

## Samenvatting

In het proces van behandelen, opslaan en overslaan van bulkgoederen wordt meer en meer aandacht vereist voor milieuaspecten, en in het bijzonder aan stof- en geluidsvervuiling.

Deze extra aandacht leidt tot onderzoek naar mogelijke oplossingen om stofverlies tijdens het behandelen van bulkgoederen te minimaliseren en resulteert in de volgende onderzoeksvraag: *"Kunnen numerieke methoden zoals Computational Fluid Dynamics worden gebruikt om stofvorming bij het behandelen, opslaan en overslaan van bulkgoederen te analyseren?"*

Allereerst zijn de basisprincipes van Computational Fluid Dynamics software onderzocht: CFD gebruikt de Navier-Stokes vergelijkingen van behoud van massa, impuls en soms ook energie om een stromingsveld dat gesimuleerd dient te worden te berekenen. Daarnaast werd het algemene vermogen van CFD om deeltjestransport in een gasstroming te simuleren onderzocht: op de schaal van deeltjes maakt CFD gebruik van Discrete Element Modeling om banen en botsingen van de deeltjes te simuleren. De belangrijkste keuzes en variabelen die dienen te worden vastgesteld om een correcte simulatie te doen plaatsvinden zijn ook onderzocht.

Vervolgens is het gebied van sedimentvorming door middel van wind onderzocht: het vormingsproces van duinen werd beoordeeld als zeer vergelijkbaar aan een luchtstroming langs een storthoop van bulkgoederen. De basistypen van stromingen zijn gegeven, als ook de verschillende processen van het oppakken van de deeltjes, het transport en het neerdalen. Ook zijn de krachten die werken op de individuele deeltjes vastgesteld, net zoals factoren als vocht en begroeiing die een invloed kunnen hebben op de drempel van het meenemen van de deeltjes. Op een kleinere schaal zijn de belangrijkste karakteristieken van deeltjes waaruit bulkgoederen bestaan behandeld en de invloed die deze karakteristieken hebben op de bulkgoederen.

Om de gevonden literatuur in te delen in het gebied van stofvorming bij behandeling van bulkgoederen, is de cyclus van behandeling van bulkgoederen kort samengevat. Vervolgens zijn vier praktijksituaties uitgekozen die beoordeeld werden als de gevallen met de hoogste graad van stofvorming tijdens de behandeling van bulkgoederen: bandtransport, pneumatisch transport, storten van bulkgoederen en opslag in storthopen.

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden kan worden geconcludeerd dat CFD inderdaad kan worden gebruikt om stofvorming bij het behandelen van bulkgoederen te analyseren, maar dat het niveau van onderzoek nog niet toe is aan het adequaat simuleren van alle fenomenen die

optreden bij stofvorming. In sommige gebieden kunnen alleen kwalitatieve uitspraken worden gedaan met betrekking to stofvorming; deze uitspraken zijn gebaseerd op een gesimuleerd stromingsveld, terwijl er in andere gevallen technieken gebruikt kunnen worden om stofvorming op de schaal van individuele deeltjes te simuleren. Deze conclusie resulteert in een verdeling van simulaties van stoftransport in twee categoriën: de eerste maakt alleen gebruik van CFD, waar kwalitatieve en kwantitatieve uitspraken kunnen worden gedaan over het stromingsveld; gebruik makend van deze informatie kunnen er alleen kwalitatieve uitspraken worden gedaan over stoftransport. De tweede categorie is een combinatie van CFD en DEM, in welk geval de deeltjes daadwerkelijk in de simulatie worden meegenomen en kwalitatieve als ook kwantitatieve uitspraken over het onderwerp gedaan kunnen worden.

Een andere belangrijke conclusie is dat, vanwege de beperkte beschikbaarheid van experimentele data, een groot gedeelte van de CFD simulaties gebruik maakt van dezelfde experimentele resultaten om de simulaties te valideren: dit resulteert in een niet-proportionele invloed van bepaalde experimentele resultaten op de simulaties, waardoor fouten in experimentele resultaten misschien ten onrechte worden gemodelleerd en gevalideerd in CFD simulaties.

Een interessante aanbeveling is dat het waarschijnlijk een goed begin zou zijn om te onderzoeken of het mogelijk is om de CFD-DEM modelleringstechnieken die gebruikt worden bij het simuleren van pneumatisch transport ook op enige manier toepasbaar zijn bij het simuleren van opslag van bulkgoederen in storthopen. Daarnaast wordt het aanbevolen om verder te onderzoeken wat de invloed is van de verschillende parameters die worden gebruikt bij het bouwen van de CFD en DEM modellen, omdat géén van de gevonden onderzoeken een compleet beeld biedt van de keuzes die zijn gemaakt als ook een complete inschatting van de invloed van deze keuzes op de gemodelleerde resultaten.