

DUURZAAMHEID BETONNEN KANO'S

BETON BEWUST RAPPORT 2012



Enschede, mei 2012

BetonBrouwers
Studievereniging Concept
Opleiding Civiele Techniek – Universiteit Twente



Inhoudsopgave

1.	Introductie.....	3
2.	Materiaalkeuze.....	4
2.1	Randvoorwaarden	4
2.2	Materialen race kano's	4
2.3	Materialen recyclekano	5
3.	Milieuprestatie van de kano.....	7
3.1	Gebruikte hoeveelheid materiaal	7
3.2	Hulpconstructie	7
3.3	Productie	8
3.4	Transport	8
3.5	Aantal gevaren wedstrijden.....	8
4.	Levensduur.....	9
5.	Hergebruik.....	10
6.	Arbeidsveiligheid	11
6.1	Productie	11
6.2	Gebruik	11
7.	Conclusie	12

1. Introductie

Ter aanvulling op het algemene constructieverslag van de BetonBrouwers, wordt in dit rapport specifiek ingegaan op de duurzaamheid van onze betonnen kano's.

Sinds juli 2011 heeft deze commissie, bestaande uit negen BetonBrouwers, veel toewijding en moeite gestopt in het ontwerpen en bouwen van vier prachtige betonnen race kano's, een recyclekano en een significant andere, innovatieve, kano. Dit jaar is er expliciet aandacht geschonken aan de duurzaamheid van onze kano's. Zo is er rekening gehouden met de duurzaamheid bij het ontwikkelen van het betonmengsel voor de racekano's en is er zelfs één kano gemaakt van gerecyclede betonkano's van vorige seizoenen. Hierover meer verderop in dit rapport.

Dit rapport is geschreven om de constructie jury een helder inzicht te geven in de duurzaamheid van onze kano's. Allereerst wordt er in gegaan op de materiaalkeuze. Vervolgens wordt dit in een breder kader geplaatst door de milieuprestaties van de kano's te belichten. Andere belangrijke aspecten met betrekking tot de duurzaamheid van de kano's zijn de levensduur en het hergebruik, dit wordt besproken in hoofdstukken 4 en 5. Tot slot wordt er nog ingegaan op de arbeidsveiligheid.

Resteert ons niets anders dan de lezer veel plezier te wensen met het lezen van dit rapport.

BetonBrouwers 2012,

Ynze Goinga	(Voorzitter)
Cindy Clevers	(Vicevoorzitter)
Simon Janssen	(Secretaris)
Rik Goossens	(Penningmeester & Evenementmanager)
Anna Steiner	(Externe Betrekkingen)
Chiel de Wit	(Hoofd Ontwerp & Externe Betrekkingen)
Casper Rood	(Chef werkplaats)
Frank Aarns	(Manager)
Sander de Waard	(Algemeen lid)

2. Materiaalkeuze

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de materiaalkeuze. De materiaalkeuze met betrekking tot het beton betreft de keuze van de bindmiddelen, de toeslagmaterialen en de vul- en hulpstoffen. Bij de ontwikkeling van een beton zijn er echter een aantal randvoorwaarden.

2.1 Randvoorwaarden

Bij de ontwikkeling van een nieuw betonmengsel gelden de vier onderstaande randvoorwaarden:

- 1) **Verwerkbaarheid.** Het mengsel moet de juiste verwerkbaarheid hebben. Wanneer het mengsel niet goed smeerbaar is of niet goed hecht aan de wanden van de werkmal, dan gaat dit ten koste van de constructie. Zo kunnen we bijvoorbeeld de dichtheid van het beton verlagen, maar wanneer dit beton niet goed verwerkbaar is kan er niet dun genoeg worden gesmeerd en is er qua gewicht geen winst behaald.
- 2) **Waterdoorlatendheid.** In de Duitse competitie moeten de betonkano's uit zichzelf waterdicht zijn (verven is dus niet toegestaan, slechts ter decoratie). Daarnaast willen we graag het volledige potentieel van het beton laten zien. Dit heeft ertoe geleid dat wij sinds 2009 werken met betonmengsels die uit zichzelf zorgen voor een waterdichte kano. Hiervoor moet met name worden gelet op de korrelverdeling van het mengsel.
- 3) **Sterkte.** Uiteraard moet het beton in combinatie met de wapening de belastingen die op de kano worden losgelaten aan kunnen.
- 4) **Kleur.** Voor het uiterlijke voorkomen van de kano's maken wij gebruik van pigment. Om mooie kleuren beton te krijgen moet er rekening worden gehouden met de keuze van de materialen. Hoe witter de fijne stoffen in het mengsel hoe helderder de kleuren.

