



## Drainerend (schraal) beton voor duurzame wegverhardingen: eerste resultaten van het “Be-Drain” project

In de huidige context van klimatologische verstoringen, die leiden tot uitzonderlijke gebeurtenissen zoals de grootschalige overstromingsramp die België afgelopen zomer heeft getroffen, is het integrale beheer van regenwater een belangrijk aandachtspunt. Voortbouwend op zijn jarenlange expertise op het vlak van waterdoorlatende verhardingen is OCW dan ook nieuw onderzoek gestart naar de toepassing van zogenoemd drainerend of poreus beton als fundering of wegverharding.



**Figuur 1** – Proefvak met poreuze betonverharding op de OCW-terreinen in Sterrebeek

In het pre-normatieve project **Be-Drain** (dat loopt van 1/11/2020 tot 1/11/2022) zijn partners OCW en OCCN<sup>1</sup> - met steun van de FOD Economie en het NBN - samen aan de slag om technische richtlijnen, prestatiekenmerken en aangepaste proefmethoden voor deze waterdoorlatende betonmengsels op te stellen. Dit onderzoek is gebaseerd op zowel proeven in het laboratorium als validatiemetingen bij proefvakken en/of op de bouwplaats.

In dit artikel presenteren we de doelstellingen van het onderzoeksproject en de eerste reeds verkregen resultaten.

<sup>1</sup> Collectief onderzoekscentrum van de cementsector, <https://cric.be/nl/>

## Inleiding & context

Poreus schraal beton is in België al langer gekend en wordt frequent toegepast als fundering, voornamelijk onder (waterdoorlatende) bestratingen. Technische voorschriften zijn gedeeltelijk aanwezig in de standaardbestekken voor de wegenbouw in Vlaanderen (Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer, 2019+2021) en Wallonië (Service Public de Wallonie, Mobilité & Infrastructures, 2021).



**Figuur 2** – Toepassing van drainerend schraal beton als fundering onder natuursteenbestrating

Recent – in het kader van de huidige klimaatproblematiek en een streven naar meer integraal waterbeheer<sup>2</sup> – is er ook vernieuwde interesse in **waterdoorlatende wegverhardingen**, en in het bijzonder ook voor drainerend beton. In verschillende andere Europese landen zien we een stijgend gebruik van verhardingen in poreus beton voor parkeerterreinen en zones met lage verkeersbelasting, en is er al enig onderzoek gebeurd (Abdo et al., 2018; Bachmann, 2018; Weiss et al., 2019). Ook in België is er meer vraag naar ter plaatse gestorte drainerende betonverhardingen, en komen er ook nieuwe producten op de markt om hieraan te voldoen. Er bestaan momenteel echter nog geen algemene technische richtlijnen in België voor betonsamenstelling, prestatie-eisen of toepassing van poreus beton als wegverharding.

Anderzijds is er voor het **drainerend schraal beton** zelf vanuit de sector (bv. “Adviesraad hydraulisch gebonden mengsels COPRO” (Onpartijdige Instelling voor de Controle van Bouwproducten, 2019) vraag naar een meer representatieve methode voor het aanmaken van proefstukken in het laboratorium in het kader van de voorstudie om een certificering te bekomen. De momenteel voorgeschreven verdichtingsmethode is namelijk niet vergelijkbaar met hetgeen men op de bouwplaats kan en wil bereiken op het vlak van doorlatendheid.

Om beide gelijkaardige thema’s (poreus beton als wegverharding en drainerend schraal beton als fundering) te bestuderen, is dan ook meer diepgaand en overkoepelend onderzoek nodig met het oog op de ontwikkeling van technische richtlijnen en normatieve documenten op Belgisch én Europees niveau. Het pre-normatieve project Be-Drain tracht hieraan tegemoet te komen en heeft de tweeledige doelstelling om technische richtlijnen, prestatiekenmerken en aangepaste proefmethoden op te stellen voor het zogenaamde drainerende beton, enerzijds voor **toepassing als funderingsmateriaal in de wegstructuur, anderzijds als wegverharding (= toplaag)**.

<sup>2</sup> “Operatie Perforatie” (2019-...), Aquafin en Infopunt Publieke Ruimte, <https://www.operatieperforatie.be/>

## Literatuurstudie & selectie van materialen en betonsamenstellingen

Een aantal richtlijnen zijn reeds voorhanden in het buitenland, zoals in Frankrijk, de VS en Duitsland, zie bv. (Breitenbücher et al., 2013; Buttgerit et al., 2013). Uit de recensie van de vakliteratuur kwam naar voren dat het laboratoriumonderzoek bij voorkeur wordt gecombineerd met of vervolgd door de aanleg van proefvakken en de monitoring van projecten.

Op basis van de ervaring in het buitenland, onder meer (Buttgerit et al., 2013; Curvo et al., 2018; Redron et al., 2015), werden volgende belangrijke testparameters vooropgesteld voor de nieuwe toepassing van poreus beton als wegverharding:

- compromis tussen druksterkte ( $R_c$ -28d) en waterdoorlatendheid/porositeit ( $k/\Phi$ );
- weerstand tegen dooizouten (proefmethode en bijbehorende drempelwaarden dienen hiervoor nog te worden ontwikkeld);
- weerstand tegen rafeling (mogelijk met dezelfde proef als voor asfaltverhardingen);
- rijcomfort en stroefheid.

