



**GIETBOUW
CENTRUM**



Uitvoering schoon beton

Gietbouw in de architectuur



Inhoud

Schoon beton – van inspiratie naar realisatie 3

Schoon beton – een proces 4

- Welke zijn de partijen in het bouwproces 4
- Randvoorwaarden 4
- Calculatie 5
- Werkplan 5

Bekisting 6

- Bekistingssystemen / ondersteuningsconstructies 6
- Contactbekisting 8
- Centerpenen 12

Beton 13

- Prestatie-eisen in ontwerp en projectspecificaties 13
- Grijs tint, kleur en oppervlaktestructuur / textuur 13
- Uitvoering schoon beton 14

Wapening en in te storten voorzieningen 15

Nabewerken 16

Literatuur 17

Bijlagen

- Bijlage A – Beoordelingsklassen (CUR-Aanbeveling 100) 18
- Bijlage B – Schema voorbereiding schoonbetonwerk 19
- Bijlage C – Keuzewijzer wandbekisting schoon beton 20
- Bijlage D – Afwerking centerpenconussen 21
- Bijlage E – Voorbeeld van een stortplan 22

Uitvoering in schoon beton is een gezamenlijk initiatief van het Gietbouwcentrum en het Cement&BetonCentrum.

Tekst: Herman Ouwerkerk
Redactie: Hans Köhne, Cement&BetonCentrum
en Pieter Spits

Oktober 2008



Schoon beton – van inspiratie naar realisatie

De creativiteit van architecten verdient een deskundige ondersteuning bij het vormgeven van bouwprojecten in schoon beton. Deze publicatie geeft inzicht in de vele aspecten bij de realisatie van op de bouwplaats te vervaardigen schoon beton. De focus is daarbij gericht op betonwanden met een glad oppervlak. De aanbevelingen zijn ook van toepassing op vloeren, balken en kolommen; maar deze constructies worden hier niet expliciet besproken.

De esthetische kwaliteit van het betonoppervlak is niet zozeer het resultaat van individuele inspanningen maar veeleer van gezamenlijke inspanningen. Bij het proces van inspiratie naar realisatie is de samen-

werking tussen architect, constructeur, aannemer, bekistingsadviseur, betontechnoloog en de vaklieden op de bouwplaats doorslaggevend. Het uiterlijk van schoon beton wordt onder meer bepaald door het patroon van het plaatmateriaal van de contactbekisting en het centerpenpatroon en de daarbij behorende detaillering. Normaal gesproken zal een betonwerk niet in één stortfase worden uitgevoerd, maar in gedeelten. Elke onderbreking en aansluiting zal zichtbaar zijn. Ook de betonsamenstelling, de weersgesteldheid en de wijze waarop de betonmortel wordt verwerkt, zijn mede bepalend voor de oppervlaktekwaliteit van schoon beton.

Opdrachtgever:

levert projectspecificaties

Architect:

maakt ontwerp, bepaalt vorm

Constructeur:

berekent de constructie, maakt detailtekeningen

Werkvoorbereider:

adviseert over het bekistingssysteem, overlegt met leverancier betonmortel en maakt werkplan

Toeleverancier(s):

leveren wapening, bekisting en betonspacie

Uitvoerder:

'maakt het werk', zorgt voor de uitvoering en de werkplanning



Schoon beton – een proces

De uitvoering van een project in schoon beton is een complex proces. Veel factoren beïnvloeden de esthetische kwaliteit van het resultaat. Daarom is procesbeheersing een essentiële voorwaarde. Beheersing van het bouwproces veronderstelt dat bij aanvang van de uitvoering duidelijkheid bestaat omtrent de vragen wie, wat/hoeveel, waar, wanneer en hoe.

Welke zijn de partijen in het bouwproces

In de projectorganisatie van schoon beton moeten de volgende specialisten betrokken worden.

- Bouwkundig ontwerper
 - bekistingsplan afstemmen op detaillering
- Constructeur
 - detaillering van de wapening en in te storten onderdelen afstemmen met de uitvoeringsmethode
- Bekistingsadviseur / bekistingsleverancier
 - selectie bekistingssysteem, bekistingsmateriaal, verankeringen (plaats centerpennen) en ontkistingsmiddel
 - ontwikkeling bekistingsplan met inzet en routing
- Betontechnoloog van betonleverancier
 - keuze grondstoffen en betonsamenstelling op basis van specificaties en uitvoeringsmethode
 - advies omtrent verwerking, nabehandeling en tijdstip ontkisten
- Werkvoorbereider
- Uitvoerder
- Projectleider

► **Wat** moet er gemaakt worden en **wat** staat er in de projectspecificatie? Hoeveel gaat dat kosten? Waarom is het budget voor schoon beton hoger dan voor een standaard betonconstructie?

► **Wanneer** gaan we aan de slag, wat is de planning? (zie bijlage B: Schema voorbereiding schoonbetonwerk).

► **Waar** moet het project gebouwd worden? Wat zijn de complicaties van de bouwplaatslocatie?

► **Hoe** pakken we het project aan? Hoe ziet het werkplan er uit?

Randvoorwaarden

Waarover moet de aannemer bij de aanvang van schoonbetonwerk beschikken?

Bij het voorbereiden van een project in schoon beton spelen de mogelijkheden van de bekistingstechniek een belangrijke rol. De ontwerper moet daartoe de mogelijkheden en beperkingen kennen van de bekistingssystemen, alsook van de betonmortel en de wapening. De beslissingen over materiaal, inzet van materieel en arbeid zijn kostenrelevant.

Projectspecificaties

In de projectspecificatie moet duidelijk staan aangegeven aan welke kwaliteitseisen het betonwerk moet voldoen. Hierbij kan niet worden volstaan met een verwijzing naar CUR-Aanbeveling 100 (zie bijlage A).

Partijen die betrokken zijn bij een project in schoon beton



Er zal altijd op basis van deze aanbeveling nadere invulling gegeven moeten worden aan de van toepassing zijnde oppervlaktebeoordelingsklassen A of B1 en de specifieke kwaliteitsaspecten op basis waarvan een juiste keuze voor bekisting en betonsamenstelling gemaakt kan worden.

Eisen aan bekisting

- Algemene gegevens: verwijzing naar tekeningen
- Materiaal contactbekisting
- Randvoorwaarden bekisting (plaatpatroon, plaatnaden, profilering en voegen)
- Hoeknaden / vellingkanten
- Stortnaden / afbrekingen constructie (balk, kolom, vloer)
- Stramien voor plaatsing centerpennen
- Vlakheid (toleranties)
- Stortnaden / afbreken constructie (balk, kolom, vloer)

Eisen aan beton

- Kleur/grijstint van beton en grondstoffen
- Betonoppervlak (dichtheid, luchtbellens)
- Betonverwerking, verdichting, nabehandeling
- Nabewerking, onder meer van centerpensparingen

Aanvullende eisen

- Vervaardiging proefstukken
- Eventueel aanduiding referentieproject
- Procedure bij herstel van onvolkomenheden
- Principetekening

De nader ingevulde projectspecificatie is kostenbepalend en dient in de begrotingsfase bij alle betrokken partijen bekend te zijn.

In geval er onduidelijke en/of onvolledige omschrijvingen in de specificatie staan, is het onmogelijk een betrouwbare calculatie op te stellen. De opdrachtgever / architect zal met een nota van inlichtingen nadere specificaties dienen te verschaffen.

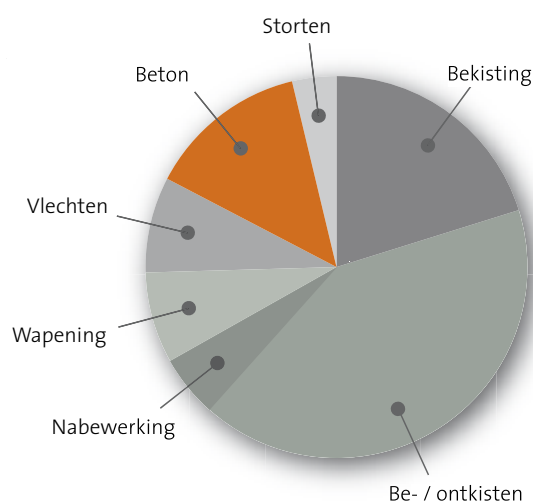
Calculatie

In de calculatie voor schoonbetonwerk moet rekening worden gehouden met de volgende kostenfactoren:

- op maat gemaakte bekistingselementen leiden tot hoge éénmalige projectkosten;
- gering hergebruik van de bekisting leidt tot hoge afschrijving;
- specifieke grondstoffen voor betonsamenstelling veroorzaken een meerprijs per m³ beton;
- vakkundig personeel, veel aandacht voor details resulteert in lagere productiviteit;
- minder snel ontkisten zorgt voor een langere bouwtijd.

Elk project in (in 't werk gestort) schoon beton is in zekere mate uniek en er zijn derhalve geen richtgetallen voor de kosten aan te geven. Wel is zeker dat de kosten voor de bekisting naar verhouding een hoger deel van de totale kosten van het betonwerk zullen omvatten dan in geval van gewoon constructief beton. De kosten van bekisting (materieel en arbeid) zijn dikwijls meer dan de helft van de totale kosten van het schoonbetonwerk. Voor nabewerking – waaronder ook te verstaan bescherming en afwerking van conusgaten – dient een post in de calculatie opgenomen te worden.

Een globale verdeling van de kosten naar bekisting, beton en wapening is gegeven in onderstaand schema.



• Aftekening plaatnaden



• Forumgebouw in Wageningen

Werkplan

Waarom een werkplan

In de projectspecificatie van het onderdeel schoon beton zal de opdrachtgever voorschrijven dat een werkplan opgesteld moet worden. In dat werkplan worden alle zaken vastgelegd die betrekking hebben op de voorbereiding en uitvoering van het betonwerk. Om te beginnen informatie over het betreffende bouwdeel en procedures om tot een goede afstemming te komen tussen de werkzaamheden van de bouwpartners. Communicatie en coördinatie zijn hier de sleutelbegrippen waarvan de resultaten in verslagen van bouwvergaderingen moeten worden vastgelegd.

