

Koepelvormige mestopslagsilo van spuitbeton

P. B. Hangelhroek (onderzoeker IMAG)

J. van Geneijgen (onderzoeker PR)

In 1989 is op ROC Cranendonck een koepelvormige silo gebouwd van spuitbeton voor de opslag van rundermengmest. Bij de bouw is gebruik gemaakt van een kunststofmal waarin een overdruk werd aangebracht. Het beton werd aan de binnenzijde van de mal tegen de wapening gespoten. De wapening was bevestigd aan een eerst aangebrachte laag poly-urethaanschuim. Het spuiten van het beton is niet vakkundig uitgevoerd. Het beton is te poreus. Nagegaan wordt in hoeverre de silo toch nog gebruikt kan worden voor mestopslag.

Door het IMAG is in 1985 een mestsilo ontworpen, waarbij door integratie van dak en wand een emissievrije silo kan ontstaan. Hiertoe worden silo's in de vorm van een halve bol gemaakt. Een met polyesterweefsel gewapend kunststofdoek, gevuld met lucht onder druk (een z.g. blaashal) wordt als mal gebruikt. Aan de buitenzijde wordt spuitbeton met een staalwapening aangebracht. Na verharding van het beton, kan het kunststofdoek worden verwijderd en opnieuw gebruikt. De gassen die in de silo ontstaan kunnen door de afgesloten bolvorm niet meer ontsnappen. In 1886/187 is in Odiliapeel op het bedrijf van de heer Boeyen een mestsilo met een inhoud van 700 m³ gebouwd, als prototype van bovengenoemde methode. Tot nu toe voldoet deze silo uitstekend. De gassen worden naar een biobed geleid en dan biologisch afgebroken. De bouwkosten van silo's van het genoemde emissievrije systeem, zijn 10-15 % hoger dan die van traditionele silo's met overkapping. Deze hogere kosten zijn vooral een gevolg van de grote weersafhankelijkheid van het

buiten werken met spuitbeton. De relatief kostbare spuitapparatuur moet dan langer dan voorzien worden ingezet.

Door een Amerikaans bedrijf (International Dome Systems APA Inc.) uit Chicago en Ballast-Nedam b.v. te Amstelveen is, in navolging van de IMAG-bouwmethode, een idee uitgewerkt voor mestsilo's waarbij op een blaashal in bolvorm van binnenuit op een staalwapening spuitbeton wordt aangebracht. Op ROC Cranendonck is door Ballast-Nedam b.v. de eerste silo volgens dit systeem gebouwd.

Halve bolvorm

Een blaashal krijgt zijn stabiliteit en vormvastheid door overdruk in de doekconstructie. Hierdoor ontstaan er altijd bolle vormen. Een eenvoudige vorm is de halve bol. Deze halve bolvorm met een inhoud van 700 m³, is ook voor de silo op ROC Cranendonck gekozen. De bodem heeft een diameter van 14 m en de hoogte is 7 m. Bij het ontwerp van de bodem is uitgegaan van een draagkrachtige ondergrond en een grondwaterstand op ca. 0.50 m onder maaiveld. De bodem is als plaat gemaakt met een gering afschot naar het midden in verband met de afvoer van de mest. De ligging van de vloer is net boven het grondwaterpeil ter voorkoming van grote opwaartse waterdruk bij een lege silo. De bodem dient tevens als fundering en verankering van de silowand.

Nat of droog

Er zijn twee methoden bekend om op de bouwplaats beton te spuiten, nl. de natte en de droge methode. Bij de droge manier van spuiten (dit is in Nederland de meest toegepaste) wordt het cement en het zand in droge vorm onder druk naar



Bij de silo in Odiliapeel werd op de buitenzijde van de mal beton gespoten volgens de droge methode.

de spuitkop gevoerd. Volgens het inzicht van de spuitspuit wordt de juiste hoeveelheid water gedoseerd. Door de relatief grote ervaring, o.a. opgedaan bij de Oosterscheldewerken, is de droge spuitmethode nog steeds de meest betrouwbare. Een bezwaar is echter, dat het spuiten tamelijk langzaam gaat (4 à 5 m³ per dag). Er gaat ook veel materiaal verloren doordat het terugslaat van de mal.

De natte methode werkt veel sneller (10 à 15 m³ per dag). De kant en klaar gemengde mortel wordt bij de betoncentrale besteld en direct op de bouwplaats verwerkt. De mortel wordt onder hoge druk gespoten maar de terugslag is relatief klein. Een probleem is, dat de kwaliteitscontrole door de hoge verwerkingssnelheid en de eventuele ontmenging van de mortel moeilijk uit te voeren is.