Deze zaken worden in eerste instantie onderzocht in een uitgebreide laboratoriumstudie waarin verschillende betonmengsels worden meegenomen, bijvoorbeeld met studie van de invloed van het cementgehalte, de water-cementfactor, het mogelijk gebruik van hulpstoffen en de eventuele toevoeging van pigmenten. Daartoe wordt gebruikt gemaakt van kalksteengranulaten in verschillende korrelfracties (4/6 – 6/10 – 10/14 – 14/20 mm) en een hoogovencement (CEM III/A 42,5 N LA).

Tabel 1 toont twee betonsamenstellingen vastgelegd in samenspraak met partner OCCN en ook Febelcem<sup>3</sup> (dat het onderzoek mee volgt) die werden bestudeerd voor toepassing als toplaag (compo 1) enerzijds en drainerend schraal beton (compo 2) anderzijds:

480 kg kalksteen 10/14	960 kg 6/20	}	320 kg kalksteen 14/20
480 kg kalksteen 6/10			320 kg kalksteen 10/14
480 kg kalksteen 4/6			320 kg kalksteen 6/10
250 kg CEM III/A 42,5 N LA			480 kg kalksteen 4/6
100 kg water			200 kg CEM III/A
			80 kg water
Compo 1 (toplaag 4/14)			Compo 2 (DSB 4/20)

**Tabel 1** – Samenstellingen van drainerend beton en drainerend schraal beton (DSB) gebruikt in het kader van het project Be-Drain

Daarnaast trachten we de resultaten in het laboratorium te valideren door de monitoring van bouwplaatsen met proeven op de gebruikte commerciële mengsels in situ. Afhankelijk van de toepassing (fundering of wegverharding) zijn ook de vereisten op het vlak van mechanische sterkte en doorlatendheid verschillend, maar het principe van “droge” betonmengsels blijft gelijkaardig, met lagere cementgehaltenes ( $150\text{-}300\text{ kg/m}^3$ ), lagere W/C-factor (0,25-0,40), en een beperkte of geen zandfractie ( $< 4\text{ mm}$ ).

<sup>3</sup> Federatie van de Belgische Cementnijverheid, <https://www.febelcem.be/nl/home/>



## Laboratoriumproeven

### Optimalisatie van de studie in het laboratorium

Het doel van deze taak is om eerst en vooral een **representatieve verdichtingsmethode** op punt te stellen in het laboratorium, voor beide types poreuze betonmengsels en als functie van de verdichtingswijze op de bouwplaats (waar verschillende technieken mogelijk zijn, zoals trilwals, trilplaat, rollerstriker, glijbekisting, enz.). De gestelde eisen (compromis tussen doorlatendheid  $k$  en druksterkte  $R_c$ ) variëren afhankelijk van de toepassing. De manier van verdichting op de bouwplaats heeft daarbij ook impact op de nodige verwerkbaarheid en de beoogde verdichtingsenergie in de laboratoriumstudie.

Het uiteindelijke doel is te beschikken over een methode om de proefstukken in het laboratorium zo voor te bereiden dat hun kenmerken vergelijkbaar zijn met deze die op de bouwplaats werden verkregen in termen van dichtheid, sterkte en doorlatendheid. Een klassieke verdichtingsmethode die wordt gebruikt voor hydraulisch gebonden steenslagmengsels (verzwaarde Proctor) of conventioneel wegebeton (trilplaat) kan leiden tot overschatte prestaties van het mengsel wat betreft de sterkte ten koste van de draineerbaarheid/doorlatendheid, zoals bijvoorbeeld aangegeven door (Alshareedah et al., 2020).



