

7 VERVAARDIGEN VAN BETONSPECIE

Dit hoofdstuk behandelt de aspecten van afleveren, transport, opslag en afwegen van grondstoffen en het mengen en transporteren van de betonspecie. Daarbij zijn er verschillen tussen het produceren van betonspecie voor de bouwplaats en voor de betonproductenfabriek.

In eerste instantie worden de aspecten voor de beton(mortel)centrales beschreven en vervolgens is aangegeven waar deze voor de betonproducten afwijkend zijn.

De betontechnoloog heeft in deze fase een belangrijke rol, omdat hij verantwoordelijk is voor het vaststellen van de betonsamenstelling, het controleren van het productieproces en het uitvoeren en registreren van de keuringen.

Gecertificeerde beton(mortel)centrales en betonproductenfabrieken zijn verplicht de dagelijkse toezicht uit te laten voeren door een gediplomeerde betontechnoloog. De laboratoriumwerkzaamheden kunnen ook worden uitgevoerd door een gediplomeerd betonlaborant, maar dat moet plaatshebben onder verantwoordelijkheid van een gediplomeerd betontechnoloog.

INHOUDSOPGAVE	Pag.
7.1 Betonmortelindustrie	7-3
7.1.1 De productie-unit (betoncentrale).....	7-3
7.1.2 Aanvoer en opslag van grondstoffen	7-4
7.1.2.1 Toeslagmateriaal	7-4
7.1.2.2 Cement	7-7
7.1.2.3 Hulpstoffen.....	7-8
7.1.2.4 Vulstoffen en kleurstoffen.....	7-9
7.1.2.5 Water	7-9
7.1.3 Het transport van opslag naar productie-unit.....	7-9
7.1.4 Doseren en mengen en transport naar de menger	7-10
7.1.4.1 Weeg- en meetwerktuigen.....	7-10
7.1.4.2 Toeslagmateriaal	7-10
7.1.4.3 Cement	7-12
7.1.4.4 Water	7-12
7.1.4.5 Hulpstoffen.....	7-13
7.1.4.6 Vulstoffen.....	7-13
7.1.4.7 Computergestuurde betoncentrales	7-13
7.1.5 Mengen	7-14
7.1.5.1 Mengprocedure	7-14
7.1.5.2 Soorten menger	7-15
7.1.5.3 Betonproductie: nat, semi-nat en droog	7-18
7.1.6 Transport van betonspecie	7-19
7.2 Betonproductenindustrie.....	7-20
7.2.1 De productie-unit (betoncentrale).....	7-20
7.2.2 Het transport van de grondstoffen van opslag naar fabriek	7-20
7.2.3 Doseren en wegen en transport naar de menger	7-20
7.2.4 Mengen	7-21
7.2.5 Transport van betonspecie	7-21

7.1 Betonmortelindustrie

7.1.1 De productie-unit (betoncentrale)

Voor nagenoeg alle bouwplaatsen in Nederland wordt de betonspecie vervaardigd in een *beton(mortel)centrale*. Deze betoncentrales zijn verantwoordelijk voor het samenstellen en leveren van de betonspecie (figuur 7.1 is een voorbeeld van een betoncentrale).



Figuur 7.1 Een betoncentrale.

In incidentele gevallen wordt de betonspecie vervaardigd in een (mobiele) centrale op de bouwplaats. Juist bij grote projecten kan het voor de aannemer financieel aantrekkelijk zijn om de betonspecie onder eigen beheer te maken. In die gevallen moet de aannemer een betontechnoloog aanstellen.

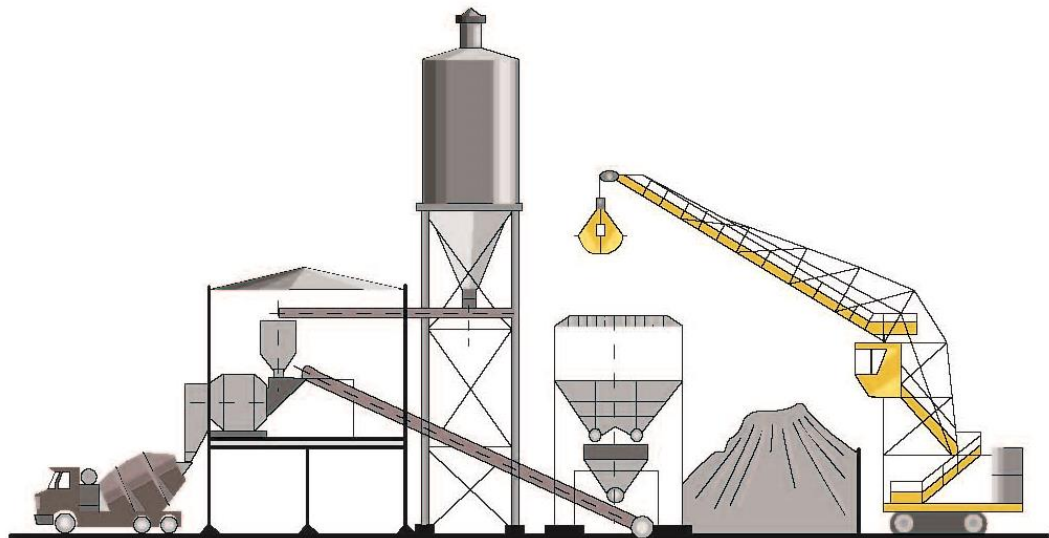
Betoncentrales zijn meestal gelegen aan of in de nabijheid van water. Doordat het grootste deel van een kubieke meter betonspecie bestaat uit zand en grind welke nabij rivieren wordt gewonnen, is transport over water niet alleen goedkoper maar ook beter voor het milieu. De andere grondstoffen worden meestal over de weg aangevoerd. Dit kan natuurlijk ook voor zand en grind, waardoor een ligging aan het water niet meer vereist zou zijn, maar dat maakt de betonspecie aanmerkelijk duurder en verhoogt de CO₂ uitstoot.

De opzet van een betoncentrale is sterk afhankelijk van de hoeveelheid te leveren betonspecie: de capaciteit, uitgedrukt in m³/h. Het maakt nogal veel uit of van een betoncentrale wordt gevraagd om dagelijks 10 m³ of 1000 m³ betonspecie te leveren. Een grotere capaciteit vraagt natuurlijk meer opslag van grondstoffen. Bij het verwerken van meerdere korrelgroepen van fijn en van grof toeslagmateriaal is aanzienlijk meer ruimte in de opslag nodig.

Maar het leveren van meer beton creëert ook logistieke problemen ten aanzien van de transportmiddelen. Het voorrijden, laden en uitrijden van een truckmixer kost tijd die maatgevend kan zijn voor de capaciteit van de betoncentrale.

Als het voorrijden van een truckmixer van 9 m³ ongeveer 1 minuut kost, het vullen 7 minuten (in 3 charges van 3 m³) en het wegrijden 1 minuut, dan kan de betoncentrale maximaal $60/9 \times 9 = 60$ m³ betonspecie per uur afleveren (bij voldoende beschikbaarheid van truckmixers). In de praktijk zal er altijd wel tijd verloren gaan door files op de weg of vertraging op het werk.

Door het kiezen van bepaalde doseersystemen van de betoncentrale, wordt de capaciteit in feite vastgelegd (zie figuur 7.2).



Figuur 7.2 Schematische lay-out van een betoncentrale.

Een gecertificeerde betoncentrale mag alleen de sterkteklassen leveren waarvoor de centrale gecertificeerd is en die op het certificaat, levering op gebruikseisen, zijn vastgelegd. Als een aannemer een afwijkende samenstelling wil afnemen kan er levering op gebruikseisen plaatshebben.

