

## Samenvatting

De doelstelling van deze studie is om een concept ontwerp te ontwikkelen voor een vertroebelingsbeperkend systeem. Het nieuwe ontwerp dient de problemen die de klant van IHC Parts & Services hebben met het huidige systeem, de milieuklep, op te lossen of te voorkomen. De klachten over de slechte prestaties en korte levensduur zijn tevens een van de aanleidingen geweest van deze studie. Een ander belangrijk gegeven is de ontwikkeling van wetgeving ten aanzien van en strengere regulering van vertroebeling tijdens baggerprojecten.

Om te achterhalen waaraan een nieuw ontwerp moet voldoen zodat het voldoet aan de doelstelling, is een uitgebreide studie uitgevoerd door de auteur. Er is een analyse gemaakt van het ontwerp van een sleephopperzuiger en het baggerproces, sedimentpluimen en pluimprocessen, effecten van vertroebeling op het mariene milieu en wetgeving ten aanzien van vertroebeling. Vervolgens zijn ook het overvloeiproces, het overvloeisysteem en de ervaringen met het huidige systeem, de milieuklep, bestudeerd en achterhaald.

Aangezien het drijfmechanisme achter vertroebeling luchtinslag is, is geanalyseerd hoe luchtinslag ontstaat. Er is na studie gebleken dat er 3 stromingsverschijnselen tijdens het overvloeiproces die lucht inslaan kunnen optreden, namelijk het plunging jet effect (te vergelijken met een waterval), een hydraulische sprong (te vergelijken met een omslaande golf in de branding) en een vortex (draaikolk). Er zijn tevens 3 verschijnselen die een constant overvloeiproces verstoren, namelijk golfvorming in de hopper en een relatieve beweging van de overvloeirand ten opzichte van het mengselniveau in de hopper die de instroom laten variëren en drukvariaties onderaan de overvloeikoker die de uitstroom laten variëren. Als de uitstroom condities zo zijn dat het Froude getal beneden de waarde 1 dreigt te komen kan nog een verstoring effect optreden bij de uitstroom, namelijk een interne sprong in de overvloeikoker. Hierdoor dringt zeewater in de overvloeikoker tot de laagdikte van de stroming afneemt en het Froude getal weer boven waarde 1 komt. De verstoringen kunnen er voor zorgen dat er extra luchtinslag plaatsvindt.

Er is gebleken dat men voor een nieuw ontwerp kan kiezen uit twee oplossingsrichtingen om vertroebeling, als gevolg van overvloeien, te minimaliseren. Enerzijds het voorkomen van luchtinslag en anderzijds door het scheiden van een fase uit het mengsel. Een vertroebelingsbeperkend systeem gebaseerd op het scheiden dient een bepaalde capaciteit te bezitten. Om deze reden is er een case studie uitgevoerd voor een bepaalde sleephopperzuiger. Er is gekozen voor de Xin Hai Long omdat voor dit schip reeds een model voor de simulatie van scheepsbewegingen beschikbaar was en de beschikbare tijd voor deze simulaties beperkt was. Tevens is de studie zeer nuttig om een beeld te krijgen van de orde van grootte van de luchtinslag en verstoringen van het overvloeiproces.

De analyse van de verschillende aspecten die van belang zijn bij het ontwerp van een vertroebelingsbeperkend systeem hebben geleid tot een programma van eisen. Bij dit programma van eisen eindigt het eerste deel van de rapportage van deze studie. De ontwikkeling van een nieuw concept wordt behandeld in het tweede deel. Hieronder zal per



aspect worden samengevat welke consequenties deze hebben voor het ontwerp of tot welke ontwerpeis het heeft geleid.

#### *Consequenties van het baggerproces*

Tijdens het huidige baggerproces wordt, tijdens de laadcyclus, geladen volgens het Constant Tonnage Systeem. Hierdoor dient het vertroebeling beperkende systeem in een in hoogte verstelbaar overvloeisysteem te plaatsen zijn. Tevens mag het concept het productie proces niet verstoren. Hierbij moet rekening worden gehouden bij het ontwerp en dimensiekeuze.

#### *Consequenties van het huidige sleephopper ontwerp*

De beperkte afmetingen van de hopper, het beperkte drijfvermogen en de wens van de baggeraannemers om zoveel mogelijk lading per sleephopperzuiger te kunnen vervoeren, zorgen ervoor dat de eisen met betrekking tot de dimensies en het gewicht luiden dat deze zo klein mogelijk moeten zijn.