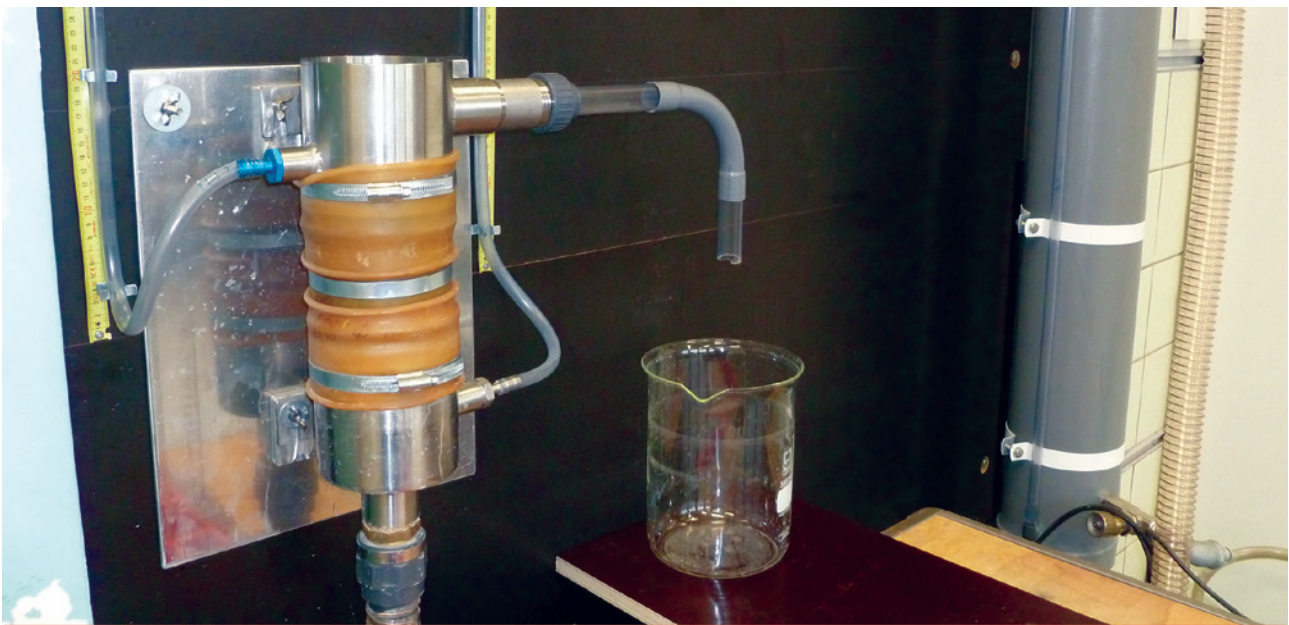
**Figuur 3** – Zoektocht naar een verdichtingsmethode in het laboratorium die representatief is voor de toestand op de bouwplaats

De meestbelovende verdichtingsmethode in het laboratorium tot dusver is een zogenaamde “verlichte Proctor” (*Proctor allégé*) op basis van een verzwaarde Proctorproef (volgens NBN EN 13286-2 (Bureau voor Normalisatie, 2010)) met:

- verdichting in 2 lagen;
- massa van 2,5 kg;
- valhoogte  $H_c = 305$  mm;
- 56 slagen/laag;
- proctormal B met diameter van ca. 150 mm en hoogte ca. 120 mm.

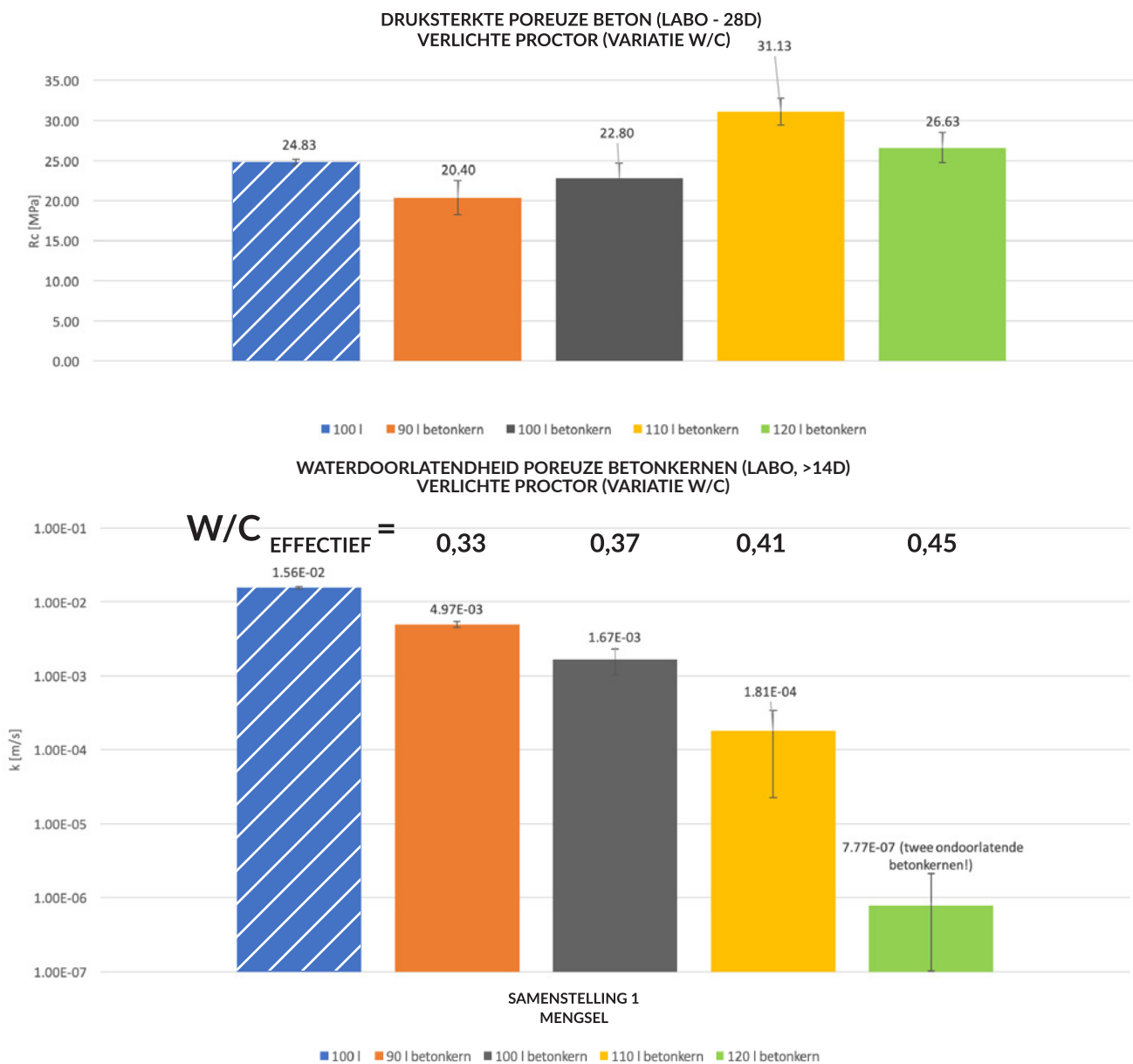
De proef wordt uitgevoerd op mengsels met verschillende watergehalten. Dat maakt het mogelijk de waterdoorlatendheid en mechanische sterkte ( $k$  versus  $R_c$ ) te bepalen die kunnen worden behaald voor de verschillende beoogde poreuze betonsamenstellingen, evenals de invloed van het watergehalte op het verdichten en de (theoretisch) maximaal haalbare verdichtingsgraad (optimum Proctor).