Voor het werken met de droge spuitmortel is in Nederland een aantal gediplomeerde mensen beschikbaar bij de gespecialiseerde bedrijven. Dit is voor het verwerken van de natte spuitmortel niet het geval, zodat men afhankelijk is van buitenlandse vakkennis.

Natte methode op Cranendonck

Bij de methode van Dome Systems, wordt eerst een vloer gestort van gewapend beton met aan de buitenrand opgebogen wapening (ca. 1 m hoog) voor de aansluiting van de wand aan de vloer. Vervolgens wordt de opgebogen wapening aan de rand van de vloer naar binnen toe plat gebogen en over de vloer wordt een dunne kunststoffolie gelegd. Hierna wordt het benodigde steigermateriaal in losse onderdelen op de vloer gelegd en de mal erover uitgerold. De mal wordt dan rondom aan de vloer bevestigd. Nu kan de mal worden opgeblazen met een gemiddelde overdruk van ca. 25 mm waterkolom. Als de opgeblazen constructie enige tijd (bijv. een etmaal) op druk heeft gestaan zodat de doekconstructie de grootste rek heeft doorgemaakt, wordt er aan de binnenzijde van de mal ca. 25 mm dik polyurethaanschuim (PUR-schuim) gespoten. In de eerste laag PUR-schuim worden de ankers voor het ophangen van de wapening gedrukt, waarna ze worden vastgespoten met een tweede laag PUR-schuim. Behalve voor de ophanging van de verankering van de wapening dient het PUR-schuim ook voor het stabiel maken van de opgeblazen constructie. Die zou kunnen gaan bewegen bij het onder hoge druk opbrengen van het spuitbeton. Als de platgebogen randwapening weer verticaal gezet is, kan de wapening worden opgehangen. Wanneer de gehele wapening op de wand is vastgezet, wordt met het spuiten van het beton aangevangen. De

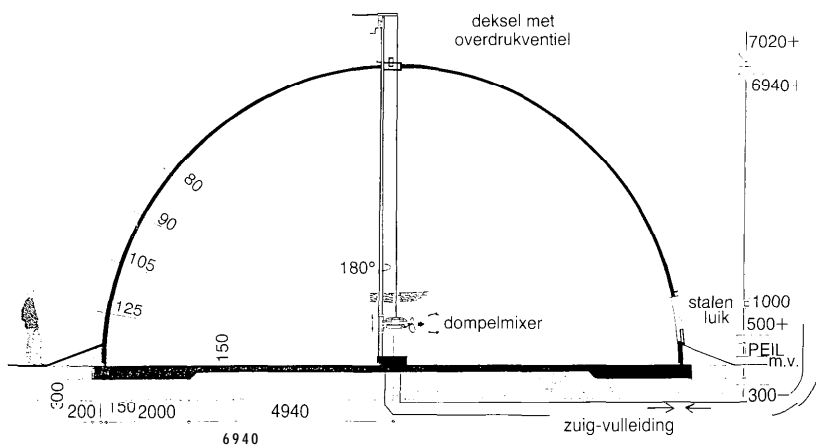


Bij de silo op ROC Cranendonck werd het beton aan de binnenzijde van de mal tegen de wapening gespoten volgens de natte methode.

manier van spuiten van het Amerikaanse bouwstelsel berust op de natte methode. Het onderste gedeelte van de wand is ongeveer 150 mm dik terwijl de wanddikte bovenin de silo ca. 90 mm kan zijn. Na het voltooiën van het spuiten kan de mal al dan niet worden verwijderd. Wordt de mal weggehaald, dan komt het PUR-schuim in het zicht. PUR-schuim is niet weerbestendig zodat een coating moet worden aangebracht.