De constructeur, aannemer en betoncentrale stellen de samenstelling af op het beoogde doel en door vooronderzoek wordt de geschiktheid zoals (uitgestelde) sterkte aangetoond.

Ook voor het leveren van *beton op samenstelling* moet de producent een certificaat hebben.

7.1.2 Aanvoer en opslag van grondstoffen

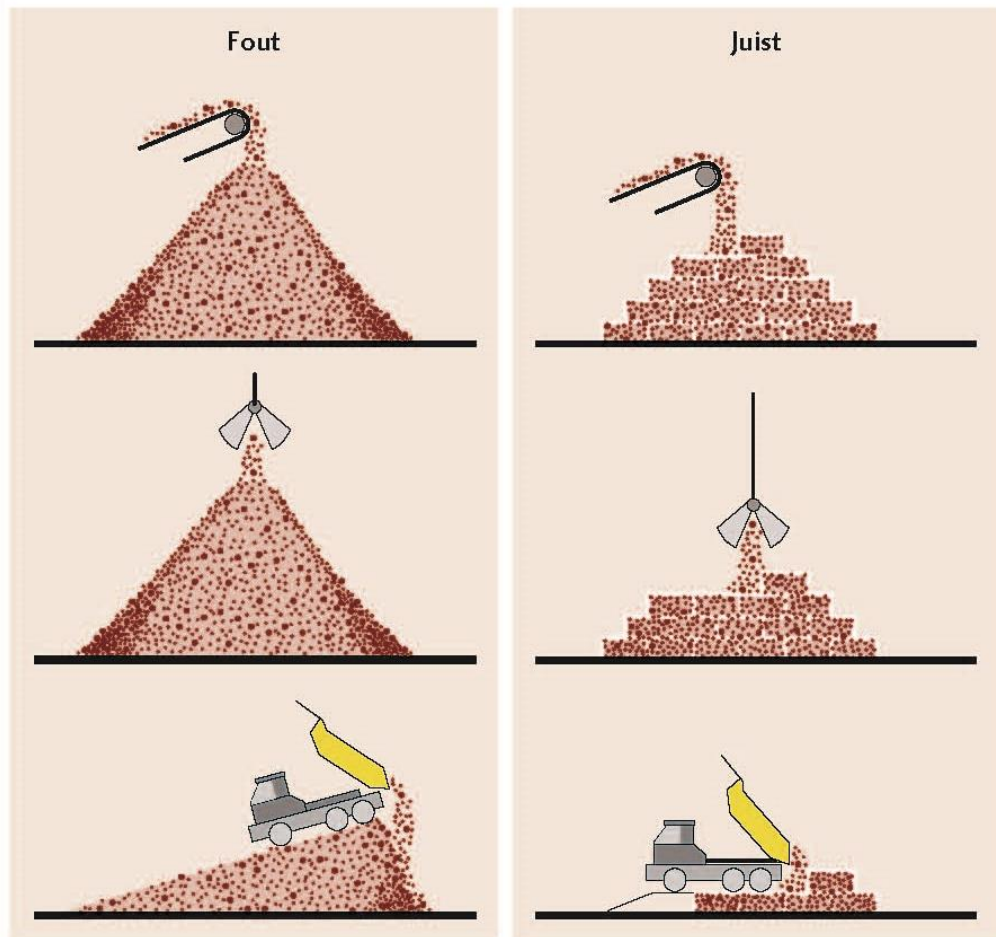
7.1.2.1 Toeslagmateriaal

Toeslagmaterialen worden meestal per schip aangevoerd. Deze schepen zijn direct geladen bij de zuig- of baggerinstallaties bij de winplaatsen langs bijvoorbeeld de Rijn of de Maas. Toeslagmaterialen van landinstallaties (denk o.a. aan groeves) worden veelal per vrachtwagen vervoerd. Maar wordt de afstand naar de afnemer te groot dan kan men ook hier kiezen voor transport per schip.

Zolang de schepen en vrachtwagens dagelijks bezig zijn met het transport van toeslagmateriaal zal de kans op verontreiniging niet groot zijn. Maar als er schepen en wagens worden ingezet, die ook andere lading vervoeren, moet men extra alert zijn op eventuele verontreinigingen. Als een schip eerst suiker heeft vervoerd en vervolgens met zand wordt geladen, bestaat de kans dat het zand door onvoldoende schoonmaken van het

schip verontreinigd is met suiker. Dit kan noodlottige gevolgen hebben door de vertraagde verharding van het beton.

De verschillende korrelgroepen moeten duidelijk gescheiden van elkaar worden opgeslagen. Nadat de betontechnoloog de lading heeft goedgekeurd wordt deze meestal laagsgewijs over de aanwezige materialen uitgespreid. Het kan ook nodig zijn dat een nieuwe partij van een bepaalde korrelgroep door zijn afwijkende korrelgrootteverdeling gescheiden van de reeds aanwezige materialen moet worden opgeslagen.



Figuur 7.3 Foute en juiste opslag van toeslagmaterialen.

Zowel bij het laden als het lossen moet ervoor worden gezorgd dat het toeslagmateriaal niet kan ontmengen. De kans op ontmenging is groter naarmate de grenzen van de korrelgroep ruimer zijn. Zo zal bijvoorbeeld de kans op ontmenging bij grind 4/32 groter zijn dan bij grind 4/16.

Bij het laden en lossen moet worden voorkomen dat korrels kunnen gaan rollen. Storten we toeslagmateriaal op een berg of graven we een kuil, dan zien we dat de grove korrels eerder gaan rollen dan de fijnere. Dit leidt tot een vorm van ontmenging van het toeslagmateriaal. Ook bij het van grote hoogte storten van het toeslagmateriaal wordt de kans op ontmenging vergroot. Dus hoe grover het materiaal, des te groter de kans op ontmenging.

Door het laden en lossen laagsgewijs uit te voeren, beperken we de kans op afrollen van de korrels en daarmee de kans op ontmenging. We spreken hier ook wel van stapelen van het toeslagmateriaal (figuur 7.3). Ook bij het verdere transport naar en in de productie-unit zal

men er voortdurend voor moeten zorgen dat vooral het grove toeslagmateriaal zo homogeen mogelijk van samenstelling blijft.

Indien het toeslagmateriaal per as wordt aangevoerd, moet elke lading als een aparte partij worden beschouwd. Om een goede indruk van de korrelgrootteverdeling te krijgen, moet dus elke lading worden bemonsterd en gekeurd. In de praktijk is dat niet uitvoerbaar. In combinatie met goede afspraken met de leverancier kan veelal worden volstaan met het regelmatig nemen van steekproeven.

Bij droog gewonnen toeslagmateriaal moet de monsterneming eigenlijk al in de groeve geschieden. Op die manier krijgen we een betere indruk van het beschikbare materiaal.



Figuur 7.4 Vullen van een bunker met toeslagmateriaal, Een ruime opslag is noodzakelijk.