Naast het voldoen aan de bovenstaande randvoorwaarden zit de ontwikkeling/verbetering hem met name in het verlagen van de dichtheid, dit komt immers de prestatie van de kano's ten goede. Tot slot wordt er bij de ontwikkeling ook rekening gehouden met de duurzaamheid. In het geval van de racekano's is dit echter geen leidend criterium, in het geval van de recycle kano uiteraard wel.

2.2 Materialen race kano's

In de tabel hieronder is het betonmengsel voor de racekano's weergegeven.

Material:	Mass [kg]	Volume [dm ³]
CEM I 52.5R LA White	350.0	114.0
Microsit	160.0	64.3
Microsilica	50.0	21.5
Water	201.2	201.2
Liaver 0.1-0.3	257.1	265.1
Liaver 0.25-0.5	74.0	129.8
Liaver 0.5-1.0	70.1	146.1
Super plasticizer GL 51	4.0	3.6
Pigment black	17.5	17.5
Air	0.0	50.0
Total:	1183.9	1000.0

Tabel 2.1: Betonmengsel racekano's

Bindmiddel:

- **Cement.** Zoals ook aangegeven in het constructieverslag is cement het ingrediënt met de meest negatieve invloed op de duurzaamheid van het betonmengsel. Cement heeft namelijk een erg hoge 'embodied energy' aangezien er voor de productie van cement erg veel energie is vereist. Hierbij heeft grijs cement een lagere hoeveelheid 'embodied energy' dan wit cement.

Aangezien wij onze kano's kleur geven door middel van pigment, en een mengsel op basis van wit cement heldere kleuren geeft, hebben wij gekozen voor het gebruik van wit cement. Een ander manier om het beton duurzaam te houden is de gebruikte hoeveelheid. In ons geval bevat het betonmengsel een relatief lage hoeveelheid cement, namelijk slechts 350kg/m³.

Minerale Additieven:

- **Microsit.** Microsit is een gezeefde vliegashuis en is verkrijgbaar in alle gewenste zeefmaten, het kan daardoor dus worden afgestemd met de gewenste zeefmaat. Gezien de korrelverdeling is in dit mengsel gekozen voor Microsit M20. Dit materiaal werd geselecteerd om de volgende redenen:
 - Het is een restproduct van afvalverbranding en vergroot daarmee de duurzaamheid van het mengsel. Zeker gezien het ook een reactief puzzolaan is (net als cement) en daardoor een deel van het cement (met een negatieve invloed op de duurzaamheid) kan vervangen.
 - De fijnheid van de deeltjes past perfect bij de optimale korrelverdeling en heeft daardoor een positieve invloed op de permeabiliteit en de verwerkbaarheid van het beton.
 - Een deel valt in dezelfde korrelgrootte als cement, maar heeft een lagere dichtheid dan cement. Het vermindert de benodigde hoeveelheid water, wat resulteert in een lagere water/binder ratio en daarmee in een hogere sterkte
- **Microsilica/Silica Fume.** Silica fume ontstaat bij de vervaardiging van zogenaamde ferro-siliciumverbindingen en de bereiding van het element silicium en wordt vaak toegevoegd aan portlandcement. Door de extreme fijnheid en de grote hoeveelheid silica, is silica fume een zeer effectief puzzolaan materiaal. Silica fume werd geselecteerd om de volgende redenen:
 - Aangezien het een reactief puzzolaan materiaal is en tevens een bijproduct uit de industrie en vergroot daarmee, net als Microsit, de duurzaamheid van het mengsel.
 - De kleine korrelgrootte heeft een positieve invloed op de permeabiliteit.
 - Het vergroot de sterkte van het beton.

