

STIMULERING GEBRUIK FIJNER ZAND IN BETON

Welke praktijkprojecten en hoe aan te pakken?

Deel 2: opzet praktijkprojecten

Noot vooraf

Rijkswaterstaat, de Provincies (IPO) en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Het Rijk en de Provincies sluiten, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

Bibliotheekgegevens

Stimuleren gebruik fijner zand in beton
Welke praktijkprojecten en hoe aan te pakken?
Deel 2: opzet praktijkproeven

Rapport VIBO-Overeenkomst.
Publicatiereeks Grondstoffen 2004-13.
Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
Expertisecentrum Bouwstoffen.
DWW-2004-098
ISBN 90-369-5574-2

Te bestellen:

Publicatiemagazijn t.a.v. Mw. M.A. Schomaker-van Rijsbergen
Postbus 5044, 2600 GA DELFT (telefoon: 015-2518 308)
e-mail: m.a. schomaker-vrijsbergen@dww.rws.minvenw.nl

© Rijkswaterstaat, IPO, 2004

Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever, VIBO.

Verantwoording omslagillustratie

Hanson Aggregates B.V., Amsterdam
(foto: DWW)

COLOFON

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen de samenwerkingsovereenkomst VIBO (Verkeer en Waterstaat, IPO, Bouwgrondstoffen Onderzoeksprogramma (IPO; Interprovinciaal Overlegorgaan) dat zich richt op een duurzame grondstoffenvoorziening. Het onderzoeksprogramma heeft als belangrijkste doel het bijdragen aan de ontwikkeling van alternatieven voor de winning van beton- en metselzand in landlocaties.

Opdrachtgever:	VIBO P/a: Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Informatie:	H.S. Pietersen
Eindredactie:	Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Postbus 5044. 2600 GA DELFT Expertisecentrum Bouwstoffen
Informatie:	Mw. H.A. Rijnsburger Website: http://www.bouwgrondstoffen.info
Bijdragen van:	VIBO-Begeleidingsteam: R.L. van der Klooster, RWS/DGW, DEN HAAG B. Deege, Provincie Zuid-Holland, DEN HAAG H.S. Pietersen, H.A. Rijnsburger RWS/ DWW, DELFT
	Opdrachtnemer: N.J.F. Vonk, G. van der Wegen, INTRON B.V. CULEMBORG
Datum:	December 2004

INHOUDSOPGAVE

Pagina

SAMENVATTING	5
INLEIDING.....	7
1.1. Aanleiding van praktijkprojecten	7
1.2. Doel van de praktijkprojecten.....	7
1.3. Resultaat van deze fase	7
2. TYPE EN KEUZE PRAKTIJKPROJECTEN.....	9
2.1. Welk type praktijkprojecten komen in aanmerking?	9
2.2. Beton binnen of buiten de betonregelgeving ontwerpen?	9
2.3. Wie doen er mee?.....	10
2.4. Organisatie praktijkprojecten.	12
3. UITVOERING PRAKTIJKPROJECTEN.....	15
3.1. Algemeen uitgangspunt	15
3.2. Daadwerkelijke uitvoering van praktijkproject.....	16
Fase 1: inventarisatie	16
Fase 2: voorbereidende werkzaamheden.....	17
Fase 3: uitvoering praktijkproject	19
3.3. Berekening kostprijzen en - consequenties	21
3.4. Evaluatie verwachtingen en ervaringen deelnemende partijen	21
3.5. Rapportage	22
4. AANDACHTSPUNTEN	23
4.1. Subsidie mogelijk?	23
4.2. Is beton met fijner zand te modelleren, waardoor laboratoriumproeven overbodig zijn?	23
4.3. Individuele betonmortelcentrale of – fabriek	23
4.4. Zelfverdichtend beton volgens Chinese methode.....	24
BIJLAGE 1 POTENTIELE TOEPASSINGEN FIJNER ZAND	25
BIJLAGE 2 VAST TE LEGGEN INFORMATIE INVENTARISATIEFASE	27
BIJLAGE 3 LIJST VAN AFKORTINGEN.....	29
BIJLAGE 4 LIJST VAN VERMELDE NORMEN.....	31

SAMENVATTING

In opdracht van VIBO¹ is door INTRON in een verkennende studie onderzoek verricht naar de knelpunten en de kostenconsequenties die spelen rondom het gebruik van fijner zand in beton. Als één van de belangrijkste aanbevelingen uit deze oriëntatiefase kwam het uitvoeren van een of meerdere praktijkprojecten, waarbij de gehele bouwkolom wordt betrokken.

Op deze wijze kunnen alle betrokken partijen kennis en ervaring opdoen rondom beton met fijner zand.

Het doel van de praktijkprojecten is meer inzicht te verkrijgen in de mogelijke praktische knelpunten en kostenconsequenties die bij het gebruik van fijner zand in beton optreden.

In dit rapport wordt de keuze, de organisatie en de uitvoering van praktijkprojecten beschreven. De werkelijke uitvoering van de praktijkprojecten zal later worden gerealiseerd.

Voorgesteld wordt de praktijkprojecten gefaseerd uit te voeren: inventarisatie van verwachtingen en kennis, voorbereidende werkzaamheden en de daadwerkelijke uitvoering van het project.

Van de praktijkprojecten zal een rapport worden opgesteld die wordt opgenomen in een door de Stichting CUR uit te brengen voorbeeldenboek / handboek "Fijner zand in beton".

¹ Verkeer en Waterstaat, IPO, Bouwgrondstoffen Onderzoeksprogramma (IPO= InterProvinciaal Overlegorgaan)

INLEIDING

1.1. Aanleiding van praktijkprojecten

In opdracht van VIBO² is door INTRON in een verkennende studie onderzoek verricht naar de knelpunten en de kostenconsequenties die spelen rondom het gebruik van fijner zand in beton. Tevens is gevraagd aanbevelingen te doen om het gebruik van fijner zand in beton te stimuleren. Deze aanbevelingen zijn opgenomen in rapport "Stimulering gebruik fijner zand in beton", Deel 1: verkennende fase.