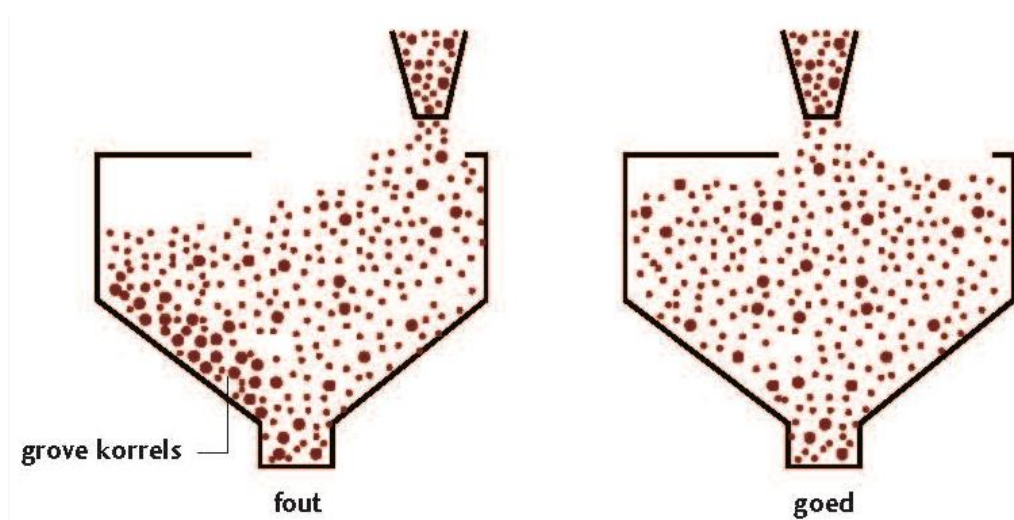
Uit het voorgaande blijkt dat het van belang is om over een ruim opslagterrein voor de opslag van toeslagmaterialen te beschikken (figuur 7.4). Dit terrein moet worden ingedeeld in vakken, bijvoorbeeld met behulp van keerwanden, om de verschillende fracties van elkaar gescheiden te houden. De vakken moeten zijn voorzien van een verharde ondergrond en een doelmatige afwatering. Ook moet worden voorkomen dat er verontreinigingen, zoals bladeren van bomen, in het toeslagmateriaal terechtkomen.

De indeling van het opslagterrein en de ligging ervan ten opzichte van de menginstallatie, zijn afhankelijk van de capaciteit van de gehele installatie. Bij kleine eenheden worden de diverse toeslagmaterialen vaak in de vorm van een halve cirkel rond de menginstallatie opgeslagen: dit is de zogenoemde steropstelling. Het toeslagmateriaal wordt dan met behulp van een sleepschop van de voorraad naar de wegininstallatie getransporteerd.

Bij grote werken of bij een grote productie-unit is de benodigde voorraad zo groot, dat een radiaalsgewijze opstelling niet praktisch is. Het transport heeft dan gewoonlijk plaats met grijpers of transportbanden. Het materiaal kan ook met een laadschop van de voorraad naar een ontvangtrechter, ook wel dagbunker genoemd, worden gebracht. Daarmee kan de kans op ontmenging toenemen, omdat de laadschop aflopen van het materiaal veroorzaakt.

Bij de opslag moet worden voorkomen dat de verschillende materialen door elkaar raken, bijvoorbeeld door ondeugdelijke of te lage afscheidingen tussen de verschillende vakken of door slordig lossen van de grijper. Bij kleine installaties zal het toeslagmateriaal rechtstreeks in een weegbak worden gebracht. Bij grote installaties worden gewoonlijk voorraadsilo's boven of vóór de menginstallatie gebouwd. Vanuit deze silo's komt het materiaal in de weeginrichting.

Het onderste deel van de silo moet een helling van ten minste 50° hebben, bij voorkeur met het aftappunt in het midden. Ook het vullen van de bunker gebeurt bij voorkeur vanuit het midden om de kans op ontmenging zo klein mogelijk te maken (figuur 7.5).



Figuur 7.5 Vullen van bunker bij voorkeur in midden.

7.1.2.2 Cement

Tijdens het transport en de opslag van cement moet alle contact met vocht worden vermeden om een vroegtijdige reactie van het cement met water te voorkomen.

Het cement wordt met behulp van (droge) lucht vanuit het schip of tankauto naar de silo geblazen.

Cement is vrijwel onbepert houdbaar als het onder ideale droge omstandigheden is opgeslagen, bijvoorbeeld in hermetisch afgesloten blikken. Onverpakt cement in silo's kan verouderen, doordat de in de lucht aanwezige waterdamp aan de silowand kan condenseren. Het ter plaatse aanwezige cement zal dan met dit water reageren. Cement dat tijdens de opslag in aanraking is geweest met vocht, bevat kluitjes. Als men deze nog met de hand kan fijnwrijven, is het cement nog geschikt voor gebruik. Hardere kluitjes zullen ook in een menger niet meer geheel worden verpulverd.

Verschiede cementsoorten en -klassen moeten tijdens het transport en de opslag goed gescheiden worden gehouden. Voor elk cementtype moet daarom een eigen silo worden gereserveerd. Het spreekt voor zich dat de aansluiting voor het inblazen van cement vanuit

de cementtankauto of vanuit de cementtankers ook duidelijk gemerkt moet zijn met de aanduiding van de cementsoort en -klasse.

De ontluchting van de silo's moet zo zijn geconstrueerd, dat via het ontluchtingssysteem geen ongewenste vermenging van cementtypen kan plaatshebben. Alle silo's moeten in principe daarom voorzien zijn van een apart stoffilter. Bij gebruik van één centraal stoffilter moet deze boven de silo met de laagste kwaliteit cement zijn aangebracht (zoals hoogovencement in de laagste sterkteklasse).

7.1.2.3 *Hulpstoffen*

Hulpstoffen kunnen in jerrycans, in vaten of in bulk worden aangevoerd. Ze moeten in een afzonderlijke ruimte en vrij van weersinvloeden worden opgeslagen. In alle gevallen moet er goed op worden gelet dat zowel op de verpakking, de afleveringsbon als in opslag duidelijk is aangegeven welke hulpstof het betreft. Indien meer dan één hulpstof aanwezig is, moeten ook de kleine verpakkingen zoals jerrycans en vaten zorgvuldig van elkaar gescheiden worden bewaard, bijvoorbeeld in aparte vakken. Op elk vak moet duidelijk zijn aangegeven welke hulpstof er is opgeslagen. Verwisseling van bijvoorbeeld een luchtbelvormer en een plastificerende hulpstof kan ernstige gevolgen hebben.

De opslag van hulpstoffen zal ook aan milieu- en/of arbo-regelgeving moeten voldoen. Het is op deze plaats niet mogelijk de omvangrijke en voortdurend veranderende regelgeving op dit punt te behandelen.

Bij opslag van hulpstoffen in permanent opgestelde vaten of tanks moeten maatregelen worden genomen om ontmengen of uitzakken van de zwaardere bestanddelen te voorkomen. Anders kan de concentratie van de werkzame stof en daardoor de werking van de hulpstof verschillen vertonen. Door de hulpstof van tijd tot tijd te roeren, mechanisch of door luchtinjectie, kan de samenstelling homogeen blijven.

Voorkomen moet worden dat de hulpstoffen worden blootgesteld aan lage en hoge temperaturen. De leverancier moet bijvoorbeeld in het doseringsvoorschrift duidelijke aanwijzingen geven over de bestandheid van de hulpstoffen tegen lage en/of hoge temperaturen. Sommige hulpstoffen kunnen zelfs bij temperaturen nog boven het vriespunt al ontmengen of uitvlokken.

Vaak wordt eenzelfde hulpstof met verschillend vaste-stofgehalte geleverd. Dat kan bijvoorbeeld gebeuren op verzoek van een afnemer die met een iets andere concentratie eenvoudiger doseersystemen kan gebruiken.

We spreken dan van bijvoorbeeld een 30% oplossing. De productinformatie van de producent moet hierover verdere informatie geven.

Vloeibare hulpstoffen worden grotendeels in bulk, in containers of in vaten, bij de gebruikers afgeleverd. Uiteraard moet ervoor worden gezorgd dat bij aflevering van de uit tankwagens overgepompte hulpstoffen geen verwisseling in de opslagtanks plaatsheeft (figuur 7.6).

Ten slotte zijn er, als dat aan de orde is, duidelijke aanwijzingen over gezondheidsaspecten nodig. Als de bovengenoemde gegevens geheel ontbreken en de verpakking bovendien nauwelijks aangeeft wat de inhoud is, is het verstandig de zending in haar geheel te weigeren.