Toeslagmateriaal:

- **Liaver.** Aangezien wij als doel hebben de kano's zo licht mogelijk te maken is het zand vervangen door Liaver, een geëxpandeerd glas granulaat. Omdat we werken met dunne wanden (<5 mm) en we een goede verwerkbaarheid willen hebben, houden wij een maximale korrelgrootte van 1mm aan. Om deze reden maken wij gebruik van de Liaver 0.1-0.3, Liaver 0.25-0.5 en Liaver 0.5-1.0 fracties. Na cement is Liaver het minst duurzame ingrediënt. Ondanks dat het gemaakt wordt van gerecycled glas (wat uiteraard positief is!) zijn er bij de productie hoge temperaturen nodig (750°C tot 900°C) en is het een vervanging van een natuurlijk product: zand.

Hulpstoffen:

- **Pigment.** Om de kano's hun kleur te geven wordt er gebruik gemaakt van pigmenten. Dit jaar zijn dit de pigmenten zwart (kleur race kano's) en rood (Twents Ros). Helaas is er weinig informatie beschikbaar over de duurzaamheid van de pigmenten, behalve dat het in de meeste gevallen wordt geproduceerd op basis van natuurlijke producten. Daarnaast vervangt het pigment het gebruik van verf, wat ook bestaat uit pigmenten en vaak schadelijke andere stoffen.
- **Superplastificeerder.** De belangrijkste rol van superplastificeerder is het verspreiden van gevlokte cementdeeltjes in water. GLENIUM 51 is een hulpstof van een nieuwe generatie op basis van een chemische keten van gemodificeerde polycarboxylic ethers. GLENIUM 51 is chloride vrij en voldoet aan EN 934 deel 2. Deze superplastificeerder is geselecteerd om de volgende redenen:
 - Vloeibaar beton met lage wcf en hoge begin- en eindsterkte
 - Door de lage wcf, verminderd risico op krimp en kruip
 - Verbeterd betonoppervlak
 - Positieve invloed op de permeabiliteit van het beton
 - Betere aanhechting aan wapening en voorspanstaal
 - Vergeleken met de traditionele superplastificeerders verhoogt GLENIUM 51 de fysische eigenschappen en bijgevolg ook de duurzaamheid van het beton.

2.3 Materialen recyclekano

Duurzaamheid wordt steeds belangrijker in de hedendaagse maatschappij. Voor ons was dit een reden om naast het zo duurzaam mogelijk bouwen van onze racekano's, de duurzaamheid extra onder de aandacht te brengen. Hiervoor hebben wij gekozen om een betonkano te bouwen die gemaakt is op basis gerecyclede kano's uit voorgaande seizoenen. Op de volgende pagina staat het betonmengsel voor de recyclekano weergegeven in tabel 2.2.

Material:	Mass [kg]	Volume [dm ³]
TioCEM I 52.5R LA – White	600,0	195,4
Silica fume	80,0	34,3
Kanopuin 0-1	825,1	438,9
Water	270,0	270,0
Super plasticizer GL 51	4,0	3,6
Air		50,0
Total	1809,1	1000,0

Tabel 2.2: Betonmengsel recyclekano

Bindmiddel:

- **Cement.** Net als bij de racekano's is cement het bestandsdeel met de grootste negatieve invloed op het gebied van duurzaamheid. Voor dit mengsel was het noodzakelijk de hoeveelheid cement te verhogen (600kg/m³). Het zou hier dus logisch zijn om te kiezen voor grijs cement om de impact zo laag mogelijk te houden. Echter hebben wij gekozen voor een andere insteek. Voor het cement is namelijk gekozen voor TioCEM. TioCEM is een wit cement met een reinigende werking. De aanwezigheid van de nanodeeltjes titaandioxide in TioCEM zorgt ervoor dat anorganische en organische stoffen in de lucht en aan het betonoppervlak door fotokatalytische reactie worden afgebroken. De combinatie van titaandioxide met de UV-stralen van het zonlicht stellen een natuurlijk oxidatieproces in werking dat zich telkens opnieuw kan herhalen. De fotokatalytische eigenschappen van TioCEM stemmen overeen met de gepatenteerde TXActive®-technologie; een Europees beschermd label dat uitsluitend wordt toegekend aan bouwproducten met een duurzame fotokatalytische werking. De belangrijkste voordelen van TioCEM op een rij:
 - heeft een luchtzuiverend en reinigend effect
 - breekt stikstof in de lucht af
 - voorkomt vuilaanhechting
 - heeft een duurzame, regeneratieve werking
 - wordt volgens strenge kwaliteitsnormen geproduceerd