#### *Consequenties van eigenschappen van sedimentpluimen en pluimprocessen*

Er zijn verschillende processen die invloed hebben op de verspreiding van sediment pluimen. De baggeractiviteit zelf, de sediment eigenschappen en hydrodynamische condities zijn niet te beïnvloeden door de dimensies van het vertroebeling beperkende systeem. De uitstroomcondities van het afgevoelde mengsel en dus ook de verspreiding van de sedimentpluim zijn wel te beïnvloeden. Hoe minder luchtinslag en hoe hoger de uitstroomsnelheid hoe meer het afgevoelde mengsel als een dichtheidsstroom naar de bodem zal zakken en de vertroebeling minimaal is. Uit een beschouwing van de studie van Boot, 2000 is een verband gevonden tussen de uitstroomsnelheid, de vaarsnelheid en het bezinkgedrag van een sedimentpluim.

#### *Consequenties van maatschappelijke ontwikkelingen en milieuwetgeving*

Er worden in de wereld, algemeen gesteld, drie manieren gehanteerd om richtlijnen op te stellen ten aanzien van vertroebeling. Voor de standaard benadering moet voldaan worden aan de maximum toegestane waarde van de vertroebeling. Deze maximumwaarde verschilt echter van land tot land dus een harde ontwerpeis in de vorm van een maximaal percentage lucht in het afgevoelde proceswater is niet op te stellen. Externe invloeden (buiten de sleephopperzuiger) zijn onvoorspelbaar en spelen een grote rol bij de verspreiding, waardoor een vertroebelingsis niet direct te vertalen is naar een te realiseren vermindering in luchtinslag ten opzichte van de huidige overvloeisystemen. Wel kan gesteld worden dat een zo groot mogelijk vermindering van de luchtinslag het mogelijk maakt om de betreffende sleephopperzuiger binnen een groter werkgebied (hydrodynamische condities en geografisch werkgebied) efficiënt te kunnen baggeren. Dezelfde conclusie kan worden getrokken bij de twee andere juridische benaderingen. Algemeen kan de ontwerpeis worden geformuleerd dat het nieuwe concept in verhouding met de (meer)prijs een grotere vermindering van de luchtinslag moet realiseren.

Als men de trends in de ontwikkeling van milieuwetgeving beschouwd en met deskundigen praat, is de algemene verwachting dat er over 5 tot 10 jaar alle sleephopperzuigers uitgerust moeten zijn met vertroebeling beperkende systemen. De behoefte aan een goed functionerend systeem zal dus toenemen.

#### *Consequenties van baggeren op het mariene milieu*

Uit deze studie naar gevolgen van de effecten van baggeren op het mariene milieu ten aanzien van de ontwerpeisen is gebleken dat er geen concrete harde ontwerpeisen te formuleren is. De reden hiervoor is dat de effecten bepaald worden door vele omgevingsafhankelijke parameters. Zo zijn de toleranties van verschillende soorten ten aanzien van vertroebeling al der mate verschillend. Tevens is er weinig kennis over de gevolgen van vertroebeling voor het mariene milieu. Milieustudie moet dus uitwijzen of hoeveel men de vertroebeling moet beperken. Van te voren is dit niet goed te voorspellen en vast te stellen. Wel staat vast dat het zo veel mogelijk minimaliseren van vertroebeling door baggeractiviteiten nagestreefd moet worden. Dit is goed voor het milieu en de baggeraannemer. Immers het milieu ondervindt minder schadelijke effecten en de aannemer heeft een groter werkgebied waarin hij efficiënter kan baggeren vanwege de mogelijkheid om over te vloeien.

#### *Consequenties van overvloeiproces en overvloeisysteem*

Uit de beschrijving van het overvloeiproces en het overvloeisysteem zijn er gevolgen voor de ontwerpeisen te formuleren.

Op dit moment wordt bij het overgrote deel van de sleephopperzuigers aan het eind van de laadcyclus geladen volgens het Constant Tonnage Systeem. Bij het nieuwe systeem dat luchtvrij afvloeit dient het mogelijk te zijn om volgens het Constant Tonnage Systeem te laden. Tijdens het baggeren zal men fijn sediment willen afvloeien. Er is dus altijd sediment aanwezig in het overtollige proceswater dat men afvloeit. Het nieuwe concept dient dus er voor te zorgen dat het sediment in het overtollige proceswater als een dichtheidsstroom naar de bodem zakt. Er is een weerstand nodig in de overvloeikoker om van een volkomen overlaat situatie een onvolkomen overlaat situatie te verkrijgen.

Er zijn voorschriften gesteld ten aanzien van het afvloeiende oppervlak van een overvloeiconstructie.