Figuur 7.6 Opslag hulpstoffen

7.1.2.4 *Vulstoffen en kleurstoffen*

Voor de opslag en het transport van poedervormige vulstoffen anders dan cement, geldt hetzelfde als voor de opslag van cement.

Kleurstoffen en silica fume kunnen in drie vormen worden toegepast: als fijn poeder, als gecompacteerd korrels en in slurrievorm. Voor de opslag van de poeder en de gecompacteerd korrels gelden dezelfde regels als voor de opslag van cement.

De opslag van kleurstoffen en silica fume in slurrievorm vraagt uiteraard speciale voorzieningen, zoals opslagtanks, pompen en doseerapparatuur.

7.1.2.5 *Water*

De betoncentrales maken zowel gebruik van drinkwater als van bron- of oppervlaktewater. Als er voldoende aanvoer van drinkwater beschikbaar is, kan de centrale het water direct van het waterleidingnet betrekken. Dit zal in de meeste gevallen mogelijk zijn.

De meeste centrales kiezen voor het gebruik van bron- of oppervlaktewater. Dit kan om financiële redenen aantrekkelijk zijn. Het betreffende water moet voor gebruik wel getest zijn op geschiktheid.

Bij het vervaardigen van grote hoeveelheden betonspecie in een gebied waar relatief weinig mensen wonen en/of waar geschikt bron- of oppervlaktewater niet aanwezig is, bestaat de kans dat het aftappen van drinkwater door de betoncentrale nadelige effecten heeft op de beschikbaarheid van het water voor de omwonenden. In dergelijke gevallen kan het nodig zijn een watervoorraad te creëren, die in de nachtelijke uren op peil wordt gebracht.

7.1.3 *Het transport van opslag naar productie-unit*

De wijze waarop verder intern transport van materialen plaatsheeft, wordt bepaald door de opbouw van de betoncentrale. Bij veel centrales zijn voor toeslagmaterialen boven de fabriek zogenoemde dagsilo's aanwezig. In dat geval bevindt de weeginrichting zich onder deze silo's en de menger op zijn beurt weer onder de weeginrichting.

Steeds vaker worden zogenoemde tweetrapscentrales gebouwd, waar de dagsilo's voor toeslagmaterialen buiten de fabriek staan. Ook hier staat de weeginrichting onder deze

dagsilo's. Dit betekent dat het reeds afgewogen materiaal door middel van transportbanden in de fabriek wordt gebracht. Voor deze optie wordt steeds meer gekozen, omdat alle ruimte boven de fabriek vaak al wordt ingenomen door silo's voor verschillende soorten cement en vulstoffen. Ook behoeft het toeslagmateriaal minder hoog te worden opgevoerd. Bij al deze vormen van intern transport moet ervoor worden gewaakt dat de materialen in alle opzichten (korrelopbouw en vochtgehalte) zo homogeen mogelijk blijven. Daarnaast moet men ervoor zorgen dat er na het afwegen van de grondstoffen tijdens transport geen materialen verloren gaan.

Het transport van de poedervormige grondstoffen heeft meestal plaats door middel van schroeven, die onder de silo's zijn aangebracht. Deze schroeven verplaatsen de poedervormige grondstoffen naar de betreffende weegbunkers.

7.1.4 Doseren en mengen en transport naar de menger

7.1.4.1 *Weeg- en meetwerktuigen*

Weeg- en meetwerktuigen moeten periodiek op juiste werking worden gecontroleerd door een meetinstituut dat is goedgekeurd door de Raad voor Accreditatie. De eerste controle heeft plaats tijdens het zogenoemde *toelatingsonderzoek*. Dit geldt zowel voor betonmortelbedrijven, betonelementenfabrieken als voor mobiele beton- centrales op de bouwplaats.

In de BRL is vastgelegd, dat elke afzonderlijke charge op papier of digitaal moet worden geregistreerd. Deze registratie moet minimaal, afhankelijk van de toegepaste BRL, gedurende een aantal jaren worden bewaard.

7.1.4.2 *Toeslagmateriaal*

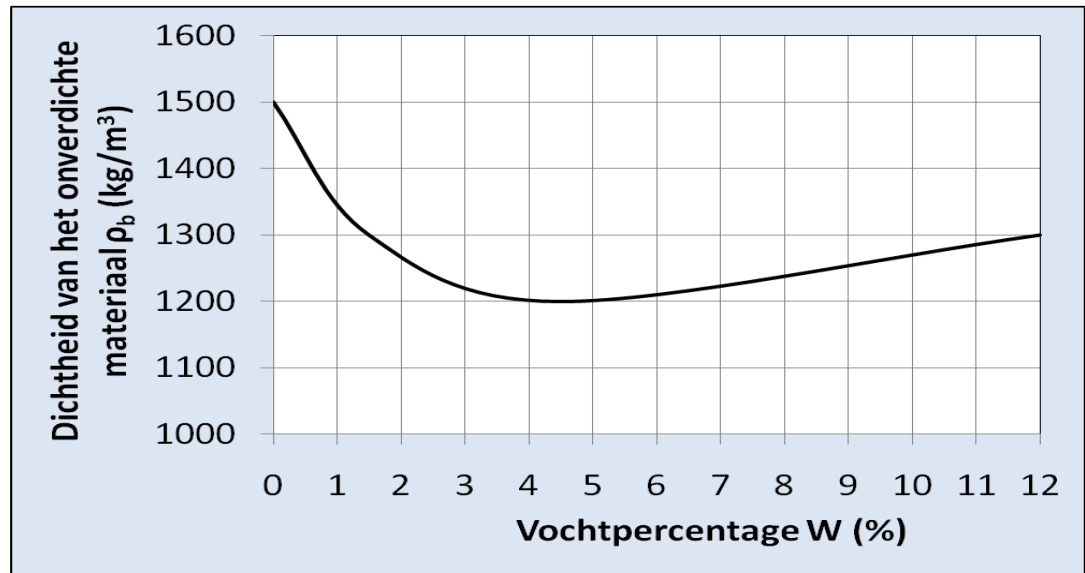
De hoeveelheden toeslagmaterialen moeten volgens de geldende voorschriften in het algemeen door weging worden bepaald. Naast deze zogenoemde *massadosering* is het ook toegestaan toeslagmaterialen volumetrisch te doseren, mits daarbij dezelfde nauwkeurigheid wordt bereikt als voor massadosering is voorgeschreven (dit moet dan ook worden aangetoond).

De toegestane onnauwkeurigheid bij het doseren van toeslagmateriaal bedraagt $\pm 2\%$ van de beoogde waarde. Er bestaan doseerbanden waarmee nauwkeurig een bepaald volume kan worden afgemeten.

Aan *volumedosering* van zand kleeft een bezwaar. Bij veranderingen in het watergehalte van het zand wisselt de volumieke massa (deeltjesdichtheid). Dit kan grote variaties in de samenstelling van de betonspecie veroorzaken.

Toelichting

Wanneer de dichtheid van het onverdichte materiaal (ρ_b) van nat fijn toeslagmateriaal wordt bepaald dan blijkt dat deze sterk afneemt bij een toenemend watergehalte. Tot een bepaald watergehalte en dan neemt de dichtheid van het onverdichte materiaal weer toe (zie figuur 7.7).



Figuur 7.7 Relatie tussen watergehalte en dichtheid van het onverdichte materiaal voor fijn toeslagmateriaal.