Als één van de belangrijkste aanbevelingen uit deze verkennende fase kwam het uitvoeren van een of meerdere praktijkprojecten, waarbij de gehele bouwkolom wordt betrokken.

Op deze wijze kunnen alle betrokken partijen kennis en ervaring opdoen rondom beton met fijner zand. De randvoorwaarden rondom een dergelijk praktijkproject zullen in nauw overleg moeten worden vastgelegd.

In dit rapport wordt de keuze, de organisatie en de uitvoering van praktijkprojecten beschreven. De werkelijke uitvoering van de praktijkprojecten zal in een volgende fase van het project worden gerealiseerd.

1.2. Doel van de praktijkprojecten

De praktijkprojecten moeten meer inzicht geven in de praktische knelpunten en de kostenconsequenties die mogelijk optreden wanneer het normale grove betonzand (al dan niet geheel) wordt vervangen door fijner zand. Met deze praktijkprojecten zullen de verwachtingen, aanbevelingen en kostenconsequenties uit de oriënterende fase worden getoetst en indien nodig aangepast.

1.3. Resultaat van deze fase

Op basis van het rapport van deze fase kunnen de praktijkprojecten gestructureerd worden uitgevoerd, waarbij de kennis en ervaring wordt vastgelegd.

² Verkeer en Waterstaat, IPO, Bouwgrondstoffen Onderzoeksprogramma (IPO= InterProvinciaal Overlegorgaan)

2. TYPE EN KEUZE PRAKTIJKPROJECTEN

2.1. Welk type praktijkprojecten komen in aanmerking?

Vanwege de verschillen die specifieke bouwsectoren kenmerken, wordt voorgesteld om minimaal 1 project te zoeken in de GWW-sector, 1 project in de woningbouwsector en 1 project in de sector van de utiliteitsbouw. Indien deze selectie, in verband met beschikbaarheid van projecten niet mogelijk is zal wellicht de keuze moeten worden gemaakt om meerdere projecten uit één specifieke sector uit te voeren.

De projecten in de GWW-sector zijn veelal grootschaliger en “uniek”, terwijl woningen kleinschaliger zijn, maar er in de uitvoering veel repeterende werkzaamheden zichtbaar zijn. De utiliteitsbouw is daarentegen grootschaliger dan de woningbouw, maar kent binnen één project vaak regelmatig gebruikte bouwelementen zoals balken, vloeren, gevels o.i.d.

Ook het type opdrachtgever is per sector verschillend. Bij de grootschaliger GWW-projecten is de opdrachtgever vaak de rijks- of provinciale overheid of Prorail voor de spoorwegen. In de B&U-sector is een groot aantal opdrachtgevers actief, waaruit een selectie moet worden gemaakt.

Binnen de projecten moet er naar worden gestreefd, alle betonconstructies te vervaardigen uit beton met fijner zand. Zowel de betonmortel- als de betonproductenleverancier zullen bereid moeten zijn hun grove zand te vervangen door zoveel mogelijk fijner zand.

In nauw overleg met de opdrachtgever en het aannemingsbedrijf wordt besloten welk gedeelte van het bouwwerk vervaardigd zal worden met beton met fijner zand. Hierbij wordt getracht zoveel mogelijk fijn zand te verwerken. In bijlage 1 zijn enkele potentiële toepassingen weergegeven.

2.2. Beton binnen of buiten de betonregelgeving ontwerpen?

Het beton met fijner zand dient normaal gesproken te voldoen aan de betonregelgeving, maar hierdoor ontstaan soms problemen die worden veroorzaakt doordat de betonproducent aan een bepaald maximale watercementfactor is gehouden.

In de praktijk wordt, ten gevolge van regelgeving en/of uitvoeringstechnische randvoorwaarden voor specifieke betontoepassingen een te hoge kwaliteit gebruikt. Voorbeelden die in de verkennende fase zijn genoemd zijn onder water beton, ballast beton, wanden in woningbouw. Voor deze marktsegmenten zou een betonsamenstelling buiten de regelgeving om geproduceerd kunnen worden, waarbij de maximale watercementfactor wordt losgelaten. Indien de hogere waterbehoefte van fijner zand niet gecorrigeerd hoeft te worden kan gebruik gemaakt worden van fijner zand. Dit geeft niet alleen technische, maar ook economische voordelen. Er zijn binnen de Stichting CUR ideeën geopperd om een systeem “Beton-op-maat” (buiten de regelgeving om) te gaan ontwikkelen. Praktijkprojecten van beton met fijner zand kunnen deze ontwikkeling stimuleren, echter momenteel

ontbreekt een duidelijk toetsingskader. Met de ontwikkeling van het Equivalent Concrete Performance Concept, globaal beschreven in NEN-EN 206-1 + NEN 8005 kan dit toetsingskader worden opgesteld. In eerste instantie kan dit concept voor een beperkt aantal milieuklassen worden opgesteld, bijvoorbeeld X0, XC, XD en XA1.

Ten aanzien van beton in bijvoorbeeld funderingen ziet INTRON geen problemen met het Bouwstoffenbesluit ontstaan. Immers het onderzoek dat door de SCBB³ is uitgevoerd betreft een maximale watercementfactor van 1,0 bij een minimum cementgehalte van 180 kg/m³. Verwacht wordt dat hiermee voorlopig voldoende ruimte is voor het werken buiten de norm om. De duurzaamheid dient in dit soort toepassingen wel te worden geverifieerd.

2.3. Wie doen er mee?

Inmiddels is duidelijk geworden dat bij het stimuleren van het gebruik van fijner zand met name ook de opdrachtgever en de aannemer betrokken moeten worden. Dit betekent dat de totale bouwkolom (projectontwikkelaar / opdrachtgever, aannemingsbedrijf, beton(mortel)producent en een zandproducent) de praktijkprojecten moet uitvoeren. Eventueel kan een constructie – en/of architectenbureau bij het praktijkproject worden betrokken.

Dit bouwteam kan worden aangevuld met leden van het VIBO-projectteam. De samenstelling van het bouwteam is afhankelijk van de praktijkprojecten.

De keuze van de te benaderen partijen zal in overleg met het deskundigenpanel worden gemaakt.