Proeven ter bepaling van de waterdoorlatendheid volgens de opstelling beschreven in SB 250 (Vlaamse Overheid, AWW, 2019+2021) of *CCT Qualiroutes* (SPW, Mobilité & Infrastructures, 2021 (figuur 4) hebben daarbij aangetoond dat het nodig is om **kernen** (met diameter 113 mm en hoogte 100 mm) **te boren** uit het initiële Proctorproefstuk om betrouwbare meetwaarden te verkrijgen (figuur 5 onderaan).



**Figuur 4** – Opstelling ter bepaling van de waterdoorlatendheid van poreuze betonkernen beschikbaar bij OCW volgens Vlaamse Overheid, AWW, 2019+2021, Hfdst 14-4.9 of SPW, Mobilité & Infrastructures, 2021, CME 52.21

De invloed van het watergehalte werd daarbij ook nagegaan voor een aantal verschillende betonsamenstellingen, onder meer voor compo 1 (figuur 5):



**Figuur 5** – Invloed van het watergehalte op de resultaten voor mechanische sterkte ( $R_c$ ) en waterdoorlatendheid ( $k$ ) in het laboratorium, met “verlichte” Proctorverdichting voor “compo 1” (tabel 1)

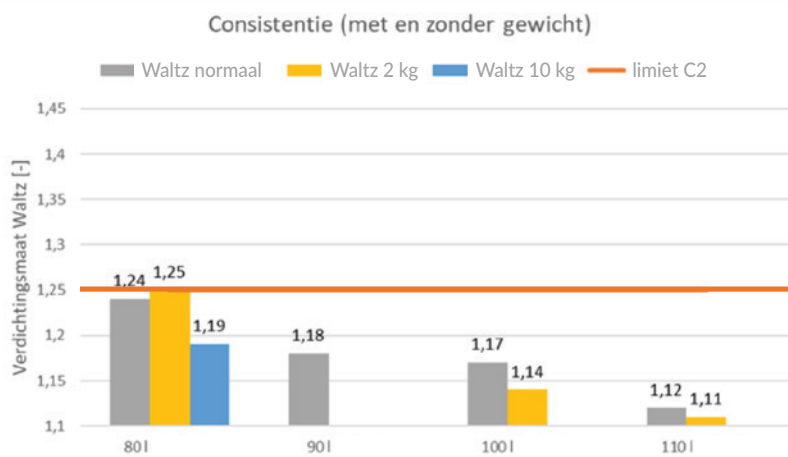
Voor dit specifieke geval blijkt hieruit dat een optimum in druksterkte wordt bereikt bij 110 liter water, terwijl de waterdoorlatendheid systematisch afneemt met toenemend watergehalte. Globaal genomen wordt voor deze samenstelling (compo 1) een goed compromis verkregen bij 100 l water met:

- gemiddelde druksterkte  $R_c \geq 20$  MPa;
- gemiddelde waterdoorlatendheid  $k \geq 4 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Gelijkaardige resultaten werden ook verkregen voor andere mengsels.

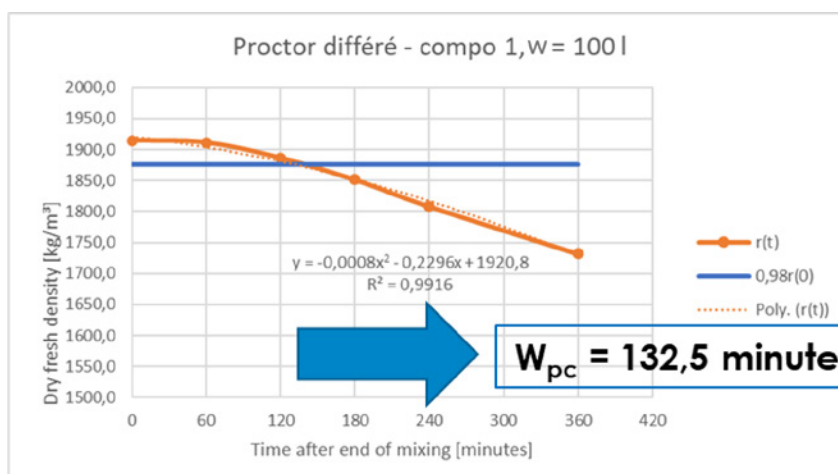
Naast proeven op het verharde, poreuze beton worden ook metingen op het verse betonmengsel uitgevoerd ter bepaling van **de vloeibaarheid en de verwerkbaarheidstijd** die van belang zijn voor de toepassing in de praktijk.