De verklaring hiervoor is dat het aanhangende water de fijne korrels uit elkaar drukt waardoor er minder korrels in hetzelfde volume gaan. Als het watergehalte blijft toenemen zullen de korrels op een bepaald moment niet verder meer uit elkaar gaan en vult het water de ruimte op tussen de korrels waardoor het gewicht en dus de dichtheid weer toeneemt. Dit verschijnsel staat bekend als “bulking” en treedt uitsluitend op bij nat fijn toeslagmateriaal.

Het gevolg is dat wanneer nat fijn toeslagmateriaal op volume wordt gedoseerd, de massa aan droog fijn toeslagmateriaal dat in het mengsel komt, sterk kan variëren. Om dit te compenseren dient het te doseren volume te worden aangepast bij een verandering van het vochtpercentage.

Voor het doseren van toeslagmateriaal blijft massadosering dan ook de meest praktische oplossing.

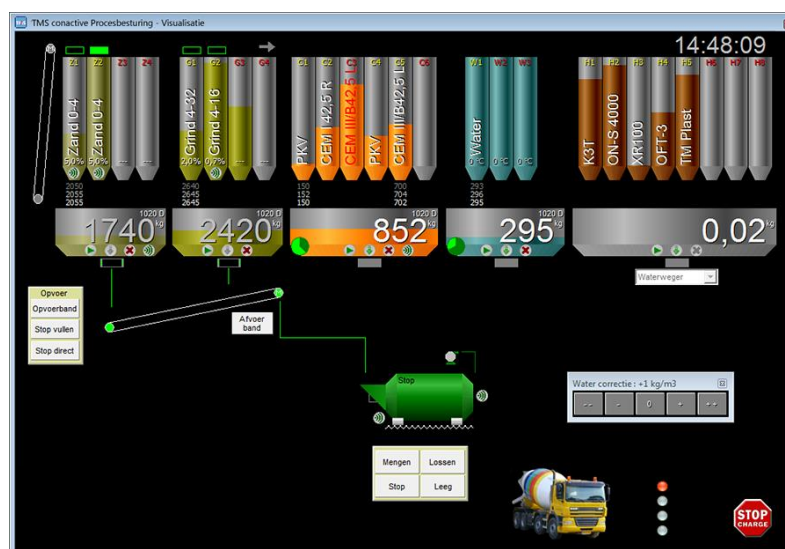
Voor het afwegen van de toeslagmaterialen moet voor elke grondstof afzonderlijk een doelmatig ingerichte weeginrichting beschikbaar zijn. Wel kunnen fijn en grof toeslagmateriaal op één weegschaal na elkaar worden afwegen. Dit noemen we *cumulatief afwegen*. Dus bijvoorbeeld eerst het zand en dan het grove toeslagmateriaal erbij of andersom. Tussen het afwegen van het zand en het grove toeslagmateriaal moet voldoende tijd beschikbaar zijn om de afgewogen massa te controleren. Pas na controle van de eerste korrelgroep mag de andere korrelgroep worden bij gewogen.

De productiecapaciteit kan aanzienlijk toenemen als de toeslagmaterialen op aparte weegwerktuigen worden afgewogen. Dit heeft als voordeel dat de hoeveelheden toeslagmateriaal bij het afwegen afzonderlijk kunnen worden gecontroleerd en correcties kunnen worden aangebracht wanneer verkeerde hoeveelheden zijn afgewogen.

Bij het afwegen zijn twee factoren van belang, namelijk de nauwkeurigheid en de snelheid van wegen. Een goede methode is het grootste deel van het materiaal snel te laten instromen: de 'grofweging', waarna het resterende deel door langzaam instromen nauwkeurig onder controle kan worden gehouden. Bij handbediening, dat wil zeggen wanneer de mengmeester een hendel of drukknop moet vasthouden om de toevoer open te houden, is het snel en bovendien nauwkeurig afwegen een kwestie van routine. Tegenwoordig worden in alle nieuwe centrales en fabrieken gebruik gemaakt van afweegautomaten, waarbij de gewenste massa vooraf kan worden ingesteld. Slechts een enkele centrale of fabriek werkt nog met handdosering.

De doseer apparatuur is meestal voorzien van een voorafslag, waarmee automatisch wordt overgegaan van een snelle op een langzame toevoer, zodat de gewenste massa precies kan worden bereikt. Bij alle half- of volautomatische wegingen moet de mengmeester regelmatig controleren of de juiste massa wordt bereikt. Daarnaast moet hij altijd controleren of de weegbakken volledig gelegeerd worden, dus of de aflezing weer op de nulstand staat en of de weegbakken ook echt leeg zijn.

Computer gestuurde centrales hebben de mogelijkheid om de toelaatbare afwijking in te voeren en bij overschrijding daarvan wordt deze geprint op de weegstaat en zal de mengmeester in moeten grijpen om het teveel of te weinig gedoseerde materiaal te corrigeren (figuur 7.8).



Figuur 7.8 Beeldscherm doseerinstallatie betoncentrale

7.1.4.3 Cement

Voor het afwegen van cement moet altijd een apart weegwerktuig aanwezig zijn. De aanwijzing van de cementweiger moet zodanig zijn opgesteld, dat de mengmeester kan controleren of de juiste massa wordt afgewogen en of de weegbak volledig is gelegeerd. De toegestane onnauwkeurigheid is $\pm 1,5\%$ ten opzichte van de beoogde waarde.

7.1.4.4 Water

Water kunnen we afmeten door middel van een geijkte watermeter of afwegen in een weegbak. Bij het opbouwen van een installatie is het verstandig er rekening mee te houden dat er behoefte kan bestaan gerecycled (slib) water en/of warm water te doseren. De toegestane onnauwkeurigheid bij het doseren is $\pm 2\%$ ten opzichte van de beoogde waarde.

7.1.4.5 *Hulpstoffen*

Er bestaan verschillende methoden om hulpstoffen te doseren. Maatcilinders voor het volumetrisch doseren zijn vele jaren in gebruik geweest, maar in de huidige centrales worden de hulpstoffen afgewogen of afgemeten met eveneens geijkte weeg- of meetapparatuur. Dat kunnen ook doorstroommeters zijn. Dit maakt het mogelijk de gedoseerde hoeveelheden automatisch te registreren.

Het is van belang de apparatuur regelmatig te controleren en aankoeken van hulpstofresten te voorkomen. Bij hulpstoffen is de toegestane onnauwkeurigheid van doseren $\pm 3\%$ van de beoogde waarde.

7.1.4.6 *Vulstoffen*

Voor het doseren van poedervormige vulstoffen geldt hetzelfde als voor het doseren van cement. De toegestane onnauwkeurigheid van doseren is echter $\pm 2\%$ ten opzichte van de beoogde waarde.

Silica fume-slurry zal gewoonlijk volumetrisch worden gedoseerd. Een goede methode is om de slurry aan het aanmaakwater toe te voegen. Dit vereenvoudigt een goede menging van de betonspecie.

7.1.4.7 *Computergestuurde betoncentrales*

Nieuwe betoncentrales worden vrijwel altijd uitgerust met computerbesturing van het gehele productieproces. In het computergeheugen kan een groot aantal basisrecepten worden opgeslagen. Na het invoeren van een aantal gegevens over de samenstelling, worden de betreffende charges automatisch afgewogen. Er zijn voorschriften opgesteld voor *weegautomaten*, waardoor het hele weegproces, inclusief de toetsing met het ingevoerde recept, kan worden beoordeeld. Bij deze betoncentrales worden alle wegingen geregistreerd. Hierdoor is achteraf controle mogelijk op elke geproduceerde charge betonspecie (figuur 7.9).