Voor de aannemer is het werkplan het spoorboekje bij de uitvoering om de efficiëntie en beheersbaarheid te bevorderen. Het werkplan bevat maatregelen die de risico's van de uitvoering van beton op de bouwplaats tot een minimum beperken. Op basis van het werkplan kan de opdrachtgever vooraf de werkmethode toetsen aan het gewenste resultaat met betrekking tot onder meer het plaatpatroon, de inzet van bekisting, alsmede het patroon van centerpennen.

Het voorleggen, bespreken en bijstellen van het werkplan moet resulteren in een goedkeuring door de bouwdirectie. Hiermee wordt bereikt dat de overeenstemming over de esthetische vormgeving en de gekozen werkmethode tussen opdrachtgever en aannemer eenduidig is vastgelegd.

De inhoud van het werkplan

- Overzicht van uit te voeren onderdelen in schoon beton met verwijzing naar tekeningen, bestek en van toepassing zijnde voorschriften
- Organisatie en communicatie tussen betrokken partijen en de overlegstructuur
- Procesbeheersing
 - Procedures tekenwerk
 - Planning en werkvolgorde
 - Projectrisico's
 - Maatbeheersing
 - Procedures en werkinstructies
 - Productnormen
 - Documentatie en certificaten
 - Proefstorten schoon beton
- Werkomschrijvingen
 - Bekisting
 - Beton
 - Wapening
- Keuringsplan
- Kwaliteit, Arbeid en Milieu
- V&G-plan (Veiligheid en Gezondheid)

Bekisting

Aan bekistingen voor schoon beton worden hoge eisen gesteld; de bekisting is bepalend voor de zuiverheid van de vorm, de strakke maatvoering en de zorgvuldigheid van details.

Bij een bekisting wordt onderscheid gemaakt tussen de ondersteuningsconstructie en de contactbekisting. De ondersteuningsconstructie zorgt voor de belastingafdracht tijdens het storten en is bepalend voor de stijfheid van de bekisting en de maatnauwkeurigheid (toleranties) ter voorkoming van ongewenste vervormingen. Voor wandbekisting en veelal ook balkbekisting is een koppeling en verankering nodig in de vorm van centerpennen om de speciedruk te kunnen opnemen en te voorkomen dat de bekisting tijdens het storten grote vervormingen ondergaat (dikte, maatvoering en vlakheid).

Voor de esthetische kwaliteit van het betonoppervlak speelt de materiaalkeuze voor de contactbekisting een belangrijke rol, immers het betonoppervlak is het spiegelbeeld van de bekisting. Voor grotere bouwdeelen zal de bekisting altijd worden opgebouwd uit meerdere bekistingselementen. De naden tussen platen en bekistingselementen en de vormgeving van de stornaden vormen een essentieel onderdeel van het eindresultaat van schoonbetonwerk. Zowel de ontwerper als de aannemer dient inzicht te hebben in de mogelijkheden van plaatpatronen en centerpenpatronen die de diverse bekistingssystemen bieden om een juiste keuze te kunnen maken (zie bijlage C: keuzewijzer).

Bekistingssystemen / ondersteuningsconstructies

De diverse typen bekisting kunnen worden onderverdeeld naar de wijze waarop de ondersteuningsconstructie is opgebouwd.

1. *Traditioneel*
Volgens de traditionele aanpak wordt vooral geschaafd baddinghout gebruikt voor staanders en gordingen.
2. *Paneelbekisting*
Bij paneelbekisting zijn metalen frame en contactbekisting samengevoegd tot een modulaire bekistingselement. Het frame manifesteert zich als een kader. De kaders zullen zich aftekenen in het betonoppervlak, tenzij een voorliggende beplating is aangebracht.
3. *Grootwandbekisting*
De grootwandbekisting is opgebouwd uit systeemdragers voorzien van contactbekisting, veelal betontriplex. Men spreekt hierbij ook wel van projectbekisting. Systeemdragers zijn in vele fabrikaten en modules verkrijgbaar.
4. *Stalen bekisting*
Alleen interessant bij grote inzet.

De “Keuzewijzer wandbekisting schoon beton” (bijlage C) geeft een globale indicatie welk type bekistingen voor een project in aanmerking komen.

Traditioneel wordt de houten badding nog altijd gebruikt als drager voor specifieke toepassingen. De traditionele geschaafde badding wordt ingezet voor zowel de staanders als de dubbele gording.



Traditionele wandbekisting

Bij **paneelbekisting** zijn de ondersteuningsconstructie en de contactbekisting tot een element samengevoegd. Deze paneelelementen van verschillende afmetingen worden tot een wand geformeerd. In het betonoppervlak zal een aftekening ontstaan van de panelen. Bij zorgvuldige detaillering en uitvoering kan met paneelbekisting zeker ook schoonbetonwerk worden gerealiseerd. Maar de ontwerper moet de standaard maatvoering van de panelen en de vaste positie van centerpennen accepteren. Wel kan de ontwerper – gebruikmakend van de standaard maatvoering – invloed hebben op de plaatsing van de panelen ten opzichte van de maatvoering van de wand. De passtukken zullen daarbij traditioneel uitgevoerd worden.

Grootwandbekisting of projectbekisting is zeer geschikt voor schoon beton. De combinatie van systeemdragers met een bekistingsplaat wordt afgestemd op de projectspecificaties. Op basis van de op de markt verkrijgbare systemen zijn vele keuzemogelijkheden. Houten staanders: de veel toegepaste systeemdragers van hout die door hun profilering stijver zijn dan baddingen en grotere belastingen kunnen opnemen. Ook kunnen metalen (staal of aluminium) dragers als ondersteuningsconstructie worden toegepast, deze worden veelal horizontaal gebruikt.

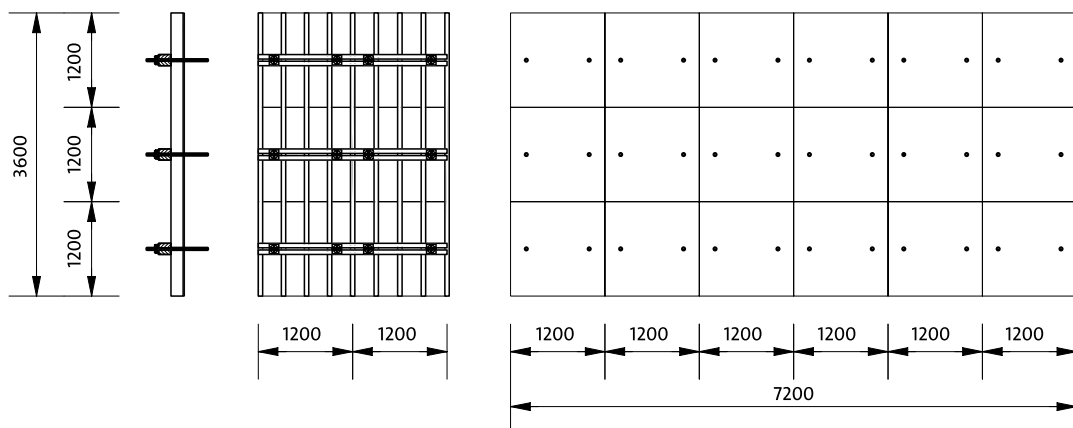
Stalen bekisting is een bekistingstype waarin de contactbekisting bestaat uit staalplaat; deze is gelast op stalen profielen als dragers. Deze wandbekisting wordt veel in de woningbouw (gietsbouw) toegepast en is economisch inzetbaar bij grotere series (inzet > 20). Voor schoon werk moet vooral aandacht worden besteed aan het voorkomen van roestvlekken.

Bij wand- en balkbekistingen zijn veelal centerpenverankeringen vereist om de stijfheid tijdens het storten te verzekeren. Deze centerpennen worden verankerd aan de ondersteuningsconstructie, bij paneelbekistingen veelal rechtstreeks aan het paneelframe.

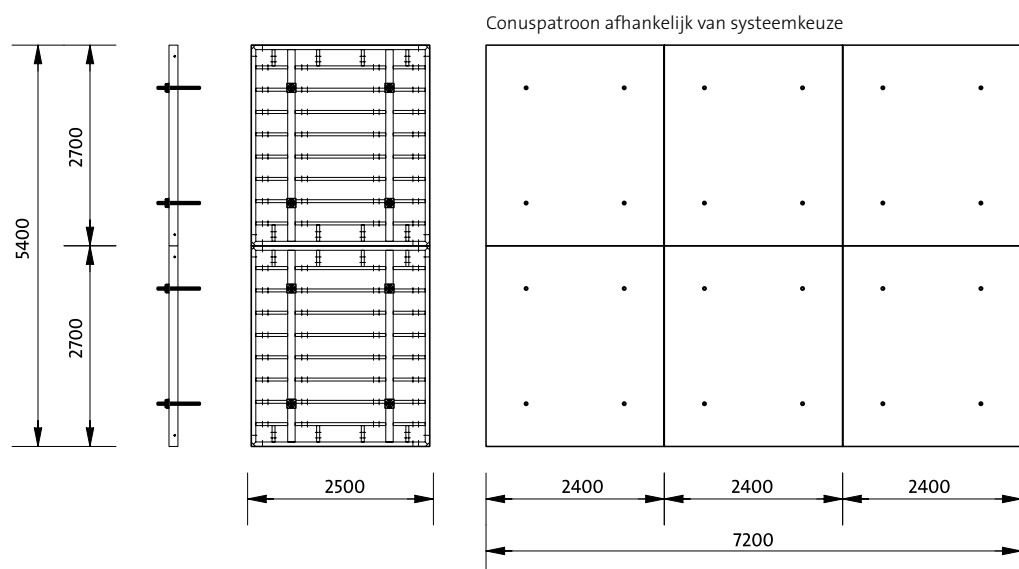
De montage van de bekisting begint met een goede maatvoering bij het plaatsen van de stelkist. Algemeen zal de stelkist uitgevoerd worden als zichtzijde zodat de aandacht voor de details zoals voegen en aansluitingen met de nodige zorgvuldigheid kan gebeuren. Ook het aanbrengen van de schoorstempels en de centerpennen vereist veel nauwkeurigheid. Ten slotte zal vanaf een aan de bekisting bevestigd werkplatform het storten en verdichten van beton veilig moeten kunnen plaatsvinden.