De eerste metingen van de verwerkbaarheid met de gangbare methoden voor “rijk beton” (Ve-Be-tijd en Verdichtingsmaat van Waltz respectievelijk volgens NBN EN 12350-3 en -4 (NBN, 2019a, 2019b)) tonen aan dat deze proefmethoden niet zonder meer toepasbaar zijn op poreuze betonmengsels. Ze dienen te worden aangepast, onder meer met gebruik van gewichten voor een goed contact met het betonoppervlak, in navolging van Duitse richtlijnen, zie Becker & Riffel, 2012 en figuur 6.



**Figuur 6** – Aangepaste proeven ter bepaling van de verwerkbaarheid van poreuze betonmengsels (compo 2)

Daarnaast trachten we ook de verwerkbaarheidstijd (= de tijd die verloopt tussen het einde van de menging en de binding van het mengsel) na te gaan door het uitvoeren van de zogenaamde “Proctor différe” (figuur 7) volgens NBN EN 13286-45 (NBN, 2003), met gebruik van de “verlichte” Proctorverdichting op verschillende tijdstippen na aanmaak van het poreuze betonmengsel.



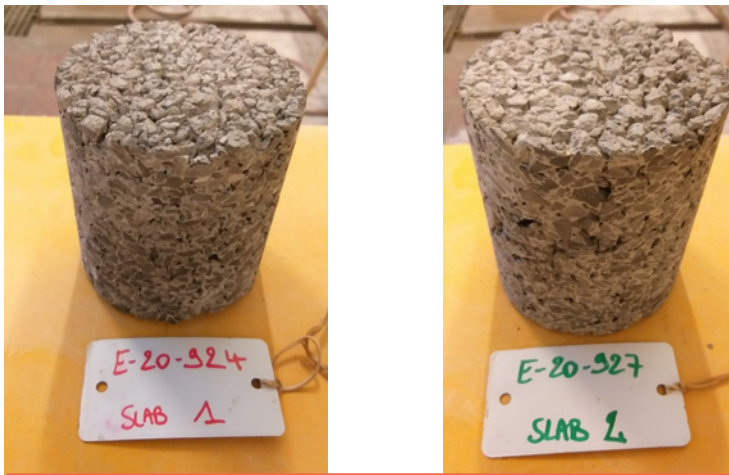
**Figuur 7** – Bepaling van de verwerkbaarheidstijd volgens NBN EN 13286-45 (“Proctor différe”)

In een volgende fase kan daarbij ook de invloed van het gebruik van bepaalde hulpstoffen (vertragers, plastificeerders, enz.) die in de praktijk worden gebruikt, worden nagegaan.



## Studie van andere, functionele eigenschappen

Actueel en in de toekomst worden ook andere, meer functionele vereisten (rijcomfort, weerstand tegen rafeling, stroefheid, enz.) bestudeerd voor de toepassing als wegverharding. De eerste proeven ter bepaling van de weerstand tegen vorst-dooicycli in aanwezigheid van dooizouten zijn reeds bezig. Hierbij dient ook een aangepaste proefmethode te worden ontwikkeld vermits de proef voor conventioneel beton (met toepassing van een laagje zoutoplossing op het bovenvlak) niet kan worden toegepast.



**Figuur 8** – Kernen van poreus beton na de eerste proeven ter bepaling van de vorst-dooiweerstand in aanwezigheid van dooizouten

De eerste oriënterende proeven werden reeds uitgevoerd door partner OCCN met volledige onderdompeling van de proefstukken gedurende een bepaalde tijd alvorens ze aan de vorst-dooicycli bloot te stellen, en bepaling van het massaverlies van de kernen nadien (figuur 8). Daarbij wordt ook de invloed van het toevoegen van polymere dispersies op de vorst-dooiweerstand van poreus beton nagegaan.

## Proeven op de bouwplaats

Zoals vermeld worden naast de laboratoriumproeven ook reële bouwplaatsen en/of proefvakken met drainerend beton gemonitord ter validatie en correlatie van de in het laboratorium verkregen resultaten. Door deze wisselwerking kunnen we garanderen dat de vooropgestelde proefmethoden representatief, haalbaar en realistisch blijven. Momenteel werden in het kader van het Be-Drainproject al een drietal bouwplaatsen gemonitord.