2.3.1. Projectontwikkelaar / opdrachtgevers / aannemers

GWW-sector

Zoals eerder weergegeven is de rijks- en/of provinciale overheid, samen met Prorail de grootste opdrachtgever voor projecten in de GWW-sector.

De opdrachtgevers binnen deze organisaties zijn wellicht via bestekken of gunningsprocedures in staat om het gebruik van fijner zand voor te schrijven. Echter uit fase 1 volgt dat de Rijksoverheid en in mindere mate Prorail steeds vaker prestatiegerichte bestekken “op de markt” worden gebracht, waarbij de invloed op de materiaal- of grondstofkeuze minder zonet nihil is geworden. Inzet van fijner zand in beton moet dan via een andere partij worden gestimuleerd.

Ook zijn projecten steeds vaker via de zogenaamde PPS-constructie in uitvoering, waarbij de aannemer of combinatie van aannemers tevens voor een onderhoudsperiode verantwoordelijk is. In dit soort situaties is het wellicht beter om de projectorganisatie, via de aannemer, voor een praktijkproject te benaderen.

³ SCBB: Stichting Clusterbeheer Bouwstoffenbesluit Betonmortel

Geconcludeerd wordt dat in deze sector de aannemer de eerst aanspreekbare partij zal zijn. Zodra deze zijn goedkeuring aan een praktijkproject heeft gegeven, zal de opdrachtgever sneller instemmen.

In de bestekken die Prorail opstelt zijn minder prestatiegericht en het voorschrijven van een type grondstof of materiaal is heel gebruikelijk. Regelmatig wordt bijvoorbeeld het gebruik van een specifiek type cement voorgeschreven. Prorail is voor een praktijkproject wel te benaderen (de heer A. Bult, 030-2355314).

Woningbouwsector

Binnen de woningbouwsector zijn naast veel particulieren, enkele grote projectontwikkelaars actief. Daarnaast zijn lokaal diverse woningbouwverenigingen actief in de ontwikkeling van woningen.

Utiliteitsbouwsector

De kantoren en winkels worden, net als in de woningbouwsector, hoofdzakelijk in opdracht van projectontwikkelaars gebouwd.

Voor zowel de woningbouw- als de utiliteitsbouw zijn de grootste ontwikkelaars:

- ING Real Estate
- Algemeen Burgerlijk Pensioenfonds
- Rodamco Europe
- PGGM
- BPF Bouw
- Bouwfonds Nederlandse Gemeenten

Met de afdeling Ontwikkeling van de laatst genoemde, is in de oriënterende fase contact geweest en in principe staan zij positief tegenover een praktijkproject. Knelpunt is echter de onbekendheid en de huidige lage conjunctuur waardoor de drempel voor innovaties wordt verhoogd.

2.3.2. Betonproducent

In alle sectoren zal het beton worden geleverd door de betonmortel – en de betonproductenindustrie. De keuze van de deelnemende betonmortelcentrale is afhankelijk van de locatie van het praktijkproject. De keuze voor de deelnemende betonfabriek is minder locatiegebonden maar meer bepaald door de productiemogelijkheden van een fabriek in relatie tot de gevraagde betonproducten. Niet alle betonfabrieken kunnen bijvoorbeeld grote voorgespannen liggers produceren die voor bepaalde kunstwerken in de GWW-sector noodzakelijk zijn. Zo zijn ook niet alle fabrieken in staat om voorgespannen kanaalplaatvloeren te vervaardigen. Daarnaast zal de prijs mede bepalend zijn. In deze fase kan nog geen betonleverancier worden geselecteerd.

2.3.3. Zandproducent

Of een zandproducent in het praktijkproject betrokken moet worden is afhankelijk van de mogelijkheden die een betoncentrale of – fabriek heeft. Kan deze bijvoorbeeld bijmengzand doseren,

dan is de betrokkenheid van een zandproducent niet persé noodzakelijk. De fijnheid van de zandfractie in het betonmengsel kan door de betonproducent optimaal worden “gestuurd”. Is deze mogelijkheid niet aanwezig, zal de zandproducent een fijner zand moeten produceren, hetgeen tot verstoring van zijn proces kan leiden. De betrokkenheid en de mogelijkheden van de zandproducent zijn in eerste instantie dus afhankelijk van de mogelijkheden van de betonproducent.

2.3.4. Overige partijen

Als besloten wordt om betonsamenstellingen buiten de norm om te ontwerpen en toe te passen, zal met de betreffende **CAR-verzekering** contact worden opgenomen.

Uit eerder onderzoek is gebleken dat binnen de betonregelgeving geen belemmeringen zijn om fijner zand in beton toe te passen. Formeel zal er dan ook geen overleg met een **dienst Bouw- en Woning Toezicht** van een gemeente noodzakelijk zijn. Om het draagvlak verder te vergroten en belemmeringen in de voortgang te voorkomen, wordt het raadzaam geacht deze dienst te informeren omtrent het gebruik van fijner zand in beton.

2.4. Organisatie praktijkprojecten.

Praktijkprojecten zullen onder gezamenlijke verantwoordelijkheid van de deelnemende partijen worden uitgevoerd. Per proefproject zal een projectleider en een secretaris / rapporteur moeten worden aangewezen die alle documentatie en rapportages verzorgd.

In de eerste fase (oriëntatiefase) is gesuggereerd dat praktijkprojecten het beste via de Stichting CUR kunnen worden uitgevoerd. Dit heeft tot doel de kennis en ervaring die bij projecten wordt opgedaan binnen de Stichting CUR samen te delen, te evalueren en vast te leggen. Daarnaast is het doel de (mogelijke) weerstanden weg te nemen (technisch of imago) en bij een grotere groep bouwfactoren, draagvlak te creëren.

Voorgesteld wordt bij de Stichting CUR een kerngroep “fijner zand in beton” te formeren met als taken:

- Alle beschikbare informatie van eerder uitgevoerde praktijkprojecten (nationaal en internationaal) verzamelen;
- Actualiseren van kennis en ervaring opgedaan bij projecten;
- Klankbordgroep voor secretaris / rapporteur proefprojecten;
- Opstellen van een CUR-rapport / handboek.

