

De Containerterminal van de Toekomst

De ontwikkeling van een drijvende kade voor het dubbelzijdig afhandelen van
containerschepen

Christian Paus
Rotterdam, juni 2004

Afstudeercommissie:
Prof. ir. H. Ligteringen
ir. W.F. Molenaar
ir. F.A.M. Soons
Prof. ir. J.C. Rijsenbrij
ir. B.A. Pielage
ir. A.M. van de Hulsbeek
ir. M. van Schuylenburg

TU Delft, CiTG
TU Delft, CiTG
TU Delft, CiTG
TU Delft, OCP
TU Delft, OCP
Havenbedrijf Rotterdam N.V.
Havenbedrijf Rotterdam N.V.



Voorwoord

In het curriculum van Civiele Techniek is in het laatste jaar een afstudeerproject opgenomen. Het afstudeerproject waar dit rapport toe behoort getiteld “De Containerterminal van de Toekomst”, is voortgekomen uit een samenwerkingsverband tussen de TU Delft en het Havenbedrijf Rotterdam N.V. Het onderzoek is uitgevoerd bij het Havenbedrijf Rotterdam en heeft een multidisciplinair karakter waarbij een student vanuit de discipline Transporttechniek (Werktuigbouwkunde) en een student vanuit de discipline Havens en Scheepvaartwegen (Civiele Techniek) gezamenlijk gestart zijn met dit afstudeerproject.

In het kader van dit afstudeerproject zijn in totaal vier rapporten verschenen, waarvan de eerste twee een gezamenlijk product zijn van beide studenten. Het derde en vierde rapport zijn individuele delen.

Het eerste deel bevat het resultaat van het literatuuronderzoek naar de ontwikkelingen in de containeroverslag en innovatieve concepten die bedacht zijn om het overslaan van containers te versnellen. Tevens is in dit rapport de aanleiding opgenomen voor de onderzoeken die beschreven zijn in het derde en vierde deel. De samenvatting van dit rapport is opgenomen in bijlage A.

Het tweede deel is het verslag van de brainstormsessie die gehouden is met vertegenwoordigers van rederijen, terminal eigenaren, het Havenbedrijf Rotterdam en de TU Delft. De samenvatting van dit rapport is opgenomen in bijlage B.

Het derde deel is het deel dat nu voor u ligt. In dit deel is een ontwerp gemaakt van een drijvende kade die de mogelijkheid biedt om containerschepen dubbelzijdig af te handelen.

Het vierde deel is opgesteld door Jan van Klinken en bevat de uitwerking van een drijvende containerkraan.

Ik ben mijn begeleiders, Maartje, en vele anderen zeer erkentelijk voor hun waardevolle adviezen.

Tot slot wil ik lezers met weinig achtergrondkennis over het containertransport attenderen op de aanwezigheid van een begrippen- en afkortingenlijst achter in het rapport.

Rotterdam, juni 2004

Christian Paus,
Civiele Techniek en Geowetenschappen,
Sectie Havens en Scheepvaartwegen



Samenvatting

Dit afstudeerrapport is tot stand gekomen in het raamwerk van een samenwerkingsverband tussen de TU Delft en het Havenbedrijf Rotterdam en heeft als titel “De Containerterminal van de Toekomst. De ontwikkeling van een drijvende kade voor het dubbelzijdige afhandelen van containerschepen”. Dit rapport is het vervolg op twee eerdere delen die bestaan uit een literatuurstudie en een brainstormsessie. In het deel dat nu voor u ligt wordt een concept ontwikkeld om containerschepen met behulp van een drijvende kade dubbelzijdig af te kunnen handelen.

De aanleiding voor dit onderzoek wordt gevormd door de explosieve stijging van het containertransport. Om schaalvoordelen te behalen gaan rederijen over op de aanschaf van containerschepen met een grotere capaciteit. De verwachting is dat tot 2020 de maximale capaciteit van deze schepen zal verdubbelen tot ongeveer 15.000 TEU. Om de behandeltijd van deze schepen te verkorten is het mogelijk schepen van twee zijden te laden en lossen. Het dubbelzijdig afhandelen van containerschepen gebeurt reeds met behulp van twee vaste kades. Omdat het invaren van deze zogenaamde insteekhaven relatief lang duurt en de beschikbare kademuren en kadekranen niet flexibel ingezet kunnen worden is het idee ontstaan voor een drijvende kade die langs het schip gevaren kan worden.

Uitwerking van het idee van de drijvende kade levert een groot ponton op met een lengte van 425m, een breedte van 36m en een holte van 7,4m. De verbinding met de vaste kade wordt verzorgd door een ponton met een hellingbaan, zodat automatisch geleide voertuigen het transport van de drijvende kade naar de wal kunnen verzorgen.

De drijvende kade kan op twee naast elkaar gelegen ligplaatsen worden ingezet. Tussen deze twee ligplaatsen bevindt zich de verbinding met de vaste kade.

De drijvende kade kan met behulp van roerpropellers verplaatst worden en wordt vervolgens met behulp van magneten en trossen langs het containerschip afgemeerd. De drijvende kade heeft voldoende vermogen aan boord om zich tot en met windkracht 6 zelfstandig te kunnen verplaatsen. Afhankelijk van de windrichting moet bij hogere windsnelheden assistentie worden ingeroepen van sleepboten. Boven windkracht 8 ligt het laad- en losproces van containerschepen stil. Afhankelijk van de windsnelheid en de windrichting blijft de drijvende kade langs het schip liggen met extra trossen of wordt deze elders aan een vaste kade afgemeerd.

Op de drijvende kade zijn drie kadekranen geplaatst die over de volledige lengte van de drijvende kade kunnen opereren. Om de drijvende kade zo horizontaal mogelijk te kunnen houden wordt de drijvende kade uitgerust met een ballastsysteem.

Het afstudeeronderzoek heeft aangetoond dat het concept van de drijvende kade technisch haalbaar blijkt te zijn. Door de inzet van de drijvende kade wordt de behandeltijd van containerschepen met een capaciteit van 8.000 tot 15.000 TEU verkort met gemiddeld 6,5 tot 8 uur.

Door deze kortere behandeltijd bespaart de rederij op de operationele kosten van het schip. Tegelijkertijd kunnen er door deze kortere behandeltijden jaarlijks 144 schepen met een capaciteit van gemiddeld 9.000 TEU extra afgehandeld worden.

Binnen de nauwkeurigheid van deze som vergt de drijvende kade een extra investering van € 31.066.000 ten opzicht van het afhandelen van deze schepen aan een conventionele kade. De extra operationele kosten bedragen € 4.944.000 per jaar.



Om de extra operationele kosten te dekken moeten rederijen bereid worden gevonden om per move € 2,50 extra te betalen. Ten opzichte van de totale kosten per move, ongeveer € 100,- bedragen deze extra kosten slechts 2,5%. De rederij bespaart door de kortere behandeltijd op de operationele kosten van het containerschip. Deze besparing bedraagt ongeveer € 3,80 per move.

Uit de gevoeligheidsanalyse van de kostencalculatie kan worden afgeleid dat de kostencalculatie erg gevoelig is voor de kraanproductiviteit van de kranen op de drijvende kade en de inzetgraad van de drijvende kade. Dit hangt op zijn beurt sterk samen met het aantal extra calls dat jaarlijks verwerkt kan worden.

Het dubbelzijdig afhandelen van containerschepen met behulp van de drijvende kade is dus mogelijk tegen een tariefsverhoging. Of rederijen inderdaad bereid zijn extra te betalen voor een snellere behandeltijd van hun schepen zal nader onderzoek uit moeten wijzen.



Inhoudsopgave

Voorwoord	I
Samenvatting	II
1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstelling	2
1.3 Ceres insteekhaven in Amsterdam	2
1.4 Werkwijze	4
1.5 Structuurbeschrijving	4
2 Uitgangspunten en programma van eisen	5
2.1 Ideeschetsen	5
2.2 Uitgangspunten	6
2.3 Programma van eisen	9
3 Ontwikkeling van concepten voor de drijvende kade	10
3.1 Lay-out keuze	12
3.2 Breedte van de ligplaatsen	14
3.3 Ligging drijvende kade tijdens rust	15
3.4 Oplossing voor het draaien van de drijvende kade	17
3.5 Uitvoering van de drijvende kade	21
3.6 Verankering van de drijvende kade aan schip of kade	24
3.7 Wijze van voorstuwing van de drijvende kade	29
3.8 Lengte van de klap van de kraan	32
4 Overzicht concepten en beoordeling	35
4.1 Overzicht concepten	35
4.2 Beoordeling van de concepten	39
4.2 Beoordeling van de concepten	39
5 Detaillering van het concept	42
5.1 Specificaties van de drijvende kade	44
5.2 Constructie en onderhoud van de drijvende kade	45
5.3 Wijze van verankering	46
5.4 Wijze van verplaatsen	47
5.5 Logistieke verbinding met de vaste kade	48
5.6 Stabiliteit en bewegingen van de drijvende kade	49
5.6.1 Stabiliteit van de drijvende kade	49
5.6.2 Bewegingen van de drijvende kade	49
5.7 Voorzieningen op de drijvende kade	50
5.7.1 Ballastsysteem	51
5.7.2 Energievoorziening	51
5.7.3 Bunkervoorziening	52
5.8 Productiviteit van de drijvende kade	52
6 Kosten	54
6.1 Extra kosten van het toepassen van de drijvende kade	54
6.2 Gevoeligheidsanalyse van de kostencomputatie	55
6.3 Operationele scheepskosten	58
6.4 Kostencomputatie voor een gelijkwaardige insteekhaven	58
6.5 Conclusie	59
7 Conclusies en aanbevelingen	61
7.1 Conclusies	61
7.2 Aanbevelingen	62
Literatuurlijst	63
Overige bronnen	63

Afkortingenlijst.....	64
Begrippenlijst.....	64
Bijlage A Samenvatting eerste afstudeerrapport	65
Bijlage B Samenvatting brainstormsessie	67
Bijlage C Directe overslag	68
Bijlage D Opname van de belastingen op het schip door spudpalen	70
Bijlage E Toelichting op de twee basis lay-outs.....	72
Bijlage F Horizontale krachten op de drijvende kade.....	74
Bijlage G Horizontale krachtsopname door Jack-up palen.....	77
Bijlage H Berekening van de holte van de drijvende kade	79
Bijlage I Materiaalkeuze drijvende kade	80
Bijlage J Berekening van het motorvermogen	82
Bijlage K Statische en dynamische stabiliteit van de drijvende kade.....	84
Bijlage L Roll beweging van de drijvende kade	87
Bijlage M Productieberekeningen van de drijvende kade.....	88
Bijlage N Kosten van het drijvende kade concept.....	92



1 Inleiding

Hoofdstuk 1 vormt de introductie tot dit rapport waarin een concept voor een drijvende kade wordt ontwikkeld om containerschepen dubbelzijdig te kunnen laden en lossen. In paragraaf 1.1 wordt de aanleiding tot dit onderzoek besproken. In paragraaf 1.2 komt de doelstelling naar voren. Vervolgens worden in paragraaf 1.3 de voor- en nadelen van de insteekhaven in Amsterdam besproken om zodoende bij het ontwerp van de drijvende kade rekening te kunnen houden met de ervaringen die reeds opgedaan zijn met dubbelzijdige afhandeling van containerschepen. Paragraaf 1.4 behandelt de aanpak van het ontwerp van de drijvende kade. Tot slot wordt in paragraaf 1.5 de opbouw van het rapport besproken.

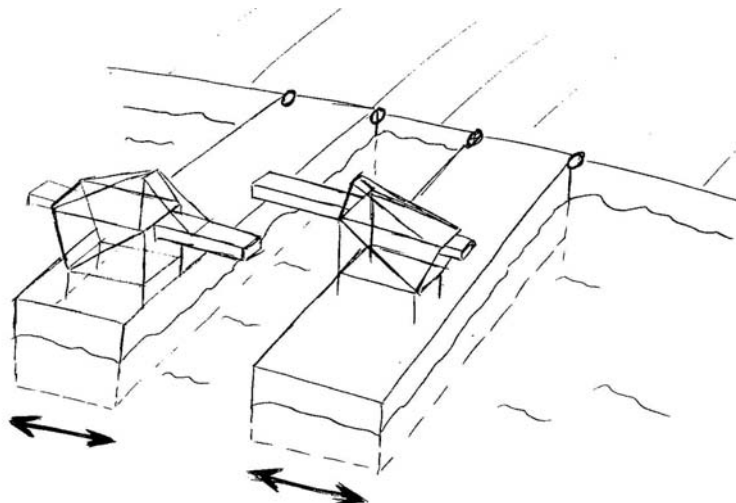
1.1 Aanleiding

Dit rapport is tot stand gekomen als vervolg op de literatuurstudie en een brainstormsessie in het kader van het afstudeerproject “De Containerterminal van de Toekomst”.

Uit literatuuronderzoek blijkt dat het transport per container nog steeds explosief toeneemt. Om schaalvoordelen te behalen gaan rederijen over tot de aanschaf van grotere containerschepen. Rederijen eisen dat deze containerschepen met een maximaal verwachte capaciteit van 15.000 TEU binnen 24 uur de haven uitvaren. Om hier aan te kunnen voldoen moet het aantal handelingen per schip per uur worden verhoogd.

[Literatuuronderzoek, 2004]

Tijdens de brainstormsessie die gehouden is met vertegenwoordigers van rederijen, terminal eigenaren, het Havenbedrijf Rotterdam en de TU Delft is het idee naar voren gekomen om schepen dubbelzijdig af te handelen met behulp van drijvende kades, zie figuur 1.1. [Brainstorm, 2004]



Figuur 1.1:
Dubbelzijdige
afhandeling met
behulp van
drijvende kades

Op beide drijvende kades is een aantal containerkranen geplaatst. De drijvende kades hebben een aansluiting met de vaste kade om zodoende containers direct af te kunnen voeren. Tevens biedt de drijvende kade de mogelijkheid om aan de achterzijde containers direct over te slaan in klaarliggende binnenvaartschepen.



Dit rapport zal dieper ingaan op het ontwerp van een drijvende kade. Bij de nadere uitwerking van de drijvende kade is na onderzoek besloten geen directe overslag toe te passen omdat dit niet efficiënt blijkt te organiseren, zie bijlage C. Tevens zal er gezocht worden naar een concept waarbij het containerschip aan een conventionele kade is afgemeerd en slechts aan één zijde van het schip een drijvende kade wordt toegepast. De overweging hiervoor is dat door het afmeren van het containerschip aan een vaste kade de belastingen op het schip niet opgenomen hoeven te worden door de drijvende kade. Een nadere toelichting is in uitgangspunt A.4 opgenomen.

1.2 Doelstelling

Het ontwikkelen van een concept voor een drijvende kade, toepasbaar in de Rotterdamse haven, waarbij het mogelijk is om containerschepen met een breedte van 45m tot 70m dubbelzijdig af te handelen, het afmeren van het schip niet significant langer duurt dan normaal en kademuren en kranen efficiënt ingezet kunnen worden.

1.3 Ceres insteekhaven in Amsterdam

De Ceres insteekhaven biedt de mogelijkheid om containerschepen met een verhoogde productiviteit af te kunnen handelen en vertoont daarmee overeenkomsten met het idee van de drijvende kade. In figuur 1.2 is de Ceres insteekhaven weergegeven.



Figuur 1.2: De insteekhaven van Ceres, Amsterdam

Dit concept biedt de mogelijkheid om schepen van twee zijden te lossen en laden. Het containerschip wordt met behulp van sleepboten voor de insteekhaven gepositioneerd waarna het schip de insteekhaven binnenvaart. Vervolgens wordt het schip met maximaal 9 kadekranen behandeld. De kranen aan één zijde van de insteekhaven kunnen verreden worden naar een andere kade. De insteekhaven kan schepen met een maximale breedte van 56m behandelen en de kademuren hebben een lengte van 400m. Het interne transport wordt verzorgd door straddle carriers.

Voordeel van de Ceres insteekhaven ten opzichte van conventioneel afhandelen:

Hogere berthproductiviteit

Het hoger aantal handelingen per schip per uur komt enerzijds doordat er meer kadekranen worden ingezet en anderzijds omdat door het toepassen van kranen van beide zijden het mogelijk wordt twee naast elkaar gelegen ruimen tegelijkertijd te behandelen.



Nadelen van de Ceres insteekhaven ten opzichte van conventioneel afhandelen:

Relatief langdurende afmeerprocedure onder slechte weersomstandigheden

Voor het binnenvaren van de insteekhaven is het noodzakelijk om het schip nauwkeurig voor de ingang te positioneren. Indien het hard waait of het zicht slecht is wordt dit bemoeilijkt. Tevens dient opgemerkt te worden dat de invaarsnelheid beperkt is in verband met de retourstroming.

Inefficiënte inzet van kademuren en kranen

Het is niet mogelijk meerdere schepen tegelijkertijd in de insteekhaven te behandelen, vanwege de verschillende processen die zich op de kade af gaan spelen. Zodoende kan het gebeuren dat bij de afhandeling van een kleiner schip de kademuur aan één zijde van de insteekhaven niet gebruikt wordt. Hetzelfde geldt voor het minimum aantal van vier kranen dat langs de insteekhaven staat. De inefficiënte inzet van kademuren en kranen wordt nog eens versterkt door de relatief lange afmeertijd hetgeen een lagere bezettingsgraad van de kademuren en kranen tot gevolg heeft. Bij de conventionele kade is er alleen verlies van kade, nu ook nog eens van een deel van de kranen, omdat die niet elders ingezet kunnen worden. Tevens komt het voor dat tijdens het behandelproces de kadekranen op elkaar moeten wachten alvorens ze kunnen verschuiven om op een naastgelegen baai te kunnen werken. De inzet van een groter aantal kranen vergroot de kans om te moeten wachten omdat het aantal vrij bereikbare baaien beperkt is.

Beperkte flexibiliteit

Het concept van de insteekhaven maakt het onmogelijk om het aantal ligplaatsen aan de beschikbare kade te variëren. Bij de insteekhaven kan er slechts één schip afgehandeld worden, terwijl een langgerekte kade mogelijkheden biedt voor het afhandelen van een beperkt aantal grote schepen of een groter aantal kleinere schepen. Tevens kunnen bij de Amsterdamse insteekhaven slechts vijf van de negen kranen op een andere ligplaats ingezet worden. Bij een langgerekte kade is er meer flexibiliteit in het inzetten van kadekranen.

Bunkerschepen kunnen niet langs de kade komen

Vanwege de beperkte breedte van de insteekhaven is het niet mogelijk de grootste containerschepen van brandstof te voorzien door een bunkerschip langs de kade te leggen. Daartoe zullen bunkerleidingen in de kade opgenomen moeten worden. Dit probleem geldt vooral voor de Rotterdamse haven: omdat de bunkerprijzen laag zijn is Rotterdam één van de grootste bunkerhavens ter wereld.

Logistieke proces

Er ontstaat een ingewikkelde kruising voor intern terminal transport dat van de kade afkomt en moet invoegen op de hoofdstroom. Dit heeft een negatieve invloed op de doorstroming van de transportmiddelen. Door gebruik van de insteekhaven wordt tevens de besturing van geautomatiseerde transportmiddelen en de scheepsplanning ingewikkelder.



1.4 Werkwijze

Om de uitgangspunten en het programma van eisen op te kunnen stellen wordt eerst een aantal ideeschetsen gemaakt. Aan de hand van deze schetsen worden vervolgens de uitgangspunten en het programma van eisen opgesteld.

Gedurende het ontwerpproces wordt voor elke ontwerpvariabele een aantal varianten ontwikkeld die binnen de uitgangspunten passen. Deze ontwerpvariabelen worden opgenomen in een morfologische kaart. Aan de hand van deze morfologische kaart wordt een aantal concepten gegenereerd.

Het beoordelen van de verschillende concepten wordt gedaan door een kwalitatieve analyse uit te voeren. Het concept dat als beste naar voren komt wordt vervolgens nader gedetailleerd. Tot slot wordt een kostenberekening gemaakt om te bezien wat de extra kosten per move zijn voor dubbelzijdige afhandeling met behulp van de drijvende kade. In het gehele rapport zijn de randvoorwaarden (terreinhoogtes, golfcondities, etc.) gebaseerd op de Rotterdamse situatie.