Een voorbeeld betreft een bouwplaats in Herzele (uitgevoerd in november 2020, figuur 9) met toepassing van drainerend schraal beton als fundering onder de bestrating, waarbij de aannemer zelf met een aantal verdichtingsmethoden heeft geëxperimenteerd om de optimale uitvoeringstechniek te identificeren. Bovendien zijn ook twee verschillende betonmengsels met een verschillend cementgehalte (200 en 230 kg/m<sup>3</sup>) toegepast.

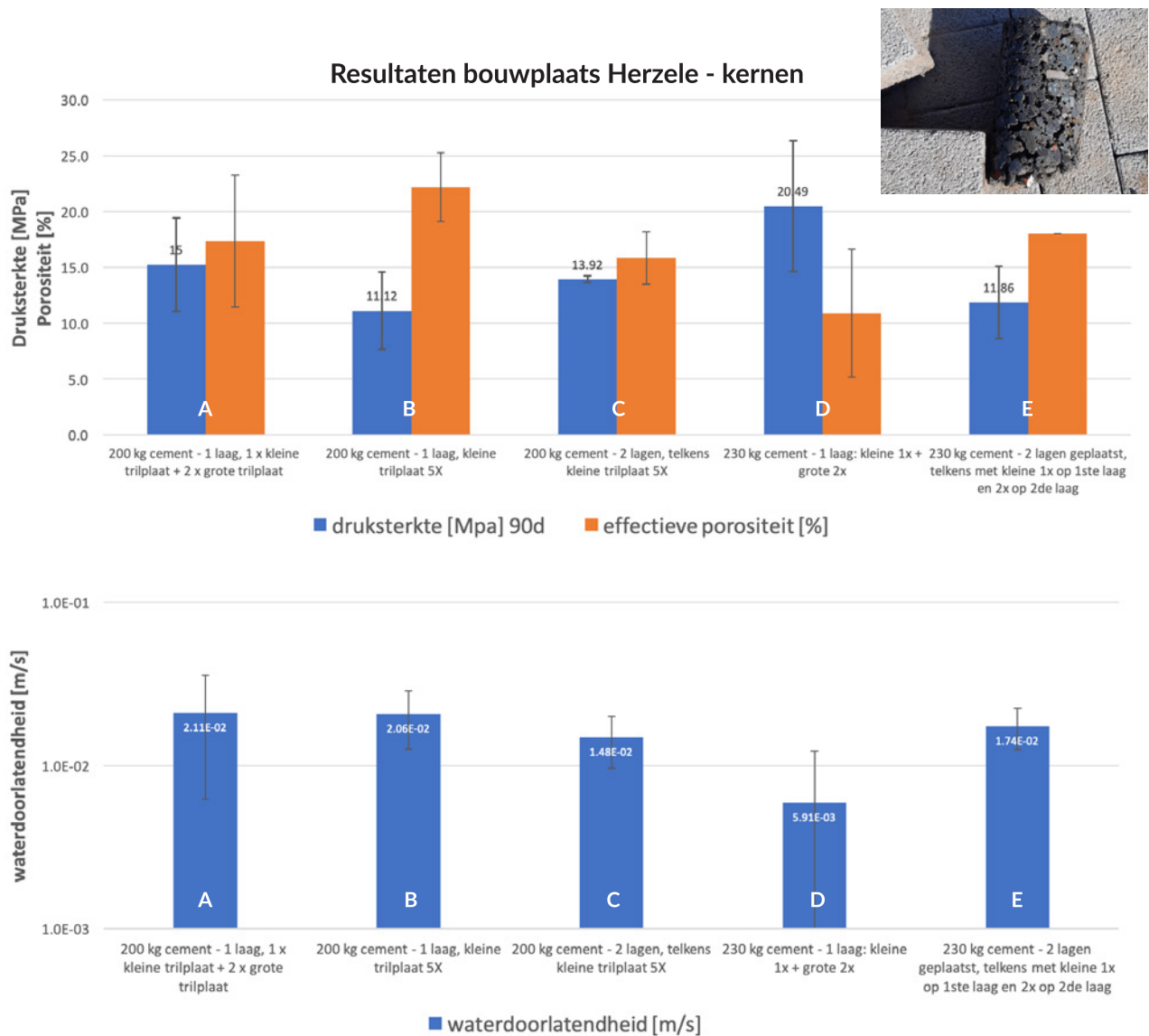
Proefstukken werden daarbij met verschillende verdichtingsmethoden aangemaakt op de bouwplaats door OCW en de doorlatendheid in situ werd ook opgemeten met de dubbele-ringproef volgens Bijlage A van PTV 827 (COPRO, 2010) (figuur 9).





**Figuur 9** – Monitoring van een bouwplaats met toepassing van drainerend schraal beton als fundering onder bestratingen in Herzele

Deze resultaten werden dan nadien vergeleken met deze verkregen uit kernen geboord uit de verharding ((na 90 dagen), figuur 10).