In dit CUR-rapport worden dan opgenomen:

- Beschrijving en uitwerking van de praktijkprojecten;
- De relevante informatie per praktijkproject (deelnemende partijen, grondstoffen, enzovoorts);
- De opgedane kennis en ervaring per praktijkproject betreffende alle eigenschappen van de gebruikte zanden, betonspecie en het verharde beton;
- Praktijkinformatie ten aanzien van de verwerking van beton met fijner zand;
- Kostenaspecten van het gebruik van fijner zand in beton.

Dit CUR-rapport / handboek kan als technische grondslag dienen voor een voorlichtingstraject om het gebruik van fijner zand te stimuleren.

In deze kerngroep dienen de volgende partijen in ieder geval zitting te hebben:

- Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat
- Bouwdienst Rijkswaterstaat
- Opdrachtgever B&U-sector
- Bouw- en Woningtoezichten
- VOC Betonbouw
- VOBN
- BFBN
- NVLB
- IZGP
- NEVRIP
- Onderwijs en Wetenschap
- Kennisinstituut
- Onafhankelijk voorzitter
- CUR-coördinator

3. UITVOERING PRAKTIJKPROJECTEN

3.1. Algemeen uitgangspunt

Uit de verkennende fase volgt dat de stimulering van fijner zand in beton het beste via de zogenaamde geleidelijke weg kan plaatsvinden. Dit houdt in dat het grove zand door iets fijner zand wordt vervangen of dat een klein deel van het grove zand door zeer fijn zand wordt vervangen (bijvoorbeeld met bijmengzand, zoals zeezand afkomstig van het Nederlands Deel Continentaal Plat).

Om deze geleidelijke weg te structureren wordt een soort categorie-indeling⁴ voorgesteld, die in de onderstaande tabel is weergegeven.

Categorie	Korrelverdeling tussen:
- Referentie	- 25/85 tot 35/95
- Matig fijn	- 15/75 tot 25/85
- Fijn	- 5/65 tot 15/75
- Zeer fijn	- 0/55 tot 5/65

Op deze wijze kan allereerst het gebruik van “matig fijn” zand worden gestimuleerd en vervolgens wordt gewerkt naar het toenemende gebruik van “zeer fijn” zand, bijvoorbeeld afkomstig van het Nederlands deel Continentaal Plat.

In de proefprojecten kan worden overwogen om met een betonfabrikant te werken die bijmengzand gebruikt. De mogelijkheden om te vervangen zijn dan groter en eenvoudiger te organiseren. Het produceren van fijn(er) zand moet anders door de zandproducent worden uitgevoerd en dit kan tot verstoring van dat proces leiden.

Een praktijkproject dient van voldoende omvang te zijn om enkele betonsamenstellingen met fijner zand te kunnen produceren en te onderzoeken. Voorgesteld wordt om een minimum grens van circa 250 m³ betonmortel of 600 ton betonproducten te hanteren.

⁴ Genoemde getallen zijn de cumulatieve zeefresten (% V/V) van zand op de zeven 1 respectievelijk 0,25 mm)

3.2. Daadwerkelijke uitvoering van praktijkproject

De uitvoering kan het beste gefaseerd worden aangepakt.

Fase 1: inventarisatie

Vastleggen bestaande kennis en verwachtingen deelnemende partijen

Voorgesteld voor om voorafgaande aan de uitvoering bij de deelnemende partijen navraag te doen naar:

- Wat is de bestaande kennis en ervaring met het gebruik van fijner zand in beton;
- Wat zijn de bestaande (zowel positieve als negatieve) verwachtingen ten aanzien van de resultaten van het praktijkproject;
- Wat is de definitie van het gebruikte zand;
- Hoe zit het met de kosten.
- P.M.

Beton

Specifiek ten aanzien van de betonkwaliteit en het stortplan zullen een aantal zaken vooraf moeten worden vastgelegd. In bijlage 2 is hiervoor een voorstel uitgewerkt.

Bepaling kostenconsequenties

De kosten van grondstoffen, betonproductie en transport zullen per betonmortelcentrale of – fabriek verschillend zijn. Dit wordt veroorzaakt door verschillende transportafstanden, kosten van zandproductie en dergelijke.

In dit project gaat het om de kostenconsequenties die ten gevolge van het gebruik van fijner zand ontstaan. Daarom wordt voorgesteld om bij de betonmortelcentrale of – fabriek de prijs op te vragen voor levering van beton zonder fijn zand (normale bestelling) en voor levering van beton met fijn zand. Verificatie van deze opgave kan met behulp van de volgende gestandaardiseerde eenheidsprijzen (zie fase 1: oriënterende fase, prijspeil 2004) worden uitgevoerd, door de prijzen van de mengsels met fijner zand te vergelijken met een referentiesamenstelling. Afhankelijk van de periode en locatie van uitvoering kunnen de grondstofprijzen wijzigen.

	eenheidsprijs [€]
cement	: 85,00/ton
water	: nihil
grind	: 11,00/ton
referentiezand 30/90	: 8,50/ton
spl	: 1,00/kg
categorie fijner zand:	
15/75-25/85	: 7,95/ton
5/65-15/75	: 7,50/ton
0/55-5/65	: 4,40/ton

Fase 2: voorbereidende werkzaamheden

Karakterisering zanden

Per proefproject zal zoveel mogelijk informatie vastgelegd worden. Hierbij is niet alleen de korrelverdeling van het zand van belang, maar uit het onderzoek van CUR-B77 "Fijner zand in beton, aanbevelingen voor gebruik" is gebleken dat naast de korrelverdeling ook andere fysische eigenschappen relevant zijn.

