernen : N 51.08

verwijzingen naar het vak van het werk en naar de levering

de fabricagedatum van het zandcement

tijd tussen fabricage van het zandcement en de verdichting verstreken is.

Staal nr°	Datum aanmaak	Datum druk	M voor bewaring M ₁ (g)	M na bewaring M ₂ (g)	Drukweerstand f _c (Mpa - N/mm²)	M kern droog (g)
1	7 dagen →		1743,3	1925,7	1,52	1633,8
2			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	28 dagen →		1745,2	1947,0	2,39	1628,5
5			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

M reststaal nat (g)	1782,7
M reststaal droog (g)	1657,7

Voor elk proefstuk mogen de massa's M₁ en M₂ niet meer dan 10 g verschillen.
(grotere verschillen worden in proefverslag vermeld)

Instellen programma:

ZC 80

→ Proctor na 7 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,7

116,1

→ Proctor na 28 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,7

116,4

Bijlage 14. Invulblad Batch 3A Wegenisbeton volledige verzadiging



Belgium

LABO CENTRAL - CENTRAAL LABO - LCL
DELLESTRAAT, 25 - 3550 HEUSDEN-ZOLDER
TEL +32 (0) 13 53.02.98 - FAX +32 (0) 13 53.02.64

LCL

Batch:	3B: Schraalbeton volledige verzadiging	Uitvoerder:	Xavier Sevenants	Datum aanmaak:	13/04/2016
---------------	---	--------------------	---------------------	---------------------------	------------

■ Drukweerstand van zandcementkernen : N 51.08

verwijzingen naar het vak van het werk en naar de levering

de fabricagedatum van het zandcement

tijd tussen fabricage van het zandcement en de verdichting verstreken is.

Staal nr°	Datum aanmaak	Datum druk	M voor bewaring M ₁ (g)	M na bewaring M ₂ (g)	Drukweerstand f _c (Mpa - N/mm ²)	M kern droog (g)
1	7 dagen →		1748,7	1927,0	1,07	1632,3
2			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	28 dagen →		1741,5	1938,4	1,39	1624,4
5			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

M reststaal nat (g)	1913,3
M reststaal droog (g)	1783,5

Voor elk proefstuk mogen de massa's M₁ en M₂ niet meer dan 10 g verschillen.
(grotere verschillen worden in proefverslag vermeld)

Instellen programma:

ZC 80

→ Proctor na 7 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,7

116,0

→ Proctor na 28 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,6

116,1

Bijlage 15. Invulblad Batch 3B Schraalbeton volledige verzadiging



Belgium

LABO CENTRAL - CENTRAAL LABO - LCL
DELLESTRAAT, 25 - 3550 HEUSDEN-ZOLDER
TEL +32 (0) 13 53.02.98 - FAX +32 (0) 13 53.02.64

LCL

Batch:	3C: Prefab beton volledige verzadiging	Uitvoerder:	Xavier Sevenants	Datum aanmaak:	13/04/2016
---------------	---	--------------------	---------------------	---------------------------	------------

■ Drukweerstand van zandcementkernen : N 51.08

verwijzingen naar het vak van het werk en naar de levering

de fabricagedatum van het zandcement

tijd tussen fabricage van het zandcement en de verdichting verstreken is.

Staal nr°	Datum aanmaak	Datum druk	M voor bewaring M ₁ (g)	M na bewaring M ₂ (g)	Drukweerstand f _c (Mpa - N/mm²)	M kern droog (g)
1	7 dagen →		1755,4	1774,5	1,04	1634,9
2			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	28 dagen →		1750,4	1796,8	2,06	1639,9
5			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

M reststaal nat (g)	1774,5
M reststaal droog (g)	1651,3

Voor elk proefstuk mogen de massa's M₁ en M₂ niet meer dan 10 g verschillen.
(grotere verschillen worden in proefverslag vermeld)

Instellen programma:

ZC 80

→ Proctor na 7 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,7

116,9

→ Proctor na 28 dagen: Diameter (mm)
Hoogte (mm)