Periode : 29-12-2011 - 30-12-2011										
Bon: 29122011 (23285)		Truckmixer		1048		Lading:		10.00		
Weeglijstcode C25A2F432J 35100		Laadtijd:		16:25:49 (29-12-2011)		Maken:		10.00		
Weeglijst C25A2F432J		Vertreksin:		16:31:53		Afloop:		Default (NAT)		
Materiaal		Charge 1: 3.33 m ³ w.c.: +0kg/m ³			Charge 2: 3.34 m ³ w.c.: +0kg/m ³			Charge 3: 3.33 m ³ w.c.: +0kg/m ³		
		Gewenst	Gedoseerd	Afwijking	Gewenst	Gedoseerd	Afwijking	Gewenst	Gedoseerd	Afwijking
A510 Rvierzand 0/4	2.4%	2780	2780kg	0 %	2790	2780kg	-0.4 %	2780	2780kg	0 %
A580 Rvlergrind 4/32	1.5%	3560	3550kg	-0.3 %	3570	3580kg	0.3 %	3560	3550kg	-0.3 %
C680 CEM III/B42.5N		1098	1100kg	0.2 %	1102	1100kg	-0.2 %	1098	1100kg	0.2 %
W510 Water	0.0°C	432	432kg	0 %	433	432kg	-0.2 %	432	432kg	0 %
G560 Cretoplast SL-01/35 SP		5.50	5.50kg	0 %	5.50	5.50kg	0 %	5.50	5.50kg	0 %
								Totaal	kg/m ³	Afwijking
								8340	830	-0.1 %
								10680	1070	-0.1 %
								3300	330	
								1296	130	0.0 %
								16.50	1.65	-0.1 %
<hr/>										
Bon: 30122011 (23286)		Truckmixer		1345		Lading:		13.00		
Weeglijstcode C25A2F432J 35100		Laadtijd:		16:29:26 (29-12-2011)		Maken:		13.00		
Weeglijst C25A2F432J		Vertreksin:		16:35:40		Afloop:		Default (NAT)		
Materiaal		Charge 1: 4.33 m ³ w.c.: +0kg/m ³			Charge 2: 4.34 m ³ w.c.: +0kg/m ³			Charge 3: 4.33 m ³ w.c.: +0kg/m ³		
		Gewenst	Gedoseerd	Afwijking	Gewenst	Gedoseerd	Afwijking	Gewenst	Gedoseerd	Afwijking
A510 Rvierzand 0/4	2.4%	3610	3620kg	0.3 %	3620	3620kg	0 %	3610	3620kg	0.3 %
A580 Rvlergrind 4/32	1.5%	4630	4150 (d)	-10.4 %	4640	4400 (d)	-5.2 %	4630	4500 (d)	-2.8 %
C680 CEM III/B42.5N		1428	1430kg	0.1 %	1432	1436kg	0.3 %	1428	1424kg	-0.3 %
W510 Water	0.0°C	561	562kg	0.2 %	563	562kg	-0.2 %	561	562kg	0.2 %
G560 Cretoplast SL-01/35 SP		7.15	7.25kg	1.4 %	7.05	7.00kg	-0.7 %	7.25	7.25kg	0 %
								Totaal	kg/m ³	Afwijking
								10860	840	0.1 %
								13050	1000	0.0 %
								4290	330	
								1686	130	0.0 %
								21.50	1.65	0.1 %
Legenda: (d)= doseer afwijking										

Figuur 7.9 *Overzicht afgewogen grondstoffen*

7.1.5 Mengen

Het doel van het mengen is de grondstoffen zo gelijkmatig mogelijk over het mengsel te verdelen, opdat een homogene structuur ontstaat. De intensiteit van de menging heeft invloed op de effectiviteit van het cement. Door er voor te zorgen dat elk cementdeeltje in aanraking komt met water en eventueel hulpstof is het mogelijk een homogene cementlijm te vormen. Deze cementlijm moet op zijn beurt alle korrels toeslagmateriaal omhullen en bovendien gelijkmatig over het mengsel worden verdeeld.

Bij sommige fabrieken wordt dit proces bijna letterlijk in de praktijk gebracht. Daar heeft de menging plaats in twee en soms zelfs meer stappen van fijn naar grof.

De tijd die nodig is om betonspecie tot een gelijkmatig mengsel te mengen, hangt af van:

- het type menger;
- de volgorde en wijze van doseren van de grondstoffen in de menger;
- de gebruikte grondstoffen;
- de verwerkbaarheid van het mengsel;
- de mate van vervuiling van de menger;
- de mate van slijtage van de mengschoepen.

Het is dus van groot belang een menger regelmatig te onderhouden. Dat betekent dat de menger niet alleen steeds na gebruik moet worden gereinigd, maar dat ook de slijtage van de schoepen regelmatig moet worden gecontroleerd.

7.1.5.1 *Mengprocedure*

Als de grondstoffen in parallelle stromen en gelijkmatig in de *menger* worden gedoseerd, is er in feite al sprake van een soort voormenging. Dit zal het mengen daarna eenvoudiger maken en daardoor de mengtijd kunnen bekorten.

Dit is niet bij alle installaties mogelijk. Door een verkeerde doseervolgorde te kiezen, kan het echter moeilijk worden om de grondstoffen tot een homogene betonspecie te vermengen. Het is mogelijk dat er dan kluiten specie of zelfs kluiten cement in het mengsel ontstaan. Het meest gebruikelijk is, dat eerst de toeslagmaterialen worden gedoseerd, daarna het cement (en vulstof) en vervolgens het water, al of niet aangevuld met hulpstoffen.

In het algemeen vragen minder plastische en heel stabiele mengsels (zoals voor hogesterktebeton, wegebouw beton en zelfverdichtend beton) een langere mengtijd.

Betonspecie met luchtbelvormer en betonspecie met licht toeslagmateriaal vragen eveneens meer mengtijd. Een optimale korrelgrootteverdeling van het toeslagmateriaal verkort de benodigde mengtijd. Rond toeslagmateriaal vraagt minder mengenergie dan gedeeltelijk gebroken of volledig gebroken materiaal.

Twee praktijkvoorbeelden ter illustratie.

De samenstelling van beton in hoge sterkteklassen wordt gekenmerkt door een zeer laag watergehalte en relatief hoge hulpstoffdoseringen. Wanneer alle ingrediënten gelijktijdig in de menger worden gebracht is een lange mengtijd nodig en bestaat het risico dat vrij grote 'ballen' ontstaan. Door bij dit soort mengsels een gedeelte van het toeslagmateriaal even 'vast te houden', ontstaat een veel gemakkelijker te mengen relatief waterrijk mengsel. In een tweede mengstap kan het resterende toeslagmateriaal dan snel worden bijgemengd.

Een ander aandachtspunt levert de verwerking van poedervormige toeslagstoffen in slurryvorm. Dit is vaak het geval bij kleurstoffen en silica fume. Wanneer deze stoffen in de menger in contact komen met het nog droge cement, wordt het water snel aan de slurry onttrokken en ontstaan kleine kluitjes die zich niet eenvoudig meer laten verpulveren.

Het is duidelijk dat er dan van de bedoelde werking van de silica fume of kleurstof weinig terecht komt! In dit geval zullen de slurry's een aantal seconden na de andere grondstoffen worden gedoseerd.

Bij het mengen van de eerste charge in een schone menger moeten we rekening houden met het zogenoemde 'vertinnen' van de menger. Dat wil zeggen dat een gedeelte van het mengsel, waaronder vooral de fijne delen, de cementlijm en het zand, aan wand en schoepen blijven kleven. Bij de eerste charge moeten we daarom wat extra cement, water en zand toevoegen.