**Figuur 10** – Resultaten verkregen op kernen voor de bouwplaats in Herzele als functie van verdichtingsmethode en cementgehalte

Ondanks de soms grote spreiding op de resultaten voor zowel druksterkte (blauwe balken) als effectieve porositeit (oranje balken) - bepaald volgens SPW, Mobilité & Infrastructures, 2021, CME 52.20 - kunnen we op basis van de gemiddelde resultaten toch een aantal zaken vaststellen:

- verdichting met de **grote trilplaat** geeft de beste resultaten voor de sterkte (voor een doorlatendheid die nog zeer aanvaardbaar is [ $> 4 \cdot 10^{-4}$  m/s]);
- toevoegen van **extra cement** voor dezelfde verdichtingsmethode (A en D) heeft geleid tot hogere sterkte;
- wanneer het mengsel bij 200 kg cement met de kleine trilplaat (B en C) wordt verdicht, geeft de plaatsing in **twee lagen** betere resultaten voor de mechanische sterkte.

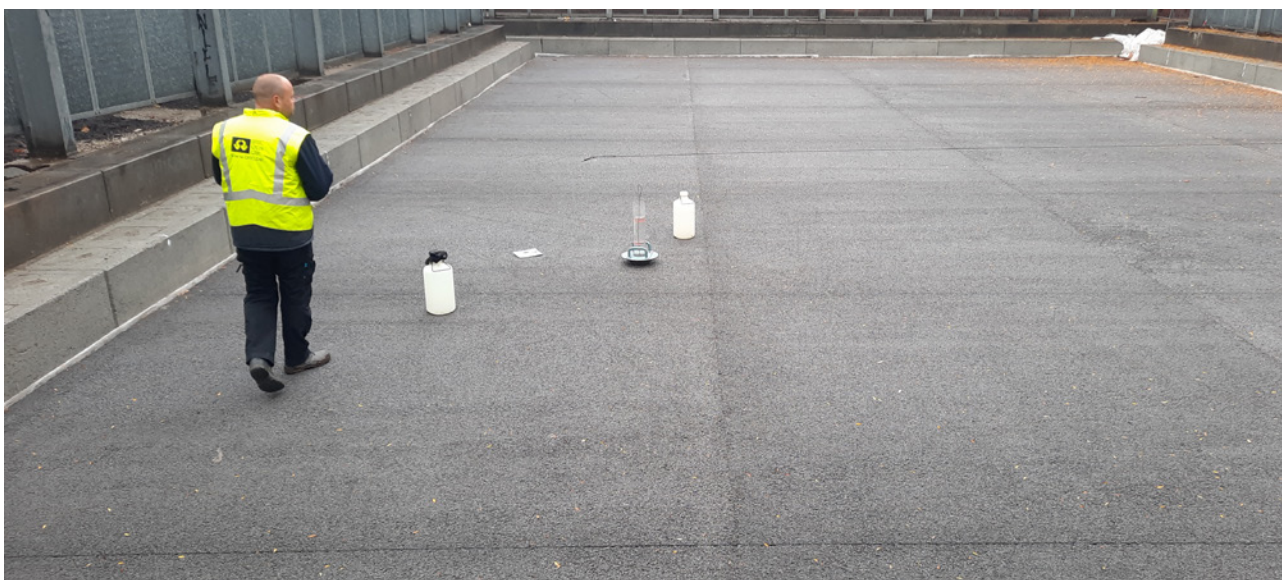
De doorlatendheid van de geteste kernen op deze bouwplaats is alleszins ruim voldoende (grootteorde  $10^{-2}$  m/s) en vergelijkbaar met deze bekomen uit de op de bouwplaats met de "Proctor allégé" aangemaakte proefstukken.

## Conclusies en perspectieven

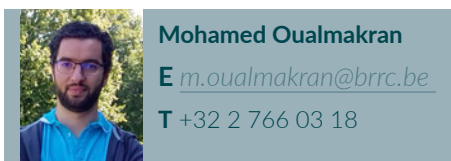
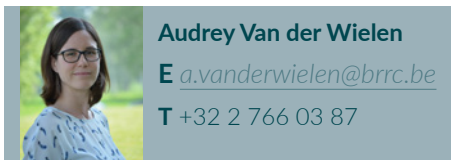
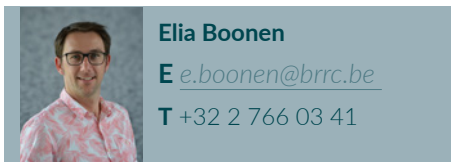
Drainerend (al dan niet schraal) beton is een veelbelovende oplossing in het kader van duurzaam waterbeheer in een stedelijke omgeving. In het pre-normatieve onderzoek Be-Drain werkt OCW aan bijkomende technische richtlijnen voor deze poreuze betonmengsels om de vooroordelen weg te werken en op een betrouwbare manier de overgang te maken van het gekende drainerend schraal beton naar duurzame wegverhardingen in drainerend beton.

Na één jaar onderzoek bekwamen we al heel wat interessante resultaten in het laboratorium. OCW blijft op zoek naar bouwplaatsen met drainerend beton om deze te monitoren en deze proeven verder te valideren.