1.5 Structuurbeschrijving

Na deze inleiding volgt in hoofdstuk twee een overzicht van de uitgangspunten en het programma van eisen. In hoofdstuk drie worden varianten ontwikkeld voor de verschillende ontwerpvariabelen. Vervolgens worden in hoofdstuk vier een aantal concepten gegenereerd en wordt een kwalitatieve analyse uitgevoerd om tot de keuze van een concept te komen. In hoofdstuk vijf zal een nadere detaillering worden gegeven van het gekozen concept. Daarna volgt in hoofdstuk zes een overzicht van de extra kosten per move die gemoeid zijn met het dubbelzijdig afhandelen van containerschepen met behulp van de drijvende kade. Tot slot zijn in hoofdstuk zeven de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

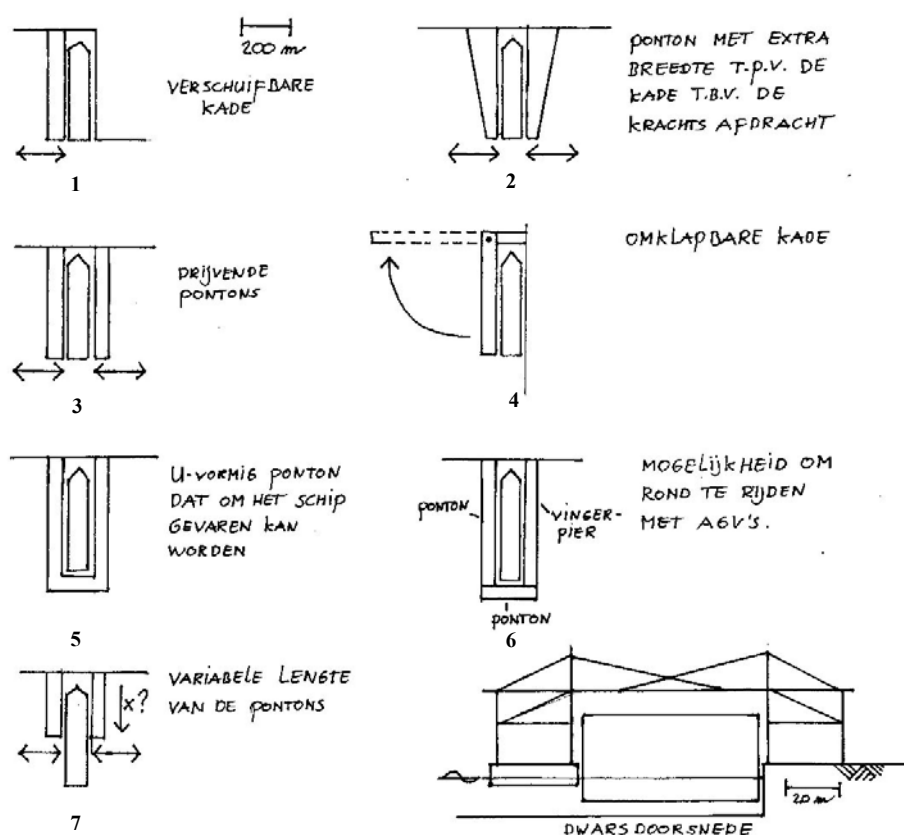


2 Uitgangspunten en programma van eisen

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten en het programma van eisen (PVE) weergegeven. Om een beeld te kunnen vormen van de mogelijke concepten van een drijvende kade is in paragraaf 2.1 een aantal ideeschetsen weergegeven. Mede naar aanleiding van deze ideeschetsen zijn in paragraaf 2.2 de uitgangspunten en in paragraaf 2.3 het PVE opgesomd. Indien noodzakelijk is er in een cursief lettertype een toelichting gegeven.

2.1 Ideeschetsen

In figuur 2.1 is een aantal ideeën opgenomen om containerschepen dubbelzijdig af te kunnen handelen met behulp van een drijvende kade.



Figuur 2.1: Ideeën om met een drijvende kade dubbelzijdig te kunnen afhandelen

De oplossingen maken gebruik van drijvende kades die langs zij gevaaren of omgeklapt worden. Voorlopig zal voor de drijvende kade uitgegaan worden van een lengte van 425m, zodat de drijvende kade over de volledige lengte van het schip kan werken en er ruimte overblijft tussen de boeg van het schip en de vaste kade. De voorlopige breedte bedraagt 50m. Dit is voldoende om plaats te bieden aan de kraanbaan ($b=30,5m$), de scheepsluiken ($b=15m$) en de bolder- en servicestroom. De definitieve afmetingen van de drijvende kade zullen in hoofdstuk 5 aan bod komen.

Nummer 1, 2 en 3 maken gebruik van een drijvende kade die parallel aan het schip verschoven kan worden, zodat de breedte van de ligplaats flexibel is en het afmeren van het schip eenvoudig plaats kan vinden. Nummer 1 verschilt van de overige twee omdat het schip

afgemeerd ligt aan de vaste kade. Nummer 2 onderscheid zich vanwege de breed uitlopende kades om zodoende de krachtsoverdracht naar de vaste kade beter te kunnen verzorgen. Nummer 4 maakt gebruik van een omklapbare kade. Door toepassing van het scharnier kan het verplaatsen van de drijvende kade eenvoudiger plaatsvinden. Nummer 5 en 6 bieden de mogelijkheid om met AGV's rond het schip te kunnen rijden, waarbij nummer 6 uit meerdere delen bestaat hetgeen deze drijvende kade flexibeler maakt. Nummer 7 tot slot lijkt op nummer drie, maar biedt niet de mogelijkheid om over de gehele lengte van het schip werkzaam te kunnen zijn. Dit heeft nadelen voor de flexibiliteit, maar voordelen voor wat betreft de kosten en manoeuvreermogelijkheden. Aan de hand van deze ideesetsen zullen in de komende paragraaf de uitgangspunten en het programma van eisen worden opgesteld.

2.2 Uitgangspunten

In onderstaande paragraaf worden de uitgangspunten weergegeven die gehanteerd zijn bij het genereren van concepten voor de drijvende kade. De uitgangspunten zijn opgesplitst in drie groepen:

- A. Uitgangspunten ten aanzien van de omgeving;
- B. Uitgangspunten ten aanzien van de containerlogistiek;
- C. Uitgangspunten ten aanzien van de inzet van de drijvende kade;

A. Uitgangspunten ten aanzien van de omgeving

- A.1 De afhandeling van schepen zal plaatsvinden op beschut water, achter golfbrekers;
- A.2 Een hoofdvaargeul heeft een breedte van 600m en in alle andere gevallen is het havenbassin 500m breed;

In de lay-out van de tweede Maasvlakte wordt uitgegaan van een breedte van 500m voor normale havenbassins en 600m voor hoofdvaargeulen. Uitgangspunt is dat containerschepen niet keren in het havenbassin.

Om bovenstaande afmetingen te verifiëren is de volgende vuistregel gebruikt: $4 \text{ tot } 5B + 100\text{m}$. [Ligteringen, 2000] Gebruik van deze formule levert een maximale breedte op van 450m.

Uitgangspunt zullen de afmetingen van de tweede Maasvlakte zijn.

- A.1 Indien de drijvende kade gedraaid wordt dient de manoeuvreerruimte in het havenbassin minimaal $1.2 \cdot L$ te bedragen;
- A.2 Het te behandelen containerschip zal aan één zijde afgemeerd worden aan een vaste kade;

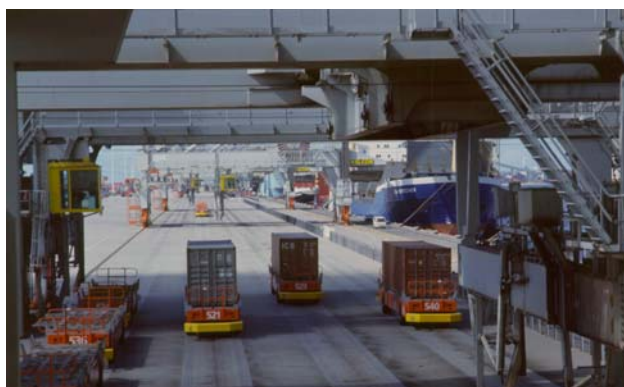
Het aan één zijde afmeren van containerschepen heeft ten eerste als voordeel dat het schip zijn troskrachten afdraagt aan de vaste kade. Het tweede voordeel is dat de kranen niet aan bewegingen van de drijvende kade onderhevig zijn, waardoor het lossen en laden efficiënter plaats kan vinden. Ten derde worden ook de bewegingen van het schip zelf beperkt hetgeen een positieve invloed heeft op de efficiëntie van het afhandelen. In bijlage D wordt aangetoond dat de mogelijkheden voor het opnemen van de belastingen op het schip door de drijvende kade met behulp van spudpalen beperkt zijn. Deze wijze van verankering is gekozen omdat overige mogelijkheden technisch of financieel moeilijk uitvoerbaar blijken te zijn. Zie verder paragraaf 3.6 en 4.2.



B. Uitgangspunten ten aanzien van de containerlogistiek

- B.1 Aan beide zijden van het schip moet een constante aan- en afvoer van containers van en naar het schip mogelijk zijn;
- B.2 Er worden geen containers gebufferd op de drijvende kade;
- B.3 Er wordt gebruikt gemaakt van AGV en kadekraan operatie, zie figuur 2.2;

Figuur 2.2: Er wordt gebruik gemaakt van AGV-kadekraan operatie



- B.4 Op de drijvende kade moet AGV- verkeer en overig verkeer van elkaar gescheiden blijven;
- B.5 Er zal geen directe overslag plaatsvinden;

Vanwege het grote aantal eindbestemmingen kan slechts een klein gedeelte van de containers direct overgeslagen worden. Tevens kan het zo zijn dat er meerdere schepen aan de kade liggen die containers voor hetzelfde binnenvaartschip bij zich hebben. In dat geval is het efficiënter een centrale binnenvaartkade voor directe overslag te creëren, zie ook bijlage C.

- B.6 Het aantal kranen dat maximaal toegepast wordt tijdens dubbelzijdige afhandeling is 8 waarvan er 5 vanaf de vaste kade zullen werken en 3 vanaf de drijvende kade;

Tijdens enkelzijdige afhandeling van een groot containerschip worden normaal gesproken 4 tot 5 kranen ingezet. Indien de capaciteit van toekomstige schepen toeneemt door de lengte te vergroten is het mogelijk 5 kranen efficiënt in te zetten. Bij de Ceres insteekhaven in Amsterdam is het mogelijk maximaal 9 kranen in te zetten. Bij het ontwerp van de drijvende kade wordt uitgegaan van de maximale inzet van 8 kadekranen, zodat de kraan efficiëntie toe kan nemen. Met de inzet van maximaal 8 kranen zal de gemiddelde behandeltijd van een 12.500 TEU schip 21,5 uur bedragen, zie bijlage M.

- B.7 De logistieke processen op de terminal zullen buiten beschouwing blijven.



C. Uitgangspunten ten aanzien van de inzet van de drijvende kade

- C.1 In 2020 worden jaarlijks 180 schepen met een capaciteit van meer dan 10.000 TEU met de drijvende kade behandeld;

In 2020 zal 3.64% van de vlootmix uit schepen bestaan met een capaciteit groter dan 10.000 TEU. [FAMAS, 2002] Deze verwachting is reeds bijgesteld tot 5%. [Schuylenburg] Het totale aantal calls bedraagt 9600, dus jaarlijks zullen ongeveer 500 containerschepen met een capaciteit van meer dan 10.000 TEU de Maasvlakte aandoen. Wanneer de gemiddelde terminalgrootte 3 miljoen TEU zal bedragen en de totale overslag op de Maasvlakte 15.9 miljoen TEU bedraagt zullen er 5 à 6 terminals zijn die deze grote schepen kunnen behandelen. Dit komt neer op 80 à 100 calls per jaar per terminal. Wanneer als uitgangspunt wordt genomen dat de flexibele oplossing door twee terminals wordt beheerd of door één grote terminal met dezelfde capaciteit als twee kleinere komt dit neer op gemiddeld 180 calls per jaar.

- C.2 Het concept om dubbelzijdig af te handelen moet op twee ligplaatsen gebruikt kunnen worden;

Omdat het dubbelzijdig afhandelen wegens kraneninefficiëntie niet altijd gedurende de volledige tijd dat een schip aan de kade ligt plaats zal vinden en de bezettingsgraad van de ligplaats waarop de drijvende kade kan werken maximaal 0.5 bedraagt is het gewenst de drijvende kade op meer dan één ligplaats in te kunnen zetten.

Er wordt gekozen voor een toepassing op maximaal twee ligplaatsen. Wanneer de bezettingsgraad van beide ligplaatsen 0.5 bedraagt, zal de bezettingsgraad van de drijvende kade 0.75 bedragen hetgeen voldoende wordt geacht om eventueel rendabel te kunnen zijn en ook nog de mogelijkheid biedt tot onderhoud. Een andere overweging om de drijvende kade op twee ligplaatsen toe te passen is dat de afmetingen van de drijvende kade zo groot zijn dat het als ongewenst beschouwd kan worden om daarmee grotere afstanden door de haven af te leggen dan strikt noodzakelijk. Tevens moeten er in dat geval meerdere logistieke voorzieningen (hellingbaan, aanpassingen in het besturingssysteem van de AGV's) worden geïmplementeerd om de aan- en afvoer van containers naar de vaste kade mogelijk te maken.

- C.3 Indien de drijvende kade niet ingezet wordt voor dubbelzijdige afhandeling zal deze niet ingezet worden voor enkelzijdige afhandeling van binnenvaart- of feederschepen;

Indien de drijvende kade eenmaal in bedrijf is zal de terminal eigenaar trachten deze zo goed mogelijk in te zetten om zoveel mogelijk schepen dubbelzijdig af te kunnen handelen. Met een bezettingsgraad van 0.75 is de drijvende kade slechts beperkt beschikbaar om in te zetten voor enkelzijdige afhandeling. Tevens is het voor de machinist moeilijk om de container juist te positioneren in een binnenvaartschip door het slechte zicht vanaf de kadekraan en de bewegingen van de drijvende kade.

- C.4 Schepen in onderstaande range moeten dubbelzijdig afgehandeld kunnen worden; [Ligtingen, 2000], [PMC, 2000]

Lengte (m)	Breedte (m)	Diepgang (m)	Capaciteit (TEU)
325	45	13	8.000
400	70	16	15.000

- C.5 Tijdens het dubbelzijdig afhandelen van een containerschip moet het schip aan de walzijde over de volledige lengte bereikbaar zijn voor kadekranen en vanaf de zijde van de drijvende kade moeten 20' containers in de tweede tot en met de één na laatste baai behandeld kunnen worden;

Er is overwogen om de lengte van de drijvende kade te beperken door de baaien achter de stuurhut niet bereikbaar te maken voor dubbelzijdige afhandeling. Uit bestudering van tekeningen en foto's van schepen uit het heden en de toekomst blijkt dat er zich veelal een groot aantal baaien achter de stuurhut bevindt. De verhouding van baaien achter de stuurhut tot baaien voor de stuurhut varieert van 1: 4 tot 1: 2 op een totaal van 15 tot 20 baaien. Dit gegeven en de onzekerheid over de toekomstige plaats van de stuurhut heeft tot het uitgangspunt geleid dat containerschepen over hun volledige lengte dubbelzijdig afgehandeld moeten kunnen worden. Omdat de twee buitenste baaien vanaf de vaste kade behandeld kunnen worden hoeven die niet bereikbaar te zijn vanaf twee zijden.

2.3 Programma van eisen

In onderstaande paragraaf worden het programma van eisen weergegeven dat gehanteerd is bij het genereren van concepten voor de drijvende kade. Het programma van eisen is opgesplitst in:

- I. Nautische eisen
- II. Eisen aan de drijvende kade

I. Nautische eisen

- I.1 Containerschepen moeten binnen de waterstandvariaties met een 1% onder- of overschrijdingskans per jaar afgehandeld kunnen worden, hetgeen neerkomt op een maximum waterstand van +1.54m NAP en een minimum waterstand van -1.19m NAP. De gemiddelde waterstand bedraagt +0.17m NAP. [GHR, 1996]

II. Eisen aan de drijvende kade

- II.1 Het verplaatsen van de drijvende kade mag vanaf het moment dat de laatste kadekraan stopt tot het moment dat de eerste kraan weer operationeel is maximaal een uur in beslag nemen;
- II.2 De drijvende kade moet tot en met windkracht 8 gebruikt kunnen worden;
- II.3 Opslagmogelijkheid voor scheepsluiken met een breedte van 15m en een lengte van 13m;
- II.4 Minimaal vijf rijstroken voor AGV's met een breedte van 4m;
- II.5 Een servicestrook aan de zijde van het schip met een breedte van 3m;
- II.6 Aan beide zijden van de drijvende kade moeten bolders aanwezig zijn;



3 Ontwikkeling van concepten voor de drijvende kade

In dit hoofdstuk worden varianten ontwikkeld voor de verschillende ontwerpvariabelen. In iedere paragraaf wordt één van de onderstaande acht ontwerpvariabelen behandeld.

1. Lay-out (§3.1)
2. Breedte ligplaats (§3.2)
3. Ligging drijvende kade in rust (§3.3)
4. Oplossing voor het draaien van de drijvende kade (§3.4)
5. Uitvoering van de drijvende kade (§3.5)
6. Wijze van verankeren (§3.6)
7. Wijze van voortstuwing (§3.7)
8. Lengte van de klap van de kraan (§3.8)

Per ontwerpvariabele wordt een aantal varianten besproken. Van deze varianten zullen de voor- en nadelen uiteen worden gezet. De kosten blijven bij de bespreking van de voor- en nadelen vooralsnog buiten beschouwing. Een overzicht van de ontwerpvariabelen en de mogelijke varianten is weergegeven in figuur 3.1 op de volgende bladzijde.



3.1 Lay-out keuze

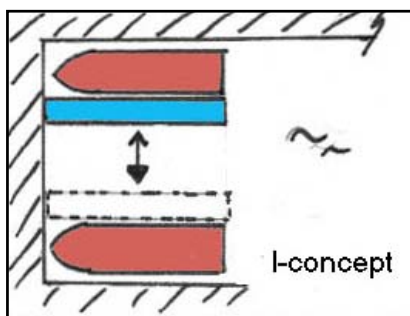
Er zijn twee mogelijke varianten voor de lay-out waarin de drijvende kade zich bevindt:

1. Het I-concept
2. Het L-concept

Het tot stand komen van beide lay-outs is nader toegelicht in bijlage E.

Het I-concept

Het I- concept dankt zijn naam aan het feit dat de drijvende kade en de verbinding tot de kade in elkaars verlengde liggen en zodoende de letter I vormen, zie figuur 3.2.



Figuur 3.2: het I-concept

Deze variant beschikt over twee ligplaatsen waarop de drijvende kade werkzaam is. Deze ligplaatsen bevinden zich aan het einde van de kademuur aan de kopse kant van een havenbassin.

Voordelen:

- Verplaatsing van de drijvende kade levert geen hinder op voor het overige scheepvaartverkeer;
- Vanwege de plaats van de aansluiting met de vaste kade is het mogelijk een langere hellingbaan te creëren voor AGV's, waardoor het vrijboord van de drijvende kade kan worden verlaagd.

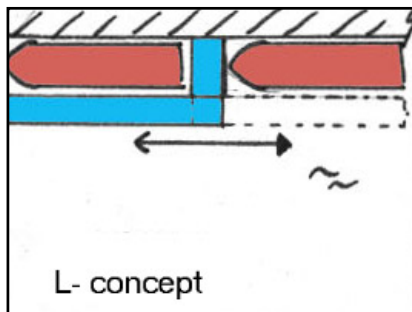
Nadelen:

- Gezien de grote afstand die afgelegd moet worden van de ene zijde van het havenbassin naar de andere zal deze variant niet snel toegepast worden op terminals waarbij beide ligplaatsen in eigendom zijn van één terminal eigenaar;
- De kranen op de drijvende kade moeten de mogelijkheid bieden om aan beide zijden van de kade werkzaam te zijn of de drijvende kade moet gedraaid worden;
- In haven lay-outs komen over het algemeen minder ligplaatsen voor met een kopse kant, zoals geschetst in figuur 3.2, dan ligplaatsen aan een rechte kade. Daardoor is het I-concept niet zo algemeen toepasbaar als het L-concept.



Het L-concept

Het L-concept dankt zijn naam aan het feit dat de drijvende kade en de verbinding tot de vaste kade loodrecht op elkaar geplaatst zijn en zodoende de letter L vormen, zie figuur 3.3.



Figuur 3.3: Het L-concept

Het L-concept is toepasbaar op twee ligplaatsen die in elkaars verlengde liggen.

Voordelen:

- Goed toepasbaar voor beheer door zowel één als twee terminal eigenaren;
- Brede toepasbaarheid omdat in haven lay-outs veel rechte kades voorkomen.

Nadelen:

- De verbinding met de vaste kade beperkt de mogelijkheid om ligplaatslengtes te variëren;
- Omdat de aansluiting op de vaste kade op kadeniveau moet zijn is er maar een beperkte afstand waarover de hellingbaan kan werken, hetgeen inhoudt dat de constructiehoogte van de drijvende kade aanzienlijk is;
- Verlies van kadelengte door de verbinding met de vaste kade en het feit dat trossen elkaar niet meer kunnen kruisen.

Conclusie

Beide varianten zijn goed toepasbaar. Het L-concept is algemener toepasbaar dan het I-concept.



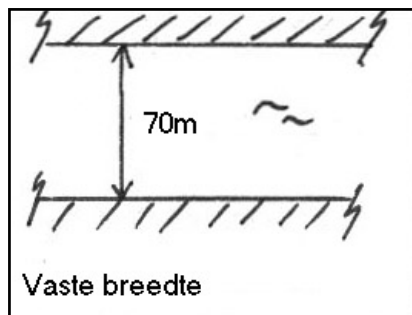
3.2 Breedte van de ligplaatsen

De drijvende kade kan op twee manieren langsijz liggen:

1. Op een constante afstand tot de vaste kade, waarmee de ligplaats een vaste breedte bereikt van 70m;
2. Direct langsijz het schip met een breedte variërend van 45m tot 70m.

Op een constante afstand van 70m tot de vaste kade

De ligplaats voor de drijvende kade met een vaste breedte is weergegeven in figuur 3.4.