Voorbeelden van bekistingen

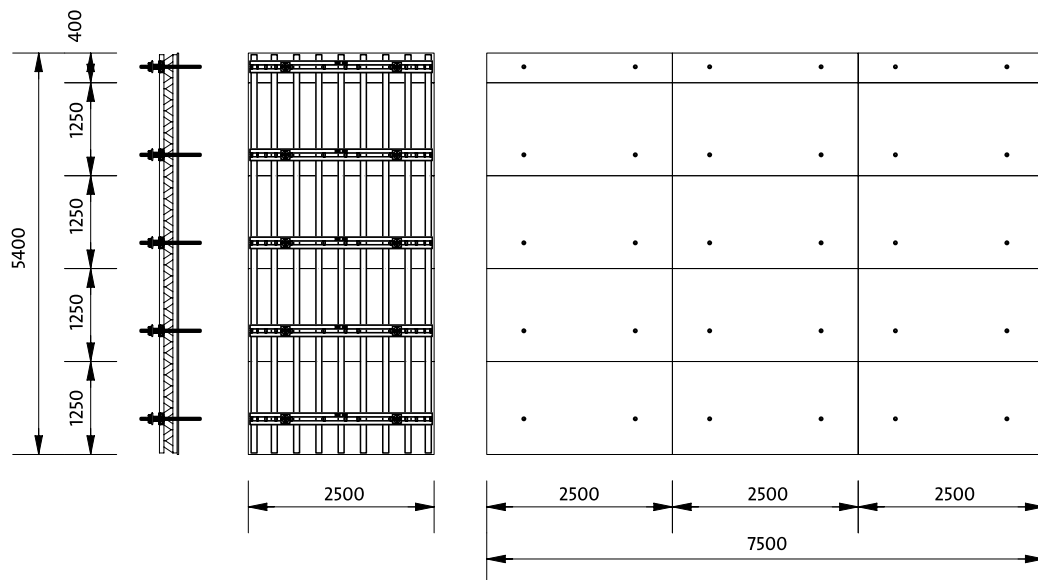
1. Traditionele wandbekisting met baddinghout en plaat- en centerpenpatroon



2. Paneelbekisting met plaat- en centerpenpatroon



3. Grootwandbekisting met plaat- en centerpenpatroon





• Grootwandbekisting

► Checklist bekistingssysteem

- oppervlakte beoordelingsklasse, onder meer vlakheid (VBU / CUR-Aanbeveling 100)
- type bekisting (traditioneel of systeemdragers)
- type contactbekisting (hout, betontriplex, staal, kunststof, profielmat)
- tekening bekistingsconstructie
- tekening plaatnaden en centerpennenpatroon
- detailtekening stortnaden verticaal en horizontaal
- aantal storten per bekistingselement (hergebruik)
- type centerpenconstructie
- toelaatbare bekistingsdruk
- toelaatbare doorbuiging (zie beoordelingsklasse)
- bekistingsafstandhouders, kimankers
- stabiliteitsvoorzieningen / schoren
- verwijderen verontreinigingen uit de bekisting (spoelluiken)

Contactbekisting

De uiteindelijke vorm en textuur van het betonoppervlak wordt bepaald door de contactbekisting. Niet alleen de materiaalkeuze, maar ook de detaillering van de naden en de wijze van bevestiging van het bekistingmateriaal zijn bepalend voor de esthetische kwaliteit van het betonoppervlak.

Bekistingsmateriaal

Het plaatmateriaal van bekistingen voor schoon beton is meestal van hout, betonplex, maar kan ook van staal of kunststof zijn. Bij kunststof kan men denken aan vlakke platen, maar ook structuurmatten van polyurethaanrubber waarmee vele denkbare reliëfpatronen zijn te realiseren.

Waterabsorptie is een belangrijke parameter. Als de contactbekisting water absorbeert uit de verse betonmortel, verlaagt dat het watergehalte van het verse betonoppervlak wat vervolgens leidt tot een dichter en donkerder betonoppervlak.

Als de wateronttrekking gelijkmatig gebeurt is er niets aan de hand. Vervelender is het als dit plaatselijk gebeurt door kwaliteit- cq. slijtageverschillen tussen platen. Dan ontstaan er lokale kleurverschillen in het betonoppervlak.

De waterabsorptie kan beperkt worden door de contactbekisting vooraf nat te maken, dit dient wel gelijkmatig te geschieden.

Ook gecoate betonplexplaten zullen bij herhaaldelijk gebruik in geringe mate absorptie vertonen en dit kan aanleiding zijn tot lichte kleurverschillen. Voorts vertonen gladde bekistingsoppervlakken eerder luchtbellens dan een bekisting van ruwe delen. Het is van belang het ontkistingsmiddel gelijkmatig en dun aan te brengen.

In het algemeen dienen houten bekistingselementen na gebruik zorgvuldig gereinigd te worden en de bekistingsoppervlakken gedurende tijdelijke opslag te worden beschermd tegen beschadiging en extreme uitdroging.

Plaatafmetingen

De meest gebruikte afmetingen van houten plaatmateriaal zijn: 2500 x 1250 mm, 2750 x 1250 mm of 3050 x 1525 mm, veelal 18 mm dik, maar ook leverbaar in diktes van 9 en 21 mm.

Het aan te brengen plaatpatroon en de plaatafmetingen zijn bepalend voor het zaagverlies. Platen moeten worden gecontroleerd op haaksheid en plaatdikte.

Bevestiging

Als is gekozen voor zichtbare bevestiging, moet aandacht worden besteed aan het patroon, de afwerking en de plaatsing van de schroeven of draadnagels. Zaag- en boorranden moeten worden gladgeschuurd en afgedicht met acrylaatverf.

Blinde bevestiging van het plaatmateriaal is mogelijk door toepassing van klampen / deelhout of een dubbele beplating. In het laatste geval kunnen de plaatnaden ook geprofileerd uitgevoerd worden.

Plaatnaden, stootnaden en hoeknaden

De wandbekisting wordt opgedeeld in bekistingselementen waarvan afmetingen en gewicht zijn afgestemd op het te realiseren onderdeel en de mogelijkheden van transport en opslag. Bekistingselementen zijn veelal samengesteld uit meerdere platen afhankelijk van gewenste afmetingen en patroon.

De afdichting tussen de platen en de bekistingselementen (stootnaden) is een belangrijk punt van aandacht. Een lekkende naad zal zich altijd aftekenen als gevolg van het weglopen van water en cementpasta.



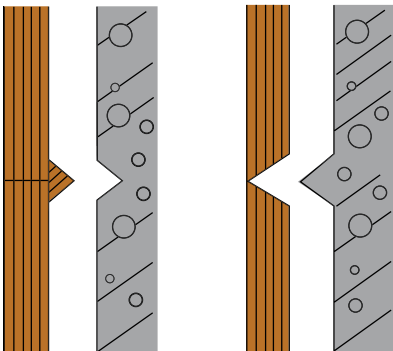
• Contactbekisting betonplex

Dit veroorzaakt plaatselijk een lagere wcf wat zichtbaar blijft als een donkere naad met een ruwe en onregelmatige textuur. Ook indien de naad in de contactbekisting aan de achterzijde is gesloten en/of gevuld is met elastisch materiaal, zal altijd een aftekening van de naad zichtbaar zijn. Het is daarom van belang aandacht te besteden aan het platenpatroon en dit vooraf op tekening aan te geven.



• V-naad (verdiept)

Accentuering van plaatnaden



door aanbrengen
van een profiellat

door afschuiving
van plaatranden

• Uitzwendige V-naad in beton

Hoeknaden

Hoeknaden verdienen speciale aandacht. Detaillering van hoeken is vaak beeldbepalend; tekortkomingen in het betonwerk zullen op hoeken hinderlijk in beeld komen. Daarbij komt dat hoekoplossingen in de bekisting extra zorgvuldigheid in de uitvoering vergen om zeker te zijn van een goede dichting. De krachten die in de hoeken zullen optreden ten gevolge van het storten en trillen zijn op te vangen met speciale hoekverbindingen.



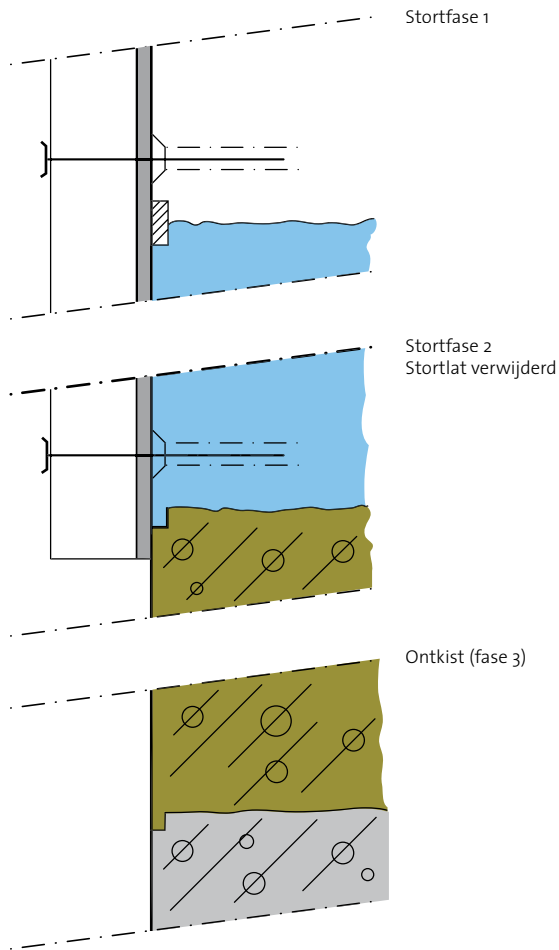
Stortnaden

Aangezien het meeste betonwerk niet in één keer kan worden gestort, zijn stortnaden meestal onvermijdelijk. Stortnaden en stortonderbrekingen zullen zich altijd aftekenen, met name door kleurverschillen. Over de plaats en detaillering van de stortnaden moet vooraf overeenstemming zijn. De plaats van de stortnaad kan zo worden gekozen dat de aftekening bijvoorbeeld door toepassing van een schijnvoeg in de vorm van een verdiepte profilering minder opvalt. De naad kan juist worden benadrukt door een verdiepte profilering, waarbij wel gelet moet worden op een extra dekking op de wapening. Bij zeer grote afmetingen (lange wanden) kan het gewenst zijn krimpvoegen toe te passen ter beheersing van de scheurvorming. Krimpvoegen kunnen als stortbeëindiging uitgevoerd worden en aan de detaillering zal speciale aandacht besteed moeten worden, bijvoorbeeld door ook hier een verdiepte profilering aan te brengen.