**Plan jij een bouwplaats met poreus beton of ben je er een aan het uitvoeren? Aarzel niet ons te contacteren!**



**Figuur 11** – Recente toepassing van drainerend beton op een basketbalveld in Borgerhout, gemonitord door OCW



## Literatuur

- Abdo, J., Alarcon Ruiz, L., Bonnin, F., Chaussebourg, G., Christory, J.-P., Delhay, C., Faleyieux, J., Potier, J.-M., Rodot-Chazal, E., & Shink, M. (2018). *Lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines: Les revêtements drainants en béton* (Collection Technique Cimbéton T 69). Paris. Centre d'Information sur le Ciment et ses Applications (CIMBéton).
- Alshareedah, O., Haider, M. M., & Nassiri, S. (2020). Correlating laboratory and field compaction levels to achieve optimum in situ mechanical properties for pervious concrete pavements. *Journal of Materials in Civil Engineering (JMCEE7)*, 32(10), Article 04020278. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-5533.0003361>
- Bachmann, R. (2018, juni, 19-22). Experience with pervious concrete pavements in Germany: new developments and applications. In *13th international symposium on concrete roads, Berlin, Germany*. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV); InformationsZentrum Beton.
- Becker, C., & Riffel, S. (2012). *Ergänzende Arbeitsanweisung für laborarbeiten mit Offenporigem Beton: OPB*.
- Breitenbücher, R., Achenbach, G., Bader, R., Bednorz, W., Bruss, W., Ehrlich, N., Eickschen, E., Gehlen, C., Goerz, U., Honert, D., Jurriaans, G., Ludwig, H.-M., Möbius, A., Müller, H. S., Riedl, T., Rother, K., Schmidt, M., Siebert, B., Stöckert, U., ... Wolf, T. (2013). *Merkblatt für Dränbetontragschichten: M DBT* (FGSV-R2 No. 827). Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV).
- Bureau voor Normalisatie (2003). *Ongebonden en hydraulisch gebonden mengsels. Deel 45: Beproevingmethode voor de bepaling van de verwerkbaarheidsperiode van hydraulisch gebonden mengsels* (NBN EN 13286-45). [https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13286-45-2003\\_19310/](https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13286-45-2003_19310/)
- Bureau voor Normalisatie (2010). *Ongebonden en hydraulisch gebonden mengsels. Deel 2: Beproevingmethoden voor het bepalen van de laboratoriumreferentiedichtheid en het watergehalte: Proctorverdichting* (NBN EN 13286-2). [https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13286-2-2010\\_27042/](https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13286-2-2010_27042/)



- Bureau voor Normalisatie (2019b). *Testen van vers beton. Deel 3: Vebe-test* (NBN EN 12350-3). [https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12350-3-2019\\_1584/](https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12350-3-2019_1584/)
- Bureau voor Normalisatie (2019a). *Testen van vers beton. Deel 4: Verdichtingsgraad* (NBN EN 12350-4). [https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12350-2-2019\\_41020/](https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12350-2-2019_41020/)
- Buttgereit, A., Eichler, A., Jähnig, J., Özdemir, E., Raeder, G., Riffel, S., Root, V., Sauerbrey, S., Thyges, H., Ulonska, D., & Wolf, M. (2013). *Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen: M VV: M VV* (FGSV-R2 No. 947). Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV).
- Curvo, F., Batezini, R., & Balbo, J. T. (2018, juni, 19-22). Analysis of the infiltration rate variation along time of pervious concrete pavements in tropical climate. In *13th international symposium on concrete roads, Berlin, Germany*. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV); InformationsZentrum Beton.
- Onpartijdige Instelling voor de Controle van Bouwproducten. (2010). *Waterdoorlatende bestratingen: systeem-, product- en plaatsingseisen* (Technische Voorschriften COPRO No PTV 827). <https://www.copro.eu/sites/default/files/document/file/Download/Reglementen/Hemelwater/Geldige%20versie/WEB%20PTV%20827%20v%201-0.pdf>
- Onpartijdige Instelling voor de Controle van Bouwproducten. (2019). *Celebrating 35 years on the road* [COPRO activiteitenverslag 2018]. [https://www.copro.eu/sites/default/files/annual\\_report/file/activiteitenrapport\\_2018\\_nl\\_0.pdf](https://www.copro.eu/sites/default/files/annual_report/file/activiteitenrapport_2018_nl_0.pdf)
- Redron, F., Abdo, J., & Desjardins, C. (Eds.). (2015). Routes [Special issue]. *Routes*(131). <https://www.infociments.fr/sites/default/files/article/fichier/R-131.pdf>
- Service Public de Wallonie, Mobilité & Infrastructures. (2021). *CCT Qualiroutes; Cahier des charges-type* [version 2021 consolidée et ses adaptations ultérieures]. [http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/frame.jsp?index\\_cctquali.html](http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/frame.jsp?index_cctquali.html)
- Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2019+2021). *Standaardbestek voor de wegenbouw* [versie 4.1+4.1a]. [https://wegenenverkeer.be/zakelijk/documenten?documents%5B0%5D=type\\_document%3AStandaardbestek](https://wegenenverkeer.be/zakelijk/documenten?documents%5B0%5D=type_document%3AStandaardbestek)
- Weiss, P. T., Kayhanian, M., Gulliver, J. S., & Khazanovich, L. (2019). Permeable pavement in northern North American urban areas: Research review and knowledge gaps. *International Journal of Pavement Engineering*, 20(2), 143–162. <https://doi.org/10.1080/10298436.2017.1279482>