

---

# Samenvatting

---

Het ontwerpen van droge bulk terminals is één van de hoofdactiviteiten die worden uitgevoerd bij Heavy Industry & Logistics, een adviesgroep van Royal HaskoningDHV. Door de toenemende vraag naar de droge bulk materialen ijzererts en steenkool worden huidige droge bulk terminals uitgebreid en moeten nieuwe terminals worden ontworpen. Daarbij is de opslagcapaciteit één van de belangrijkste ontwerpparameters, aangezien hier zeer hoge investeringskosten mee gemoeid zijn.

Er zijn geen duidelijke richtlijnen beschikbaar in de literatuur over de benodigde grootte van de opslagcapaciteit van een droge bulk terminal. Vooronderzoek van deze studie heeft aangetoond dat de jaarlijkse doorvoer, dat doorgaans als enige richtlijn wordt aangehouden, de grootte van de opslagcapaciteit van bestaande terminals niet voldoende kan verklaren. Daarom is er behoefte aan een methode die inzicht geeft in de factoren die de benodigde opslagcapaciteit van een droge bulk terminal bepalen.

Dit onderzoek heeft zich gefocust op de benodigde opslagcapaciteit van import droge bulk terminals die hun bulk materialen identiteit-behoudend opslaan. Door stochastische invloeden fluctueert het opslagniveau sterk bij dit soort terminals. Zo heeft de terminal bijvoorbeeld nauwelijks tot geen invloed op de aankomsttijden van schepen. Wanneer schepen arriveren moeten zij binnen een afgesproken tijd zijn geholpen. Wanneer terminals hier langer over doen moeten zij demurragekosten betalen aan de eigenaren van de schepen. Om alle demurragekosten te voorkomen (en de hoogste pieken van het opslagniveau op te vangen) is een zeer groot opslagterrein nodig. Een grote opslag brengt echter zeer grote investeringskosten met zich mee. Hierdoor is het vanuit een economisch perspectief beter om af en toe demurragekosten te accepteren om zo lagere investeringskosten te hebben. In dit onderzoek is dan ook aangenomen dat de benodigde opslagcapaciteit van een droge bulk terminal de opslagcapaciteit is waarbij de minste kosten gemoeid zijn; ofwel de opslagcapaciteit die resulteert in de hoogste netto contante waarde (NPV).

Om de benodigde opslagcapaciteit te bepalen is eerst een uitgebreid simulatiemodel ontwikkeld van een import droge bulk terminal in het discrete event simulatiepakket TOMAS in het programma Delphi. In dit simulatiemodel is getracht de eigenschappen van de terminal zo realistisch mogelijk te beschrijven. De stochastische eigenschappen van de terminal zijn meegenomen, zoals de aankomsttijden van schepen (Erlang-2 verdeeld), de scheepstypes, de scheepscapaciteiten, en de opslagtijd van de bulk materialen op het opslagterrein (Erlang-2 verdeeld). Ook zijn alle inkomsten en kosten van de terminal opgenomen in het model, waardoor voor elke simulatierun automatisch de NPV wordt bepaald. Daarbuiten is het gemakkelijk voor de gebruiker om de waarden van alle variabelen (inclusief de distributies van de stochastische variabelen) aan te passen, zodat vele soorten import droge bulk terminals kunnen worden geconfigureerd.

Vervolgens is de benodigde opslagcapaciteit per configuratie bepaald door het simulatiemodel te optimaliseren naar de NPV: de benodigde opslagcapaciteit voor een configuratie is de opslagcapaciteit waarbij de hoogste NPV optreedt. De gangbare gradiënt-gebaseerde optimalisatiealgoritmen zijn echter niet toepasbaar. Bij het optimaliseren van de NPV van het simulatiemodel treden namelijk twee problemen op. Enerzijds is de NPV functie niet-lineair en bevat het duizenden lokale maxima. Daarnaast wordt de benodigde opslagcapaciteit beïnvloedt door de capaciteiten van de kade kranen en de stacker-reclaimers. Om deze redenen is het "simultaneous perturbation stochastic approximation" (SPSA) algoritme met geïnjecteerde ruis geïmplementeerd in het simulatiemodel. Dit algoritme kan efficiënt de NPV met respect naar drie variabelen tegelijkertijd optimaliseren en beschikt over een unieke methode om de gradiënt te schatten, waardoor het in staat is het globale maximum te benaderen.

De benodigde opslagcapaciteit valt op te delen in twee componenten: een deterministisch en een stochastisch deel. Het deterministische deel staat gelijk aan het gemiddelde opslagniveau en wordt berekend door de gemiddelde verblijftijd van de bulk materialen op de terminal te vermenigvuldigen met de jaarlijkse doorvoer. Het stochastische deel is de opslagcapaciteit dat een terminal nodig heeft door toedoen van de stochastische eigenschappen van de terminal. Het stochastische deel van de benodigde opslagcapaciteit kan worden uitgedrukt als percentage van de jaarlijkse doorvoer. De grootste invloeden op de grootte van het stochastische deel van de opslagcapaciteit zijn de jaarlijkse doorvoer en de opslagtijd van de bulk materialen.

In de basis configuratie hebben kleine terminals (10 Mton jaarlijkse doorvoer) 7.6% van de jaarlijkse doorvoer als opslagcapaciteit nodig om de stochastische effecten op te vangen. Voor grote terminals (50 Mton jaarlijkse doorvoer) is dit slechts 3.1%. In de basisconfiguratie is uitgegaan van een opslagtijd van ongeveer twee maanden. Wanneer de opslagtijd wordt verkleind tot één maand daalt de grootte van het stochastische deel van de opslagcapaciteit met 24%, terwijl het stochastische deel stijgt met 12% wanneer de opslagtijd wordt vergroot tot 3 maanden. Van de stochastische variabelen heeft de verdeling van de aankomsttijden van schepen de grootste invloed op het stochastische deel van de benodigde opslagcapaciteit. De effecten van verschillende scheepseigenschappen en onregelmatige opslagtijden zijn veel kleiner.

Er kan worden geconcludeerd dat de benodigde opslagcapaciteit kan worden bepaald door een simulatiemodel te ontwikkelen en daarin de NPV te optimaliseren. Op deze manier is de benodigde opslagcapaciteit de opslagcapaciteit die de minste kosten met zich mee brengt. De stochastische invloeden op de opslagcapaciteit worden kleiner naarmate de jaarlijkse doorvoer van een terminal groter is. Afhankelijk van het soort terminal, is er door stochastische invloeden 3 tot 10% van de jaarlijkse doorvoer aan extra opslagcapaciteit nodig ten opzichte van het gemiddelde opslagniveau.