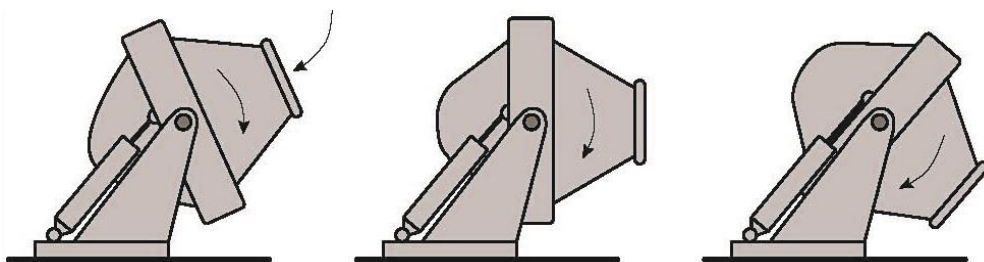
7.1.5.2 Soorten menger

We onderscheiden drie soorten betonmengers: vrije val- of trommelmengers, dwangmengers en trogmengers.

Vrije val- of trommelmengers

Bij vrije valmengers heeft het mengen plaats in een trommel, die aan de binnenzijde is voorzien van vaste schoepen. Deze voeren het te mengen materiaal tijdens het ronddraaien van de trommel mee omhoog, totdat het materiaal naar beneden valt. Tot de groep vrije valmengers behoren kantelmengers, mengers met een horizontale as en truckmixers.

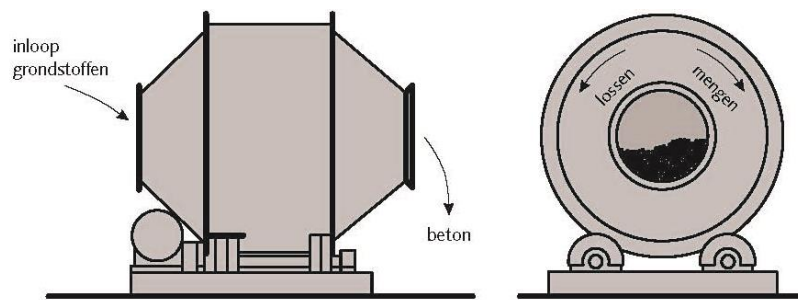
Bij kantelmengers is de opening zowel voor het vullen als voor het lossen bestemd. De trommel, die om zijn as kan draaien, is opgehangen in een wiegconstructie die om een horizontale as kan kantelen (figuur 7.10). De menger wordt gevuld met de opening van de trommel schuin omhoog gericht. Na het vullen heeft het mengen plaats, waarbij de trommel óf in de vulstand blijft staan óf in horizontale stand wordt gedraaid. Bij het lossen wordt de opening van de trommel uiteraard naar beneden gericht. Een kleine uitvoering van dit type menger wordt vaak op bouwwerken gebruikt voor het mengen van beton- of metselspecie.



Figuur 7.10 Vrije valmenger.

Een ander type vrije valmenger is de menger met een horizontale as. Deze werkt eveneens volgens het principe van de vrije val. Bij deze mengers draait de trommel meestal op horizontale steunrollen.

Aan de achterzijde van de trommel bevindt zich de vulopening en aan de voorzijde de losopening. De draairichting voor het vullen en mengen is tegengesteld aan die voor het lossen (figuur 7.11 en 7.12). Deze mengers worden vaak gebruikt in betoncentrales. De mengcapaciteit varieert dan van 2 tot wel 6 m³ per charge.



Figuur 7.11 Vrije valmenger met horizontale as.



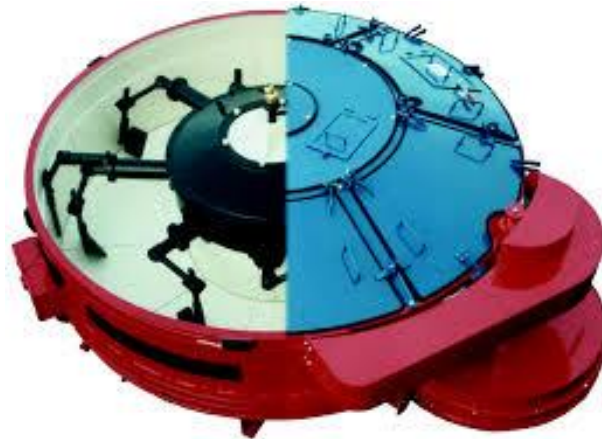
Figuur 7.12 Opstelling twee vrije valmengers in betoncentrale.

Ook een truckmixer lijkt op een vrije valmenger, maar deze truckmixerketels hebben een schuine in plaats van een horizontale as en slechts één opening. Het legen van de mixer gebeurt door de ketel in omgekeerde richting te laten draaien.

Dwangmengers

Bij dwangmengers heeft het mengen plaats in een bak, door onafhankelijk van de bak bewegende schoepen. Er zijn typen met stilstaande en met draaiende bak. De bak wordt van bovenaf gevuld en gewoonlijk via een schuif in de bodem of in de zijwand gelost. Door de ronddraaiende beweging van de mengschoepen, al of niet in combinatie met het ronddraaien van de bak, worden de grondstoffen gemengd.

Na het openen van de losschuif wordt de betonspecie door de schoepen uit de opening gewerkt (figuur 7.13). Het mengen in een dwangmenger wordt wel 'geforceerde menging' genoemd. Een bijzonder type dwangmenger is de meerfasenmenger. Bij dit type draait ook de bak mee, in tegengestelde richting aan de schoepen.

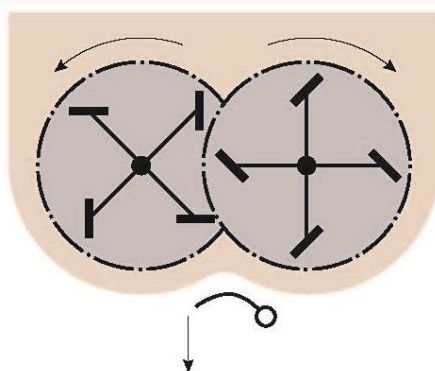


Figuur 7.13 Dwangmenger

Op meerfasenmengers bevinden zich, evenals bij een gewone dwangmenger, één of twee mengsterren of -schoepen. Bovendien zijn deze mengers voorzien van één of twee rotoren die snel kunnen ronddraaien. In deze menger wordt eerst het cement, zand en water voorgemengd met behulp van de snel draaiende rotoren. Vervolgens worden de rotoren opgetrokken uit de bak en wordt het grove toeslagmateriaal gedoseerd. De verdere menging heeft dan met behulp van de mengschoepen plaats. Het mengen van de mortelspecie met de rotoren kan zeer snel en intensief plaatshebben, omdat de rotoren met een groot vermogen worden aangedreven.

Trogmenger en continuumenger

Bij trogmengers heeft het mengen plaats in een horizontaal opgestelde, dubbelcilindervormige bak. Hierin draaien twee van schoepen voorziene, horizontale assen tegen elkaar in. De menger wordt gelost via een losopening in de bodem (figuur 7.14). De trogmenger is een zeer effectieve menger die we zowel in de betonmortel als in de betonelementenindustrie regelmatig tegenkomen. De capaciteit is meestal 2 á 3 m³.



Figuur 7.14 Trogmenger

De continuumenger lijkt op de trogmenger. Ook hierbij wordt gemengd in een horizontaal opgestelde, cilindervormige bak waarin schoepen om een horizontale as ronddraaien. Aan de ene kant van de cilinder wordt de menger continu gevuld, aan de andere kant komt de gemengde specie er continu uit (figuur 7.15). De inhoud van de menger is hierdoor meestal

gering. De continuumenger wordt vrijwel uitsluitend toegepast in speciale productieprocessen voor cementgebonden producten zoals metselspecie.

Een ander type menger wordt vaak turbo- of mortelmenger genoemd. Deze mixers bestaan uit een bak, waarin een schoep, die aan een verticale as is bevestigd, zeer snel ronddraait. Van dit mengertype bestaan talloze varianten.