Figuur 3.4: De drijvende kade ligt altijd op een vaste afstand tot de vaste kade van 70m

Voordelen:

- De aansluiting op de vaste kade wordt zowel logistiek als technisch makkelijker omdat de aansluiting steeds op hetzelfde punt ligt. Dit heeft een minder ingewikkeld besturingssysteem tot gevolg en de voorziening om AGV's van de drijvende kade naar de vaste kade te laten rijden hoeft niet verplaatsbaar of dubbel uitgevoerd te zijn;
- Indien de kadekranen uitgerust worden met klaplengtes van 70m zullen deze nooit tot over de tegenoverliggende kade reiken.

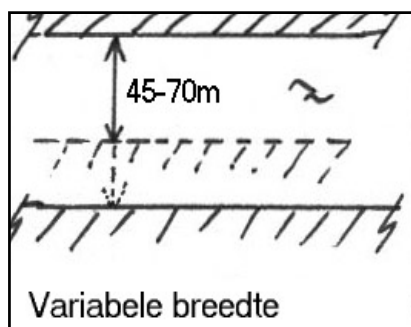
Nadelen:

- De drijvende kade dient de belastingen direct af kunnen dragen naar de vaste kade of naar de havenbodem;
- Indien er een smaller schip behandeld wordt is de kraancyclis onnodig lang;
- Wanneer de drijvende kade verplaatst wordt, moet deze zeer nauwkeurig gepositioneerd worden alvorens deze verankerd wordt.



Direct langszij het schip met een breedte variërend van 45m tot 70m

De ligplaats voor de drijvende kade waarbij de drijvende kade altijd direct langszij het schip ligt is weergegeven in figuur 3.5:



Figuur 3.5: de breedte van de ligplaats van de drijvende kade varieert in breedte van 45m tot 70m

Voordelen:

- De drijvende kade kan met trossen of magneten aan het schip bevestigd worden;
- Het positioneren van de drijvende kade langzij het schip is eenvoudig door de drijvende kade tegen het schip aan te varen;
- Kortere kraancycclus bij het behandelen van schepen met een breedte kleiner dan 70m.

Nadelen:

- Het verplaatsen van de drijvende kade neemt bij het L-concept meer tijd in beslag omdat de drijvende kade behalve in zijn lengterichting ook in dwarsrichting verplaatst moet worden;
- De aansluiting van de drijvende kade op de vaste kade wordt lastiger omdat de drijvende kade niet altijd op dezelfde plek ligt;
- Afhankelijk van de breedte van het te behandelen schip en de lengte van de klap van de kranen, kan het voorkomen dat de klappen van de kranen tot over de tegenoverliggende kade reiken, waardoor de kranen elkaar niet kunnen passeren zonder dat van beide kranen de klap wordt gehesen.

Conclusie

Zowel de variant van de drijvende kade met een vaste breedte als die met een variabele breedte is toepasbaar. De mogelijkheid om de drijvende kade ten alle tijden aan het schip te kunnen bevestigen met trossen of magneten spreekt voor de variant met variabele breedte. De variant met vaste breedte biedt daarentegen weer voordelen met betrekking tot de aansluiting met de vaste kade en de toe te passen klaplengtes.

3.3 Ligging drijvende kade tijdens rust

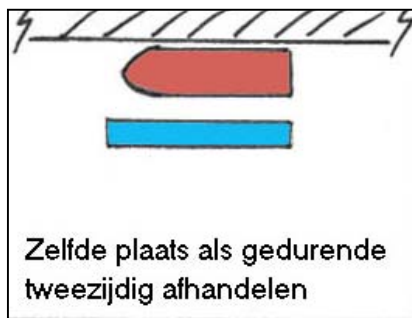
Indien de drijvende kade niet operationeel is zijn er drie mogelijkheden voor de ligging van de drijvende kade:

1. Op één van zijn normale ligplaatsen;
2. Elders aan de vaste kade;
3. Tussen beide normale ligplaatsen in.



Op één van zijn normale ligplaatsen

Indien de drijvende kade niet operationeel is kan hij op één van zijn normale ligplaatsen blijven liggen, zie figuur 3.6.



Figuur 3.6: Ligging van de drijvende kade op één van zijn normale ligplaatsen

Voordelen:

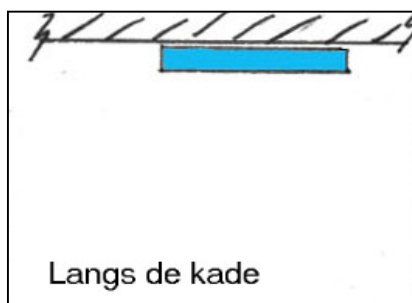
- Het is niet nodig om met de drijvende kade door de haven te varen;
- Omdat de drijvende kade op twee plaatsen ingezet wordt is het mogelijk om vaste verankeringpunten te maken.

Nadeel:

- Het is niet mogelijk dat schepen van beide ligplaatsen tegelijkertijd vertrekken.

Aan de vaste kade

De tweede mogelijkheid voor plaatsing van de niet operationele drijvende kade is langs een vaste kade, zie figuur 3.7.



Figuur 3.7: Ligging langs een vaste kade

Voordelen:

- Er kunnen tegelijkertijd twee schepen aankomen of vertrekken;
- Tijdelijk extra kadekraan capaciteit op de vaste deepsea kade.

Nadeel:

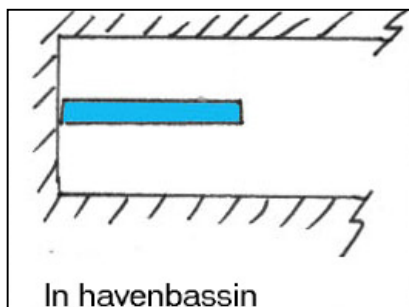
- De drijvende kade neemt een ligplaats aan de vaste kade in beslag.



Tussen beide normale ligplaatsen in

De derde mogelijkheid voor de ligging van de drijvende kade gedurende rust is tussen beide normale ligplaatsen in. Bij toepassing van deze variant moet de drijvende kade in staat zijn om de belastingen af te dragen naar de havenbodem. Deze variant is alleen mogelijk voor het I-concept omdat er geen doorgaande scheepvaart is, zie figuur 3.8.

Figuur 3.8: Ligging van de drijvende kade tussen beide normale ligplaatsen in

**Voordelen:**

- Bunkerschepen en sleepboten kunnen langsij een schip komen;
- De drijvende kade neemt nauwelijks vaste kademuur in beslag.

Nadeel:

- De manoeuvreerruimte voor het wegvaren van containerschepen is beperkt.

Conclusie

Omdat de drijvende kade een bezettingsgraad heeft van 0.75, zie uitgangspunt C.2, komt het niet vaak voor dat deze niet in bedrijf is. Vanwege de afmetingen van de drijvende kade is het ongewenst om grote afstanden af te leggen door de haven in verband met het overige scheepvaartverkeer.

Omdat de drijvende kade bij plaatsing langs de kademuur een ligplaats bezet gebeurt dit alleen in noodgevallen. Bij het I-concept is het mogelijk om de drijvende kade in het midden van het bassin te plaatsen. Omdat vanwege de beperkte breedte van het bassin beide ligplaatsen niet goed bereikbaar zijn vormt de drijvende kade in dat geval een nautisch opstakel.

Het meest voor de hand liggend is het laten liggen van de drijvende kade op één van zijn normale ligplaatsen indien hij niet operationeel is.

3.4 Oplossing voor het draaien van de drijvende kade

Voor het functioneren van de drijvende kade in het I-concept is het noodzakelijk dat de drijvende kade gedraaid kan worden of dat de kranen mogelijkheden bieden om aan beide zijden van de drijvende kade containerschepen te behandelen.

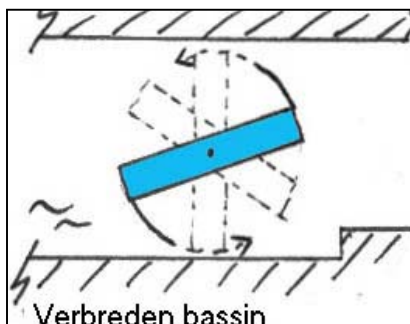
Omdat aan beide zijden van het havenbassin een schip kan liggen met een maximale breedte van 70m en er een minimale manoeuvreerruimte van 0.2L wordt gehanteerd, zie uitgangspunt A.3, moet het havenbassin een minimale breedte hebben van 620m. Omdat het havenbassin 500m breed is, zijn vijf mogelijke varianten ontwikkeld als oplossing voor het draaien van de drijvende kade:

1. Verbreden van het havenbassin;
2. Verslepen naar turning bassin;
3. Draaien van de kranen;
4. Doorvoeren van de klap van de kraan;
5. Gebruik van kranen met aan beide zijden een klap.



Verbreden van het havenbassin

De eerste mogelijkheid om het draaien van de drijvende kade mogelijk te kunnen maken is het verbreden van het havenbassin, zie figuur 3.9.



Figuur 3.9:
Verbreden van het
havenbassin

Het verbreden van het havenbassin kan op drie manieren:

1. Het verbreden van het totale havenbassin;
2. Het verbreden van het havenbassin ter plaatse van de terminal;
3. Het lokaal verbreden van het havenbassin ter plaatse van de ligplaatsen waar de schepen behandeld zullen worden.

Voordeel:

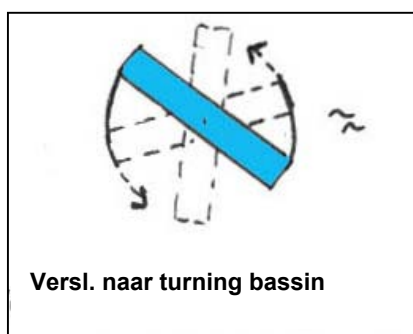
- Op de drijvende kade kunnen standaard kadekranen gebruikt worden.

Nadelen:

- Bij toepassing in bestaande havenbassins moeten kademuren gesloopt worden;
- Door plaatselijk het havenbassin te verbreden bevinden de ligplaatsen zich niet meer in elkaars verlengde waardoor de flexibiliteit afneemt;
- Hinder voor het scheepvaartverkeer gedurende de draaioperatie;
- Afhankelijk van de weersituatie kan het draaien geruime tijd in beslag nemen;
- Indien het havenbassin verbreed wordt is er minder haventerrein beschikbaar voor overige doeleinden.

Verslepen naar turning bassin

De tweede mogelijkheid voor het keren van de drijvende kade is het verplaatsen van de drijvende kade naar het turning bassin, daar keren en vervolgens terugvaren, zie figuur 3.10.



Figuur 3.10:
verslepen van de
drijvende kade naar
het turning bassin

Voordeel:

- Op de drijvende kade kunnen standaard kadekranen gebruikt worden.

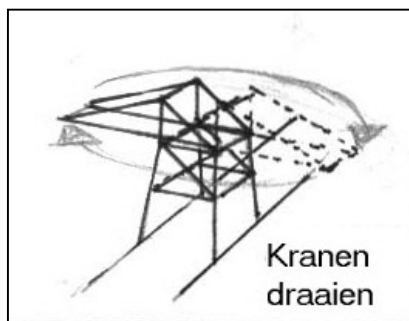


Nadeel:

- Afhankelijk van de afstand tot het turning bassin en de weersituatie kost de draaioperatie veel tijd.

Draaien van de kranen

De derde variant richt zich op de mogelijkheid om de kadekranen te draaien, zodat deze aan beide zijden van het ponton kunnen werken, zie figuur 3.11.



Figuur 3.11: Het draaien van de kranen

Het draaien van de kraan kan op twee manieren gebeuren:

1. Het draaien van de volledige kraan;
2. Het draaien van het bovenste deel van de kraan.

Voordelen:

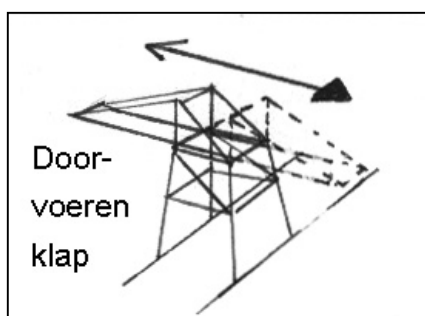
- Indien gebruik wordt gemaakt van een draaischijf op het ponton kan een standaard kadekraan toegepast worden;
- Geen belemmering voor de scheepvaart omdat de drijvende kade niet gedraaid hoeft te worden.

Nadelen:

- Het draaien van de kranen kost afhankelijk van de wijze waarop het gebeurt, de nodige tijd;
- De drijvende kade wordt breder omdat er aan beide zijden een servicestrook moet worden opgenomen.

Doorvoeren van de klap van de kraan

De vierde variant behelst het doorvoeren van de klap van de kraan, zie figuur 3.12.



Figuur 3.12: Het doorvoeren van de klap van de kraan

Dit type kranen wordt reeds toegepast in Genua om de kranen geen obstakel te laten zijn voor het nabij gelegen vliegveld.



Voordelen:

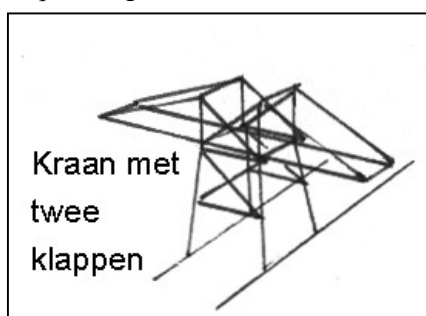
- Minder windbelasting op de klap omdat deze niet omhoog wordt geklapt;
- Indien de breedte van de ligplaats flexibel is kan door de klap gedeeltelijk door te voeren voorkomen worden dat de klap tot over de tegenoverliggende kade reikt;
- De drijvende kade hoeft niet gedraaid te worden.

Nadelen:

- De drijvende kade wordt breder omdat er aan beide zijden een servicestrook moet worden opgenomen;
- Tijdens het manoeuvreren met de drijvende kade zal de klap uitsteken, hetgeen de kans op aanvaringen vergroot.

Gebruik van kranen met aan beide zijden een klap

De vijfde variant bestaat uit het uitrusten van de kadekranen met aan beide zijden een klap, zie figuur 3.13.



Figuur 3.13: Kraan met aan beide zijden een klap

Voordelen:

- Mocht er in de toekomst direct overgeslagen worden dan biedt deze kraan daartoe mogelijkheden;
- De drijvende kade hoeft niet gedraaid te worden.

Nadelen:

- De drijvende kade wordt breder omdat er aan beide zijden een servicestrook moet worden opgenomen;
- De drijvende kade wordt gevoeliger voor windbelastingen omdat de kranen uitgerust zijn met aan beide zijden een klap;
- Indien de drijvende kade aan de vaste kade ligt, kunnen er geen kranen rijden over de rails op de vaste kade vanwege de tweede klap die (ook gehesen) oversteekt.

Conclusie

Het verbreden van het havenbassin is in principe alleen toepasbaar bij de aanleg van een nieuwe haven. Tezamen met het feit dat er door het verbreden van het havenbassin minder haventerrein beschikbaar is voor andere doeleinden is dit geen geschikte oplossing.

Het verplaatsen van de drijvende kade naar het turning bassin is vanwege de tijd die dit in beslag zal nemen geen oplossing die algemeen toegepast kan worden.

Het toepassen van een kraan die aan beide zijden van de drijvende kade kan werken vergt weliswaar de nodige extra investeringen maar lijkt vooralsnog de beste oplossing die algemeen toepasbaar is in het geval de drijvende kade wordt toegepast in combinatie met de lay-out zoals weergegeven in het I-concept. De kraan met doorvoerbare boom levert daarbij de meeste voordelen op.



3.5 Uitvoering van de drijvende kade

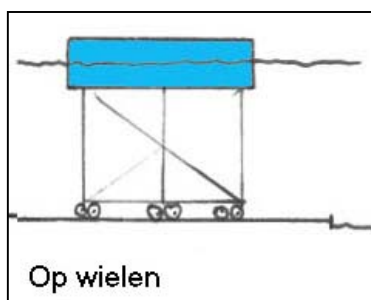
Om te verifiëren of de verplaatsbare kade inderdaad drijvend moet worden uitgevoerd is een aantal varianten ontwikkeld. Deze vijf varianten op de uitvoeringsmogelijkheden voor de drijvende kade zijn:

1. Een kade op wielen;
2. Een kade in de vorm van een caisson;
3. Een kade die zichzelf met behulp van een aantal poten op de bodem afsteunt;
4. Een drijvende kade in de vorm van een ponton die geballast kan worden;
5. Een drijvende kade in de vorm van een ponton.

Bij de bespreking van de voordelen zal regelmatig naar voren komen dat het dek van het ponton op een constant niveau blijft. Dit heeft voordelen met betrekking tot de aansluiting met de vaste kade. Deze hoeft namelijk niet bewegend te worden uitgevoerd. Bijkomend nadeel is dat de kranen hoger moeten worden uitgevoerd. Vanwege het beperkte getij wordt dit niet als een onoverkomelijk probleem gezien.

Een kade op wielen

De eerste mogelijkheid is het plaatsen van de kade op een onderstel met wielen die op hun beurt afsteunen op een rails die op de havenbodem ligt, zie figuur 3.14.



Figuur 3.14: Een kade op wielen

Voordelen:

- Verwaarloosbare bewegingen van de kade;
- Constant niveau van het bovendek;
- De mogelijkheid om horizontale belastingen op de kade door te voeren naar de havenbodem.

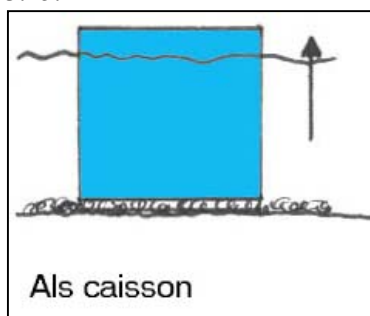
Nadelen:

- De bewegende delen onder de waterspiegel zorgen ervoor dat het onderhoud wordt bemoeilijkt;
- Doordat de af te leggen verplaatsingen van de unit afhankelijk zijn van de ligging van de rails zal de flexibiliteit beperkt zijn;
- Ondanks dat er gebruik gemaakt kan worden van een gedeelte van het drijvend vermogen van de kade zal er een zware en dus dure constructie nodig zijn.



Een kade in de vorm van een caisson

De tweede variant is een uitvoering van de kade in de vorm van een caisson, zie figuur 3.15.



Figuur 3.15: De kade uitgevoerd als caisson

Door het caisson te ballasten kan deze afgezonken worden op de bodem. Indien het caisson verplaatst moet worden wordt een deel van de ballast verwijderd waarna het caisson opdrijft.

Voordelen:

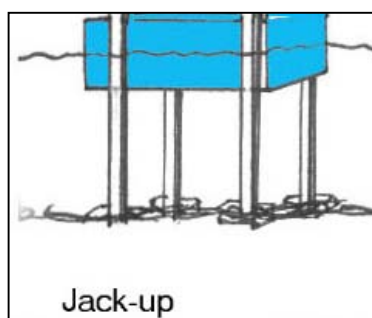
- De bewegingen van de kade zullen minimaal zijn;
- Een constant niveau van het dek van de kade;
- De mogelijkheid om horizontale belastingen op de kade door te voeren naar de havenbodem.

Nadelen:

- Op de plaatsen waar het caisson wordt afgezonken zal een bodemverbetering aangebracht moeten worden, hetgeen beperkingen oplegt aan de plaatsingsmogelijkheden van de kade;
- Het verplaatsen van de unit zal de nodige tijd kosten in verband met het legen en vullen van de ballasttanks;
- Vanwege zijn relatief grote waterverplaatsing en de grote massa van het caisson zal er een hoog vermogen noodzakelijk zijn om de kade te verplaatsen.

Een kade die zichzelf met behulp van een aantal poten op de bodem afsteunt

De derde variant is het afsteunen van de kade op de havenbodem met behulp van palen. Deze methode wordt in de offshore vaker toegepast en staat daar bekend als de “Jack-up”-methode, zie figuur 3.16.



Figuur 3.16: De drijvende kade afgesteund met palen op de havenbodem

Deze methode maakt gedeeltelijk gebruik van het drijvend vermogen van de kade. Door de drijvende kade deels uit het water te tillen ontstaat er genoeg druk op de palen om de horizontale belastingen op te kunnen nemen. Gedurende het getij moet de drijvende kade



volgen. Voor het toepassen van deze variant moet de havenbodem voldoende draagkracht hebben.

Voordelen:

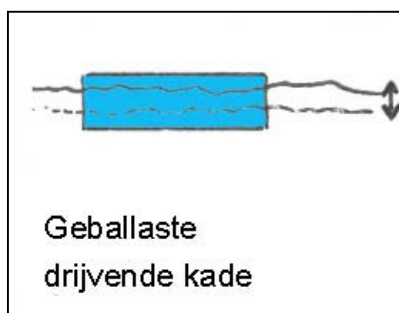
- Bewegingen van de kade worden beperkt;
- Mogelijkheid om horizontale belastingen op de kade over te brengen naar de havenbodem.