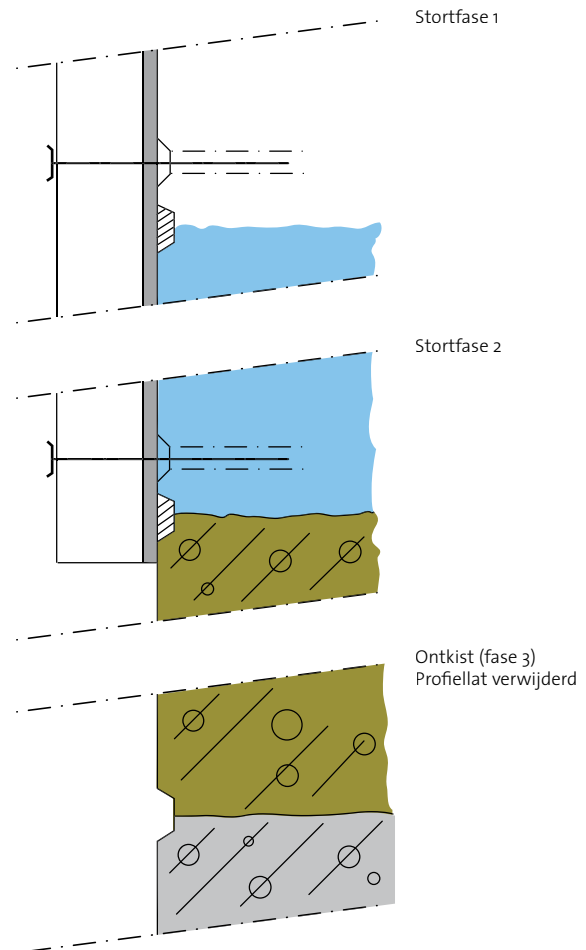


Detailering stortnaden

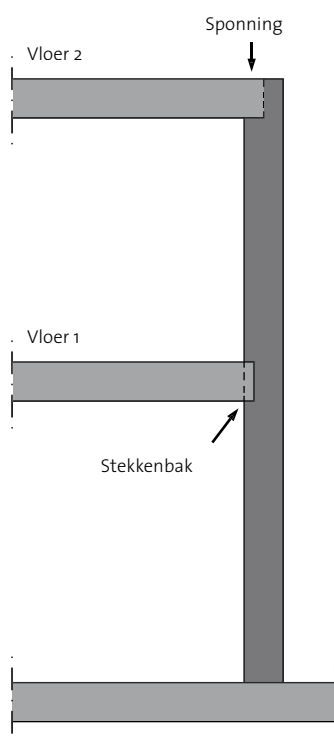
Stortnaad vlak



Stortnaad met verdiept profiel



Hoge wand zonder stortvoeg (in een keer gestort)



Ontkistingsmiddel

Gebruik van een ontkistingsmiddel is nodig om hechting tussen beton en bekisting te voorkomen. Het 'jonge' beton zou in geval van hechting bij het ontkisten zeker beschadigen, vooral bij profileringen en hoeken kan gemakkelijk schade ontstaan. Een ontkistingsmiddel voorkomt tevens uitdrogen van de plaat en beschermt de coating tijdens opslag. De juiste combinatie van bekistingsmateriaal en ontkistingsmiddel is belangrijk.

Een veel gemaakte fout is het royaal opbrengen van ontkistingsmiddel. Overvloedig gebruik van ontkistingsmiddel veroorzaakt vlekkerigheid en luchtbelletjes aan het oppervlak. Het is raadzaam eerst de leverancier van het bekistingsmateriaal advies te vragen en vervolgens een proef te doen met de voorgestelde producten en werkwijze.



• Opbrengen ontkistingsmiddel

► Checklist houten contactbekisting / uitvoering

► Algemeen

- Keuze plaatmateriaal
- Detail plaatnaden, hoeknaden en sluitnaden
- Nagel- en schroefpatronen (blind of in het zicht)
- Type bevestigingsmateriaal (schroeven, parkers, draadnagels, nieten, lijm)
- Hoekoplossingen / passtroken
- Ontkistingsruimte
- Sluitnaad kolomkist
- Keuze stelkist en sluitkist wandbekisting
- Fabrikaat en type coating zaagsneden
- Kitwerk naden en afdichtingsbandjes
- Fabrikaat en type ontkistingsmiddel
- Aanbrengen instortvoorzieningen en verankeringen
- Bevestiging centerpenconussen
- Schoonsoelen bekisting (eventueel spoelluiken niet in het zicht)
- Reparatie / schoonmaken bekisting per stort
- Bij stalen bekisting: voorkom roestvlekken

► Zagen van platen

- De bekistingsplaat is het sterkst in de nerfrichting
- Coating contactvlak / achterzijde (400 / 120 g/m²)
- Controleer haaksheid en dikte van platen
- Zaagranden iets rondscheren en dekkend afwerken met acrylaatverf

► Montage beplating op ondersteuningsconstructie (badding of systeemdrager)

- Let op de juiste plaatzijde (laagdikte coating)
- Montagerichting: nerfrichting loodrecht op ondersteuningsliggers
- Platen niet stijf tegen elkaar monteren, denk aan toleranties
- Platen onderling voorzien van kitnaad ter voorkoming van lekkend cementwater
- Geen voegdichtingsband toepassen, wordt uit de naad geperst door zwellen van platen tijdens gebruik
- Na 5 platen is dilatatievoeg van 3 mm gewenst (tandverbinding, vullen met kit)

► Bevestiging

- Schroeven minimaal 20 mm van plaatrand en 25 mm uit de hoek
- Schroefgaten voorboren en verzinken
- Schroeven min. 2 mm dieper dan plaatvlak en dichtzetten met tweecomponenten pasta
- Of: schroeven met verzonken kop 1 mm hoger dan het plaatvlak houden in verband met zwelling van het hout
- Of: bevestiging vanaf achterzijde
- Centerpengaten en sparingen in contactbekisting altijd behandelen met acrylaatverf om vochtindringing tegen te gaan

► Bekisten

- Stelkist (is schone zijde) met schoren plaatsen
- Maatvoering controleren
- Naden tussen bekistingselementen vlaktrekken en dicht

- Aanbrengen kopschotten, sparingen
- Aanbrengen in te storten voorzieningen
- Aanbrengen wapening / vlechtwerk
- Aanbrengen afstandhouders / conussen met centerpennen
- Verontreinigingen verwijderen
- Sluitkist plaatsen
- Aandraaien centerpenmoeren

► Ontkisten

- Wat is de minimale betonsterkte voor ontkisten?
- Is de ontkistingssterkte bereikt
- Verschillen in tijdsduur alvorens te ontkisten levert kleurverschillen op
- Beginnen met verwijderen centerpennen
- Zorgvuldig ontkisten met wiggen (geen koevoet)

► Nabehandelen betonoppervlak

- Betonoppervlak na ontkisten beschermen tegen vroegtijdige uitdroging:
 - Behandelen met curing compound
 - Afdekken met folie

► Schoonmaak bekisting, reparaties en aanbrengen ontkistingsmiddel

- Reinigen onmiddellijk na ontkisten en voor 1e gebruik
- Reinigen:
 - Eerst zand en betonresten en ander vuil verwijderen
 - Vervolgens met water schoonspuiten, geen hogedrukspuit toepassen in verband met de kans op delaminatie ondermeer bij centerpengaten en de zijkanalen
- Na verwijdering van stortlatten e.d. de spijkergaten afdichten met tweecomponenten pasta
- Reparaties uitvoeren met tweecomponenten pasta:
 - Gatvullend
 - Vochtbestendig
 - Goed hechtend aan ondergrond
 - Bestand tegen ontkistingsmiddel
 - Minimale aftekening veroorzaken
- Aanbrengen ontkistingsmiddel volgens voorschrift leverancier