Beton poreus

Er hebben zich geen problemen voorgedaan met het maken van de gewapend betonvloer en het aanbrengen en opblazen van de mal van kunststoffolie. Na het aanbrengen van het PUR-schuim en de wapening, kon met het spuiten van het natte beton worden begonnen. Het betonspuiten is, hoewel er een vakman uit Duitsland op de bouwplaats aanwezig was, met te grote snelheid en met te weinig ervaren personeel uitgevoerd. Daardoor zijn er veel luchtinsluitingen in het beton gekomen. Het beton voldoet niet aan de Bouwtechnische Richtlijnen voor Mestopslag (BRM). Uit onderzoek op boorkernen uit de silo blijkt, dat het beton veel te poreus is en dan ook een zeer grote wateropname bezit. Dit was de reden, dat de silo niet kon worden opgeleverd. Om de constructie toch nog aan de BRM te laten voldoen, heeft Ballast-Nedam een nieuwe binnenschil van E.C.C.-spuitmortel aangebracht. E.C.C. staat voor epoxy-cement-concrete; dit is een cementgebonden spuitmortel waaraan kunstzand is toegevoegd. Hoewel verwacht mocht worden dat de wand nu aan de BRM zou voldoen, gaf nieuw onderzoek weer een slecht resultaat. Ballast-Nedam heeft vervolgens aan ROC Cranendonck een gunstige schikking aangeboden voor de afwikkeling van de bij de bouw gemaakte kosten.



Figuur 1 Mestkoepel met vast opgestelde dompelmixer, inhoud 600 m³.

Toch mest in silo

Ondanks het feit dat het beton niet voldoet aan de BRM wordt er toch mest in opgeslagen en wordt de gebruikswaarde in de gegeven situatie nagegaan. De mest wordt naar de silo gepompt door een ondergrondse leiding die in het midden van de silovloer uitmondt en daar 10 cm boven uit steekt. Aan de buitenkant van de silo is in deze leiding een vulleegsysteem met afsluiters, beluchtingskraan en overloop naar een morspunt aangebracht.

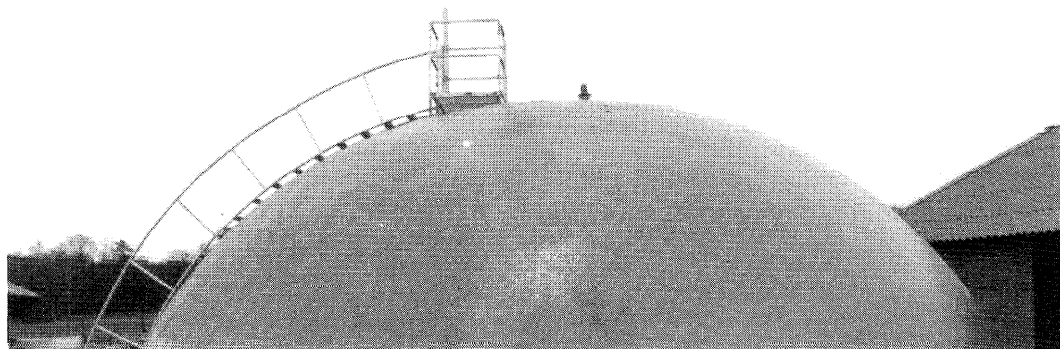
De mest wordt gemengd met een dompelmixer die in het midden van de silo is opgesteld (Figuur 1). Eind januari was de silo bijna vol. Er is toen ook gemixt en dat ging goed.

Erisgeenlekkageofvochtdoorslagwaargenomen. DoordePUR-schuimlaag is dat ook moeilijk te zien. Erkonechteregeenvochtafvoeropdegrond worden geconstateerd. Getracht wordt de vrijkomende gassen in een biobed biologisch af te breken.

Wel toekomst voor nat spuiten

Hoewel er enkele voordelen te noemen zijn, die

pleiten voor het spuiten van beton op de binnenzijde van de opgeblazen mal, is de gekozen uitvoeringswijze voor relatief kleine silo's (500-1500 m³) om uitvoeringstechnische redenen niet zo geschikt. Het benodigde steigerwerk, de aanvoerslangen voor het spuiten en de mensen nodig voor het afvoeren van het bij het spuiten neergeslagen materiaal maken een vlotte verwerking van het spuitbeton in een beperkte ruimte vrijwel onmogelijk. Hier weegt het weersonafhankelijk zijn door binnen te werken, niet tegenop. Het nat spuiten van beton is in de praktijk moeilijker dan was voorzien. De verwachting is echter, dat ook in Nederland de snellere natte spuitmethode toch van de grond zal komen. Dan is wellicht mogelijk om beton, aan de buitenzijde van een opgeblazen bekisting waarop eerst een wapening is aangebracht, met de natte methode te spuiten. Daarna kan de mal worden verwijderd en opnieuw worden gebruikt. De bouwkosten van deze silo's worden dan naar verwachting concurrerend met de prijs van traditionele mestsilo's met een afdekking.



De voltooide silo met ladder naar een platform met inspectieluik.