#### *Consequenties van werking, constructie en ervaring met milieukleppen*

Aan de hand van de beschrijving van het ontwerp en de ervaringen ten aanzien van de prestaties van de milieuklep zijn een aantal conclusies te trekken. Deze worden hieronder opgesomd:

- Een belangrijke conclusie is dat de milieuklep op de meeste schepen niet gebruikt wordt zoals deze ontworpen is, namelijk om situatie van een onvolkomen overvloeit te creëren. Deze situatie wordt niet bereikt of ingesteld om verschillende redenen. Hierdoor zullen de prestaties van het systeem ook niet optimaal zijn. Uit de enquête blijkt dat de milieuklep voor ander doeleinden wordt gebruikt dan het beperken van vertroebeling. Op dit moment wordt de milieuklep soms gebruikt om het baggerproces te optimaliseren in plaats van het voorkomen van luchtinslag (Vasco da Gama en Queen of the Netherlands).
- Uit gebruikersonderzoek is te concluderen dat de milieuklep van het type I naar omstandigheden goed en voldoende lang functioneert.
- Studie heeft aangetoond dat vertroebeling vele malen minder wordt bij gebruik van een milieuklep.
- Uit gesprekken met IHC medewerkers blijkt dat milieuklep systemen van het type II het snel begeven. De problemen met de milieukleppen en het bewegingsmechanisme ontstaan door de lange relatief dunnen klepstang en de variabele stroming in de overvloeikokers in combinatie met een wisselende belasting als gevolg een wisselende langs de klep. Deze wisselende stroming is het gevolg van een wisselende aanvoer en van drukvariaties (door scheepsbewegingen en golven) onderaan de overvloeikoker die



de stroming versnellen en vertragen. Als gevolg hiervan gaat de milieuklep en klepstang klapperen en trillen; de scharnierpunten en de klepstang bevestiging 'lubberen' uit. Het schade beeld bij milieukleppen duidt ook op trillingen aangezien er aan het oppervlak van de milieuklep geen slijtage te zien is.

- De regeling van de milieuklep wordt slechts een klein gedeelte van het proces geregeld. Dit heeft verschillende oorzaken. De regeling aan boord van de schepen reageert volgens de bemanning te snel op variaties, waardoor de regeling slechts in stabiele situaties wordt aangeschakeld. Anderzijds is aan het eind van de baggercyclus de regeling van de milieuklep niet geschikt aangezien deze nog voor een te hoge waterschil zorgt. Uit de enquête blijkt dat ook de overvloei met de hand door de bemanning worden bestuurd. Beide regelingen worden echter onafhankelijk bediend en gedurende het verstellen van de overvloeistand zal dus de milieuklep niet worden geregeld. Hierdoor wordt het evenwicht tussen in- en uitstroom verstoord waardoor er tijdelijk een volkomen overlaat situatie kan ontstaan er luchtinslag optreedt.
- Het feit dat Boskalis hun twee nieuwe schepen niet laat uitvoeren met schuifafsluiters in de overvloeikoker maar met bodemkleppen, wijst erop dat men bij Boskalis niet tevreden is met de prestaties van de schuifafsluiters. De oorzaak, volgens de auteur, hiervoor is dat schuifafsluiters slechte regeleigenschappen hebben en je dwingt om de afsluiter bijna geheel te sluiten. Dit heeft veel slijtage tot gevolg en dit is niet wenselijk aangezien de afsluiters in het vaste gedeelte zitten en niet goed bereikbaar zijn voor onderhoud.
- Bij de HAM 318 zijn de milieukleppen voor de overdracht aan de HAM verwijderd. De uiteindelijke reden bleek dat de milieuklep niet goed was ingebouwd en hierdoor niet goed functioneerde. Het systeem volgens type III blijkt ook bij de HAM 316 te zijn ingebouwd (Van Rhee, 2003). Hier waren met name problemen met de afdichting door de wand van de overvloeikoker. Als noodmaatregel is een deel van de kippenkooi volgestort met beton om lekkage tegen te gaan.  
Bij milieukleppen van het type III is ook het vastlopen een probleem. De as moet nauwkeurig in lijn worden gemonteerd. Dit is lastig met de vrij grote diameter toleranties van de overvloeikoker. Op dit moment wordt dit probleem verholpen door de as uit twee delen te maken.
- Bij beide typen van de huidige milieuklep is de standregeling een kwetsbaar gedeelte. De auteur heeft echter geen studie kunnen vinden, die door IHC Parts & Services is uitgevoerd, waarin een kwantitatief gezocht is naar de oorzaak en de oplossing van het bezwijken van de standregeling van de milieuklep. Een dergelijke studie valt buiten het kader van deze studie, maar de auteur acht een dergelijke studie wel zeer nuttig. Hiermee kan aangetoond worden in welke gevallen de standregeling van de milieuklep zal bezwijken. Tevens kan bepaald in hoeverre de problemen opgelost kunnen worden. Deze studie zal dient in kaart te brengen welke belastingswisselingen en trillingen er optreden en welke vermoeiingsverschijnselen dit tot gevolg heeft. Met deze uitkomsten kan men bepalen of de standregeling constructief aan te passen is om de schadelijke effecten van belastingswisselingen en trillingen te minimaliseren.