Het grove en fijne zand kan worden gekarakteriseerd door middel van:

- Zeefanalyse (NEN-EN 933-1)
- Gehalte zeer fijn materiaal (< 0,063 mm) (NEN-EN 933-1)
- Volumieke massa (NEN-EN 1097-6)
- Waterabsorptie (30 minuten en 24 uur) (NEN-EN 1097-6)
- Chloridegehalte (NEN-EN 1744-1), optioneel voor zeezand
- Sulfaatgehalte (NEN-EN 1744-1), optioneel voor zeezand
- Aanwezigheid van fijne stoffen van organische oorsprong (NEN-EN 1744-1)
- Aanwezigheid van stoffen die de binding van cement kunnen beïnvloeden (NEN-EN 1744-1)
- Bepaling korrelvorm (microscopisch)

Voorbereidend betononderzoek op betoncentrale en/of - fabriek

Op de betoncentrale en/of - fabriek zullen enkele proefsamenstellingen moeten worden vervaardigd teneinde de invloed op de waterbehoefte van het (gedeeltelijk) vervangen van grof zand door fijner zand te kunnen vaststellen. Dit onderzoek kan op laboratoriumschaal plaatsvinden, waarna opschaling naar de praktijksituatie kan plaatsvinden.

Het fijnere zand kan op twee manieren worden “gemaakt”. Op de betoncentrale of – fabriek kan een deel van het grove zand worden vervangen door fijn of zeer fijn zand, waardoor er in de betonsamenstelling een fijner zand ontstaat.

Anderzijds kan door de betoncentrale of – fabriek fijner zand worden ingekocht, echter hierbij ontstaat het probleem dat de reguliere zandproductie verstoord wordt.

Allereerst zal een referentie mengselontwerp worden gemaakt dat voldoet aan de eisen die voor het praktijkproject en/of bouwdeel van toepassing zijn. Van dit mengsel wordt de waterbehoefte voor de gewenste verwerkbaarheid vastgesteld. Vervolgens wordt een substantieel deel van het grove zand vervangen door fijn zand om de waterbehoefte voor de gelijke verwerkbaarheid te kunnen vaststellen. Het percentage zal in overleg met de betonproducent moeten worden bepaald.

De verwerkbaarheid wordt op twee manieren gecorrigeerd (door water + cement of door gebruik van superplastificeerder). Vervolgens kan het aandeel fijn zand worden gevarieerd. Voorgesteld wordt om bij dit voorbereidend onderzoek 5 mengsels te onderzoeken. Eén referentie en 2 mengsels waarbij de verwerkbaarheid met water + cement en 2 mengsels waarbij de verwerkbaarheid met (super)plastificeerder wordt gecorrigeerd.

In onderstaande tabel is dit voorstel schematisch weergegeven. Definitieve invulling is sterk afhankelijk van de specie-eigenschappen en zal samen met de betonmortelcentrale en/of – fabriek worden vastgesteld.

Samenstelling	Aandeel fijn zand (%)	Correctie verwerkbaarheid	Categorie volgens fase 1 “oriëntatie fase”	
Referentie	0	n.v.t.	-	- 25/85 tot 35/95
Fijn zand xx-cem	xx, afhankelijk van korrelverdeling grof en fijn zand	Water + cement	Matig fijn Fijn	- 15/75 tot 25/85 - 5/65 tot 15/75
Fijn zand 100-cem	100	Water + cement	Zeer fijn	- 0/55 tot 5/65
Fijn zand xx-spl	xx, afhankelijk van korrelverdeling grof en fijn zand	Superplastificeerder	Matig fijn Fijn	- 15/75 tot 25/85 - 5/65 tot 15/75
Fijn zand 100-spl	100	Superplastificeerder	Zeer fijn	- 0/55 tot 5/65

Op de betonmengsels zullen, onder verantwoordelijkheid van de deelnemende betonmortelcentrale en/of – fabriek de volgende metingen worden verricht:

- Zetmaat (NEN-EN 12350-2), direct na aanmaak, 30 , 60 en 90 minuten
- Schudmaat (NEN-EN 12350-5), direct na aanmaak, 30 , 60 en 90 minuten
- Luchtgehalte (NEN-EN 12350-7)
- Temperatuur
- Watercementfactor (NEN 5960, bij voorkeur methode 2B)
- Volumieke massa (NEN-EN 12350-6)
- Proef voor indicatie verdichtbaarheid / verdichtingenergie

De uitvoering van deze laatste proef is empirisch vast te stellen omdat bij eerdere praktijkprojecten is gebleken dat de verdichtbaarheid van beton met fijner zand kritisch werd. De werking van de trilnaald bleef beperkt tot de directe omgeving ervan en nadat de trilnaald uit het beton was getrokken, bleef een holte achter.

- Waterafscheiding (ASTM C232))
- Indien relevant voor het betreffende praktijkproject moet de adiabatische warmteontwikkeling, volgens CUR-Aanbeveling 67 worden vastgesteld.

Van alle samenstellingen zal de sterkteontwikkeling (2, 7 en 28 dagen), in duplo, worden bepaald. De keuze van de mengsels is afhankelijk van de resultaten van het vooronderzoek.

Fase 3: uitvoering praktijkproject

Op basis van de resultaten van het vooronderzoek op de betoncentrale en/of – fabriek zal een voorstel voor enkele betonsamenstellingen worden opgesteld die in het praktijkproject worden gebruikt. Op deze samenstellingen zal zoveel mogelijk onderzoek door de betoncentrale of – fabriek maar ook door de aannemer of – combinatie worden uitgevoerd.

In het door CUR B77 uitgevoerde onderzoek is om budgettaire redenen slechts beperkt (kortdurend) onderzoek naar de duurzaamheid van beton met fijner zand uitgevoerd. Het betreft onderzoek naar chlorideindringing en carbonatatie. Overwogen kan worden om bij deze praktijkprojecten één of meerdere aspecten te laten onderzoeken.

Wanneer beton buiten de regelgeving om wordt ontworpen dienen, afhankelijk van de gekozen milieuklassen een aantal duurzaamheidsaspecten nader onderzocht te worden. Zoals eerder in dit rapport aangegeven kan overwogen worden om de milieuklassen in dit geval te beperken tot X0, XC, XD en XA1 ("oude codering volgens NEN 5950: milieuklasse 1, 2 en 5a).