Nadelen:

- Geen constant niveau van het bovendek van de kade;
- Omdat de kade op een beperkt aantal poten zal rusten moet de constructie van de kade zwaar uitgevoerd worden;
- Door de plaatsing van de poten zal de breedte van de drijvende kade toenemen omdat er met de huidige breedte van de drijvende kade geen ruimte is om halverwege de kade een paar poten te plaatsen;
- Omdat de drijvende kade steeds op dezelfde plaatsen wordt ingezet bestaat het gevaar dat de palen gedeeltelijk in een oud gat terechtkomen waardoor ze buigen;
- Vanwege het gebruik van de palen op dezelfde plek bestaat de kans dat de bodem aangetast wordt, waardoor de havenbodem zich verdiept en de poten op den duur verlengd moeten worden;
- Gevaar voor het vastzuigen van de palen in de havenbodem;
- Het afsteunen op de bodem is tijdrovend.

Een drijvende kade in de vorm van een ponton dat geballast kan worden

De vierde variant bestaat uit een ponton dat geballast wordt om zodoende het bovendek op een constant niveau te houden, zie figuur 3.17.



Figuur 3.17: Het geballaste ponton

In een geballaste kade zijn computergestuurde ballastsystemen opgenomen die er zorg voor dragen dat het bovendek ondanks waterstandsverschillen en verschil in belasting op een constant niveau blijft.

Voordelen:

- Constant niveau van het dek van het ponton;
- Grote mate van flexibiliteit.

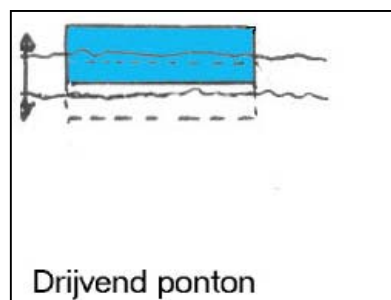


Nadelen

- Indien er een (stroom-) storing optreedt bestaat de kans dat de drijvende kade buiten gebruik raakt omdat de containers niet meer afgevoerd kunnen worden;
- De pompen en ballasttanks vergen veel onderhoud;
- Relatief gevoelig voor bewegingen;
- De ballasttanks moeten inpasbaar zijn in de constructie.

Een drijvende kade in de vorm van een ponton

De vijfde en laatste mogelijkheid is de drijvende kade uitgevoerd als drijvend ponton, zie figuur 3.18.



Figuur 3.18: De drijvende kade als ponton

Voordeel:

- Grote mate van flexibiliteit

Nadelen:

- De drijvende kade beweegt mee met het getij, waardoor de AGV's een hoogteverschil moeten kunnen overbruggen;
- Relatief gevoelig voor bewegingen.

Conclusie

De kade op wielen is moeilijk uitvoerbaar vanwege de zware constructie en het lastige onderhoud. De uitvoering van de kade als caisson kent ook teveel nadelen en is weinig flexibel.

De drijvende kade afgesteund op palen, de geballaste kade en het drijvende ponton lijken wel toepasbaar. De drijvende kade afgesteund op palen heeft als grootste nadeel dat de stalen constructie erg zwaar en breed moet worden uitgevoerd. Het overbruggen van het hoogteverschil tussen drijvende kade en vaste kade wordt niet als onoverkomelijk probleem beschouwt, gezien het beperkte getijverschil. De eventuele bewegingen die de drijvende kade ondergaat worden geacht mee te vallen vanwege de grote afmetingen van de drijvende kade.

3.6 Verankering van de drijvende kade aan schip of kade

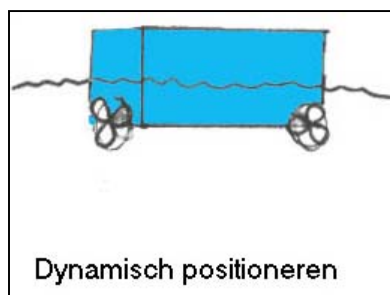
Tijdens het langzij liggen bij een containerschip of kade zal de drijvende kade op zijn plaats gehouden moeten worden. Daartoe zijn een aantal mogelijkheden:

1. Dynamische positioneren;
2. Gebruik van ankers;
3. Gebruik van jack-up palen;
4. Gebruik van magneten;
5. Gebruik van trossen;
6. Gebruik van spudpalen.



Dynamische positioneren

De eerste variant is het dynamisch positioneren, zie figuur 3.19.



Figuur 3.19:
Dynamisch
positioneren

Het dynamisch positioneren is een uit de offshore bekende wijze om drijvende objecten te positioneren met behulp van motoren. Daarbij wordt gebruik gemaakt van schroeven die om een verticale as kunnen draaien, zodat zij het object in elke gewenste richting kunnen verplaatsen.

Voordeel:

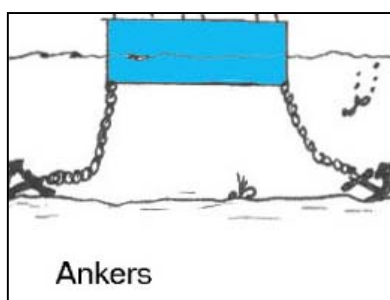
- De drijvende kade kan in elke positie worden gehouden zonder krachten over te dragen op de havenbodem, schip of vaste kade.

Nadelen:

- Energieverbruik;
- Beperkte nauwkeurigheid: vanwege de grote massa van de drijvende kade die versnelt dan wel vertraagd moet worden is positioneren met een grote nauwkeurigheid onmogelijk;
- Stroming in het havenbassin ten gevolge van het aanzetten van de motoren.

Gebruik van ankers

De tweede mogelijkheid is het gebruik van ankers, zie figuur 3.20.



Figuur 3.20:
Fixeren van de
drijvende kade met
behulp van ankers

Conventionele ankers hebben een lange lijn nodig om goed krachten op te kunnen nemen. Plaatsing van deze ankers buiten de contouren van de drijvende kade is echter ongewenst in verband met het overige scheepvaartverkeer. Het conventionele ankeren kost ook veel tijd en is niet altijd bedrijfszeker. Een mogelijkheid om ankerdraden toe te passen onder de drijvende kade wordt gevormd door vaste ankerpunten te construeren op de bodem onder de ligplaats van de drijvende kade. Met behulp van kabels of kettingen kunnen dan de horizontale belastingen op de drijvende kade opgenomen worden. Indien de drijvende kade zich verplaatst worden deze kettingen op de havenbodem afgezonken met een lange kabel eraan die aan boord blijft van de drijvende kade.



Voordeel:

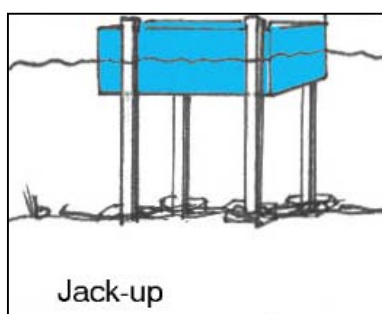
- Snelheid van verankeren.

Nadelen:

- Kan alleen toegepast worden indien de drijvende kade op vaste plaatsen ligt;
- Op de havenbodem komen lange kabels te liggen. Het gevaar bestaat dat deze kabels in elkaar verstrikt raken;
- De “duik” beweging van de drijvende kade wanneer deze horizontaal belast wordt moet worden gecompenseerd met behulp van een ballastsysteem;
- Gevaar voor schepen die toch in aanraking komen met de ankerkabels.

Gebruik van jack-up palen

De derde mogelijkheid om de drijvende kade te verankeren is door middel van jack-up palen, zie figuur 3.21.

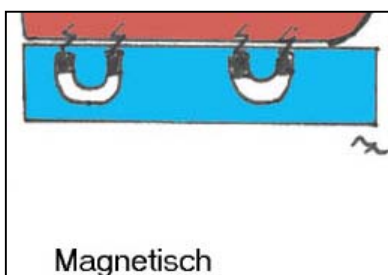


Figuur 3.21:
Verankering met
behulp van Jack-up
palen

Omdat deze methode uitgebreid besproken is in paragraaf 3.5 zal hier niet nader op deze variant ingegaan worden. De mogelijkheid om met behulp van deze palen daadwerkelijk de horizontale krachten op te nemen is beschouwd in bijlage F en G. In bijlage F worden de belastingen bepaald die op de drijvende kade werken en in bijlage G volgt de berekening van de horizontale krachtsopname met behulp van jack-up palen.

Gebruik van magneten

De vierde mogelijkheid om de drijvende kade te verankeren is het toepassen van een magnetisch afmeersysteem, zie figuur 3.22.



Figuur 3.22:
Magnetisch
afmeren

De drijvende kade wordt uitgerust met een groot aantal magneten. Voor het toepassen van magnetisch afmeren moet de scheepshuid voldoende sterk zijn. Het afmeren van grote containerschepen wordt reeds voor mogelijk gehouden. Omdat alleen de belastingen op de drijvende kade opgenomen hoeft te worden is magnetisch afmeren goed mogelijk.



Voordeel:

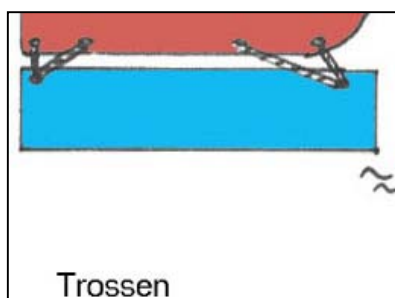
- Sneller en veiliger dan trossen. [Fiktorie, 2002]

Nadelen:

- Er kunnen beschadigingen optreden aan het schip;
- Indien magneten worden toegepast kunnen de ligplaatsen geen constante breedte aannemen;
- De extra krachten die op de drijvende kade werken moeten door de trossen van het schip afgedragen worden naar de vaste kade.

Gebruik van trossen

De vijfde mogelijkheid voor het fixeren van de drijvende kade is het gebruik van trossen, zie figuur 3.23.



Figuur 3.23: Het gebruik van trossen voor de verankering

Door met behulp van lieren een voorspanning op de trossen aan te brengen worden bewegingen beperkt en kunnen niveauverschillen opgevangen worden.

Voordeel:

- Snel en eenvoudig

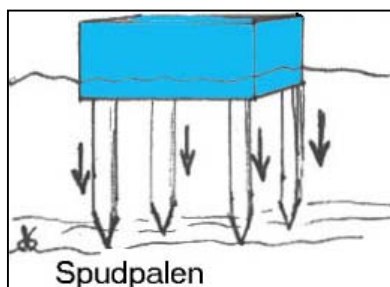
Nadelen:

- Op een schip zijn slechts een beperkt aantal bevestigingspunten voor trossen.
- Indien trossen worden toegepast kunnen de ligplaatsen geen constante breedte aannemen;
- De extra krachten die op de drijvende kade werken moeten door de trossen van het schip afgedragen worden.



Gebruik van spudpalen

De zesde en laatste variant betreft het gebruik van spudpalen, zie figuur 3.24.



Figuur 3.24:
Gebruik van
spudpalen

De spudpalen worden vanaf de drijvende kade losgelaten en penetreren op deze wijze de havenbodem. Indien nodig wordt de paal gehesen en kan de drijvende kade verplaatst worden.

Indien de spudpaal niet voldoende diep de havenbodem indringt bestaat de mogelijkheid om de paal door middel van schroeven of trillen dieper te plaatsen. Uit bijlage D blijkt dat spudpalen relatief weinig krachten af kunnen dragen indien ze niet voldoende diep de havenbodem in steken.

Voordelen:

- Eenvoudig toe te passen;
- De drijvende kade kan een constante ligplaatsbreedte aannemen.

Nadelen:

- Wanneer de spudpaal gehesen wordt steekt deze een eind boven het dek van de drijvende kade uit;
- De spudpalen maken gaten in de bodem, waardoor het voor kan komen dat een spudpaal in een oud gat terecht komt. Op den duur zal de spudpaal wellicht verlengd moeten worden;
- De havenbodem moet vrij zijn van kabels en leidingen;
- Beperkte krachtsopname, zie bijlage D;
- De drijvende kade zal (plaatselijk) verbreed moeten worden om ook spudpalen halverwege de drijvende kade te kunnen plaatsen.

Conclusie

Vanwege de grote massa van de drijvende kade dienen extreem grote motoren geïnstalleerd te worden om middels dynamisch positioneren de bewegingen van de drijvende kade onder controle houden. Deze grote motoren veroorzaken forse stromingen in het havenbassin. Het gebruik van ankers is mogelijk met de kanttekening dat de ankerdraden onder de drijvende kade doorlopen. Wel bestaat het gevaar dat tijdens het verplaatsen van het ponton schepen in aanraking komen met deze ankerdraden. Het gebruik van spudpalen is beperkt toepasbaar vanwege de beperkte krachtsopname. De Jack-up methode kan ook toegepast worden, echter dient er dan meer staal in de drijvende kade verwerkt te worden. Het gebruik van magneten en trossen is zeer zeker toepasbaar maar kan niet toegepast worden wanneer de breedte van de ligplaats constant is. Er zullen wel extra lijnen van het schip naar de kade geplaatst moeten worden om de krachten voldoende op te kunnen nemen. Wellicht kan een combinatie van trossen en magneten gebruikt worden. Op deze wijze kunnen de opneembare krachten voor de magneten verlaagd worden in de uiterste gebruikstoestand.

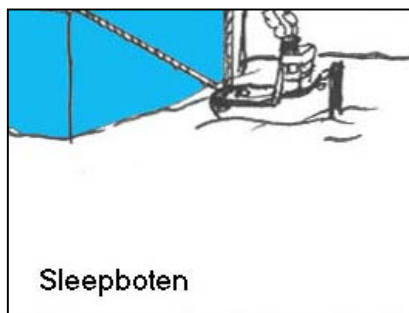
3.7 Wijze van voortstuwing van de drijvende kade

Er zijn vier mogelijkheden om de drijvende kade te verplaatsen:

1. Verplaatsing met behulp van sleepboten;
2. Verplaatsing door middel van een eigen motor;
3. Verplaatsing door een koppeling aan kabels welke met behulp van lieren bediend kunnen worden;
4. Verplaatsing met behulp van een tandradbaan.

Verplaatsing met behulp van sleepboten

De eerste variant op de voortstuwing van de drijvende kade is het gebruik van sleepboten, zie figuur 3.25.



Figuur 3.25:
Voortstuwing van
het ponton met
behulp van
sleepboten

Er kunnen sleepboten ingehuurd worden, maar er kunnen ook eigen sleepboten gebruikt worden.

Voordelen:

- In het geval van ingehuurde sleepboten zijn er geen onderhouds- en afschrijvingskosten;
- Beschikbare motorvermogen is mobiel en kan dus ook elders aangewend worden;

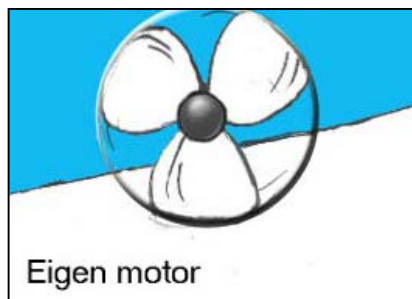
Nadelen:

- Indien sleepboten van derden worden ingehuurd bestaat de kans dat er op drukke momenten gewacht moet worden;
- Hoge personeelskosten voor het aan- en afkoppelen van de drijvende kade;
- Het aan- en afkoppelen zal de nodige tijd in beslag nemen.



Verplaatsing door middel van een eigen motor

De tweede mogelijkheid voor de voortstuwing van het ponton is voortstuwing met behulp van een eigen motor, zie figuur 3.26.



Figuur 3.26:
Voortstuwing met
behulp van een
eigen motor

De eigen aandrijving moet mogelijkheden bieden om zowel voor als achteruit te kunnen varen en moet tevens een zijwaartse verplaatsing kunnen leveren aan zowel de voor- als achterzijde van de drijvende kade. Er zal dus een boegschroef of roerpropeller geïnstalleerd moeten worden.

Voordelen:

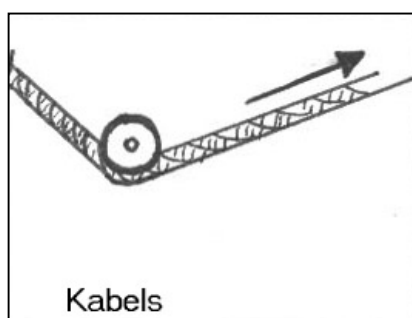
- Verplaatsen van de drijvende kade kan relatief snel plaatsvinden;
- Maximale flexibiliteit; geen afhankelijkheid van derden.

Nadeel:

- Er moet veel vermogen geïnstalleerd worden om de massa van de drijvende kade in beweging te brengen.

Verplaatsing door een koppeling aan kabels welke met behulp van lieren bediend kunnen worden

De derde mogelijkheid is het voortbewegen van de drijvende kade door middel van kabels, zie figuur 3.27.



Figuur 3.27:
Verplaatsing van de
drijvende kade met
behulp van kabels

Het systeem van kabels is alleen praktisch wanneer telkens hetzelfde, rechte, traject afgelegd wordt.

Omdat de kabels niet over de schepen heen geleid kunnen worden, moeten deze onder de schepen door geleid worden.



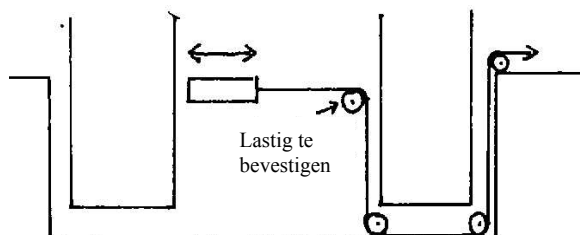
Voordeel:

- Weinig vermogen nodig om de drijvende kade te kunnen verplaatsen.

Nadelen:

- Bewegende delen op de bodem van het havenbassin voor de geleiding van de kabels;
- Schepen kunnen in aanvaring komen met de kabels;
- Flexibiliteit: de drijvende kade kan alleen op een bepaald traject voortbewogen worden;
- Verplaatsing met behulp van kabels biedt niet altijd de mogelijkheid om de drijvende kade goed te positioneren, zie figuur 3.28.

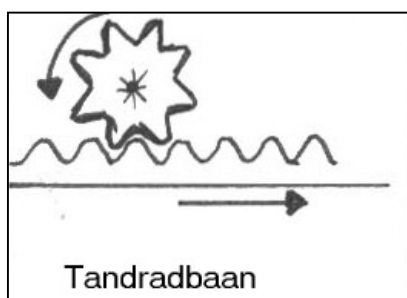
Figuur 3.28:
Positioneren met
behulp van kabels
is niet altijd goed
mogelijk.



Verplaatsing met behulp van een tandradbaan

De vierde en laatste mogelijkheid is het verplaatsen van de drijvende kade met behulp van een tandradbaan, zie figuur 3.29.

Figuur 3.29:
Verplaatsing van de
drijvende kade met
behulp van een
tandradbaan



Bij het gebruik van de tandradbaan zal er een geleidingssysteem aanwezig moeten zijn om de drijvende kade te geleiden.

Voordelen:

- Eenvoudige positionering van de drijvende kade;
- Beperkt te installeren vermogen.

Nadelen:

- Flexibiliteit: alleen te gebruiken indien er een vast traject afgelegd wordt;
- Het geleidingssysteem moet bijzonder zwaar worden uitgevoerd, omdat die om de overige scheepvaart niet te hinderen alleen ter plaatse van de aandrijving geconstrueerd mag worden. Door de grote lengte van de drijvende kade werkt deze als een hefboom op de geleidingsconstructie.



Conclusie

Het gebruik van kabels of een tandradbaan voor de verplaatsing van de drijvende kade is moeilijk uitvoerbaar. Het meest voor de hand liggend is het gebruik van sleepboten of een eigen aandrijving.

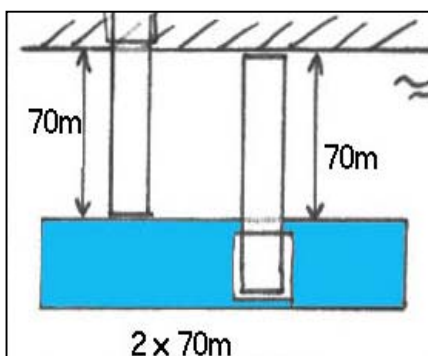
3.8 Lengte van de klap van de kraan

De maximaal te behandelen breedte van schepen is 70m. Wanneer de breedte van de ligplaatsen varieert reiken de klappen van de kranen tot over de tegenovergelegen kade. Deze situatie is ongewenst omdat indien 2 kranen elkaar willen passeren van beide kranen de klap gehesen dient te worden. Vanuit dit punt bezien alsmede vanuit het feit dat kranen met een kortere klap voordeliger zijn worden hieronder drie mogelijke combinaties van kraanklappen besproken:

1. Vanaf beide zijden reikt de klap met een lengte van 70m over de volledige breedte van het schip;
2. Vanaf de vaste kade heeft de klap een lengte van 45m. Vanaf de drijvende kade reikt de klap tot 30m;
3. Vanaf de vaste kade reikt de klap over de volledige breedte en van de andere zijde is de reikwijdte 45m.

Vanaf beide zijden reikt de klap met een lengte van 70m over de volledige breedte van het schip

De eerste mogelijkheid bestaat uit het toepassen van kranen die allemaal een klaplengte hebben van 70m, zie figuur 3.30.



Figuur 3.30:
Toepassing van
klaplengtes van
70m

Voordeel:

- Maximale flexibiliteit.