Minerale Additieven:

- **Microsilica / Silica Fume.** Net als bij de racekano's is gekozen om Silica Fume te gebruiken om de reeds genoemde voordelen. Door het gebruik van dit bijproduct kon de hoeveelheid cement nog enigszins worden verminderd.

Toeslagmateriaal:

- **Puin.** Als toeslagmateriaal is gekozen voor puin 0-1mm. Dit puin bestaat uit gerecyclede kano's uit voorgaande seizoenen. Hiervoor zijn de oude kano's tot puin geslagen, fijn gestamd en gezeefd (het residu weer fijner gestamd).



Hulpstoffen:

- **Pigment.** Voor de recyclekano is gekozen om het beton geen specifieke kleur te geven, op het meegestorte groene betonnen recyclelogo na.
- **Superplastificeerder.** Net als bij de racekano's is er gebruik gemaakt van superplastificeerder om de verwerkbaarheid van het beton te optimaliseren.

3. Milieuprestatie van de kano

In dit hoofdstuk wordt verder in gegaan op de milieuprestatie van de betonkano. Dat betekent dat gekeken wordt naar de milieuprestatie over de levensduur van de betonkano.

3.1 Gebruikte hoeveelheid materiaal

Het gebruikte materiaal voor een betonkano wordt onderscheiden in het beton en de wapening.

Beton. Voor het bouwen van onze betonkano's is 50 liter beton per kano nodig. Tijdens de bouw proberen we het verlies te minimaliseren. Dit verlies zit hem met name in residu in de menger na het legen (er blijft altijd iets achter) en als gevolg dat het 'te oud' is en daarmee niet meer goed verwerkbaar. Door porties van 10l of 15l aan te maken wordt de menger redelijk efficiënt gebruikt (max. is 20l) en is de hoeveelheid dusdanig dat dit snel genoeg verwerkt kan worden. In totaal wordt over het algemeen 55 liter beton aan gemaakt gedurende een stortdag (waarvan ook drie prisma's als testmonster worden gestort).

Wapening. De wapening van onze betonkano's bestaat staalkabels en glasvezel wapeningsmatten. In totaal wordt er 20m staalkabel gebruikt en 13.5m² aan glasvezelmatten. Twee van de staalkabels bevinden zich bovenin de wanden van de kano's en zitten in een dunne plastic slang en worden vast gezet met stalen ankerplaten. De stalen ankerplaten worden sinds 2009 hergebruikt. De plastic slangen die bij het vernalen van de oude kano's zijn vrijgekomen kunnen volgend jaar eventueel ook weer hergebruikt worden. Het snijden en uitmeten van de glasvezelmatten wordt zoveel mogelijk door dezelfde persoon gedaan zodat dit zo efficiënt mogelijk gebeurt.

3.2 Hulpconstructie

Voor het storten van de betonnen kano's wordt gebruik gemaakt van twee hulpconstructies: een stalen frame om de staalkabels mee op spanning te zetten en een werkmal om de kano's in te storten (zie ook onderstaande foto's).



Stalen frame. Het stalen frame waar de werkmal op ligt is het frame waarmee de drie staalkabels in de bodem van de kano's mee worden opgespannen. Het principe van voorgespannen staalkabels wordt al sinds 2007 toegepast en het stalen frame wordt sindsdien gebruikt, inclusief dit seizoen zijn dat inmiddels 25 kano's.

Werkmal. De werkmal is een polyester vorm waarin de betonkano's worden gestort. Een werkmal wordt minimaal 2 jaar gebruikt. Gezien de huidige staat van de werkmal en de inmiddels geoptimaliseerde kanovorm is de kans groot dat de huidige werkmal langer mee kan.