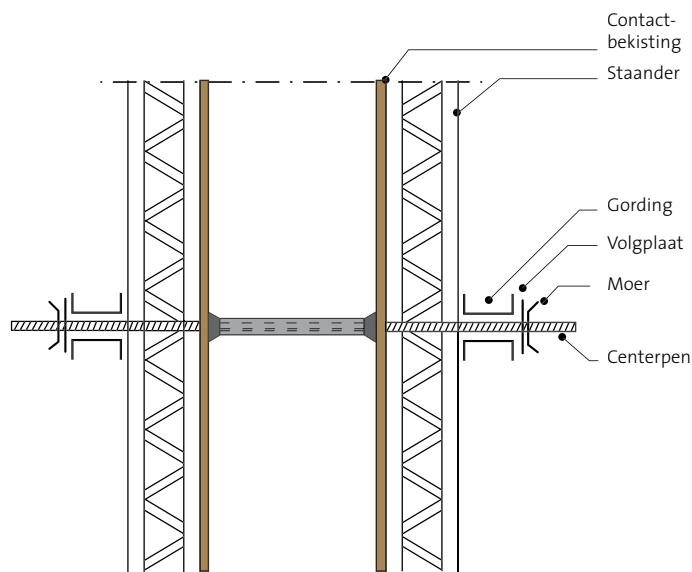
► Opslag bekisting

- Platen bij voorkeur staand opslaan
- Stapellatten (breedte 80 mm) loodrecht op nerfrichting
- Platen recht boven elkaar om randbeschadigingen te voorkomen
- Platen beschermen tegen zon, regen en vuil en ventilerend opslaan
- Bekistingsconstructies met dragers eerst reinigen
 - Bij voorkeur verticaal stapelen
 - plaatranden niet op de grond laten rusten
 - betonzijden naar elkaar gericht
 - betonzijden niet in zonlicht (dus bij voorkeur op het noorden)
 - Indien horizontaal stapelen, dan dragers boven elkaar plaatsen

Centerpennen

Centerpengaten, conussen, afstandhouders

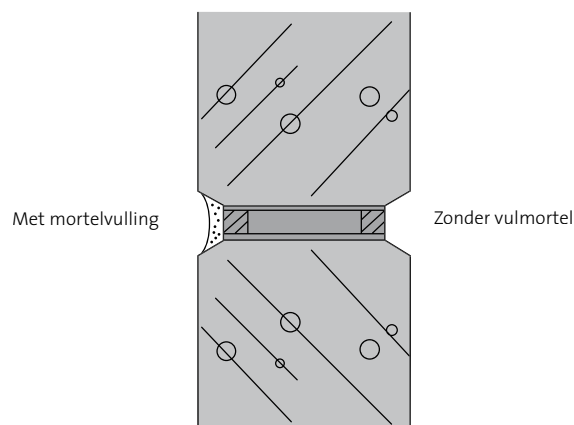
Bij wandconstructies wordt de wanddikte, ofwel de afstand tussen de twee bekistingswanden, gefixeerd door een combinatie van centerpennen en afstandhouders. Afstandhouders zijn bijvoorbeeld holle pijpjes, die aan beide einden worden voorzien van een conus. De centerpennen worden door de afstandhouders en door gaten in de contactbekisting gestoken. Centerpennen zijn nodig om de horizontale speciedrukken (zeg maar de spatkrachten veroorzaakt door de verse betonmortel) op te vangen. De stijfheid van de bekisting hangt mede af van het centerpenpatroon. Hoe groter het aantal centerpennen per m² hoe lager de centerpenkrachten zullen zijn. Het aantal centerpennen is mede afhankelijk van het gekozen bekistingssysteem. De centerpen moet goed loodrecht op de bekisting worden aangebracht, zodat ook de conus goed vlak (en dicht) tegen de bekisting kan worden getrokken. Het aanspannen van de centerpennen vereist het nodige vakmanschap: te stevig kan betekenen dat de kegel of de conus in de beplating wordt getrokken en te los betekent dat er lekkage kan optreden. In de projectspecificatie dient voorgeschreven te zijn op welke wijze de conusgaten afgewerkt moeten worden. Aan de afwerking van de centering zijn kosten verbonden, derhalve moet vooraf een keuze voor het type afwerking gemaakt worden (zie bijlage D).



• Afstandhouder voorzien van voorzetconussen

► Checklist centerpennen en afstandhouders

- Aantal per m²
- Patroon (afhankelijk van ontwerp / keuze bekisting)
- Plaatselijke indruk van conus in bekisting
- Voorkom lekkende centerpensparing door
 - juiste plaatsing
 - maatvoering wapeningsnet afstemmen op centerpenpatroon
 - maatvoering van wapening, dekking en afstandhouder op elkaar afstemmen
 - conus moet gat in de bekisting afdichten
 - centerpen ten slotte voldoende afspannen
- Vorm en afwerking van doorvoeringen en conusgaten
- Type conus: blijvend / terugwinbaar
- Type pen: doorgaand of 2x half (controle bevestiging op spatten)
- Doorvoering in contactbekisting afschilfering, vochtindringing
- Controle aanspannen centerpennen ter voorkoming van spatten bekisting



• RVS conus met inwendige schroefdraad



• Centerpengat zonder vulmortel

Beton

Prestatie-eisen

Omdat de kwaliteit van schoon beton vooral wordt bepaald door de zichtbare betonhuid, zullen prestatie-eisen aan de toe te passen beton-specie gesteld moeten worden. Naast de standardeisen zoals sterkte-klasse en milieuklasse die voor iedere betontoepassing gelden, zullen vanuit esthetische eisen de oppervlakteklasse en de grijs tint of kleur nader omschreven moeten worden. Daarnaast zal de manier waarop het beton wordt verwerkt en verdicht een belangrijke randvoorwaarde zijn bij het bepalen van de betonsamenstelling.

Grijs tint, kleur en oppervlakte-structuur / textuur

Cement en pigmenten

Bij schoon beton kunnen speciale eisen worden gesteld aan de kleur en de structuur / textuur van het betonoppervlak. Dit stelt aparte eisen aan de keuze van het cement als belangrijkste kleurbepaler van het grijze betonoppervlak en aan de eventueel toe te passen pigmenten. Beton is grijs, min of meer de kleur van het cement. Toch kan grijs niet de standaardkleur genoemd worden, er is immers een oneindige variatie aan grijs tinten. De grijze kleur van het cement is bovendien niet constant. Cement wordt niet op een specifieke grijs tint geproduceerd; er is altijd sprake van een zekere bandbreedte. Wit cement is een speciale cementsoort, een portlandcement dat wél op kleurspecificaties wordt geproduceerd. Pigmenten kunnen kleur geven aan beton. De kleurintensiteit is afhankelijk van het pigmentgehalte in combinatie met de cementsoort. Met wit cement ontstaat de meest heldere kleur. Om kleurverschillen te beperken, moeten de kleurbepalende grondstoffen bij voorkeur van één partij afkomstig zijn.



• Blauwkleuring bij gebruik van CEM III (trekt geleidelijk weg)

Kleurverschillen

Lokale afwijkingen in de water-cementfactor kunnen kleurverschillen in het betonoppervlak veroorzaken. Tint- en kleurnuanceverschillen in het oppervlak zijn onvermijdelijk en horen bij de natuurlijke eigenschappen van beton. Wel kunnen kleurverschillen worden beperkt. Het is belangrijk aan te geven binnen welke grenzen deze verschillen acceptabel zijn.

CUR-Aanbeveling 100 'Schoon beton' is een richtinggevend document dat hierbij behulpzaam is. Het document omvat een grijschaal voor beton die kan worden gebruikt voor het maken van afspraken over de aanvaardbare spreiding in grijs tinten. Vervolgens moet met proefstukken in het werk worden vastgesteld wat haalbaar is met de beschikbare middelen.

Bij gebruik van hoogovencement is na het ontkisten blauwkleuring zichtbaar. Dit is een tijdelijke ontsiering van het betonoppervlak die geleidelijk wegtrekt. De beoordeling van de kleur zal daarom pas na meerdere dagen blootstelling aan de lucht moeten plaatsvinden.

Betonsamenstelling, hoeveelheid fijn materiaal

De dichtheid van het betonoppervlak, de dekking op de wapening en de wapeningsconcentratie zijn medebepalend voor de betonsamenstelling, vooral voor de korrelgrootte van het toeslagmateriaal en de hoeveelheid fijn materiaal.

Fijn materiaal wordt gedefinieerd als korrelgrootte kleiner dan 0,250 mm; fijn materiaal bestaat uit zand, cement en vulstoffen. Het gehalte aan fijn materiaal dient afgestemd te worden op de betonvorm, de korrelgradering van het toeslagmateriaal en de wijze van betonstorten.

Ten opzichte van constructief beton zal het gehalte fijn materiaal hoger zijn als een praktische maatregel om plaatselijke ontmenging te voorkomen.

Traditioneel storten en verdichten of zelfverdichtend beton

Er moet een keuze gemaakt worden tussen enerzijds traditioneel betonstorten en verdichten met trilnaalden of anderzijds het toepassen van zelfverdichtend beton. Hoewel dit in de eerste plaats een uitvoeringskwestie is, is het toch verstandig ook de architect te betrekken bij de besluitvorming. Zelfverdichtend beton heeft een meer homogene grijs tint en meestal ook een donkerder grijs tint dan traditioneel verdicht beton.

Gekleurd beton ontstaat door:

- Toepassen van bepaald cementtype
 - Wit portlandcement (wit)
 - Hoogovencement (lichtgrijs)
- Toevoegen van pigmenten
 - Slurry of poeder. Percentage ten opzichte van cementmassa (3% – 6%)
- Aanbrengen van coating of verfsysteem
 - Coating: kleur+bescherming
 - Verfsysteem: alleen kleur, transparant (lasuur) of dekkend

Uitvoering schoon beton

Stortplan

In het stortplan worden alle zaken vastgelegd betreffende de leverantie van betonmortel, de verwerking, het in te zetten materieel alsmede de afwerking en nabehandeling van het betonoppervlak.

Voor een voorbeeld van een stortplan, zie bijlage E.

Storten en verdichten

Een beheerste kwaliteit van schoon beton vergt zorgvuldigheid bij het storten en verdichten. Niet vlug, maar rustig. Om insluitingen van luchtballen te vermijden, moeten stortsnelheid, storthoogte, verdichting en consistentie op elkaar zijn afgestemd. Omdat aftekening van stortfronten niet is toegestaan, moet het storten zonder onderbreking worden voltooid. Ontmenging van de betonmortel en spatten op de bekisting tijdens het storten zijn te vermijden door de valhoogte tot 1 m te beperken. Beperk ook de hoogte van de stortlagen die achtereenvolgens worden verdicht (30 à 50 cm), dan kan elke laag worden doorgetrild tot in de onderliggende laag. Door het trillen wordt de bekisting tot in elk hoekje goed gevuld met betonmortel, terwijl ingesloten luchtballen worden uitgedreven. Tijdens het verdichten met trilnaalden gaat de betonmortel vloeien en ontstaan er plaatselijk verschillen in de verdeling van fijn materiaal. Dit fenomeen veroorzaakt een wolkachtig marmereffect in het oppervlak. Het belang van zorgvuldig en gelijkmatig verdichten kan niet genoeg worden benadrukt.