Nadelen:

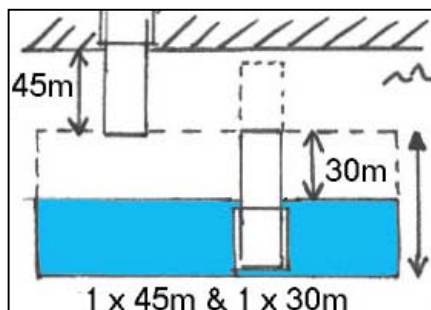
- Indien de ligplaatsbreedte varieert reiken de kraanklappen tot over de tegenover liggende kade;
- Forse windbelastingen;
- Zware kraanconstructie.



Vanaf de vaste kade heeft de klap een lengte van 45m en vanaf de drijvende kade reikt de klap tot 30m

De tweede mogelijkheid richt zich op minimale investeringen in kranen: de klaplengte moet minimaal 45m zijn en met een klaplengte van 30m vanaf de andere zijde is het mogelijk ook schepen met een breedte van 70m te behandelen, zie figuur 3.31.

Figuur 3.31:
Klaplengtes die niet over de volledige breedte reiken en verschillend van lengte zijn



Voordelen:

- De kraanklappen reiken nooit tot over de tegenovergelegen kade;
- Lichtere uitvoering van de kranen.

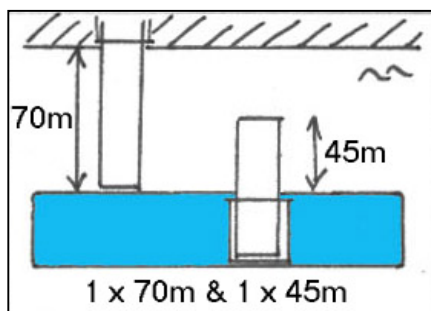
Nadelen

- Ingewikkelde kraanplanning;
- Enkelzijdige afhandeling van containerschepen vanaf de vaste kade is niet mogelijk bij schepen breder dan 45m.

Vanaf de vaste kade reikt de klap over de volledige breedte en van de andere zijde is de reikwijdte 45m.

De laatste optie behelst de mogelijkheid om ten alle tijde vanaf de vaste kade de volledige breedte van het schip te kunnen beslaan. De klap van de kranen vanaf de vaste zijde heeft daartoe een lengte van 70m en die vanaf de drijvende kade 45m, zie figuur 3.32.

Figuur 3.32: Een klaplengte van 70m en één van 45m



Voordelen:

- Een kortere klaplengte op de drijvende kade, waardoor deze kranen lichter uitgevoerd kunnen worden;
- De kadekranen op de vaste kade kunnen een kadekraan die vanaf de drijvende kade werkt passeren door hun klap te hijsen.



Nadelen:

- In het geval van een in breedte variërende ligplaats reikt de klap vanaf de vaste kade tot over de tegenoverliggende kade;
- Flexibiliteit: bij het behandelen van een breed schip kunnen de kranen vanaf de drijvende kade niet over de volledige breedte werken.

Conclusie

Indien de ligplaatsen een variabele breedte hebben zullen er kranen met een maximale klaplengte van 45m ingezet kunnen worden om het passeren van de kranen mogelijk te maken. Kraanklappen van 70m leveren de meeste flexibiliteit en zijn dus het meest gewenst. Om toch een klaplengte van 70m toe te kunnen passen op een ligplaats met variabele breedte kan een kraan worden toegepast met een doorvoerbare klap. Op deze wijze kunnen kranen aan de overzijde alsnog verreden worden. De variant waarbij een kraanlengte van 45m en een kraanlengte van 30m wordt toegepast op respectievelijk de vaste kade en de drijvende kade valt af vanwege zijn zeer beperkte flexibiliteit.



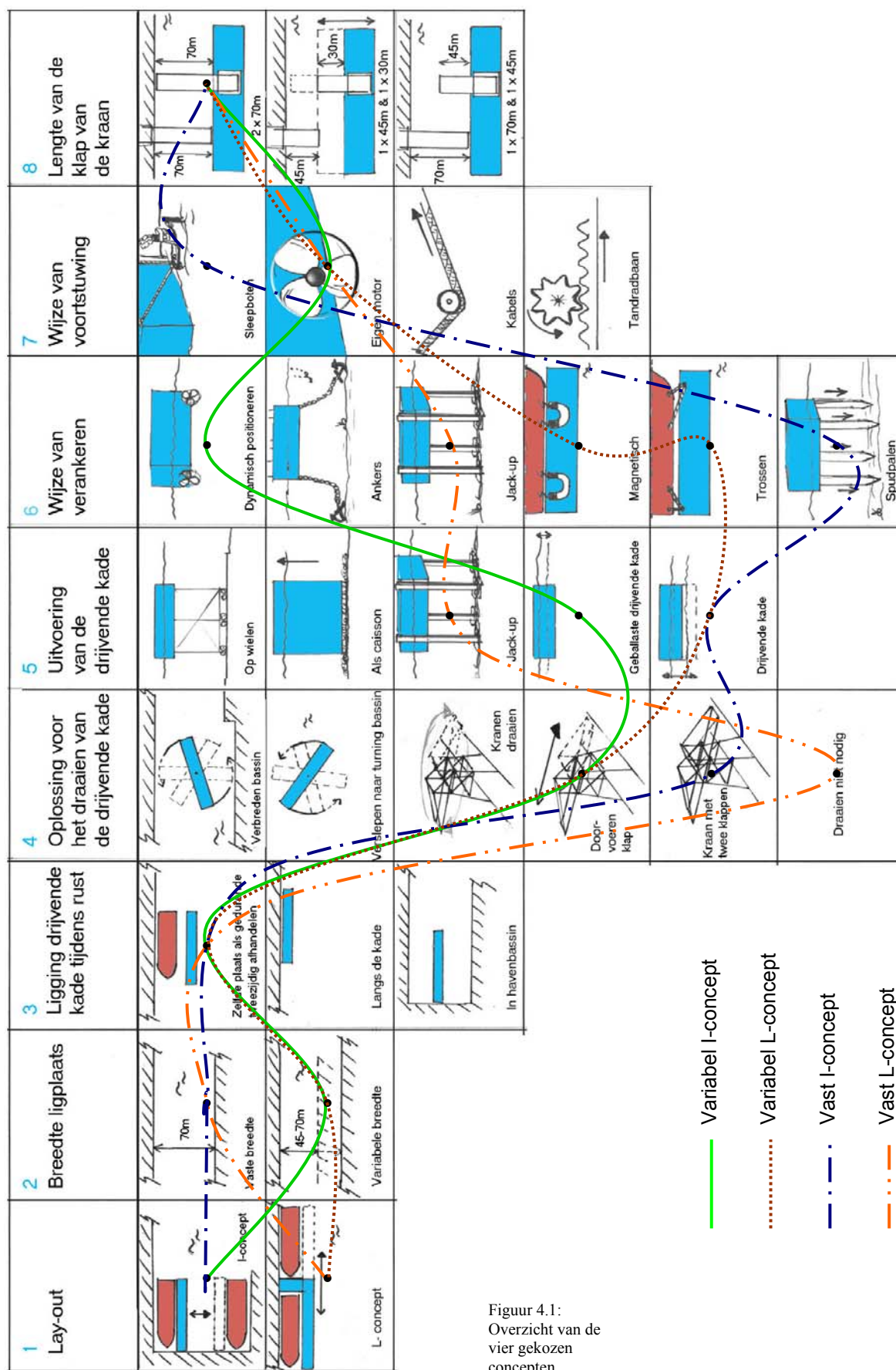
4 Overzicht concepten en beoordeling

In paragraaf 4.1 van dit hoofdstuk zal een overzicht worden gegeven van de vier concepten die zijn gegenereerd met behulp van de morfologische kaart uit hoofdstuk 3. Alle concepten lijken interessant te kunnen zijn voor de toekomst, maar in dit rapport zal in verband met de beschikbare tijd er slechts één uitgewerkt worden. In paragraaf 4.2 worden deze concepten op kwalitatieve wijze beoordeeld om te bepalen welk concept nader gedetailleerd wordt.

4.1 Overzicht concepten

In de morfologische kaart is een groot aantal varianten getekend op de ontwerpvariabelen. Daaruit zijn een viertal concepten geselecteerd die op kwalitatieve wijze beoordeeld zullen worden. Deze vier concepten worden geacht het meest kansrijk te zijn en geven combinaties aan van de ontwerpvariabelen die weergegeven zijn in de morfologische kaart van figuur 4.1. op de volgende bladzijde. Op de bladzijde na de figuur is een beschrijving opgenomen van deze vier concepten.



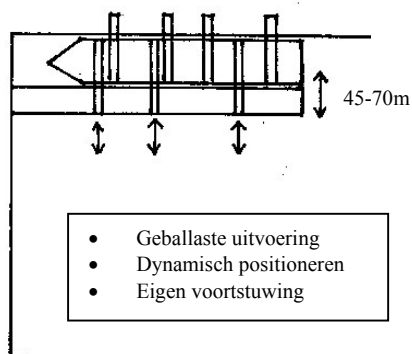


Figuur 4.1:
Overzicht van de vier gekozen concepten

Variabel I-concept

Het variabel I-concept is weergegeven in figuur 4.2 en heeft onderstaande kenmerken:

1. Lay-out: I-concept;
2. Breedte ligplaats: 45-70m;
3. Ligging drijvende kade tijdens rust: langszij schip;
4. Kraan met doorvoerbare klap;
5. Geballaste uitvoering;
6. Verankering d.m.v. dynamisch positioneren;
7. Eigen voortstuwing;
8. Klaplengtes van 70m.



Figuur 4.2:
Variabel I-concept

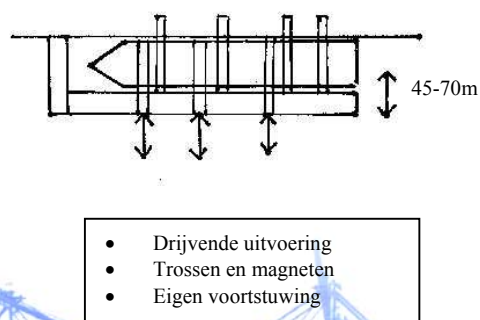
Dit concept kan gezien worden als het meest flexibele concept: door de doorvoerbare klap en het dynamisch positioneren is dit concept overal in de haven toepasbaar, mits de terminal daar op voorbereid is voor wat betreft het logistieke proces.

Vanwege de doorvoerbare klap is de drijvende kade zelfs op verschillende ligplaatsbreedtes te gebruiken waardoor de kraancyclus kan worden beperkt.

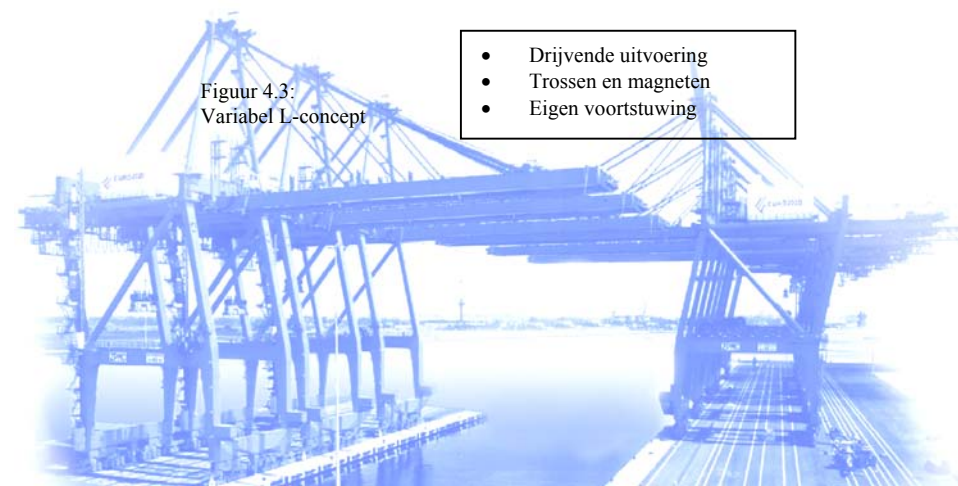
Variabel L-concept

Het variabel L-concept is weergegeven in figuur 4.3 en heeft onderstaande kenmerken:

1. Lay-out: L-concept;
2. Breedte ligplaats: 45-70m;
3. Ligging kade tijdens rust: langszij schip;
4. Kraan met doorvoerbare klap;
5. Drijvende uitvoering;
6. Verankering d.m.v. trossen en magneten;
7. Voortstuwing m.b.v. eigen motor;
8. Klaplengtes van 70m.



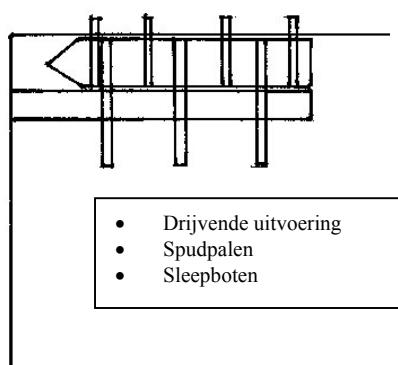
Figuur 4.3:
Variabel L-concept



Vast I-concept

Het vast I-concept is weergegeven in figuur 4.4 en heeft onderstaande kenmerken:

1. Lay-out: I-concept;
2. Breedte ligplaats: 70m;
3. Ligging kade tijdens rust: langs zij schip;
4. Kraan met twee klappen;
5. Drijvende uitvoering;
6. Verankering m.b.v. spudpalen;
7. Gebruik van sleepboten;
8. Klaplengtes van 70m.

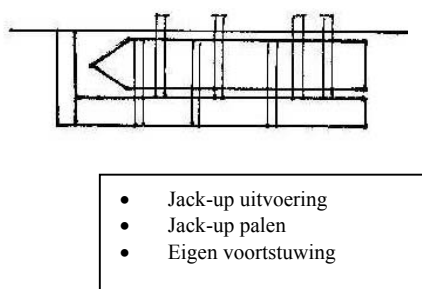


Figuur 4.4: Vast I-concept

Vast L-concept

Het vast L-concept is weergegeven in figuur 4.5 en heeft onderstaande kenmerken:

1. Lay-out: L-concept;
2. Breedte ligplaats: 70m;
3. Ligging drijvende kade tijdens rust: langs zij schip;
4. Draaien van kranen of kade niet nodig;
5. Jack-up uitvoering;
6. Verankering m.b.v. Jack-up palen;
7. Voortstuwing m.b.v. eigen motor;
8. Klaplengtes van 70m.



Figuur 4.5: Vast L-concept



4.2 Beoordeling van de concepten

Met behulp van een kwalitatieve analyse zal één van bovenstaande concepten geselecteerd worden om nader te detailleren. De gebruikte beoordelingscriteria zijn:

- Verplaatsingsnelheid;
- Bewegingen tijdens gebruik;
- Toepasbaarheid;
- Kosten.

Alle beoordelingscriteria tellen even zwaar.

Verplaatsingstijd

Onder de verplaatsingstijd wordt de hoeveelheid tijd verstaan die de drijvende kade buiten bedrijf is om zich te verplaatsen naar de andere ligplaats. De verplaatsingssnelheid hangt af van de handelingen die verricht moeten worden alvorens de drijvende kade kan vertrekken, de snelheid van het daadwerkelijke verplaatsen, de tijd die nodig is om de drijvende kade goed, dat wil zeggen recht, te positioneren en de handelingen (doorvoeren of neerlaten klap) die nodig zijn om de kranen weer operationeel te laten zijn.

Bewegingen tijdens gebruik

De bewegingen bestaan uit verticale en horizontale bewegingen. De bewegingen bestaan uit verticale bewegingen ten gevolge van het oppakken en loslaten van lasten dan wel golfslag. Tevens zijn er ook bewegingen in het horizontale vlak ten gevolge van wind, passerende schepen en golfslag. Door de uitvoeringsvorm en de wijze van verankering verschillen deze bewegingen per concept.

Toepasbaarheid

Onder toepasbaarheid wordt de mate verstaan waarin het concept geschikt is om door één of meerdere terminal eigenaren gebruikt te worden dan wel in de gangbare haven lay-out toepasbaar is.

Kosten

Onder kosten worden de operationele kosten per jaar verstaan. De operationele kosten bestaan uit de afschrijvings- en rentekosten, het onderhoud, de energiekosten en de personeelskosten.

De beoordeling van de vier concepten is in tabel 4.1 weergegeven.

Tabel 4.1:
Beoordeling van
de concepten

Concept	Variabele I	Variabele L	Vaste I	Vaste L
Verplaatsingstijd	+	+	-	-
Bewegingen	-	□	□	+
Toepasbaarheid	□	+	□	+
Kosten	-	+	□	-

- Matig
□ Redelijk
+ Goed

Verplaatsingstijd

De verankering van de drijvende kade moet tijdens de verplaatsingmanoeuvre verwijderd en aangebracht worden. Het gebruik van spud- of jack-up palen zal meer tijd kosten dan het gebruik van trossen, magneten of dynamisch positioneren.

De wijze waarop de drijvende kade verplaatst wordt kan invloed hebben op de verplaatsingstijd. Zo zal er bij het gebruik van sleepboten enige tijd verloren gaan met het aan- en afkoppelen van de sleepboten.

Het verschil in tijdsduur voor het operationeel maken van de verschillende toegepaste kranen zal beperkt zijn.

Het variabele I-concept maakt gebruik van dynamisch positioneren en heeft ook een eigen aandrijving. Het verplaatsen zal relatief weinig tijd kosten, vandaar dat ook dit concept goed scoort.

Het variabel L-concept maakt gebruik van trossen en magneten en beschikt over een eigen aandrijving. Vandaar dat dit concept goed scoort.

Het vaste I-concept maakt gebruik van spudpalen en wordt verplaatst door sleepboten, vandaar dat deze matig scoort op de verplaatsingssnelheid.

Het vast L-concept tenslotte scoort matig op de verplaatsingstijd vanwege het gebruik van jack-up palen voor de verankering.

Bewegingen

De bewegingen die de drijvende kade ondergaat zijn zowel in het verticale als het horizontale vlak. Verticale bewegingen van drijvende concepten zijn sterker dan van concepten afgesteund op de bodem, die nauwelijks zullen bewegen. Met betrekking tot de bewegingen in het horizontale vlak geldt dat concepten die gepositioneerd worden met behulp van palen minder gevoelig zullen zijn dan het concept dat gebruik maakt van dynamisch positioneren. Vanwege het dynamisch positioneren scoort het variabele I-concept matig. Het variabel L-concept en het vaste I-concept scoren redelijk.

Het vaste L-concept daarentegen scoort goed vanwege het gebruik van jack-up palen.

Toepasbaarheid

Het I-concept kan alleen ingezet kan worden in een havenbassin met een kopse kant. Het L-concept daarentegen is bijna overal inzetbaar. Het I-concept is minder goed bruikbaar in het geval dat het concept door één terminal operator wordt geëxploiteerd. Logistiek gezien zal de keuze voor het I-concept dan niet logisch zijn in verband met de af te leggen afstanden voor het interne transport. Het I-concept scoort redelijk en het L-concept scoort goed.

Kosten

Onder kosten worden de operationele kosten per jaar verstaan. De initiële kosten van het I-concept liggen hoger dan van het L-concept omdat het I-concept gebruik maakt van kranen die aan beide zijden van de drijvende kade kunnen werken en een hellingbaan heeft die op beide ligplaatsen gebruikt kan worden, dan wel twee aparte hellingbanen nodig heeft. Bij het L-concept daarentegen zal de lengte van de drijvende kade wat groter uitvallen vanwege de wat ongunstiger verbinding met de vaste kade.

Het toepassen van niet-standaard kranen die gebruik maken van klappen aan twee zijden of een doorvoerbare klap zijn een stuk duurder in aanschaf dan conventionele kranen. Een drijvende kade in de vorm van een ponton zal voordeliger zijn dan de geballaste uitvoering waarbij het dek op een constant niveau blijft, vandaar dat het variabele I-concept matig scoort. Het variabele L-concept scoort goed vanwege het gebruik van, relatief goedkope, trossen en magneten.

Op de operationele kosten kan bespaard worden door sleepboten in te schakelen voor het verplaatsen van de drijvende kade in plaats van het gebruik van een eigen voortstuwing. Het vaste I-concept scoort daarom redelijk.

Het vaste L-concept tot slot scoort matig omdat het toepassen van palen relatief kostbaar is vanwege het feit dat de constructie van de drijvende kade verstevigd moet worden.



Conclusie

Wanneer alle beoordelingscriteria even zwaar wegen komt het tweede concept, het variabele L-concept, ruim als beste naar voren. Het concept is breed toepasbaar, kan relatief snel verplaatst worden en is tegen relatief lage kosten te realiseren. Dit concept zal in de komende hoofdstukken nader worden uitgewerkt. Voor een goede vergelijking zouden de overige drie concepten ook nader gedetailleerd moeten worden maar dat zal vanwege de beperkte tijd in dit rapport niet aan bod komen.