3.3 Productie

Bij de productie zijn er een aantal factoren die invloed hebben op de milieuprestatie van onze kano's. Deze factoren zijn elektronische apparatuur, waterverbruik en verwarming.

Allereerst wordt er gebruik gemaakt van elektronische apparatuur te weten; de menger, de weegschaal en niet te vergeten de koelkast + frituurpan (voor een lekker koud biertje en warme snacks na het storten). Naast elektronische apparatuur wordt er water gebruikt. Dit wordt gebruikt voor het vochtig houden van de kano's na het storten, het schoonmaken van de menger en het schoonmaken van de emmers. Om het waterverbruik te minimaliseren wordt de menger tussen de mengbeurten door niet grondig schoongemaakt, maar alleen schoon gespoeld. De emmers die gebruikt worden voor het afwegen van de ingrediënten worden gedurende het storten hergebruikt en pas aan het eind van de dag schoongemaakt met water. Tot slot moeten de kano's gestort worden in een ruimte waar het niet kouder wordt dan 5°C. Onze werkplaats bevindt zich in principe in een loods zonder isolatie. Aangezien wij in de winter al beginnen met storten zou dat betekenen dat er met een soort tent en energieverblindende heaters moet worden gewerkt. Gelukkig kunnen wij gebruik maken van een verwarmde ruimte. Dit is een geïsoleerde ruimte waar onze werkmal precies in past en waarin een verwarming ervoor zorgt dat de temperatuur rond de 15°C is.

3.4 Transport

Voor het transport van onze betonnen kano's wordt gebruikt gemaakt van houten kanodragers die als sinds 2009 dienst doen. Voor het transport naar de BetonKanoRaces wordt gebruik gemaakt van een busje in combinatie met een aanhanger. Met het busje kunnen personen en spullen worden meegenomen en op de aanhanger staan, variërend per evenement, 3 tot maximaal 5 kano's (zie linker afbeelding). De deelnemers komen over het algemeen met het openbaar vervoer. Voor de korte transporten, bijvoorbeeld naar het watersportcomplex, maken wij gebruik van een fietskar (zie rechter afbeelding). Op dit karretje past de kanodrager met kano en eventueel kan dit karretje aan een fiets worden bevestigd.



3.5 Aantal gevaren wedstrijden

Naast de Nederlandse BetonKanoRace doen wij ook mee aan de Duitse competitie. Deze vindt eens in de twee jaar plaats, en hier hebben we in 2009 & 2011 succesvol aan meegedaan. Dit jaar hebben we voor het eerst meegedaan aan de Franse competitie. Over het algemeen gebruiken we de kano's dus voor meerdere evenementen.

Voor komend evenement in Zwolle staan de 4 kano's ingeschreven op alle mannen disciplines, staan er 2 ingeschreven op de mix disciplines en 3 kano's op de vrouwen disciplines. Dit betekent dat 'kano 1' en 'kano 2' mee doen aan 9 races, 'kano 3' mee doet aan 6 races en 'kano 4' aan 3 races.

4. Levensduur

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de levensduur van de betonkano's. Behalve dat we meedoen aan meerdere competities, waardoor de kano's dus vaker dan één keer worden ingezet voor races, zijn er ook na de races een aantal activiteiten waarbij we onze 'oude' kano's inzetten.

Zo wordt de kano die nog in de beste conditie verkeerd naar het watersportcomplex gebracht waardoor we de mogelijkheid hebben om ook in een betonnen kano te trainen op het Twentekanaal. Naast racekano wordt deze kano dus ook trainingskano voor een volgend seizoen.

Naast trainen gebruiken we onze kano's ook voor exposities. Zo hebben we de afgelopen jaren met één van onze kano's op de Betondag gestaan (zie afbeelding rechtsboven). Daarnaast hebben we onze kano's tentoongesteld en basisschoolkinderen kennis laten maken met het materiaal beton tijdens Experiment in het Bos met onze BetonBrouwer Dome (zie overige afbeeldingen). Tot slot ligt er ook één van de kano's in gebouw van de faculteit Construerende Technische Wetenschappen (gebouw de Horst) op de universiteit.