Onderzoek op betoncentrale of - fabriek

Van de praktijkmengsels zullen dezelfde eigenschappen als genoemd in het vooronderzoek worden vastgesteld. Van de betonspecie moeten de volgende eigenschappen worden bepaald:

- Zetmaat (NEN-EN 12350-2), direct na aanmaak, 30 , 60 en 90 minuten
- Schudmaat (NEN-EN 12350-5), direct na aanmaak, 30 , 60 en 90 minuten
- Luchtgehalte (NEN-EN 12350-7)
- Temperatuur
- Watercementfactor (NEN 5960, bij voorkeur methode 2B)
- Volumieke massa (NEN-EN 12350-6)

Van de mengsels zullen proefstukken worden vervaardigd waarvan de volumieke massa en de druksterkte zal worden bepaald. Per betonsamenstelling worden 9 kubussen gemaakt die worden beproefd na 2, 7 en 28 dagen (in triplo).

Onderzoek op het werk door aannemer of – combinatie

Door de aannemer zal op het werk eveneens de verwerkbaarheid van de betonspecie moeten worden vastgesteld.

- Zetmaat (NEN-EN 12350-2)
- Schudmaat (NEN-EN 12350-5)
- Temperatuur

Daarnaast dient de aannemer of de stortploeg hun waarnemingen aan te geven over:

- Verwerkbaarheid op het werk
- Gedrag van betonspecie met fijner zand
- Mogelijkheden om te pompen, indien van toepassing
- Mogelijkheden om betonspecie te verdichten
- Mogelijkheden om betonspecie af te werken (uitstel binding t.g.v. vertragende werking van een hulpstof)
- Wijze van nabehandeling
- Ontstaan van plastische krimpscheuren?
- Wat verder is opgevallen

Indien relevant kunnen op de bouw eisen ten aanzien van de maximale temperatuurontwikkeling worden gesteld, met name bij die betonmengsels waarbij de verwerkbaarheid met water + cement is gecorrigeerd. Afhankelijk van de toepassing kunnen aanvullende maatregelen in de vorm van bijvoorbeeld koeling noodzakelijk zijn.

Laboratoriumonderzoek op proefstukken uit het werk (optioneel)

Indien mogelijk en in overleg met de aannemer zullen per samenstelling proefstukken uit het werk worden genomen. Aan deze proefstukken wordt het volgende bepaald:

- Beschrijving van de kernen (petrografisch)
- Volumieke massa (NEN-EN 12390-7)
- Druksterkte (NEN-EN 12390-3)

Uit het onderzoek van CUR B77 is gebleken dat de krimp van beton met een totaal cementgehalte van meer dan 360 kg/m³ circa 25 tot 30% hoger kan zijn. Besloten kan worden nader onderzoek hiernaar uit te voeren.

Afhankelijk van de toepassing van het beton met fijner zand kan nader onderzoek naar duurzaamheid ervan worden uitgevoerd. Bij de correctie van de verwerkbaarheid met (superplastificeerder) zal de hoeveelheid cementsteen en de kwaliteit ervan vergelijkbaar zijn met de referentie. Met name bij samenstellingen waarbij met water + cement is gecorrigeerd en bij samenstellingen die “buiten de norm om” worden ontworpen, kan onderzoek naar de duurzaamheid nuttige aanvullende informatie geven.

In eerste instantie kan, ter indicatie, de waterindringing (volgens NEN-EN 12390-8) worden uitgevoerd. Deze proef geeft een indruk van de porositeit van beton en kan vergeleken worden met een referentie. Afhankelijk van de resultaten kunnen de volgende aspecten kunnen worden onderzocht:

- Carbonatatiesnelheid gedurende 1 jaar expositie bij 20°C en 65%RV (RILEM CPC 18);

- Chloride-indringing (analoog aan de methode beschreven in CUR-aanbeveling 48);
- Gevoeligheid voor Alkali-Silica-Reactie (CUR-Aanbeveling 89, Concrete Prism Test);
- Vorstdooizoutbestandheid (conform CUR-aanbeveling 48 CDF-methode);
- Vorstdooibestandheid (CIF-methode);
- Bestandheid tegen sulfaataantasting (conform CUR-aanbeveling 48)

Uit het onderzoek volgens CUR B77 is overigens gebleken dat de carbonatatie diepte niet of nauwelijks wordt beïnvloed door een van de twee methoden om de verwerkbaarheid te corrigeren. De chlorideindringing lijkt bij correctie met superplastificeerder enigszins negatief te worden beïnvloed. De overige duurzaamheidsaspecten zijn niet onderzocht.

3.3. Berekening kostprijzen en - consequenties

Eén van de doelen van praktijkprojecten is het in beeld brengen van de kostenconsequenties van het gebruik van fijner zand in beton.

In de eerste fase van een praktijkproject zijn de eenheidsprijzen voor de grondstoffen vastgesteld en op basis van de resultaten van het vooronderzoek en de werkelijke uitgevoerde stortingen met diverse betonsamenstellingen kan een kostprijsberekening worden opgesteld. Een andere mogelijkheid vormt de vergelijking van de inkoop van de benodigde m³ referentiebeton (zonder fijner zand) en de inkoop van de m³ beton met fijner zand. Op deze wijze kunnen de marktprijzen worden verkregen en met elkaar vergeleken. Een verificatie kan plaatsvinden met behulp van de gehanteerde eenheidsprijzen. Door vergelijking met de referentiesamenstelling kunnen de consequenties per m³ in beeld worden gebracht.

3.4. Evaluatie verwachtingen en ervaringen deelnemende partijen

Voorafgaande aan de uitvoering van de praktijkprojecten is met de deelnemende partijen gesproken over hun kennis en verwachtingen ten aanzien van het gebruik van beton met fijner zand. Na afloop van de praktijkuitvoering zal met deze partijen worden geëvalueerd, waarbij zowel de negatieve als de positieve ervaringen worden vastgelegd.

3.5. Rapportage

Van alle werkzaamheden, waarnemingen e.d. zal een duidelijke en overzichtelijke rapportage moeten worden opgesteld. Hierbij dient tevens het een en ander fotografisch vastgelegd te worden.