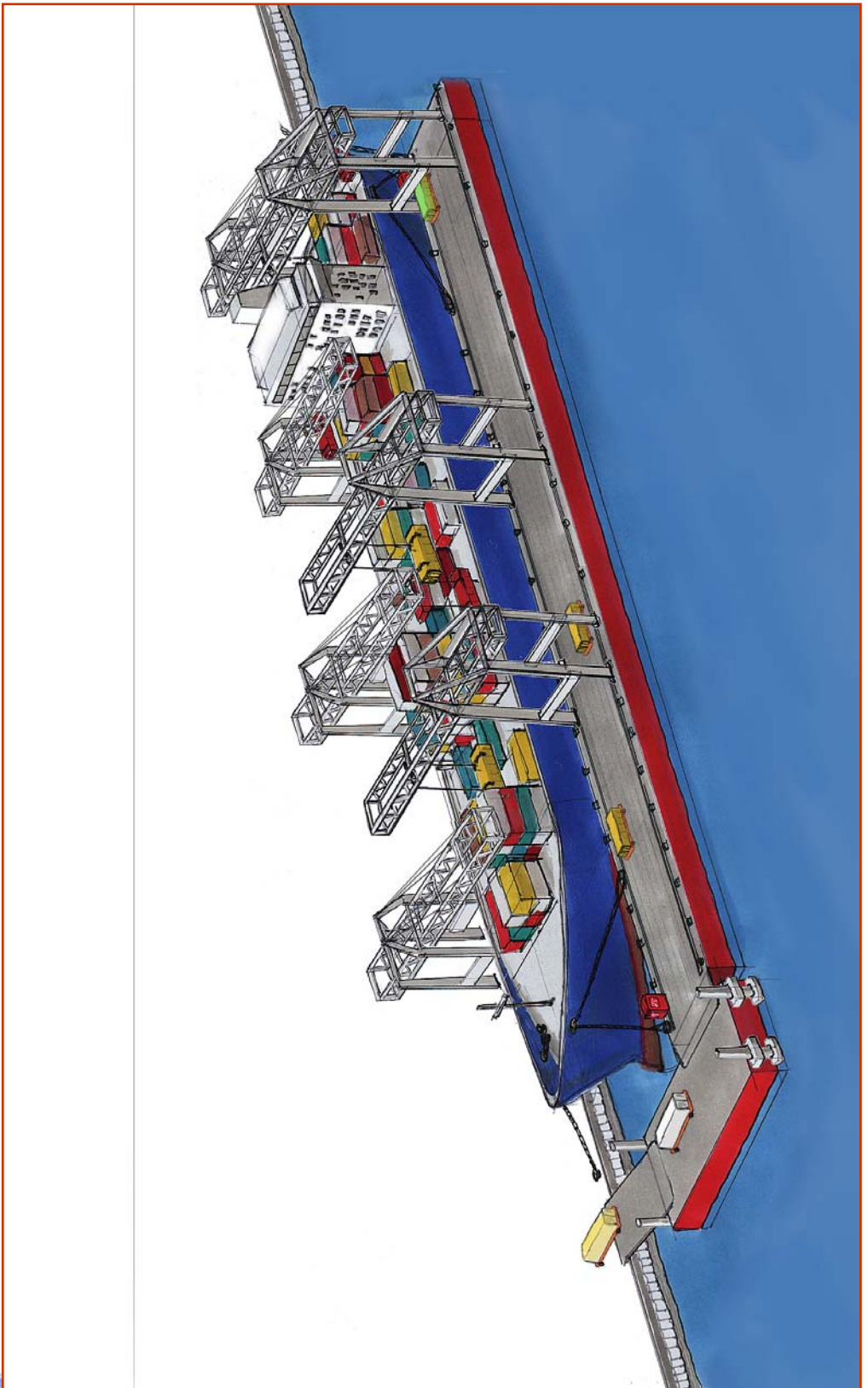
5 Detaillering van het concept

In dit hoofdstuk zal het variabele L-concept dat in hoofdstuk 4 naar voren is gekomen nader uitgewerkt worden. Het gekozen concept is weergegeven in figuur 5.1 op de volgende bladzijde.

In dit hoofdstuk komen onderstaande onderwerpen aan bod:

- Specificaties van de drijvende kade (§5.1)
- Constructie en onderhoud van de drijvende kade (§5.2)
- Wijze van verankering (§5.3)
- Wijze van verplaatsen (§5.4)
- Logistieke verbinding met de vaste kade (§5.5)
- Stabiliteit en bewegingen van de drijvende kade (§5.6)
- Voorzieningen op de drijvende kade (§5.7)
- Productiviteit van de drijvende kade (§5.8)





Figuur 5.1: Het nader te detailleren variabele L-concept.



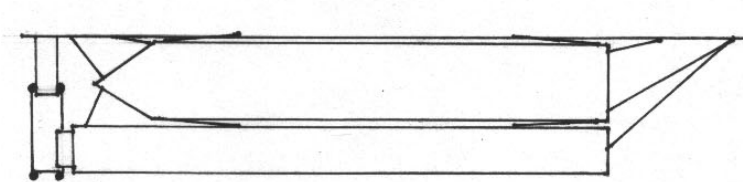
5.1 Specificaties van de drijvende kade

In deze paragraaf worden de specificaties weergegeven van de drijvende kade. Zonodig is er een toelichting gegeven in een schuin lettertype.

1. De lengte van de drijvende kade bedraagt 425m;

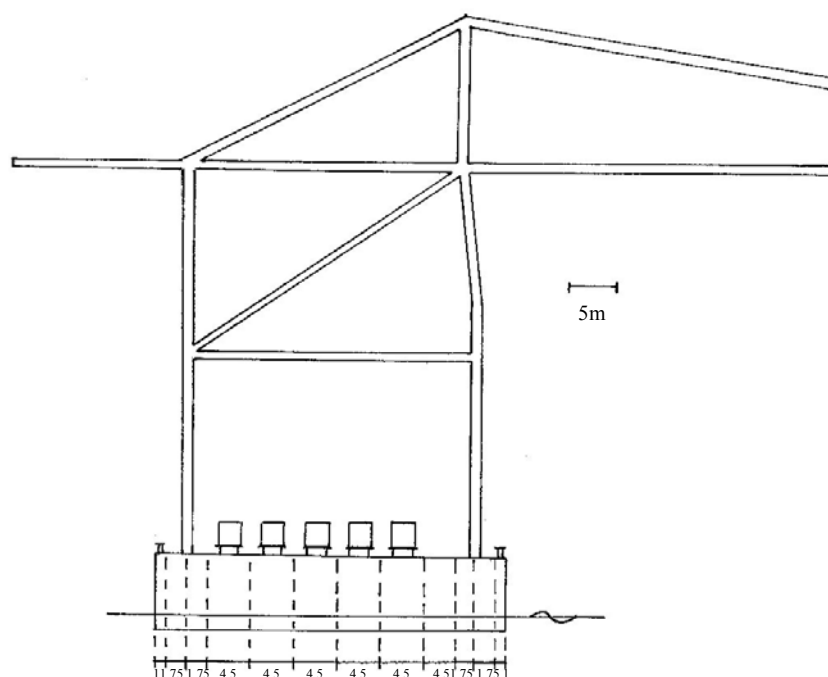
De maximale scheepslengte is 400m. Om aan de zijde van de ramp trossen naar de vaste wal te kunnen leggen is er een ruimte van 25m extra genomen. In principe zou de drijvende kade niet tot de achterzijde van het schip door hoeven lopen, omdat containers in de laatste baai vanaf de vaste wal behandeld zouden kunnen worden. Toch wordt er voor gekozen om de drijvende kade tot de achterzijde van het schip te laten steken. Zodoende ontstaat namelijk de mogelijkheid om trossen vanaf de drijvende kade achter het schip langs op de wal te kunnen bevestigen, zie figuur 5.2.

Figuur 5.2: de lengte van de drijvende kade biedt de mogelijkheid om trossen te bevestigen



2. De breedte van de drijvende kade bedraagt 36m;

De breedte van de drijvende kade hangt af van de functies die erop ondergebracht moeten worden. Uitgaande van het programma van eisen komt de lay-out naar voren zoals weergegeven in figuur 5.3.



Figuur 5.3: Dwarsdoorsnede van de lay-out van de drijvende kade

De hart op hart afstand van de kraanbanen bedraagt 30,48m. Aan zowel de binnen- als buitenzijde van de kraanrails is 1,75m gereserveerd voor de wielstellen en de aandrijving daarvan. Aan beide zijden van de drijvende kade is 1m gereserveerd voor de bolderstrook.



Tussen de kraanrails zijn vijf rijstroken met een breedte van 4,5m voor AGV's gesitueerd. Tevens is hier aan de scheepszijde een servicestrook opgenomen met een breedte van 4,5m. De AGV's zullen na geladen of gelost te zijn krabben (zijwaarts verplaatsen) om vervolgens via de retourstrook hun weg te vervolgen. De drijvende kade zal niet gebruikt worden voor de opslag van scheepsluiken. De scheepsluiken zullen op een ponton worden geplaatst dat wordt voortbewogen middels een duwboot. Dit is voordeliger dan over de gehele lengte van de drijvende kade ruimte op te nemen voor het plaatsen van de scheepsluiken, zie bijlage N. Het ponton zou ook middels lieren verplaatst kunnen worden, echter beperkt dit de mogelijkheden om een bunkerschip langszij de drijvende kade te leggen.

3. De holte van de drijvende kade bedraagt 7,4m.

Gezien het hoogteverschil dat overbrugd moet worden tussen de vaste kade en de drijvende kade, met een maximale helling van 3% en een lengte van 45m dient de drijvende kade een vrijboord te hebben van 5,8m. Een berekening van de waterverplaatsing van het ponton geeft een diepgang van 1,6m. Tezamen vormen het vrijboord en de diepgang een holte van 7,4m, zie bijlage H.

Om constructiekosten te besparen en het windoppervlak af te laten nemen zijn de mogelijkheden onderzocht om de constructiehoogte te beperken door een gedeelte van de drijvende kade met een aflopend dek te construeren, zie figuur 5.4.

Figuur 5.4:
Mogelijkheid om de constructiehoogte van de drijvende kade te beperken



Omdat over de hele lengte van de drijvende kade een kraanbaan aanwezig is en het dek van de drijvende kade horizontaal moet zijn onder de kranen is dit niet mogelijk.

4. De drijvende kade zal uitgevoerd worden in standaard scheepsbouwstaal, Fe 430;

Voor de uitvoering van de drijvende kade kan gekozen worden uit staal of beton. In bijlage I komen de belangrijkste voor- en nadelen met betrekking tot het construeren in staal of beton aan bod. Belangrijke aspecten zijn het beperkte eigen gewicht van de staalconstructie, hetgeen deze makkelijker te manoeuvreren maakt. Tevens heeft het construeren in staal als voordeel dat in het geval van een aanvaring de schade eenvoudiger te herstellen is.

5. De uitvoering van de drijvende kade is enkelwandig;

6. De drijvende kade moet opgedeeld zijn in meerdere compartimenten, voorzien van inspectieluiken.

5.2 Constructie en onderhoud van de drijvende kade

Zoals reeds vermeld zal de gehele constructie uit staal bestaan. Aan de voorzijde van de drijvende kade zullen fender-systemen moeten worden opgenomen om beschadiging van schepen te voorkomen.

Onder de kraanrails zal een zware stalen constructie moeten komen. Het bovendek van de drijvende kade moet de wielbelastingen van de AGV's moeten kunnen opnemen.

Omdat een flinke (torsie-) stijfheid van het ponton gewenst is zal het bovendek bestaan uit een bijzonder zware stalen constructie. Ter verstijving worden overal in de drijvende kade schotten geplaatst. Ter versteviging zullen zogenaamde Holland-profielen worden opgelast. Deze profielen hebben een omgekeerde L-vorm en zijn veel gemakkelijker te walsen dan T-profielen.

Vanwege de grote lengte van de drijvende kade zal deze wellicht niet op een normale werf gebouwd kunnen worden. Wanneer er schepen van 400m lengte in de vaart zijn is er wellicht een scheepswerf in Azië die de drijvende kade in één deel op kan leveren. Mocht de bouw van de drijvende kade al lukken dan is het nog de vraag waar het onderhoud of



een eventuele noodreparatie aan de drijvende kade plaats moet vinden, aangezien het grootste dok in Rotterdam van Verolme 405m lang is.

Een oplossing voor dit probleem kan het toepassen van een grote stalen bak zijn die onder de drijvende kade gevaren kan worden. Wanneer deze bak met behulp van een rubberprofiel een goede aansluiting heeft met de drijvende kade kan de bak leeggepompt worden. Door de waterdruk sluit de bak perfect aan op de drijvende kade waarna er onderhoud kan worden gepleegd. Op deze wijze kan de drijvende kade wellicht zelfs (deels) in bedrijf blijven. De mogelijkheid zoals hierboven beschreven is eerder toegepast bij het construeren van een olietanker.

Vanwege het feit dat onderhoud moeilijk te plegen is en het ongewenst is om de drijvende kade vaak buiten gebruik te stellen zal er gestreefd moeten worden naar een onderhoudsarm ponton. Door de buitenschil van de drijvende kade extra dik uit te voeren kan voorkomen worden dat er veel aan het plaatwerk gedaan moet worden gedurende de levensduur van de drijvende kade. Om zowel het onderhoud als de constructie te vergemakkelijken bestaat de mogelijkheid het ponton uit twee delen te construeren. De verbinding tussen beide delen moet dan wel bijzonder stijf worden uitgevoerd zodat de overgang geen probleem vormt voor het rijden met kadekranen en AGV's. Deze verbinding is hoogstwaarschijnlijk alleen tegen bijzonder hoge kosten te realiseren. Overwogen kan worden om de verbinding niet stijf uit te voeren. Echter is het dan niet mogelijk de kadekranen op het ponton flexibel in te zetten en zal wellicht gezocht moeten worden naar een andere mogelijkheid om containers af te kunnen voeren van de drijvende kade.

5.3 Wijze van verankering

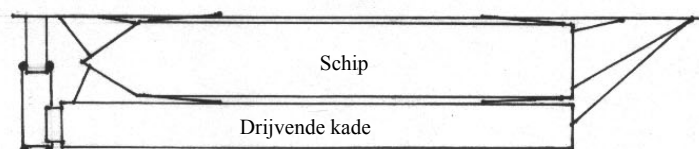
De horizontale belastingen op de drijvende kade zullen worden opgenomen door gebruikmaking van magneten en trossen.

Het magnetisch afmeren is technisch uitvoerbaar door gebruik te maken van dunne elektromagnetten met een oppervlak van 1m². Door de magneet in dezelfde dimensies te ontwerpen als de scheepshuid blijft het magnetisch veld binnen het circuit dat door de twee elementen wordt gevormd. [Fiktorie, 2002] De magneet laat een aantal keer per seconde het schip los om zodoende waterstandsverschillen op te kunnen vangen. Opgemerkt dient te worden dat het magnetisch afmeren nog niet algemeen toegepast worden en daarmee een extra risico vormt bij de implementatie van de drijvende kade. Omdat het magnetisch afmeren echter bijzonder snel, veilig en goedkoop blijkt te zijn is het uitermate geschikt om toe te passen op de drijvende kade.

De magneten zullen niet over de volledige lengte van de drijvende kade werkzaam kunnen zijn vanwege het feit dat de scheepshuid aan de voor en achterzijde van rondingen is voorzien. Omdat de belastingen loodrecht op de lengterichting van de drijvende kade in de uiterste gebruikstoestand ongeveer 15% bedragen van die in de uiterste grenstoestand op het schip waarvoor magnetisch afmeren is onderzocht, zie bijlage D en F, moet het mogelijk zijn om de drijvende kade in ieder geval tot en met windkracht 8 aan het schip te bevestigen. Om de combinatie van het schip en het ponton nog beter in positie te kunnen houden kunnen er nog extra trossen aangebracht worden. Op deze wijze kan het magneetsysteem ook nog eens lichter, en dus goedkoper, worden uitgevoerd en kunnen, afhankelijk van de windrichting, een deel van de belastingen op de drijvende kade direct op de vaste kade worden afgedragen in plaats van via de scheepstrossen, zie figuur 5.5.



Figuur 5.5:
Horizontale
krachtopname
door een
combinatie van
magneten en
trossen



De windbelasting loodrecht op de dwarsrichting van de drijvende kade en het ponton in de uiterste gebruikstoestand bedraagt ongeveer de helft van de windbelasting in de uiterste grenstoestand op het containerschip, zie bijlage F. Dit lijkt dus ook geen probleem te zijn voor het afmeren met trossen en magneten.

Wanneer de drijvende kade verplaatst wordt kan deze meteen met behulp van de magneten aan het schip bevestigd worden. Op dat moment kunnen de kadekranen al starten met het laad- en losproces. Vervolgens worden extra trossen bijgezet om de bewegingen verder in te perken. De magneten en trossen moeten in ieder geval tot en met windkracht 8 de belastingen op het ponton af kunnen dragen. Boven deze windkracht kan eventueel besloten worden, afhankelijk van de windkracht en de -richting, om de drijvende kade aan een vaste kade af te meren of extra trossen bij te zetten. Om te voorkomen dat alle belastingen op de drijvende kade door een beperkt aantal trossen van het schip opgenomen moeten worden, moeten er extra trossen van het schip naar de wal gebracht worden. Hiertoe zullen wellicht extra bolders geplaatst moeten worden op de vaste kade.

5.4 Wijze van verplaatsen

De drijvende kade moet verplaatst kunnen worden tussen beide ligplaatsen waarop hij operationeel is en eventueel ook aan de vaste kade gelegd kunnen worden. Tijdens het verplaatsen is het van belang dat de drijvende kade behalve voortstuwing ook een dwarskracht op de drijvende kade kan leveren om eenvoudig te kunnen manoeuvreren bij (wind-)belastingen dwars op de drijvende kade. Om het verplaatsen goed te laten verlopen wordt de drijvende kade uitgerust met vier roerpropellers. Een voorbeeld van een roerpropeller is gegeven in figuur 5.6.



Figuur 5.6: Een
roerpropeller

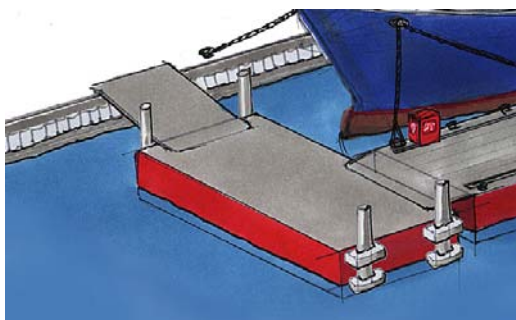
Aan beide kopse kanten van de drijvende kade zullen er twee worden geplaatst. De keuze voor twee propellers aan beide zijden is gemaakt zodat in het geval één roerpropeller uitvalt de andere het over kan nemen. De roerpropellers moeten daartoe wel over voldoende vermogen beschikken. Op iedere kopse kant van de drijvende kade bevindt zich een stuurhuis, zodat de drijvende kade eenvoudig gepositioneerd kan worden. Het ponton moet tot en met windkracht 8 verplaatst kunnen worden. Om dit mogelijk te maken zal een fors vermogen geïnstalleerd moeten worden. Er is voor gekozen om voldoende vermogen te installeren om tot en met windkracht 6 de drijvende kade



zelfstandig te kunnen verplaatsen. Jaarlijks is het in 93% van de tijd windkracht 6 of lager. Voor 7% van de tijd zullen dus extra sleepboten ingezet moeten worden voor de verplaatsing van het ponton. Deze handelwijze levert jaarlijks een kostenbesparing op van € 312.000, zie bijlage J.

5.5 Logistieke verbinding met de vaste kade

Vanwege de keuze om de drijvende kade uit te voeren als ponton moet er een hoogteverschil overbrugd worden tussen de vaste kade en de drijvende kade. Omdat de AGV's in een continu systeem moeten functioneren is de toepassing van een lift uitgesloten. Er zal dus gebruik gemaakt moeten worden van een ramp (hellingbaan). De maximale helling die een beladen AGV kan nemen is 3%. De laagste waterstand, met 1% onderschrijdingskans per jaar is -1,19m NAP. De maximale waterstand met 1% overschrijdingskans per jaar is +2,54m NAP. Het totale waterstandsverschil bedraagt dus 2,73m. De terreinhoogte op de Maasvlakte is +6m NAP. Omdat de breedte van de ligplaatsen varieert moet de hellingbaan bereikbaar zijn voor de drijvende kade met een ligplaatsbreedte van 45m tot 70m. De verbinding met de vaste kade is weergegeven in figuur 5.7.



Figuur 5.7: De hellingbaan

Aan de zijde van de vaste kade is de ramp scharnierend bevestigd op terreinhoogte. Zodoende kunnen de AGV's direct invoegen op de rijstroken voor AGV's op de kade. Aan de zijde van de drijvende kade wordt de ramp bevestigd op een drijvend ponton. Op de drijvende kade zal aan beide kapse kanten een klep zitten die de verbinding verzorgt tussen de drijvende kade en het ponton van de ramp. Het ponton van de ramp zal met behulp van vier stalen palen op zijn plaats worden gehouden. Deze kolommen kunnen tevens gebruikt worden om trossen aan te bevestigen. De verwachting is dat de drijvende kade met de magneten en trossen voldoende bewegingsvrij kan worden afgemeerd zodat er geen gevaar bestaat voor het wegvallen van de verbinding tussen de drijvende kade en het ponton van de ramp. De ramp zal een aan- en afvoerbaan voor AGV's moeten bevatten alsmede een rijstrook voor voertuigen die van de servicestrook komen. Omdat er storingen op kunnen treden bij de AGV's wordt de ramp uitgerust met een extra rijstrook. Op deze wijze kunnen AGV's een defect exemplaar passeren. Omdat de AGV's gescheiden moeten blijven van het overige verkeer dient er aan beide zijden van de ramp een servicestrook aangelegd te worden. De totale breedte van de ramp bedraagt in dat geval 20m. De lengte van de ramp bedraagt 49m in verband met de aanwezige fendering tussen schip en kades. Het logistieke proces van de containers wordt uitgevoerd met behulp van AGV's. Veel huidige AGV systemen zijn uitgerust met een transpondersysteem. Omdat deze systemen gevoelig zijn voor grote hoeveelheden staal zal dit besturingssysteem niet functioneren op het ponton. Om deze problemen te ondervangen is het mogelijk de AGV's de besturen met behulp van optische besturingssystemen of DGPS (Differential Global Positioning



System). Een andere mogelijkheid, die ook gebruikt wordt bij het aftanken van AGV's, is het handbesturen van AGV's met behulp van een joystick. Mochten automatische systemen toch niet blijken te voldoen bestaat de mogelijkheid om shuttle carriers (lage straddle carriers) in te zetten.