In deze mixers wordt gewoonlijk alleen cementpasta, al of niet tezamen met fijn zand of hulpstoffen gemengd. Deze mixers worden bijvoorbeeld gebruikt voor de aanmaak van injectiespecie of in productie-eenheden waarbij het mengproces in een aantal stappen is opgedeeld en de cementpasta wordt voorgemengd.



Figuur 7.15 Continuumenger onder silo voor mortelspecie.

7.1.5.3 *Betonproductie: nat, semi-nat en droog*

Er worden drie typen betonmortelbedrijven onderscheiden:

- natte centrales, waar alle grondstoffen niet alleen worden afgewogen, maar ook in een stationair opgestelde menger worden gemengd;
- droge centrales, waar de grondstoffen alleen worden afgewogen. Het mengen gebeurt in de truckmixer voordat met het transport wordt begonnen, dus op het fabrieksterrein;
- semi-natte centrales. Bij deze tussenvorm van droge en natte centrales wordt de stationaire menger gebruikt voor het mengen van cement, zand, water en eventuele hulpstoffen. Het mengen van de mortelspecie met het grove toeslagmateriaal gebeurt dan in de truckmixer. Doordat het grind ($\pm 45\%$ van het volume van het mengsel) buiten de menger blijft neemt de chargegrootte enorm toe.

De keuze voor de wijze van produceren heeft grote invloed op de maatregelen die getroffen moeten worden om het productieproces te beheersen. In een natte betoncentrale hebben alle processen binnen één unit plaats en kunnen optimaal maatregelen worden ingebouwd voor de beheersing van het proces.

In een semi-natte centrale kunnen met adequate aanvullende controles (bijvoorbeeld op het vochtgehalte van het grove toeslagmateriaal) en maatregelen in het proces goede resultaten worden bereikt.

De droge centrale wordt nog slechts incidenteel gebruikt.

7.1.6 Transport van betonspecie

Het transport van de gemengde betonspecie naar het werk heeft meestal plaats met truckmixers. De trommels op de truckmixers draaien langzaam rond (agiteren) om ontmenging van de betonspecie te voorkomen.

Droge en aardvochtige mengsels kunnen ook met open bak vrachtwagens worden vervoerd, als de transportafstand niet te groot is.

De capaciteit van truckmixers varieert tussen 6 en 15 m³ betonspecie (figuur 7.16)



Figuur 7.16 Truckmixer.

Het aantal truckmixers dat wordt ingezet is afhankelijk van:

- de inhoud van de truckmixer;
- de stortcapaciteit van de pomp of kubel op de bouwplaats;
- het aantal storteenheden op de bouwplaats;
- de rijafstand van de truckmixers;
- de (ongewenste) wachttijd op de bouwplaats;
- de filegevoeligheid van het verkeer;
- het tijdstip op de dag.

Zodra er zich op de bouwplaats stagnaties in het storten voordoen, is het belangrijk dat de productie leider van de betoncentrale zo snel mogelijk daarover wordt geïnformeerd. De productie kan dan tijdelijk worden onderbroken om het onnodig wachten van truckmixers op de bouwplaats te voorkomen.

Truckmixerchauffeurs krijgen altijd een afleveringsbon mee, waarop de kenmerken van het betonmengsel zijn vastgelegd.

Deze kenmerken zijn bij *levering op prestatie-eisen* onder meer:

- sterkteklasse en milieuklasse;
- consistentieklasse;
- grootste korrelafmeting (indien voorgeschreven);
- cementsoort en sterkteklasse (indien voorgeschreven);
- hoeveelheid beton van deze mixer en de totaal geleverde hoeveelheid;

- tijdstip van laden;
- gebruik van hulpstoffen of vulstoffen (indien voorgeschreven).

Bij *levering op samenstelling* bevat de afleveringsbon alleen gegevens over de gekozen grondstoffen. Deze zijn van te voren met de opdrachtgever overeengekomen.

De chauffeur moet erop toezien dat er geen verandering aan de betonsamenstelling worden uitgevoerd. Als men op de bouwplaats vraagt om er water in de mixer bij te doen, zal hij altijd contact opnemen met de betontechnoloog en van de betreffende uitvoerder een handtekening vragen. Daarmee voorkomt men discussie achteraf dat de betonspecie een te hoge consistentie had en de sterkte lager werd.

7.2 Betonproductenindustrie

Het vervaardigen van betonspecie voor de betonproductenindustrie is in veel opzichten te vergelijken met die voor de betonmortelindustrie. Er zijn soms ook grote verschillen. Deze zijn vaak sterk afhankelijk van het te vervaardigen product. De diversiteit in producten is groot en daarom is het in het kader van deze cursus niet mogelijk om alle specifieke verschillen te bespreken.

Het belangrijkste verschil met de betonmortelindustrie is echter dat voor die industrie de betonspecie het eindproduct is, terwijl voor de betonproductenindustrie het betonelement het eindproduct is. Dat heeft tot gevolg, dat na het afleveren van de betonspecie in de fabriek het proces van verwerken, verharden en transporteren van de producten extra activiteiten zijn, die mede bepalend zijn voor de kwaliteit van het eindproduct.

We beperken ons tot de belangrijkste overeenkomsten en verschillen en doen dit aan de hand van de indeling zoals die voor de betonmortelindustrie is aangehouden in 7.2.

7.2.1 De productie-unit (betoncentrale)

De aanvoer en opslag van grondstoffen is vergelijkbaar met die voor de betonmortelindustrie. De diversiteit aan te vervaardigen producten is meestal beperkt tot een paar recepten, die dagelijks moeten worden gemaakt.

Vele fabrieken beschikken over een eigen productie-unit, maar het komt ook voor dat deze gecombineerd zijn met een betoncentrale. Daarnaast zijn er ook fabrikanten die de betonspecie laten vervaardigen en leveren door een externe betoncentrale.

7.2.2 Het transport van de grondstoffen van opslag naar fabriek

Deze komt overeen met de betonmortelindustrie.

7.2.3 Doser en wegen en transport naar de menger

Ook dit is vergelijkbaar met de betonmortelindustrie, maar een opvallend verschil is wel dat de mengers voor de betonproductenindustrie veelal kleiner zijn dan die voor de betonmortelindustrie. Dit vraagt kleinere charges en dus kleinere weeg- en meetwerktuigen.

7.2.4 Mengen

De soorten mengers zijn meer verschillend dan voor de betonmortelindustrie. In diverse producten kan een droge of aardvochtige specie worden verwerkt, omdat de malen voorzien kunnen zijn van zware trilmotoren. Daarom krijgt een dwangmenger of een trogmenger de voorkeur. De betonspecie wordt altijd 'nat' ofwel compleet gemengd afgeleverd.

De laatste jaren is het gebruik van zelfverdichtend beton in de betonproductenindustrie sterk toegenomen. Voor het vervaardigen van zelfverdichtend beton heeft de trogmenger de voorkeur.

7.2.5 Transport van betonspecie

De afstand van de productie-unit naar de plaats van verwerken is in de meeste gevallen zeer kort. Er zijn gevallen dat de productie-unit in dezelfde ruimte staat als de malen waarin de specie moet worden gestort.

Dit betekent dat er geen gebruik hoeft te worden gemaakt van truckmixers. Platte wagens worden soms ingezet bij het verwerken van droge of aardvochtige betonspecie. Maar bij de meeste fabrieken zien we het gebruik van een monorail met een kubel eronder of het gebruik van transportbanden.

Het transporteren van zelfverdichtend beton vraagt extra aanpassingen aan de kubel. Afhankelijk van het mengsel is in de kubel een mengarm aanwezig welke ontmenging tijdens het transport voorkomt.

Dergelijke betonspecie kan niet met een transportband worden verplaatst.