De tijdens het storten optredende speciedruk op de bekisting wordt voornamelijk bepaald door de stijgsnelheid.

Daarnaast zijn van invloed de temperatuur en de consistentieklasse van de betonmortel.



• Storten met kubel voorzien van stortbroek

Zelfverdichtend beton

Indien wordt gekozen voor zelfverdichtend beton, stelt dat andere eisen aan de uitvoering. Zelfverdichtend beton is niet zo vloeibaar als water, maar gedraagt zich bij de verwerking als een stroperige specie die afhankelijk van de viscositeit langzamer of sneller door de bekisting vloeit. De stortpunten zal men niet verder dan 10 m uit elkaar mogen plaatsen om een goede verdeling van de specie te krijgen en ter voorkoming van ontmenging. De speciedruk over de hoogte van een wandbekisting zal veelal hoger zijn dan bij standaard beton. Bij de keuze van het bekistingssysteem moet hiermee terdege rekening worden gehouden.

Verharden en nabehandelen

Naarmate de verharding voortschrijdt, wordt de aanvankelijk zeer open poriestructuur van het jonge beton steeds dichter en dichter. De poriestructuur heeft invloed op de betonkleur. Een meer poreuze cementsteen maakt de kleur lichter en fletser, terwijl een dichte structuur zorgt voor een diepere kleurtoon.

Ten opzichte van het gewone constructieve betonwerk moet voor schoon beton een langere ontkistingstijd worden gekozen, minimaal 48 uur. De verhardingstijd in de bekisting moet zoveel mogelijk gelijk zijn voor de verschillende uit te voeren bouwdelen. Houd hiermee rekening als er langere perioden zoals weekenden of andere vrije dagen niet wordt gewerkt. Een langere ontkistingstijd zal leiden tot een donkerder betonoppervlak.

Nabehandeling is nodig om te voorkomen dat het beton voortijdig uitdroogt waardoor de hydratatie stopt en daarmee ook de sterkteontwikkeling. Nabehandeling is daarmee sterk bepalend voor de duurzaamheid van het betonoppervlak. De wijze van nabehandelen is van invloed op de grijstint of kleur, ook bij niet-bekiste oppervlakken. De beste methode van nabehandeling is beton zo lang mogelijk in de bekisting laten staan. Echter hoe langer in de kist, des te donkerder wordt het betonoppervlak. Bij toepassing van curing compound of afdekken met folie bestaat altijd kans op het ontstaan van een vrelende vlekkerigheid vanwege ongelijkmatige afdichting van vooral verticale oppervlakken. In feite moet het betonoppervlak iets kunnen ademen, maar niet uitdrogen.

Ontkisten bij gelijke rijpheid

Met 'rijpheid' wordt de mate van sterkteontwikkeling bedoeld. Het mooiste is alle onderdelen van het werk bij dezelfde rijpheid te ontkisten. Meestal wordt een gelijke ontkistingstijd aangehouden, in de veronderstelling dat dit ook een zelfde rijpheid betekent. Maar als in de loop van het werk grote temperatuurverschillen optreden, zoals in de winter of het vroege voorjaar, is het beter te zorgen voor ontkisten op gelijke rijpheid.

Schoon beton en het weer

De betekenis van seizoensinvloeden op de kwaliteit van schoon beton wordt vooral bepaald door de temperatuur. Het gaat hierbij niet alleen om te treffen maatregelen zowel tijdens het storten van beton als de nabehandeling (zie Gietbouw-pocket). Ook veranderingen in betonsamenstelling, cementsoort en -gehalte beïnvloeden de kleur van het betonoppervlak. De mogelijke consequenties van dergelijke wijzigingen moeten met de opdrachtgever besproken worden.

Neerslag en vooral kortstondige regenbuien zijn niet altijd te voorzien en veroorzaken op het stortfront een zekere mate van ontmenging met als gevolg een groter watergehalte. Dit zal zich altijd in kleurverschillen in het betonoppervlak aftekenen ondanks de voorzorgsmaatregelen die getroffen zijn.

In een dergelijke situatie – indien mogelijk – zorgen voor een tijdelijke sparing in de achterzijde van de wandbekisting, zodat overtollig cementwater afgevoerd kan worden. Tracht te voorkomen dat water wordt ingesloten door betonmortel tijdens het verder storten. Bij voorkeur de stortslang onder het stortvlak brengen (zoals bij onderwaterbeton).

Proefwand

Om te toetsen of het resultaat van de voorgestelde werkwijze beantwoordt aan de gestelde eisen, is het gewenst aan het begin van het werk een proefstuk of proefwand te maken. Alle aspecten betreffende bekisting, plaatnaden, centerpennen, betonsamenstelling en stortplan kunnen hierbij op schaal 1:1 getoetst worden.

Wapening

► Checklist beton

► Levering betonmortel

- Certificaat betoncentrale
- Contactpersoon / betontechnoloog / bereikbaarheid
- Route transport / bereikbaarheid / losplaats
- Sterkteklasse, milieuklasse, consistentieklasse, grootste korrelafmeting
- Type cement
- Speciale betontechnologische randvoorwaarden

► Voorbereiding storten

- Schoonmaken van de ondergrond
- Bewerken van de stortnaden
- Eventuele reparaties
- Aanbrengen in te storten voorzieningen

► Storten en verwerken van beton

- Stortvolgorde / tijdschema
- Transportmiddelen moeten schoon zijn: pompen, kubels, goten
- Opstelplaats pomp
- Voorkom wachttijden truckmixer
- Niet morsen / spetteren op bekisting boven stortniveau
- Verdichtingsapparatuur / type / omvormers / frequentie
- Toets werking trilapparatuur / reserve-trilnaalden
- Zorgvuldig trillen, niet te lang, voorkom ontmenging en bleeding
- Trilnaald mag wapening of bekisting niet raken
- Stortploeg / voorman / afwerkers
- Schafttijden (ook van de betoncentrale)
- Stortomvang per stort
- Stortsnelheid / stortlagen
- Transporttijd en verwerkingstijd
- Afwerking stortzijde spanen / rollen / trilbalk
- Afspraken / bescherming bij regenval
- Verlichtingsplan
- Betoncontrole op het werk (afleveringsbon en eventueel zetmaat)
- Speciale maatregelen in winter of zomer

► Nabehandeling en nazorg beton

- Natrillen kolommen en wanden (plastische fase)
- Wegspoelen specieresten
- Afwerking stortoppervlak
- Verhardingscontrole / rijpheid
- Temperatuurbeheersingsmaatregelen
- Winter / zomermaatregelen
- Vereiste ontkistingssterkte
- Tijdstip en wijze van ontkisten
- Onderhoud en reparatie van de bekisting
- Nabehandelingsmethode
- Opruwen van stortnaden
- Reparaties onvolkomenheden betonoppervlak
- Afdichting centerpensparingen
- Bewerking van het betonoppervlak (schuren, poetsen)
- Voorkomen van roestvlekken
- Beheersing van scheurvorming
- Bescherming tijdens bouwfase (beschadigen, bekladden)
- Bescherming tegen langsstromend regenwater
- Bescherming tegen sterke zonbestraling

Beheersing scheurvorming

Schoon beton is ook gewapend beton. Wapening is nodig voor de constructieve functies, maar ook om de scheurvorming als gevolg van temperatuur- en krimpspanningen te beheersen. Scheurwijdtes die constructief aanvaardbaar zijn, kunnen esthetisch storend zijn. Daarom is voor schoon beton een fijnmazige wapening gewenst, die de scheurvorming verdeelt in zeer kleine scheurtjes die visueel niet hinderlijk zijn.

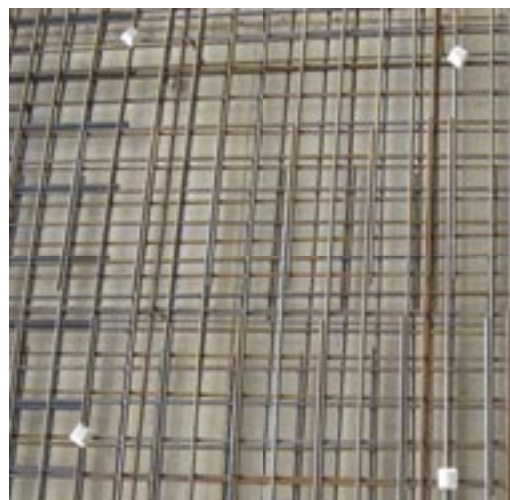
Wapeningsdichtheid

Grote wapeningsconcentraties komen voor ter plaatse van lassen in de wapening, koppen van wanden, kolomsteken en ter plaatse van dilatatievoegen. De constructeur/tekenaar dient rekening te houden met de vereiste minimale afstand tussen de wapeningsstaven zodat de grove toeslag in de betonmortel ongehinderd de wapening kan passeren en een goede doorstroming en verdichting van de betonmortel mogelijk maakt.

Indien door onzorgvuldige detaillering of uitvoering toch ontoelaatbare wapeningsconcentraties ontstaan, zullen achteraf onvolkomenheden (zoals grindnesten) geconstateerd worden die gerepareerd moeten worden.

Betondekking

De dekkingsblokjes / afstandhouders die zorgen voor de juiste dekking op de wapening moeten zodanig van vorm en samenstelling zijn, dat deze na het ontkisten niet aftekenen. De kleur van cementgebonden dekkingsblokjes moet afgestemd zijn op de kleur van het betonoppervlak. Kunststof blokjes en ringen tekenen zich in het betonoppervlak af als gevolg van uitzetting na het ontkisten. Voorkeur wordt gegeven aan betonnen dekkingsblokjes met een enigszins bolle zijde als contactvlak met de bekisting.