De AGV's die de drijvende kade af komen rijden de vaste kade op, moeten invoegen op de daar aanwezige stroom AGV's. Hoogstwaarschijnlijk zal dit af en toe vertraging opleveren waarmee rekening moet worden gehouden in het besturingssysteem van de AGV's, zodat het niet voorkomt dat de kadekranen onnodig moeten wachten op een AGV.

Het toepassen van de drijvende kade heeft de nodige impact op (het logistieke proces op) de terminal. De capaciteit van de stackkranen zullen daarop afgestemd moeten worden. Tevens zal de verhouding van de hoeveelheid vaste kademuur tot de diepte van de terminal veranderen.

5.6 Stabiliteit en bewegingen van de drijvende kade

De stabiliteit en de bewegingen van de drijvende kade zijn van groot belang om inzicht te krijgen in de mogelijke productie van de drijvende kade. In paragraaf 5.6.1 zal de stabiliteit van de drijvende kade aan bod komen. In paragraaf 5.6.2 wordt nader ingegaan op de bewegingen die de drijvende kade ondergaat.

5.6.1 Stabiliteit van de drijvende kade

De stabiliteitsbeschouwing kan opgesplitst worden in een statische beschouwing en een dynamische beschouwing. Ten behoeve van de statische stabiliteit is het van belang om de hoogte van het zwaartepunt en het metacentrum te bepalen. Voor de dynamische stabiliteitsbeschouwing dient de eigenperiode van de drijvende kade bepaald te worden. Om de dynamische stabiliteit van de drijvende kade te garanderen moet de eigenperiode van de drijvende kade voldoende afwijken van de golfperiode. Daartoe zal de eigenperiode van de drijvende kade ongeveer 10 seconden moeten zijn. De stabiliteitsberekeningen zijn in bijlage K opgenomen. Uit de berekeningen blijkt dat de statische stabiliteit ruim voldoende is omdat de metacentrumhoogte met 61,6m voldoende groot is. Voor de dynamische stabiliteit is de eigenperiode in dwarsrichting maatgevend. Deze eigenperiode bedraagt 5,1 seconde hetgeen zonder maatregelen onvoldoende is om de dynamische stabiliteit te garanderen. De dynamische stabiliteit kan verbeterd worden door de drijvende kade te ballasten en, mits de constructie dat toelaat, als een catamaran uit te voeren hetgeen een positieve uitwerking heeft op de polaire traagheidsstraal.

Door de bewegingen van de kadekranen op de drijvende kade bestaat de mogelijkheid dat de drijvende kade in resonantie wordt gebracht. Hierna zal nader onderzoek moeten worden verricht.

5.6.2 Bewegingen van de drijvende kade

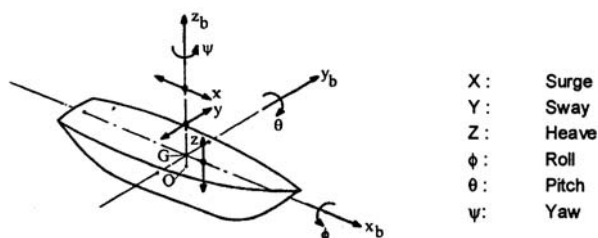
De drijvende kade zal bewegingen ondervinden door een aantal oorzaken:

- Wind;
- Stroming;
- Golven (hoge en lage frequentie);
- Passerende schepen;
- Het oppakken of loslaten van lasten.



De bewegingen die de drijvende kade kan ondergaan zijn weergegeven in figuur 5.8.

Figuur 5.8:
Bewegingen van de
drijvende kade



Voor de maximale bewegingen die een containerschip mag ondergaan, zonder dat de productiviteit een grote afname ondergaat zijn eisen opgesteld. In tabel 5.1 zijn gangbare waarden voor deze bewegingen opgenomen. [PIANC, 1995]

Tabel 5.1:
Overzicht van de
maximaal
toelaatbare
bewegingen voor
een containerschip

	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Yaw (°)	Pitch (°)	Roll (°)
100% efficiency	0.5	0.3	0.3	0	0	1
50% efficiency	1.0	0.6	0.6	0.75	0.5	3

De waarden in deze tabel zijn voor een containerschip die vanaf een vaste kade wordt afgehandeld. In het geval van de drijvende kade zullen behalve het containerschip ook de kadekranen bewegingen ondergaan. Voor de maximale bewegingen die de drijvende kade mag ondergaan wordt de helft van de waarden in tabel 5.1 gehanteerd. Daarbij dient opgemerkt te worden dat de bewegingen van schip en drijvende kade elkaar kunnen versterken of tegenwerken. Een halvering geeft dus slechts een globaal beeld.

Vanwege de grootte van de drijvende kade wordt verwacht dat over het algemeen de bewegingen mee zullen vallen. De roll beweging zal echter niet te verwaarlozen zijn. Bij het toepassen van twinlift operaties komt het voor dat aan het einde van de klap van een kadekraan de maximaal toelaatbare last hangt. Vandaar dat gekeken zal worden naar de roll beweging van de drijvende kade ten gevolge van het verplaatsen van lasten.

Uit de berekeningen in bijlage L blijkt dat de roll beweging ten gevolge van het verplaatsen van lasten maximaal 0,6° bedraagt. De roll beweging van 0,6° komt voor in de situatie dat alle drie de kranen tegelijkertijd aan het uiteinde van de klap een twinlift hijsen met containers die tot het maximaal toelaatbaar gewicht belast zijn. De verticale uitwijking van het einde van de klap bedraagt in dat geval 0.92m.

De roll beweging van 0,6° is weliswaar groter dan de aangenomen roll beweging van 0,5°, maar omdat deze situatie slechts sporadisch voorkomt wordt dit niet als een probleem beschouwd. Om bewegingen van de drijvende kade zoveel mogelijk te beperken kan deze het beste niet worden gebruikt in een hoofdvaargeul in verband met de daar aanwezige golven van passerende schepen.

5.7 Voorzieningen op de drijvende kade

In deze paragraaf worden de belangrijkste voorzieningen besproken die op de drijvende kade aangebracht moeten worden:

- Het ballastsysteem (§5.7.1)
- De energievoorziening (§5.7.2)
- De bunkervoorziening (§5.7.3)



5.7.1 Ballastsysteem

In paragraaf 5.6.2 is aangetoond dat de roll beweging ten aanzien van het verplaatsen van lasten door de kadekraan beperkt is. Daarom hoeft deze beweging niet gecompenseerd te worden door een ballastsysteem.

De massa verplaatsing van de kranen op de drijvende kade daarentegen zal wel geballast moeten worden, daar het uitgangspunt is om de drijvende kade zo horizontaal mogelijk te houden.

In dwarsrichting kan ballasten nodig zijn om een windbelasting die het ponton een bepaalde helling geeft te compenseren.

Ballasten kan plaatsvinden met behulp van pompen of ventielen. Deze ventielen kunnen opengezet worden om zodoende water onder zwaartekracht in dan wel uit te laten stromen. Wanneer de ballasttanks zo geplaatst worden dat een deel daarvan zich boven de waterspiegel bevindt en een deel daarvan daaronder dan kunnen ventiel en pomp samenwerken om de benodigde hoeveelheid water te verplaatsen, zie figuur 5.9.

Figuur 5.9:
Ballasttanks in de
lengterichting van
de drijvende kade



Om te voorkomen dat de stabiliteit van de drijvende kade wordt aangetast door de ballasttanks zullen tussenschotten aangebracht moeten worden.

Het ballastsysteem zal computergestuurd zowel in lengte- als in dwarsrichting trachten het dek van het ponton zo horizontaal mogelijk te houden.

De maatgevende ballastsituatie treedt op wanneer alle drie de kranen zich tegelijkertijd gaan verplaatsen. Het ballastsysteem zal altijd gevuld zijn met 4500m^3 water om steeds dezelfde diepgang van de drijvende kade te behouden. Deze 4500 ton water is voldoende om de massa van de drie kadekranen op de drijvende kade te kunnen compenseren.

Met een rijsnelheid van de kranen van 0.5 m/s leggen deze het traject van ongeveer 350m af in 700 seconden. In deze 700 seconden dient 4500m^3 water verplaatst te worden indien de ballasttanks aan de uiteinden van het ponton worden gesitueerd. De waterverplaatsing per seconde bedraagt dus $6,4\text{m}^3$. Indien er gebruik wordt gemaakt van het systeem van ventielen en pompen, waarbij er vanuit wordt gegaan dat beiden evenveel water kunnen verplaatsen, moet er een pompcapaciteit aan boord zijn van $3,2\text{m}^3/\text{s}$.

Deze hoge pompcapaciteit maakt het systeem erg duur. Er wordt aangenomen dat het ballastsysteem de verplaatsing van 1 kraan bij moet kunnen houden. Daartoe dient er een pompcapaciteit aanwezig te zijn van $1,1\text{m}^3/\text{s}$. Om het ballastsysteem nog lichter uit te kunnen voeren kan overwogen worden de bewegingsvrijheid van de kranen op de drijvende kade te beperken. Dit heeft echter wel een nadelige invloed op de inzetbaarheid van de kranen.

5.7.2 Energievoorziening

De belangrijkste energiegebruikers op de drijvende kade zijn de kadekranen. Het maximale vermogen dat deze kranen vragen ligt veel hoger dan hun gemiddelde verbruik vanwege het feit dat het hijsvermogen en het katrijdvermogen slechts een klein gedeelte van de tijd maximaal benut worden. Om deze reden zal het gebruik van een generator aan boord bijzonder kostbaar zijn, omdat deze een hoog maximaal vermogen moet kunnen leveren, maar gemiddeld weinig vermogen hoeft te produceren. Omdat de drijvende kade op dezelfde locaties wordt ingezet is het niet noodzakelijk een generator te installeren; de elektriciteit kan relatief eenvoudig vanaf de vaste wal betrokken worden. Er wordt gekozen voor een elektriciteitsaansluiting ter plaatse van de ramp. Deze aansluiting zal



tijdens het verplaatsen van de drijvende kade losgekoppeld moeten worden. Aan de voortstuwingsmotoren zal een generator worden gekoppeld om gedurende het verplaatsen van de drijvende kade een beperkte stroomvoorziening aan boord te creëren.

5.7.3 Bunkervoorziening

Het bunkeren zal plaatsvinden middels bunkerschepen die aan de achterzijde van de drijvende kade kunnen liggen. In de drijvende kade is een systeem van bunkerleidingen opgenomen zodat aan de achterzijde op meerdere plaatsen brandstof gelost kan worden. Aan de voorzijde van de drijvende kade zijn meerdere plaatsen aanwezig waar het containerschip geladen kan worden. De ligplaats van het bunkerschip moet wel afgestemd worden op de positie van de kranen. Het moet namelijk mogelijk blijven om met het ponton voor de scheepsluiken achter de kraan te komen. In praktijk zal het gewenst zijn om in plaats van met één groot bunkerschip met twee kleinere bunkerschepen de brandstof aan te leveren.

5.8 Productiviteit van de drijvende kade

De kranen op de drijvende kade worden uitgerust met een doorvoerbare klap, zodat het mogelijk is om direct langzij een schip te liggen zonder dat de klap tot over de tegenoverliggende kade reikt. Zodoende blijft de mogelijkheid bestaan voor tegenoverstaande kadekranen om de kadekranen op de drijvende kade te passeren gedurende het afhandelingproces. De kadekranen die vanaf de vaste kade werken moeten daartoe hun klap hijsen. Kranen met een doorvoerbare klap worden reeds gebruikt in Genua, zie figuur 5.10.



Figuur 5.10:
Kranen met
doorvoerbare klap,
Genua

Omdat de drijvende kade direct langzij het schip ligt wordt de gemiddelde kraancycclus verkort. Uit de berekening in bijlage M blijkt dat wanneer de drijvende kade op een vaste afstand tot het schip ligt de kranen twee moves per uur minder kunnen volbrengen. In dat geval komt de kraanproductiviteit op 26 moves per uur. De behandeltijd van schepen neemt door deze productieverlaging ongeveer een half uur toe. De financiële impact van deze productieverlaging kan beschouwd worden in de gevoeligheidsanalyse van de kostencalculatie die opgenomen is in paragraaf 6.2.

De kadekranen worden uitgerust met twee katten en zijn in staat zijn om twin-lifts te behandelen. Met deze kadekranen wordt verwacht in 2020 een productiviteit te kunnen behalen van gemiddeld 35 moves per uur. [Brainstorm, 2004] De kraanproductiviteit die in dit rapport gehanteerd wordt bedraagt 32 moves per uur voor enkelzijdige afhandeling omdat de waarden van Euromax erg optimistisch lijken met het oog op de huidige gemiddelde productie van 25 moves per uur.



Indien er dubbelzijdig wordt afgehandeld bedraagt de productie van de kranen vanaf de vaste kade gemiddeld 30 moves per uur. Vanaf de drijvende kade bedraagt de kraanproductie 28 moves per uur. De productie bij dubbelzijdige afhandeling ligt lager in verband met het groter aantal kranen dat toegepast wordt, hetgeen een negatief effect heeft op de efficiënte inzet van de kranen. De maximale productiviteit per schip bedraagt bij deze producties 234 moves per uur.

Het aantal moves per kadekraan per jaar bedraagt ongeveer 150.000, zie bijlage M. Deze waarde ligt in lijn met de Euromax terminal die in 2010 kraanproducties voorspelt van 140.000 moves per jaar.

In bijlage M is de jaarlijkse productiviteit per meter vaste kademuur berekend van het concept van de drijvende kade. De waarden zijn weergegeven in tabel 5.2.

Tabel 5.2:
Kadeproductiviteit
per meter vaste
kade

	Kadeproductiviteit (TEU/m/jaar)
Euromax terminal (2015)	1850
Enkelzijdig afhandelen	2700
Dubbelzijdig afhandelen	3350

Door met die hiervoor besproken kraanproducties schepen enkelzijdig te behandelen is het mogelijk een kraanproductiviteit te behalen van 2700 TEU per meter kademuur per jaar. Door dubbelzijdige afhandeling kan dit verhoogd worden tot 3350 TEU per meter kademuur per jaar.

Opmerkelijk is het grote verschil in kadeproductiviteit tussen de enkelzijdige afhandeling met behulp van de drijvende kade en de (enkelzijdige) afhandeling van de Euromax Terminal. Dit is te verklaren doordat Euromax uitgaat van een TEU-factor van 1,6 in plaats van de 1,7 die gebruikt is bij de productieberekeningen van de drijvende kade. Tevens behandelen beide ligplaatsen alleen de grootste containerschepen, waarbij er veel kranen per ligplaats actief zijn, terwijl bij de Euromax terminal ook kleinere schepen worden afgehandeld, hetgeen een negatieve invloed heeft op de kadeproductiviteit.



6 Kosten

Om een goed beeld te krijgen van de kosten en opbrengsten van de implementatie van de drijvende kade zou een simulatie gemaakt moeten worden van twee containerterminals met dezelfde jaarlijkse overslag, waarbij één van de terminals gebruik maakt van de drijvende kade en één van conventioneel afhandelen. Omdat in dit onderzoek daarvoor geen tijd is gereserveerd zal worden volstaan met een vergelijking van beide terminals voor wat betreft de investeringskosten en operationele kosten van de kademuren en equipment op de kade bestaande uit kadekranen en AGV's. Deze kostenvergelijking zal uitgewerkt worden in paragraaf 6.1.

Van deze berekening wordt in paragraaf 6.2 een gevoeligheidsanalyse gemaakt om te beschouwen welke factoren een sterke invloed hebben op de kostencalculatie.

De extra kosten die gemoeid zijn met de implementatie van de drijvende kade worden vervolgens in paragraaf 6.3 uitgezet tegen de besparingen die de rederij bereikt op de operationele kosten van zijn schip, doordat deze korter in de haven verblijft door toepassing van de drijvende kade.

In paragraaf 6.4 is een kostencalculatie gemaakt van een vast alternatief voor het dubbelzijdig afhandelen van containerschepen, om zodoende een vergelijking te kunnen maken van de drijvende kade met een insteekhaven. Tot slot is in paragraaf 6.5 de conclusie opgenomen.

In het gehele hoofdstuk en de bijlagen worden twee categorieën schepen onderscheiden: Categorie 1 bestaat uit schepen met een capaciteit van 8.000 TEU tot 10.000 TEU, hierna te noemen (gemiddeld) 9.000 TEU schip.

Categorie 2 bestaat uit schepen met een capaciteit van 10.000 TEU tot 15.000 TEU, hierna te noemen (gemiddeld) 12.500 TEU schip.

In het gehele hoofdstuk en de bijbehorende bijlagen wordt uitgegaan van het prijspeil van 2004. De bedragen zijn uitgedrukt in euro's en exclusief BTW. Het gehanteerde rentepercentage bedraagt 7%.

6.1 Kosten van het toepassen van de drijvende kade

In deze paragraaf zal een kostenvergelijking worden gemaakt tussen twee containerterminals, waarbij één terminal gebruik maakt van de drijvende kade voor de afhandeling van containerschepen en één terminal op conventionele wijze schepen afhandelt. Door de implementatie van de drijvende kade daalt de behandeltijd van de schepen waardoor er jaarlijks extra calls afgehandeld kunnen worden.

Als systeemgrens worden de twee vaste ligplaatsen genomen waaraan met behulp van de drijvende kade schepen dubbelzijdig worden afgehandeld. Het aantal calls dat daarmee jaarlijks kan worden afgehandeld wordt geprojecteerd op een conventionele terminal om zodoende te kunnen bepalen hoe groot een conventionele terminal zou moeten zijn om hetzelfde aantal calls te kunnen verwerken.

De extra investeringen die nodig zijn voor conventionele afhandeling worden afgetrokken van de extra investeringen voor de drijvende kade. Middels deze berekeningswijze kunnen de extra kosten per move worden bepaald voor afhandeling met behulp van de drijvende kade.

De kosten worden opgesplitst in investeringskosten en operationele kosten.

De operationele kosten bestaan uit afschrijvingen, arbeid, onderhoud en energie. De kosten voor de afschrijvingen zijn berekend middels een annuïteiten berekening waarbij gedurende de levensduur van het object de afschrijvingen en rentekosten voor elk jaar gelijk zijn. De kosten voor onderhoud en energie zijn in een percentage van de initiële kosten van het object uitgedrukt.



Allereerst zal berekend moeten worden hoeveel calls jaarlijks verwerkt kunnen worden door het systeem van twee ligplaatsen en de drijvende kade. Met behulp van de berekeningen in bijlage M worden de gemiddelde behandeltijden en het aantal calls per jaar verkregen. De waarden zijn weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1:
Behandeltijden en
aantal calls van
containerschepen
bij conventioneel en
dubbelzijdig
afhandelen

	Conventioneel afhandelen		Dubbelzijdig afhandelen		Vershil
Capaciteit schip (TEU)	9.000	12.500	9.000	12.500	
Behandeltijd (uur)	23,4	29,3	16,7	21,5	6,7/ 7,8
Calls/jaar	149	180	293	180	
Tot. aantal calls	329		473		144

Zoals in de tabel zichtbaar wordt is het verschil in behandeltijd respectievelijk 6,7 en 7,8 uur. Het aantal calls van 12.500 TEU schepen blijft constant op 180 per jaar, zie uitgangspunt C.1. Omdat de behandeltijd verkort wordt, kan de capaciteit die jaarlijks extra beschikbaar is gebruikt worden voor het afhandelen van 144 extra calls van containerschepen in de categorie 8.000-10.000 TEU. Er wordt vanuit gegaan dat er in 2020 voldoende schepen in de vaart zijn met deze capaciteit om de drijvende kade volledig te kunnen benutten.

Voor de afhandeling van 144 extra calls per jaar heeft een conventionele terminal extra kademuur nodig. In bijlage N is het verschil in kosten berekend voor beide terminal concepten. Het resultaat is weergegeven in tabel 6.2:

Tabel 6.2: Extra
kosten van het
dubbelzijdig
afhandelen van
containerschepen

	Investeringskosten (€)	Operationele kosten (€)
Drijvende kade	74.956.000	12.881.000
Conventioneel afhandelen	43.890.000	7.937.000
Extra kosten dubbelzijdig afhand.	31.066.000	4.944.000

De extra investeringskosten voor toepassing van de drijvende kade blijken € 31.066.000 te bedragen. De jaarlijkse extra operationele kosten bedragen € 4.944.000. Aan de hand van het aantal calls per jaar dat behandeld wordt aan de drijvende kade uit tabel 6.1 en het gemiddeld aantal moves per schip uit bijlage M wordt berekend dat rederijen € 2,50 per move extra moeten betalen om dubbelzijdig afgehandeld te worden met behulp van de drijvende kade.