#### *Consequenties van stromingsverschijnselen in de hopper*

Vortex vorming kan voorkomen worden op de volgende drie manieren:

Allereerst door verlenging van de stroomlijnen tussen de inlaat en het vrije wateroppervlak. Of door eliminatie van de onregelmatigheden in de aanstroom. Het kan ook voorkomen worden door het plaatsen van speciale vortex onderdrukkende maatregelen

Bij het maken van een nieuw ontwerp kan op twee manieren een hydraulische sprong worden voorkomen. Enerzijds dient het Froude getal van de stroming altijd boven de waarde 1 te worden gehouden. Anderzijds door geen overgang van een kritische naar subkritische stroming te laten plaatsvinden in de open lucht.

De effecten van golfvorming in de hopper kunnen voorkomen worden door golfbrekers te plaatsen of een systeem te ontwerpen dat deze verstoring kan opvangen. De effecten van relatieve bewegingen zijn te verminderen door het overvloeisysteem zo dicht mogelijk bij het zwaartepunt te plaatsen. Hierbij moet dan een afweging gemaakt worden tussen de benodigde bezinkweg voor het productieproces en de relatieve beweging. Ook hier kan gezocht worden naar een mogelijkheid om het ontwerp zo te kiezen dat de verstoring opgevangen kan worden.

Uit de analyse blijkt dat het aan te raden is om bij een vertroebeling beperkend systeem met een afsluiter zo diep mogelijk te plaatsen. Zo voorkomt men dat een vortex kan indringen en zich lucht achter de afsluiter kan verzamelen en er als nog luchtinslag optreedt bij een onvolkomen overlaat situatie. Het optreden van vortices is echter niet met zekerheid vast te stellen zonder dat er aanzienlijke kennis is over het stroomveld bij de inlaat. Aangezien hier geen gegevens over bekend zijn en een dergelijke studie buiten het kader van deze opdracht valt kan ook niet met zekerheid gesteld worden dat er vortices zullen ontstaan. Door een verdere analyse van het stroomveld van de inlaat uit te voeren kan met zekerheid bepaald worden of het inderdaad nodig is om vortex onderdrukkende maatregelen te treffen.

Het doorlaat oppervlak van een overvloeikoker is, als deze wordt gedimensioneerd volgens de regelgeving, vele malen te groot om een onvolkomen overlaat situatie te creëren. De huidige milieuklep moet een tussen de 70 en 85 % van het doorstroom oppervlak afdichten. Enkel aan het einde van het baggerproces wordt de milieuklep steeds meer open gezet.

Bij een vol- en onvolkomen overvloeisituatie is te concluderen dat men geen last heeft van versturende effecten ten aanzien van eigentrillingen van de waterkolom aangezien de dempingsfactor voor alle gevallen boven de waarde 1 ligt. Hierdoor wordt een excitatie direct uitgedempt.

Uit deze analyse blijkt dat de verstoring van drukvariaties als gevolg van scheepsbewegingen en golven voor een onvolkomen overvloeisituatie, zelfs bij een sea state van 2,5 m specifieke golfhoogte niet groot is. Slechts enkele centimeters zal de mengerspiegel variëren. Bij een schilhoogte van enkele decimeters is deze invloed dus verwaarloosbaar.

De volgende effecten: golfvorming in de hopper door scheepsbewegingen, relatieve beweging van overvloeirand door scheepsbewegingen, drukvariaties onderaan de overvloeikoker als gevolg van scheepsbewegingen en golven veranderen de hoeveelheid luchtinslag. De maximale hoeveelheid luchtinslag treedt op bij een toevoer debiet van 11 tot 13 m<sup>3</sup>/s. Hierbij wordt meer dan 4 m<sup>3</sup>/s lucht ingeslagen. Bij een dergelijk debiet is de waterschil boven de overvloeirand 0,6 meter hoog. Dus bij een verstoring waardoor de waterschil slechts 0,2 meter ten opzichte van de evenwichtssituatie wordt verhoogd, treedt maximale luchtinslag op.