• Dekkingsblokjes

► Checklist wapening

- Levering (ingangscntrole op het werk) en verwerking
- Wapeningstekening en buigstaat
- Controle maaswijdte in verband met storten en trillen
- Certificaat betonstaal
- Fabricaat en type betondekkingblokjes
- Stekkenbakken en stekeinden
- Cementeren van de wapening in de bouwfase (tegen roest)
- Uitbuigen van stekkenbakken



Nabewerken

De wisselende omstandigheden waaronder schoon beton op de bouwplaats vervaardigd wordt, zijn niet volledig te beheersen. Daarom zal vrijwel altijd nabewerking van het betonoppervlak noodzakelijk zijn. Het is goed een onderscheid te maken tussen reparaties en esthetische nabewerkingen.

Reparaties zoals het uithakken en weer vullen van grindnesten kunnen niet 'onzichtbaar' worden uitgevoerd. Esthetische nabewerkingen kunnen plaatselijke onvolkomenheden herstellen.

Ook al wordt er met de grootste zorg gewerkt, het is niet uit te sluiten dat na het ontkisten lokale onvolkomenheden geconstateerd worden. Afhankelijk van de aard daarvan kan worden besloten tot nabewerking. Deze werkzaamheden moeten aan vakmensen worden overgelaten.

Een goede uitvoering vergt veel ervaringsdeskundigheid.

Het verdient absoluut aanbeveling een proef te doen op een niet-kritische plaats, zodat de voorgestelde werkwijze kan worden getoetst. Mogelijke bewerkingen zijn schuren en sponsen, eventueel in combinatie met een extra oppervlaktebehandeling.

Schuren

Het betonoppervlak afschuren met een vlakschuurmachine voorzien van een kunststof schuurmat. Deze bewerking heeft een egaliserend en kleurverbeterend effect.

Sponsen

Sponsen kan worden uitgevoerd met een cosmetisch mortelpapje op basis van cement en micropoeder (in plaats van zand). Dit papje wordt met een spons op het beton aangebracht, waarna het oppervlak wordt afgewist. Hierdoor worden onvolkomenheden geëgaliseerd en wordt de kleur verbeterd. De samenstelling van het mortelpapje kan worden afgestemd op de kleur van het bestaande betonoppervlak.

Sponsen en schuren

Een combinatie van bovengenoemde twee afwerkingen: eerst sponsen, laten drogen en daarna schuren.

Schuren en spuiten / rollen

Een geschuurd betonoppervlak kan lange tijd hinderlijk stof afgeven. Het stof is te binden door het oppervlak af te spuiten (of te rollen) met een wateremulsie waaraan een transparant acrylaat is toegevoegd. Deze nabehandeling kan een flauwe glans veroorzaken.

Lasuren

Na sponsen en schuren kan het betonoppervlak nog worden voorzien van een transparante coating waaraan een pigment is toegevoegd. Het typische betonuiterlijk blijft behouden, maar er ontstaat een lichte glans.

Afwerking centerpen- en conusgaten

De afwerking van centerpen- en conusgaten zal afhangen van de expositieomstandigheden. In gevelwanden zullen de gaten worden gedicht. Afhankelijk van het type afwerking zal het patroon van de (gevulde) gaten zich meer of minder manifesteren.

Voor de vulling kan een mortel worden gebruikt of een conus van metaal of prefab beton. Ook een kunststof of stalen dop of rozet is mogelijk. Een typologie hiervoor is gegeven in bijlage D.

Wordt gekozen voor een vulling met mortel, dan moet deze krimparm zijn. De gewenste afwerking van de conus (terugliggend of vlak) is één van de facetten die worden vastgesteld aan de hand van de proefwand.





• Forumgebouw in Wageningen

Literatuur

- *Het uiterlijk van beton*, Dossier Cement bulletin 22, Febelcem, Brussel
- *Beeldschoon Beton*, ENCI 2006
- *Schoon beton ... mooi werk, leidraad voor projectspecificaties, uitvoering en beoordeling*, ENCI 2001
- *Uiterlijk van beton in relatie tot bestekseisen*, rapport Studiecel CO5, Stubeco, Gouda, december 1999
- *NEN 6722 Voorschriften Beton Uitvoering (VBU)*
- *EN 13670 Execution of Concrete Structures*
- *CUR-Aanbeveling 100, Schoon beton*, juni 2004, Stichting CUR, Gouda
- *Stubeco Handboek uitvoering betonwerken*, mei 2005, Betonvereniging, Gouda
- *GSV-Merkblatt, Sichtbar bleibende Betonflächen*, Guteschutzverband Betonschalungen e.V., Ratingen
- *GietbouwPocket 2007*, Gietbouwcentrum, Veenendaal

Websites

www.gietbouwcentrum.nl
www.cementenbeton.nl
www.betonvereniging.nl
www.stubeco.nl
www.vsb-online.nl

Beoordelingsklassen A volgens NEN 6722 en B1 volgens CUR-Aanbeveling 100

Onderwerp	Klasse A volgens NEN 6722 (VBU 2002)	Klasse B1 CUR-Aanbeveling 100	Toelichting
Bekisting 1)			1) Het betreft hier de afwijking loodrecht op het betonoppervlak.
Paneel/plaatpatroon	Geen bijzondere eisen	Conform projectspecificatie schoon beton	2) Niet opgenomen houdt in dat dit aspect niet voorkomt in NEN 6722.
Plaatnaden	≤ 2 mm	≤ 1 mm	3) Voor zogenoemde wolkvorming binnen een element of stort zijn geen eisen vastgelegd, deze moeten desgewenst nader worden overeengekomen, zie opmerking bij 5.3.
Elementnaden	≤ 3 mm	≤ 2 mm	4) Niet bedoeld is de min of meer egale tintverandering door kalkuitbloei.
Minimumafmeting bekistingselement	Niet opgenomen 2)	Geen eisen (bij niet opgelegd patroon)	5) Betreft voegen tussen (geprefabriceerde) elementen.
Afwerking centerpensparingen	Niet opgenomen	Conform projectspecificatie	
Bramen bij naden	≤ 3 mm	≤ 2 mm	
Plaatselijke doorbuiging, gemeten met rei 400 mm	≤ 1 mm	≤ 1 mm	
Plaatselijke afwijking, gemeten met rei 400 mm	≤ 2 mm	≤ 2 mm	
Vlakheid groot oppervlak, gemeten met rei 2000 mm	≤ 7 mm	≤ 5 mm	
Hoeken, profilering, afwerking	Vellingkanten toepassen	Conform projectspecificatie	
Betonoppervlak			
Kleur	Geen bijzondere eisen	Vallen binnen overeengekomen tolerantie	
Variatie in kleur/grijs tint 3)	Niet opgenomen	Ten hoogste 2 schaaldelen verschil	
Vlekvorming	Niet opgenomen	Niet acceptabel	
Luchtbellen plaatselijk	≤ 50 mm ² /dm ²	Niet zichtbaar op 5 m en ≤ 50 mm ² /dm ²	
Luchtbellen totaal	≤ 1500 mm ² /m ²	Niet zichtbaar op 5 m en ≤ 1000 mm ² /m ²	
Grindnesten	Niet opgenomen	≤ 50 mm ² /dm ²	
Zandstrepen	Geen bijzondere eisen	Ten hoogste 1 per 10 m ²	
Kalkstrepen 4)	Geen bijzondere eisen	Niet acceptabel	
Aftekenen schroef- en spijkergaatjes	Niet opgenomen	Conform projectspecificatie	
Betonverwerking			
Vulling aansluitingen, naden en hoeken	Niet opgenomen	Ten minste 95%	
Aftekening stortnaden en stortonderbrekingen	Geen bijzondere eisen	Niet acceptabel	
Onvolkomenheden			
Aftekening wapening of roeststrepen	Geen esthetische eisen	Niet acceptabel	
Aftekening stophout	Geen esthetische eisen op gemarkeerde plaatsen	Niet acceptabel	
Aftekening afstandhouders	Geen esthetische eisen	Niet acceptabel	
Aftekening reparaties	Geen esthetische eisen	Acceptabel indien de afwijking in lokale grijs tint en vlekkerigheid niet meer dan 1 schaaldeel bedraagt ten opzichte van het omringende beton en het oppervlak net zo vlak is als het omringende niet gerepareerde beton	
scheuren	Niet opgenomen	Ten hoogste 0,1 mm	
Voegen 5)			
Voegwijdevariatie loodrecht op vlak	Niet opgenomen	Tolerantie ten hoogste 25%	
Voegwijdevariatie evenwijdig aan vlak	Niet opgenomen	Tolerantie ten hoogste 30%	

Schema voorbereiding schoonbetonwerk

	Aanbesteding	Engineering	Werkvoorbereiding	Uitvoering
Architect /constructeur/adviseurs				
Bestektekeningen				
Vorm- en constructietekeningen				
Principedetails				
Bestek (projectspecificatie)				
Werktekeningen en detailtekeningen				
Betontekeningen				
Wapeningstekeningen				
Adviseurs (gevel, installaties, e.d.)				
Sparingen derden				
In te storten onderdelen derden				
Aannemer				
Goedkeuringsprocedures vaststellen – controle tekenwerk				
Werkplan schoonbetonwerk				
Bekistingplan incl. maatbeheersing				
Wapening en in te storten onderdelen				
Stortplan per bouwdeel				
Keuringsplan				
V&G aspecten				
Productieplanning schoonbetonwerk				
Bekisting				
Keuze bekistingssysteem				
Bekistingsplan				
Bekistingstekeningen inclusief accessoires				
Bepaling inzet en routing bekistingsonderdelen				
Programmeren en samenstellen bekistingsonderdelen				
Bekisten en ontkisten / opslag				
Wapening, buig- en vlechtwerk				
Buigstaten				
Wapeningsnetten / bijlegwapening				
Vlechtwerk				
Beton				
Prestatie-eisen				
Projectspecificatie (referentie), zie bijlage A hieraan nadere invulling geven				
Grijstint / kleur				
Dichtheid				
Sterkteklasse				
Milieuklasse				
Verwerken en verdichten				
Consistentieklasse (verwerking)				
Betsamenstelling				
Stortplan				
Proefstort				