Indeling rapportage:

Om de rapportages van de praktijkproeven eenduidig vast te leggen wordt de volgende indeling voorgesteld:

- Algemene beschrijving praktijkproef
- Uitgangspunten
- Vooronderzoek
- Praktijkuitvoering
- Resultaten kostenconsequenties
- Conclusies
- Aandachtspunten
- Fotobijlage

De rapportages worden bij de kerngroep "fijner zand in beton" van Stichting CUR ingebracht ten behoeve van een voorbeeldenboek / handboek "Fijner zand in beton". In deze rapportage worden de vooraf uitgesproken positieve of negatieve verwachtingen ten aanzien van de resultaten geëvalueerd en opgenomen.

4. AANDACHTSPUNTEN

4.1. Subsidie mogelijk?

In de eerste fase van dit onderzoek is door de marktpartijen aangegeven dat het gebruik van fijner zand leidt tot kostenverhoging van de betonsamenstelling. In bepaalde combinaties blijkt echter dat soms een kostenbesparing kan optreden, wanneer uitsluitend de kosten van het beton worden beoordeeld.

Om de drempel tot deelname aan praktijkprojecten te verlagen kan een tegemoetkoming in de kosten voor de aannemer en de betoncentrale of – fabriek helpen.

Bij SenterNovem moet worden onderzocht of voor praktijkprojecten een subsidie kan worden verkregen.

4.2. Is beton met fijner zand te modelleren, waardoor laboratoriumproeven overbodig zijn?

In de oriëntatiefase is door de TU-Delft voorgesteld om beton met fijner zand te **modelleren** zodat vooraf beter inzicht is in de consequenties en prestaties van dit beton. De praktijkprojecten kunnen dienen om het model te verifiëren en te valideren. Als deze modellering door de kerngroep “fijner zand” of door VIBO zinvol wordt geacht kan aan TU-Delft worden gevraagd om een plan van aanpak hiervoor op te stellen.

4.3. Individuele betonmortelcentrale of – fabriek

In Nederland zijn diverse grotere bedrijven die actief zijn op het gebied van winning en productie van zand en grind, productie van betonmortel en/of betonproducten. Er zijn enkele innovatief ingestelde bedrijven die wellicht zelf al experimenteren met fijner zand in beton. Aan deze bedrijven kan gevraagd worden om proeven te doen met fijner zand. Bij de betonmortelcentrales is het knelpunt dat deze aan externe klanten leveren die bij de experimenten betrokken moeten worden of onverwacht met een ander gedrag van de betonspecie worden geconfronteerd. Bij betonfabrieken is dit probleem niet of nauwelijks aanwezig omdat dit interne leveringen betreft.

4.4. Zelfverdichtend beton volgens Chinese methode

Recent is in het Nederlandse tijdschrift "Cement" en het Duitse tijdschrift "Beton" gepubliceerd over zelfverdichtend beton met een hoog zandaandeel. Door deze ontwerpmethode ontstaan mogelijkheden om fijner zand in grotere hoeveelheden te gebruiken. Deze methode is in Nederland onderzocht aan de TU-Twente door de heer Radix onder begeleiding van prof. dr. ir. H.J.H. Brouwers.

Enkele respondenten van het monitoringproject "Gebruik van (fijner) zand in beton, 2003" geven ook aan de het gebruik van fijner zand in zelfverdichtend beton een reële optie is.

Voorgesteld wordt om in overleg met de TU-Twente deze toepassing nader te onderzoeken.

BIJLAGE 1 POTENTIELE TOEPASSINGEN FIJNER ZAND

Uit de oriëntatiefase van dit project zijn door enkele geïnterviewde partijen mogelijke toepassingen aangegeven:

- **Pompbeton met lange leidingen.** Van Hattum & Blankevoort heeft hiermee ervaring opgedaan bij de bouw van o.a. HSL-tunnels. Hierbij moest het gehalte fijn materiaal verhoogd worden en is fijn zand verwerkt. Circa 5-10 % van het grovere zand vervangen. Doel meer stabiliteit en minder kans op ontmenging. Zou misschien verhoogd kunnen worden, waarbij vliegias wordt vervangen door fijn zand;
- **Onder water beton.** Ook bij dit soort beton is een verhoogd gehalte aan fijne delen gewenst. Reden is stabiliteit van betonspecie onder water en een verminderde kans op uitspoelen. De hoeveelheden onder water beton zijn in de Nederlandse bouw groot en dit schept mogelijkheden voor fijn zand;
- **Beton in de woningbouw.** In betonnen casco's voor woningen zit niet of nauwelijks wapening. Er spelen dus nauwelijks aspecten van duurzaamheid. Wellicht is het mogelijk om een hogere watercementfactor toe te laten (beton op prestatie buiten de norm om). Op deze wijze hoeft de verhoogde waterbehoefte van het fijne zand niet met cement gecompenseerd te worden.
- **Beton voor wegebouw.** Is een groeimarkt die door RWS wordt gestimuleerd. In aardvochtig beton zijn meer mogelijkheden, want hierbij moet juist zoveel mogelijk water vastgehouden worden. In aardvochtig beton voor wegebouw ontstaan nogal snel "strepen", waardoor er een probleem met het wegdek ontstaat. Verwacht wordt dat deze problemen met het gebruik van fijner zand tot het verleden behoren.
- **Ballast beton in tunnels.** Dit beton wordt gestort op de tunnelvloer en zorgt ervoor dat de tunnel niet opdrijft. Dit beton wordt veelal uit de goot gestort en moet om die reden wat stijver en cohesiever zijn (stapelen van beton). In de Beneluxtunnel is circa 22.500 m³ ballastbeton met fijner zand verwerkt.
- **ZelfVerdichtendBeton (ZVB).** In ZVB worden momenteel grote hoeveelheden vulstoffen als kalksteenmeel of poederkoolvliegias gebruikt. Door de vullende werking of de puzzolane eigenschappen van poederkoolvliegias ontstaat hierdoor een dicht beton. Als gevolg hiervan zal vochttransport in de cementmatrix zeer langzaam verlopen waardoor het risico op autogene krimp toeneemt. Dit probleem is bij de huidige ontwerpsystematiek goed zichtbaar in de vorm van scheuren, waarvan de meeste ZVB last heeft. Fijn zand in ZVB geeft vermoedelijk deze problemen niet. Er is naar het gebruik van fijner zand in ZVB een afstudeeropdracht uitgevoerd door de heer H.J. Radix aan de Universiteit van Twente. Het onderwerp was: "Chinese mengselontwerpmethode voor ZelfVerdichtendBeton, onderzoek naar goedkope ZVB mengsel met normale druksterkte, op basis van een nieuwe ontwerpmethode en de toepassing van fijn zand".
- **Storten van betonspecie onder een helling.** Ook hierbij wordt het cohesieve gedrag van beton met fijner zand benut.