In het algemeen kunnen we stellen dat de betonkano's ongeveer twee jaar worden gebruikt. Hierna worden ze eventueel opgeslagen.

5. Hergebruik

In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op het hergebruik van onze betonnen kano's. Allereerst worden onze betonkano's niet weg gegooid na een evenement (tenzij deze dusdanig kapot is dat transport niet meer mogelijk is). Zoals in het vorige hoofdstuk beschreven worden kano's naast races ook nog voor andere zaken ingezet. Daarnaast willen we zo nu en dan ook wat tests uitvoeren, dit doen we dan vaak op oude kano's.

Ook worden er materialen hergebruikt. Zo worden de ankerplaten voor het spannen van de staalkoorden en de beschermingsrand van de oude kano's gehaald en gebruikt voor de nieuwe kano's. Naast deze redelijk eenvoudige manier van hergebruik hebben besloten om dit jaar een kano te maken van gerecyclede betonnen kano's: de recyclekano. Voor de recyclekano zijn er kano's van seizoenen 2010 en 2011 hergebruikt. Deze zijn eerst fijn geslagen waarna het puin wordt gezeefd. De delen die nog te grof zijn worden verder vernalen totdat de korrelgrootte niet groter is dan 1mm. Vervolgens is de zeefcurve van het puin bepaald en is op basis daarvan een betonmengsel samengesteld. Afbeeldingen van het vernalen zijn hieronder te zien.



6. Arbeidsveiligheid

In dit hoofdstuk wordt nog kort ingegaan op de arbeidsveiligheid, hierbij is er onderscheid gemaakt tussen de arbeidsveiligheid tijdens de productie en de arbeidsveiligheid tijdens gebruik.

6.1 Productie

Tijdens de productie worden er een aantal zaken gedaan om de werkomstandigheden zo veilig mogelijk te houden. Zo wordt er geacht dat iedereen dichte schoenen draagt en wordt er over het algemeen gewerkt in een overall. Wanneer er gewerkt wordt met (fijn) stof dan worden er stofkappen gedragen. Bij het gebruik van de haakse slijper is het verplicht om een veiligheidsbril te dragen in combinatie met handschoenen.



Bij het storten geldt de regel dat je je hand niet in de menger stopt op het moment dat deze draait en wordt er bij het smeren gewerkt met rubber/latex handschoenen in combinatie met wat vaseline om aantasting/uitdroging van de huid te voorkomen.

Na het ontkisten wordt uitstekende wapening (uitstekende stukjes staalkabel) weg geslepen en afgedekt met een dun laagje beton.

Tot slot is een belangrijke factor veilige werkomstandigheden een opgeruimde werkplaats.

6.2 Gebruik

Voor het veilig gebruik van de kano's zijn een aantal zaken belangrijk. De eerste is het gewicht. Onze racekano's wegen +/- 50kg en zijn daardoor goed met twee personen en tillen (de aanhanger op en af, in en uit het water en korte stukken verplaatsen). Daarnaast zorgen we ervoor dat de bovenrand netjes is afgeslepen en wordt deze afgeschermd met een beschermrand. Hierdoor kunnen de kanoërs zich in het heetst van de strijd niet bezeren (snijden) aan de randen. Ook wordt er getraind op het kanoën, tijdens de trainingen leren de deelnemers hoe om te gaan met een kano.

7. Conclusie

Wij hopen dat het bovenstaande een duidelijk en overzichtelijk beeld heeft gegeven over hoe de BetonBrouwers omgaan met duurzaamheid. Met de insteek van de betonmengsels, een afgewogen keuze van het type en de hoeveelheid van ingrediënten, hopen we te hebben aangetoond dat er bewust wordt omgesprongen met de duurzaamheid en het milieubewust construeren.



Met de recyclekano willen we duurzaamheid dit seizoen extra onder de aandacht brengen door zichtbaar te maken wat er mogelijk is met gerecycled beton van oude betonkano's. Dit hebben we extra benadrukt door het meestorten van het recyclelogo in de kano (zie bovenstaande afbeelding).