Uit de beschouwing van de auteur van het luchtinslag proces met alle verstoringen kan geconcludeerd worden dat er in totaal ongeveer  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  aan lucht wordt ingeslagen en meegenomen. Hierbij is het effect van een confined jet niet in de beschouwing meegenomen. Experimenten moeten de extra luchtinslag vanwege dit effect moeten aantonen. Voor de conceptontwikkeling zal echter worden aangenomen dat  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  aan lucht wordt ingeslagen en dit moet worden voorkomen.

Er is getracht bij deze kwantitatieve studie een soort werkbaarheids gebied met benodigde schildikte versus seastate vast te stellen. Echter voor de onvolkomen overvloei situatie is geen dynamische analyse uitgevoerd, dus hierover zijn geen concrete uitspraken te doen. Wel is vastgesteld voor de sea states met een specifieke golfhoogte van 2,5 m, 1,0 m en 0,5 m welke variaties er kunnen optreden. Hieruit kan wel een richtlijn worden gehaald voor de waterschil die men moet handhaven boven de onvolkomen overvloei situatie.

#### *Programma van ontwerpeisen*

- De overvloeirand van het nieuwe systeem dient in hoogte verstelbaar te zijn door een hydraulische cilinder met een snelheid van 4 m/min.
- Het nieuwe systeem dient zo te worden gedimensioneerd dat het voldoet aan de eis dat het totale doorlaat oppervlak van de overvloeikoker(s) minimaal gelijk is aan  $0,7 (L_h)^2/1000 [\text{m}^2]$  of  $Q/3 [\text{m}^2]$ .
- Bij een sea state met een specifieke golfhoogte van 2,5 m dient het nieuwe ontwerp met minimale luchtinslag af te vloeien.
- De snelheid waarmee het mengsel wordt afgevoerd, moet geregeld/ingesteld kunnen worden. Zo wordt voorkomen dat de snelheid van het overtollige proces water te hoog wordt en de lading in de hopper weer in suspensie raakt en wordt meegevoerd naar het oppervlaktewater.
- De geometrie van het nieuwe systeem dient het bezinkproces zo weinig mogelijk te verstoren.
- Concreet kan worden gesteld dat de dimensies van het nieuwe ontwerp zo gekozen moeten worden dat het ontwerp op verschillende plaatsen in de hopper geplaatst kan worden.
- De concrete ontwerpeis die uit het bovenstaande voortvloeit, is dat de overvloeirand van het systeem tijdens het baggeren in hoogte verstelbaar moet zijn.
- Het nieuwe concept moet zo gedimensioneerd zijn dat het onder het vlak kan afwateren.
- Het nieuwe systeem dient net als een goed functionerende milieuklep luchtinslag te voorkomen. Het werkgebied waarbij dit wordt gerealiseerd moet gelijk of groter zijn.
- Het water dient gedurende de stroom uit de sleephopperzuiger geleid te worden zodat er geen plunging jet optreedt. Of de vallende stroom mag niet in contact komen met lucht.
- Het nieuwe ontwerp moet ongevoelig zijn of kunnen reageren op de variaties in aanvoerdebiet als gevolg van wisselingen van het ingaande debiet in de hopper, scheepsbewegingen, regeling van overvloeiniveau en drukvariaties in de overvloeikoker. Het systeem moet zo gedimensioneerd zijn of de capaciteitsregeling voor het afgevoerde debiet dient zodanig te zijn dat er bij elk debiet tussen het maximale debiet (maximale vermogen bij waterdraaien) en minimale debiet, luchtinslag wordt voorkomen.
- De geometrie en de plaats in de hopper van het ontwerp dienen dus zo gekozen te worden dat er geen vortices kunnen ontstaan.



- Het nieuwe ontwerp moet ongevoelig zijn of kunnen reageren op de variaties in afvoerdebiet als gevolg van drukvariaties onderaan de overvloeikoker.
- Het nieuwe systeem dient zo licht mogelijk te zijn.
- Het nieuwe systeem dient zo gedimensioneerd te zijn dat het bestand is tegen de belastingen.
- Het nieuwe systeem dient zo min mogelijk ruimte in te nemen.
- Het nieuwe systeem dient demontabel te zijn tot containerformaat.
- Het nieuwe systeem dient aan te sluiten op het huidige systeem. Het beschikbare hydraulische vermogen op de sleehopper, de diameter vaste overvloeikoker en de beschikbare plaats in de hopper zijn in hoofdzaak de grenswaarden.