- **In de grond gevormde palen.** Betonspecie die in de grond wordt verwerkt moet een hoge samenhang hebben om ontmenging te voorkomen en een zekere stijfheid te hebben wanneer betonspecie erboven op wordt gestort.
- **Aardvochtig beton.** De heer prof. dr. ir. Van Breugel (TU-Delft) heeft opgemerkt dat hij mogelijkheden ziet om fijner zand in aardvochtig beton te gaan toepassen. Hij heeft hiertoe bij STW⁵ een aanvraag ingediend en verwacht 2 promovendi op dit onderwerp te kunnen laten promoveren.

⁵ STW: Stichting Technische Wetenschappen

BIJLAGE 2 VAST TE LEGGEN INFORMATIE INVENTARISATIEFASE

Voorafgaande aan het uitvoeren van het vooronderzoek of het praktijkproject dient het volgende te worden vastgelegd (voorzover relevant):

- Naam van het project
 - Aannemer of – combinatie
 - Periode van uitvoering
 - Eisen vanuit het bestek
 - Aanvullende eisen vanuit de opdrachtgever
 - Eisen vanuit de aannemer
-
- Hoeveelheid (m³ of tonnen)
 - Sterkteklasse
 - Milieuklasse
 - Maximaal (toelaatbare) watercementfactor
 - Maximale korrelafmeting
 - Samenstelling (ontwerp)
 - Cementsoort
 - Toeslagmateriaal
 - Ontkistingssterkte / aanvangsterkte
 - Gewenste verwerkbaarheid
 - Stortwijze
 - Stortsnelheid
 - Warmteontwikkeling
 - Beton(mortel)leverancier
 - Alle relevante informatie van de gebruikte grondstoffen
 - Betonsamenstelling binnen of buiten de betonregelgeving

BIJLAGE 3 LIJST VAN AFKORTINGEN

B&U-sector	:	Woningbouw en Utiliteitsbouw sector
BFBN	:	Bond van fabrikanten van betonproducten in Nederland
CDF-test	:	Capillary suction, De-icing agent and Freeze thaw test
CIF-test	:	Capillary suction, internal damage and freeze thaw test
CUR	:	Stichting Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving
CUR-B77	:	Onderzoekscommissie binnen CUR betreffende de inzet van fijner zand in beton
DWW	:	Dienst Weg- en Waterbouwkunde
GWW-sector	;	Grond-, weg- en waterbouw sector
IPO	:	Inter Provinciaal Overlegorgaan
IZGP	:	Vereniging van industriezand- en grindproducenten
NCP	:	Nederlands Deel Continentaal Plat
NEN	:	Nederlands Normalisatie Instituut
NEVRIP	:	Nederlandse vereniging van regionale industriezand- en grindproducenten
NVLB	:	Nederlandse Vereniging van Leveranciers Bouwgrondstoffen
PPS	:	Publiek – Private Samenwerking
RWS	:	Rijkswaterstaat
SCBB	:	Stichting Clusterbeheer Bouwstoffenbesluit Betonmortel
SenterNovem		SenterNovem is een agentschap van het Ministerie van Economische Zaken verantwoordelijk is voor het uitvoeren van subsidie-, krediet- en fiscale regelingen en programma's op het gebied van technologie, energie, milieu, export en internationale samenwerking.
VIBO	:	Verkeer en Waterstaat, IPO, Bouwgrondstoffen Overeenkomst
VOBN	:	Vereniging van ondernemingen van betonmortelbedrijven in Nederland
ZVB	:	Zelfverdichtendbeton

BIJLAGE 4 LIJST VAN VERMELDE NORMEN

NEN-EN 206-1	: Beton – Deel 1: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit
NEN-EN 933-1	: Beproevingmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 1: Bepaling van de korrelgrootteverdeling - Zeefmethode
NEN-EN 1097-6	: Beproevingmethoden voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 6: Bepaling van de deeltjesdichtheid en de wateropname
NEN-EN 1744-1	: Beproevingmethoden voor de chemische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 1: Chemische analyse
NEN-EN 12350-2	: Beproeving van betonspecie – Deel 2: Zetmaat
NEN-EN 12350-5	: Beproeving van betonspecie – Deel 5: Schudmaat
NEN-EN 12350-6	: Beproeving van betonspecie – Deel 6: Volumieke massa
NEN-EN 12350-7	: Beproeving van betonspecie – Deel 7: Luchtgehalte - Drukmethoden
NEN EN 12390-3	: Beproeving van verhard beton – Deel 3: Druksterkte van proefstukken
NEN EN 12390-7	: Beproeving van verhard beton – Deel 7: Volumieke massa van verhard beton
NEN-EN 12390-8	: Beproeving van verhard beton – Deel 8: Indringdiepte van water onder druk
NEN 5960	: Beton. Bepaling van de watercementfactor van betonspecie
NEN 8005	: Nederlandse aanvulling op NEN-EN 206-1 Beton – Deel 1: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit
CUR-Aanbeveling 48	: Geschiktheidonderzoek van nieuwe cementen voor toepassing in beton
CUR-Aanbeveling 67	: Bepaling adiabatische temperatuurontwikkeling van een verhardend beton
CUR-Aanbeveling 89	: Maatregelen ter voorkoming van betonschade door alkali-silicareactie (ASR)
ASTM C232	: Bleeding
RILEM CPC 18:1988	: Measurement of hardened concrete carbonation depth
RILEM TC119-TCE	: Methods for determination of heat of hydration of concrete