101,6

116,6

Bijlage 16. Invulblad Batch 3C Prefabbeton volledige verzadiging



Drukweerstand van zandcementkernen

■ Controle werking klimaatkast

	nr. kern	M voor bewaring M_1 (g)	M na bewaring M_2 (g)	Verschil ≤ 10 g
7 dagen	1	1821,4	1836,1	-14,7
	2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
28 dagen	4	1800,9	1976,1	-175,2
	5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

■ Bepaling oorspronkelijke vochtgehalte van het mengsel w_1

$M_{\text{reststaal nat}}$ (g)	$M_{\text{reststaal droog}}$ (g)	Vochtgehalte w_1 (%)
1097,3	1015,6	8,0

■ Bepaling vochtgehalte proefstukken na drukproeven w_2

	nr. kern	$M_{\text{kern droog}}$ (g)	Vochtgehalte w_2 (%)
7 dagen	1A.1	1683,8	9,0
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
28 dagen	1A.2	1668,8	18,4
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

■ Bepaling droge volumieke massa (DVM)

	nr. kern	Diameter (mm)	Hoogte (mm)	DVM kg/m^3
7 dagen	1			1776
	2	101,6	117,1	n.v.t.
	3			n.v.t.
28 dagen	4			1751
	5	101,7	117,2	n.v.t.
	6			n.v.t.

Bijlage 17. Rekenblad Batch 1A Wegenbeton onmiddellijk na breken



Drukweerstand van zandcementkernen

■ Controle werking klimaatkast

	nr. kern	M voor bewaring M_1 (g)	M na bewaring M_2 (g)	Vershil ≤ 10 g
7 dagen	1	1804,4	1806,7	-2,3
	2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
28 dagen	4	1806,8	1826,1	-19,3
	5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

■ Bepaling oorspronkelijke vochtgehalte van het mengsel w_1

$M_{\text{reststaal nat}}$ (g)	$M_{\text{reststaal droog}}$ (g)	Vochtgehalte w_1 (%)
355,9	321,1	10,8

■ Bepaling vochtgehalte proefstukken na drukproeven w_2

	nr. kern	$M_{\text{kern droog}}$ (g)	Vochtgehalte w_2 (%)
7 dagen	1B.1	1615,3	11,8
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
28 dagen	1B.2	1621,6	12,6
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

■ Bepaling droge volumieke massa (DVM)

	nr. kern	Diameter (mm)	Hoogte (mm)	DVM kg/m^3
7 dagen	1			1712
	2	101,5	117,5	n.v.t.
	3			n.v.t.
28 dagen	4			1708
	5	101,6	117,7	n.v.t.
	6			n.v.t.

Bijlage 18. Rekenblad Batch 1B Schraalbeton onmiddellijk na breken



Drukweerstand van zandcementkernen

■ Controle werking klimaatkast

	nr. kern	M voor bewaring M_1 (g)	M na bewaring M_2 (g)	Verschil ≤ 10 g
7 dagen	1	1800	1804,5	-4,5
	2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
28 dagen	4	1804	1828	-24,0
	5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

■ Bepaling oorspronkelijke vochtgehalte van het mengsel w_1

$M_{\text{reststaal nat}}$ (g)	$M_{\text{reststaal droog}}$ (g)	Vochtgehalte w_1 (%)
1886,4	1741,5	8,3

■ Bepaling vochtgehalte proefstukken na drukproeven w_2

	nr. kern	$M_{\text{kern droog}}$ (g)	Vochtgehalte w_2 (%)
7 dagen	1C.1	1661,8	8,6
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
28 dagen	1C.2	1665,7	9,7
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

■ Bepaling droge volumieke massa (DVM)

	nr. kern	Diameter (mm)	Hoogte (mm)	DVM kg/m^3
7 dagen	1	101,7	117,1	1747
	2			n.v.t.
	3			n.v.t.
28 dagen	4	101,7	117,8	1740
	5			n.v.t.
	6			n.v.t.

Bijlage 19. Rekenblad Batch 1C Prefabbeton onmiddellijk na breken