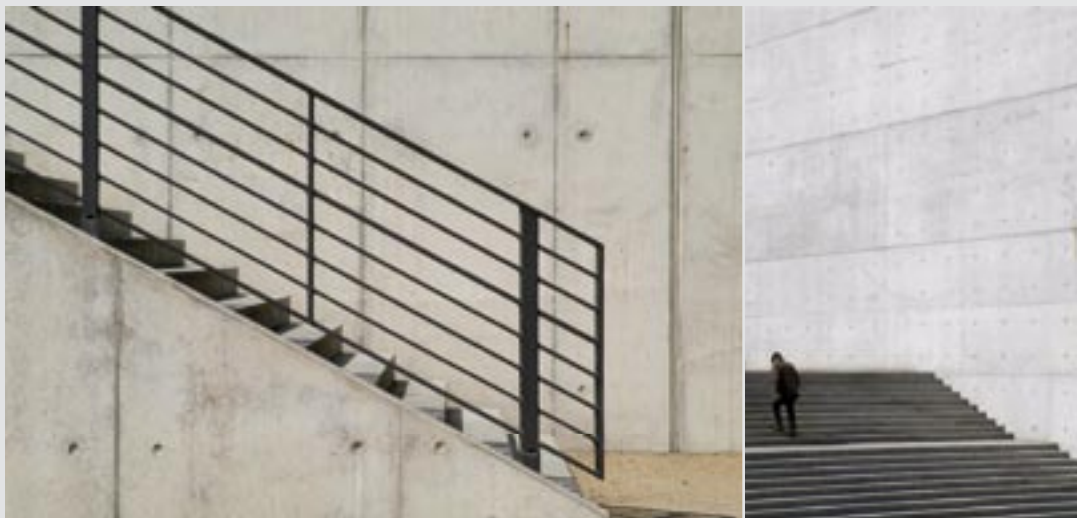
BIJLAGE C

Keuzewijzer wandbekisting schoon beton

Kenmerken		Type bekisting			
		Traditioneel bekist	Paneel-bekisting	Grootwand-bekisting	Stalen wandbekisting
Beoordelingsklasse	NEN 6722	B	A	B	B
	CUR 100	B1	A	B1	B1
Kosten*	Inzet				
	2	€€€	€€€	€€€€	€€€€€
	4	€€€€	€€€	€€€	€€€€
	8	€€€€€	€€€	€€€	€€€
	16	€€€€€	€€	€€	€
Geometrie (vlakindeling)			Aftekening kaders		
• Bekistingsplaat					
- Plaatafmetingen**		Naar keuze	Volgens systeem	Naar keuze	Geen
- Plaatpatroon		Naar keuze	Volgens systeem	Naar keuze	Naar keuze
- Bevestiging		Naar keuze	Blind	Naar keuze	Lasnaad geslepen
• Centerpenen		1 per 0,8 m²	1-1,5 m²	1,5-5 m²	1,5-5 m²
	Patroon	Naar keuze	Volgens systeem	Naar keuze	Naar keuze
Toelaatbare speciedruk	kN/m²	60	60-80	Variabel	60-80
Aanpasbaarheid		Groot	Beperkt	Groot	Gering

* Weinig €: lage kosten, de aanduiding is indicatief / relatief.

** Betonplex heeft standaardafmetingen, denk aan zaagverlies bij voorgeschreven plaatpatronen.



Afwerking centerpenconussen

Centerpennen laten onuitwisbare sporen na in schoon beton. Positie en raster van centerpenconussen kunnen ritmiek verlenen aan wanden. Het grafisch effect van het centerpenpatroon valt vooral van enige afstand op. Van dichtbij gezien is de afwerking van de centerpenconussen mede bepalend voor de esthetische kwaliteit.

Onzichtbare afwerking is in feite niet mogelijk. Als aftekening niet wordt gewenst of geaccepteerd, moeten geen centerpennen worden toegepast. In dat geval moet de stabiliteit van de bekisting anders worden opgelost.

Het verdient aanbeveling al in de projectspecificaties duidelijkheid te geven over de gewenste afwerking. Daartoe kan onderstaande typologie worden gebruikt.

Opmerking: centerpenconussen zijn geduchte plaatsen van ondermaatse kwaliteit, zoals kleurverschillen en rafelige randen, wat ook op de afbeeldingen te zien is. Bij de uitvoering van een proefwand als referentie voor het schoonbetonwerk dient de afwerking van centerpenconussen zeker te worden meegenomen.



1 Geen nadere afwerking, open



6 Mortelvulling, vlak



2 RVS conus ingestort, met inwendige schroefdraad (bruikbaar als bevestigingspunt)



7 Mortelvulling, verdiept



3 Kunststof dop, verdiept



8 Mortelvulling, hol



4 Stalen moer, verdiept, met inwendige schroefdraad (bruikbaar als bevestigingspunt)



9 Mortelvulling, met opgelegd rozet (ook als afscherming van slecht uitgevoerde of beschadigde sparing)



5 RVS plaat, vlak in betonoppervlak, gelijmd op een mortelvulling

Voorbeeld van een stortplan

Projectgegevens	Naam werk		Adres		Plaats	
	Opdrachtgever					
	Projectnummer					
Betonmortelleverancier	Betoncentrale		Transportleider		Telefoonnummer	
Bouwdeel, betonmortel	Bouwdeel		Hoeveelheid m³			
	Sterkteklasse		Stortsnelheid m³/uur			
	Milieuklassen		Leverantiecode			
	Chlorideklasse		Stijgnsnelheid m/uur			
	Bijzonderheden					
Tijdschema	Stortdatum	uur	Aanvang stort		uur	
	Einde stort	uur	Schafittijden		uur	
Stortmaterieel	Kraan	tm	Kubel	m³	Stortbroek	ja / nee
	Betonpomp	m³/uur	Gieklengte	m	Slanglengte	m
	Trilnaalden	st.	Diameter	mm	Lengte	m
	Trilbalk	st.	Omvormers	st.		
Reservematerieel	Betonpomp	Standby / op afroep	Trilnaalden	st.	Omvormers	st.
	Aggregaat	kVA	Trilbalk	st.		
Overige voorzieningen	Verlichting	st.	mast/statief			Watt
	Regenkleding		Afwerk materiaal			
Personeel	Stortploeg(en)	st.	Verdichters	man	Installaties	man
	Voorman(nen)	man	Afwerkers	man	Vlechters	man
	Bediening kubel/slang	man			Overig personeel	man
Veiligheid	Voorzieningen op en rond de stortplaats					
	Voorzieningen t.a.v. materieel: bekisting, kraan, kubel, pomp					
	Persoonlijke beschermingsmiddelen					
Afwerking	Trilbalk / hoogtegeleiding		Mechanisch schuren / vlinderen			
	Handmatig schuren		Bezemen			
	Instrooien toplaag					
Nabehandeling	Afdekken met plasticfolie		Afdekken met isolatiedekens			
	Curing compound		Nathouden met water			
			Tijdsduur nabehandeling tot of minimaal uur		N/mm² (50% van sterkte)	
Verhardingsbeheersing	Koeling		Meting gewogen rijpheid			
	Specietemperatuur		IJKgrafiek			
	Verwarming		Thermokoppels			
Ontkisten	Betoncontrole		Druksterkte ontkisting		N/mm²	
Overige	Maatregelen bij lage temperatuur (+ wind / sneeuw)					
	Maatregelen bij hoge temperatuur (+ wind / zonnestraling)					
	Methode bewerking stortnaden					
Bijlagen	Situatieschets (kraan, betonpomp(en), route truckmixers)					
	Gedetailleerde werkomschrijving					
	Schets plaatsing thermokoppels					
	Afroepformulier betonmortel					
Opmerkingen, toelichting						
Akkoord	Opgemaakt door		Datum		Paraaf	
	Gezien directie		Datum		Paraaf	



Verantwoording

De publicatie 'Uitvoering Schoon Beton' is een gezamenlijk initiatief van het Cement&BetonCentrum en het Gietbouwcentrum.

Na de introductie van de basis-regelegeving voor schoon beton in de vorm van CUR-Aanbeveling 100 'Schoon Beton – criteria voor de specificatie en beoordeling van betonoppervlakken' (april 2004) en aansluitend het boek 'Beeld Schoon Beton' als inspiratie- en informatiebron voor ontwerpers, werd de vraag naar praktische aanwijzingen voor de uitvoering steeds sterker gehoord. Daaraan wordt nu tegemoetgekomen.

Beheersing van de kwaliteit in het uitvoeringsproces is een kwetsbare kant van schoon beton. De samenstellers zijn zich ervan bewust dat het maken van schoonbetonwerk geen rationele wetenschap is, maar voor een belangrijk deel berust op ervaring. Daarom is en wordt bewust de dialoog gezocht met experts in het bouwbedrijfsleven.

Een eerste concept van deze publicatie is voor kritiek voorgelegd aan een klein aantal experts.

De verbeterde versie is gepresenteerd in een workshop voor een grotere groep ervaringsdeskundigen.

Graag ontvangen de uitgevers commentaar op deze publicatie van iedere geïnteresseerde lezer.

GIETBOUWCENTRUM
CEMENT&BETONCENTRUM

oktober 2008



Gietbouwcentrum

Postbus 383
3900 AJ Veenendaal
T 0318 55 74 74
F 0318 55 74 70
E info@gietbouwcentrum.nl
W www.gietbouwcentrum.nl

Cement&BetonCentrum

Postbus 3532
5203 DM 's-Hertogenbosch
T 073 6 40 12 50
E info@cementenbeton.nl
W www.cementenbeton.nl