6.2 Gevoeligheidsanalyse van de kostencalculatie

Omdat er bij de kostencalculatie van het drijvende kade concept nog veel onzekerheden zijn over de productiviteit en de kosten van de drijvende kade is met behulp van de Excel-sheet uit tabel N.1 een gevoeligheidsanalyse gemaakt. Op deze wijze kan geanalyseerd worden welke factoren een sterke invloed hebben op de uiteindelijke extra kosten per move.

In tabel 6.3 zijn de factoren die onderworpen zijn aan de gevoeligheidsanalyse weergegeven.



Tabel 6.3:
Gevoeligheids-
analyse van de
kosten-
calculatie

Factoren:	Invest.kosten (€)	%	Oper. kosten (€)	%	% tot
Volgens kosten calc. (zie tab.6.2)	31.066.000	-	4.944.000	-	-
Produc. kranen daalt met 3 m/u	32.206.000	3,7	5.150.000	4,2	1,6
Produc. drijvende kade -6 m/u	34.486.000	11,1	5.562.000	12,5	4,8
Inzetgraad drijv. kade (Up) =0,75	38.476.000	23,9	6.283.000	27,1	10,4
Gebruik van normale kranen	29.566.000	-4,8	4.729.000	-4,3	-1,7
Restwaarde +10%	-	-	4.941.000	-0,1	0,0
Staakosten + 10%	34.216.000	10,1	5.211.000	5,4	2,1
Ond + energie kosten + 10%	-	-	5.043.000	2,0	0,8
Levensduur +10%	-	-	4.858.000	-1,7	-0,7
Stelposten +10%	31.491.000	1,4	4.999.000	1,1	0,4
Rentepercentage 8% i.p.v 7%	-	-	5.192.000	5,0	1,9

De gevoeligheid is weergegeven in een percentage van de extra kosten die verbonden zijn aan de invoering van de drijvende kade. In de laatste kolom is de invloed van de factoren weergegeven als percentage van de totale operationele kosten (€ 12.881.000). Met de formules in de bijlagen M en N kan de invloed van bovenstaande veranderingen worden berekend. Hieronder volgt een toelichting:

Productiviteit van de kranen daalt met 3 moves per uur

Indien de productiviteit van alle toegepaste kranen daalt met drie moves per uur bedraagt de kraanproductiviteit:

- Enkelzijdige afhandeling: 29 moves per uur;
- Dubbelzijdige afhandeling: 27 moves per uur voor kranen vanaf de vaste kade, 25 moves per uur voor kranen vanaf de flexibele kade.

Door de verminderde kraanproductiviteit stijgen de extra operationele kosten met 4,2%.

Productiviteit van de kranen op de drijvende kade daalt in totaal met 6 moves per uur

In paragraaf 5.8 is aangetoond dat wanneer de drijvende kade constant op een vaste afstand van 70m tot de vaste kade ligt de productiviteit van ieder van de drie kranen met 2 moves per uur daalt.

Door de productiviteitsdaling blijken de operationele kosten te stijgen met 12,5%. Dit lijkt tegenstrijdig met een daling in operationele kosten van slechts 4,2% wanneer de productiviteit van alle kranen met 3 moves per uur daalt. Dit is echter te verklaren doordat in het laatste geval ook de productiviteit daalt van de kranen op de (extra benodigde) conventionele kade.

Inzetgraad drijvende kade daalt van 87,5% naar 75%

De inzetgraad is het gedeelte van de ligtijd van het schip aan de kade dat de drijvende kade op het schip operationeel is. Het is opmerkelijk dat wanneer de inzetgraad van de drijvende kade daalt van 87,5% naar 75% er een stijging van de extra operationele kosten optreedt van 27,1%. Dit is te verklaren doordat de behandeltijd van schepen afneemt, waardoor er jaarlijks minder extra schepen afgehandeld kunnen worden, waardoor vervolgens weer minder bespaard wordt op de investeringskosten van extra conventionele kade.



Gebruik van normale kranen

Bij het ontwerp van de drijvende kade is gekozen voor de toepassing van kranen met doorvoerbare klap. De toepassing van deze kranen levert een grotere flexibiliteit op voor de kraanplanning omdat de klap niet tot over de tegenoverliggende kade reikt. Nader onderzoek over de kraanplanning zal moeten uitwijzen of het gebruik van kranen met een doorvoerbare klap een stijging van 4,3% in de jaarlijkse extra operationele kosten waard is.

Restwaarde + 10%

Indien de restwaarde van de drijvende kade met 10% stijgt levert dit een vermindering van de extra operationele kosten op van 0,1%.

Staalkosten +10%

De staalkosten bestaan uit de hoeveelheid staal, de hoeveelheid arbeid en de staalprijs. Indien de staalkosten met 10% toenemen stijgen de extra operationele kosten met 5,4%.

Onderhouds- en energiekosten + 10%

Indien de kosten voor onderhoud en energie 10% stijgen, stijgen de extra operationele kosten per jaar met 2,0%.

Levensduur +10%

Indien de levensduur van alle objecten met 10% wordt verlengd dan dalen de extra jaarlijkse operationele kosten met 1,7%.

Stelposten + 10%

Wanneer de kosten van alle stelposten die gezamenlijk een waarde vertegenwoordigen van € 4,25 miljoen met 10% worden verhoogd treedt er een verhoging van de extra operationele kosten op van 1,1%.

Rentepercentage van 7% naar 8%

Tot slot is beschouwd wat de invloed op de extra operationele kosten per jaar is wanneer het gehanteerde rentepercentage stijgt van 7% naar 8%. Het blijkt dat de operationele kosten met 5,0% toenemen.

Conclusie

Uit bovenstaande gevoeligheidsanalyse kan worden afgeleid dat de kostencalculatie erg gevoelig is voor de kraanproductiviteit van de kranen op de drijvende kade en de inzetgraad van de drijvende kade. Dit hangt op zijn beurt namelijk sterk samen met het aantal extra calls dat jaarlijks verwerkt kan worden en dit heeft weer invloed op de kosten die een conventionele terminal moet maken voor het aanleggen van conventionele kademuur om deze extra calls te kunnen behandelen. De extra kosten per move zijn in paragraaf 6.1 vastgesteld op € 2,50. Uit de gevoeligheidsanalyse van deze paragraaf blijkt dat deze kosten gemakkelijk met 50% kunnen stijgen.

Een in de praktijk vaak toegepaste methode is om de berekende kosten van nog niet in detail uitgewerkte projecten met twee te vermenigvuldigen om op die wijze een inschatting te kunnen maken van de financiële haalbaarheid. In dat geval komen de extra kosten per move op € 5,00.



6.3 Operationele scheepskosten

De totale vaste kosten van een 12.500 TEU schip gedurende een rondreis Singapore-Rotterdam-Singapore bedragen 2.055.000 euro. Met een reistijd van 37,7 dagen bij een snelheid van 21 knopen komen de vaste kosten per uur op € 2271. [PMC, 2000] Inclusief brandstof komen de operationele kosten voor een 12.500 TEU schip in de haven op ongeveer € 2300 per uur.

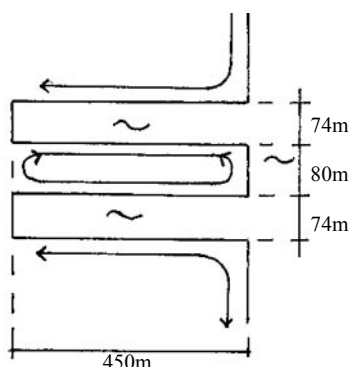
Een 9.000 TEU schip heeft een capaciteit die 28% lager ligt dan die van een 12.500 TEU schip. Omdat de kosten van een 9.000 TEU schip relatief hoger liggen per getransporteerd container wordt in deze berekening uitgegaan van een uurtariefverschil van 20%, waarmee het uurtarief van het 9.000 TEU schip € 1840 bedraagt.

De bereidheid van een rederij om extra te betalen per overgeslagen move bij een verhoogde productiviteit hangt sterk af van de tijdswinst die de rederij behaalt. In sommige gevallen zullen rederijen zelfs bereid zijn om fors meer te betalen. Dit kan het geval zijn wanneer een schip bijvoorbeeld om wat voor een reden dan ook uit zijn vaarschema is gelopen.

Bij gebruikmaking van de behandeltijden uit tabel 6.1 en het aantal handelingen per schip uit bijlage M kan worden berekend dat door de kortere behandeltijd een rederij per move € 3,65 bespaard op zijn operationele scheepskosten indien een 9.000 TEU schip wordt behandeld en € 3,85 indien een 12.500 TEU schip wordt behandeld.

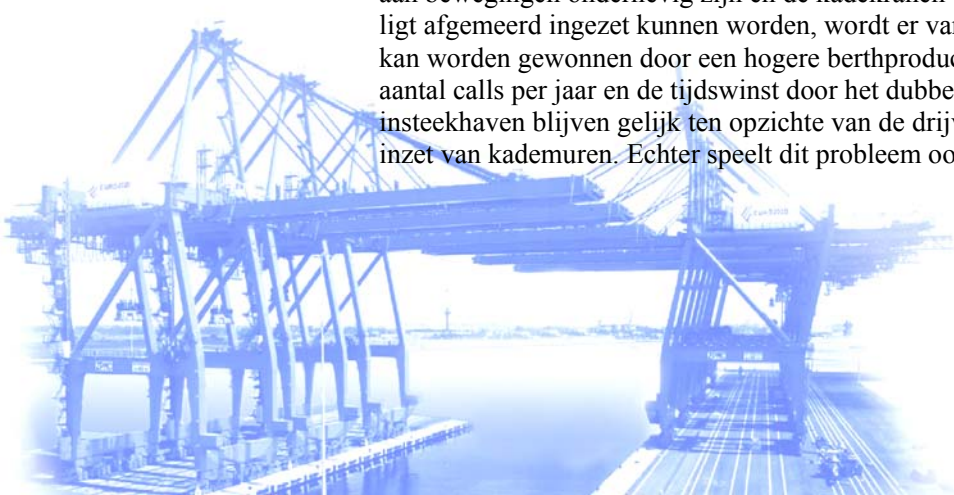
6.4 Kostencalculatie voor een gelijkwaardige insteekhaven

Met het oog op de kostencalculatie is het interessant de kosten van de drijvende kade te vergelijken met een soortgelijk concept, alleen dan in een vaste uitvoering. Daartoe is het terminalconcept ontwikkeld met een dubbele insteekhaven zoals in figuur 6.1 is weergegeven.



Figuur 6.1: De dubbele insteekhaven

De kademuur in het midden kan worden gezien als de drijvende kade, alleen in dit geval in een vaste uitvoering met een breedte van 80m. Op dit stuk kade zullen drie kranen werkzaam zijn die aan beide zijden kunnen opereren. De overige twee kademuren functioneren op dezelfde wijze als bij het concept van de drijvende kade. Ten opzichte van de drijvende kade is er gemiddeld extra tijd nodig voor het afmeren van het schip en zal de kraancycclus in sommige situaties iets langer zijn omdat de vaste kade niet zoals bij de drijvende kade direct langs het schip ligt. Omdat de kadekranen echter niet meer aan bewegingen onderhevig zijn en de kadekranen op de vingerpier direct nadat het schip ligt afgemeerd ingezet kunnen worden, wordt er vanuit gegaan dat deze extra tijd terug kan worden gewonnen door een hogere berthproductiviteit. Met andere woorden: het aantal calls per jaar en de tijdswinst door het dubbelzijdige afhandelen bij de dubbele insteekhaven blijven gelijk ten opzichte van de drijvende kade. Nadelig is de inflexibele inzet van kademuren. Echter speelt dit probleem ook deels bij de drijvende kade. De



ernst van dit probleem is minder groot wanneer er voldoende grote schepen de terminal aandoen.

Bij de kostencalculatie is er vanuit gegaan dat er drie extra AGV's nodig zullen zijn bij gebruik van de dubbele insteekhaven vanwege de langere afstand die afgelegd moet worden van de kade naar de stack. Tevens is een extra investering van € 6.000.000 gereserveerd om de kranen geschikt te maken voor het rijden door een bocht. Omdat binnenvarende schepen te maken krijgen met retourstroming is aangenomen dat netzo als bij de Ceres-terminal in Amsterdam het midden van de insteekhaven uitgebaggerd wordt, zodat er geen extra kosten gemaakt hoeven te worden voor een diepere kademuur.

Indien op deze wijze een kostenberekening wordt gemaakt bedragen de investeringskosten voor de dubbele insteekhaven € 88.860.000. De operationele kosten bedragen jaarlijks € 13.027.000, zie tabel 6.4.

Tabel 6.4:
Overzicht van de kostenbesparingen bij toepassing van een drijvende kade in plaats van een vaste kade

	Investeringskosten (€)	Operationele kosten (€)
De dubbele insteekhaven	88.860.000	13.027.000
De drijvende kade	74.956.000	12.881.000
Voordeel drijvende kade	13.904.000	146.000

Ten opzichte van de dubbele insteekhaven levert het gebruik van de drijvende kade een besparing op van € 146.000 per jaar op de operationele kosten. De besparing op de investeringskosten bedraagt € 13.904.000.

Weliswaar geeft bovenstaande berekeningswijze een hele grove benadering maar het geeft wel aan dat bij vervolgonderzoek het concept van de drijvende kade naast het concept van de insteekhaven gelegd zal moeten worden.

6.5 Conclusie

In de vorige paragrafen zijn de investeringskosten en operationele kosten beschouwd van het conventionele afhandelen van containerschepen en het dubbelzijdig afhandelen met behulp van de drijvende kade.

De netto extra investeringskosten voor de drijvende kade bedragen € 31.066.000. De extra operationele kosten bedragen € 4.944.000 per jaar.

Om deze kosten terug te verdienen zal de prijs per move verhoogd moeten worden.

Indien de extra operationele kosten beperkt blijven tot € 4.944.000 zullen de extra kosten per move € 2,50 bedragen. Echter moet er rekening mee worden gehouden dat deze kosten door onvoorziene omstandigheden op kunnen lopen tot € 5,00 per overgeslagen move. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de kostencalculatie bijzonder gevoelig is voor de extra productiviteit die de drijvende kade kan leveren.

Het voordeel dat de rederij behaalt door de korter behandeltijd bedraagt ongeveer € 3,80.

De kosten die normaal gesproken doorberekend worden door de terminal operator aan een rederij bedragen ongeveer € 100 per move. Uit dit oogpunt gezien bedraagt de prijsverhoging voor het dubbelzijdig afhandelen van containerschepen slechts 2,5%.

In paragraaf 6.4 is met behulp van een eenvoudige berekening aangetoond dat het concept van de drijvende kade en een dubbele insteekhaven elkaar voor wat betreft de operationele kosten weinig ontlopen. De investeringskosten van de dubbele insteekhaven vallen wel ongeveer € 14 miljoen hoger uit dan bij het concept van de drijvende kade. Omdat beide concepten qua operationele kosten ongeveer gelijk aan elkaar zijn dient in toekomstige studies naar de drijvende kade zeker een vergelijking gemaakt te worden met een insteekhaven.

De financiering van de drijvende kade zal in het geval dat de drijvende kade tot implementatie komt waarschijnlijk net zo als bij normale kades, verzorgd worden door



het Havenbedrijf Rotterdam. Het havenbedrijf zal de drijvende kade dan verhuren aan de terminal eigenaar, die op deze wijze geen investeringsrisico's loopt.



7 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusies en aanbevelingen besproken met betrekking tot het ontwerp van de drijvende kade. In paragraaf 7.1 zijn de conclusies opgenomen. In paragraaf 7.2 worden enkele aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

7.1 Conclusies

Het concept van de drijvende kade blijkt voor het dubbelzijdig afhandelen van containerschepen technisch haalbaar te zijn. Door containerschepen dubbelzijdig af te handelen is het mogelijk om containerschepen met een capaciteit van 12.500 TEU in slechts 21,5 uur te behandelen. De tijdswinst die daarbij wordt behaald bedraagt 7,8 uur. Schepen met een capaciteit van 9.000 TEU kunnen worden behandeld in 16,7 uur. De tijdswinst ten opzichte van conventioneel afhandelen bedraagt 6,7 uur.

Bij het drijvende kade concept kan het aanmeren en afvaren relatief eenvoudig gebeuren. Doordat de drijvende kade voorzien is van een eigen voortstuwing kan het verplaatsen van de drijvende kade snel plaatsvinden. Bunkeren kan met behulp van bunkerschepen die aankoppelen op een leiding die door de kade loopt.

Indien de scheepsgroottes sneller groeien dan verwacht kan dit concept relatief eenvoudig aanpassingen ondergaan om bredere schepen af te kunnen handelen. De drijvende kade zal wel aan bewegingen onderhevig zijn, hetgeen de productiviteit nadelig kan beïnvloeden. Het gebruik van de drijvende kade vergt relatief veel arbeid voor het bevestigen van de trossen, de verplaatsingsmanoeuvre en voor het bemannen van het ponton voor de opslag van scheepsluiken. Indien er gestreefd wordt naar een hogere automatiseringsgraad in de containeroverslag zal de introductie van de drijvende kade daar een negatieve invloed op hebben.

De economische haalbaarheid van de drijvende kade is sterk afhankelijk van de tijdswinst die behaald kan worden bij het afhandelen van een containerschip en daarmee dus van de tijd die de drijvende kade per schip actief kan zijn en de productiviteit van de kranen. Tevens moeten rederijen bereid worden gevonden extra te betalen voor deze versnelde overslag.

Naar aanleiding van dit rapport kan geconcludeerd worden dat het de moeite waard is om het concept van de drijvende kade nader te beschouwen. Het voordeel van de snellere afhandeling van containerschepen tegen geringe meerkosten heeft ook een positieve spin-off op de kadeproductiviteit en daarmee op een efficiënter ruimtegebruik in de haven. Tevens kan de drijvende kade uitkomst bieden aan terminals met een gebrek aan kademuur.

In dit rapport is getracht een onderzoeksrichting weer te geven naar aanleiding waarvan vervolgonderzoek opgestart kan worden.



7.2 Aanbevelingen

De aanbevelingen voor vervolgonderzoek zijn opgesplitst in een vier categorieën te weten:

1. Aanbevelingen ten aanzien van het logistieke proces;
2. Aanbevelingen ten aanzien van de technische uitwerking;
3. Aanbevelingen ten aanzien van de inzet van de drijvende kade;
4. Overige aanbevelingen.

Aanbevelingen ten aanzien van het logistieke proces

- Er moet nader onderzoek gedaan worden naar de wijze waarop de containers naar de vaste wal getransporteerd worden.
- Er moet onderzoek worden gedaan naar de gemiddelde productiviteit die de kadekranen op zowel de vaste kade als de drijvende kade kunnen leveren.
- De impact van de drijvende kade op het logistieke proces op de terminal moet nader onderzocht worden.

Aanbevelingen ten aanzien van de technische uitwerking

- Er zal nader onderzoek gedaan moeten worden naar de (golf)belastingen op de drijvende kade.
- Er zal een ontwerp gemaakt moeten worden voor de drijvende kade om zodoende een betere kostenschatting te kunnen maken voor de constructie van de drijvende kade.
- Er zal nader onderzoek gedaan moeten worden met betrekking tot de constructie- en onderhoudsmogelijkheden van de drijvende kade.
- De aansluiting van de drijvende kade met de vaste kade zal nader beschouwd moeten worden. Voor wat betreft het verplaatsen van de drijvende kade biedt een telescopische ramp vanaf de vaste kade direct loodrecht op de drijvende kade wellicht uitkomst.

Aanbevelingen ten aanzien van de inzet van de drijvende kade

- De mogelijkheid om de drijvende kade door twee terminals te laten gebruiken moet nader onderzocht worden.
- Nader onderzoek naar de toekomstige scheepsmix en het aankomstpatroon van deze schepen en daarmee naar de maximale bezettingsgraad van de drijvende kade.
- Er moet nader onderzoek gedaan worden naar de bewegingen waaraan de drijvende kade onderhevig is.
- Er moet onderzoek gedaan worden naar de benodigde scheepsmix waarbij het rendabel wordt om in de drijvende kade te investeren.

Overige aanbevelingen

- Er moet onderzoek gedaan worden bij rederijen om te achterhalen of men bereid is meer per move te betalen dan het voordeel dat ze behalen op de operationele kosten van hun schip indien de behandeltijd voor containerschepen wordt verkort.
- Er zal gekeken moeten worden naar de financieringsmogelijkheden van de drijvende kade.
- De kosten die gemoeid zijn met het aan- en afmeren van de schepen zullen nader beschouwd moeten worden.



Literatuurlijst

- | | |
|--------------------------|---|
| [Brainstorm, 2004] | Klinken, J., Paus, C.H. “ <i>Containerterminal of the future</i> ”. Full report of the brainstormsession. Havenbedrijf Rotterdam, Rotterdam, 2004. |
| [Drewry, 2002] | “ <i>Global ontainer terminals, Profit, Performance and Prospects</i> ”. Drewry. Londen, 2002. |
| [FAMAS, 2002] | “ <i>Maasvlakte integrale containerlogistiek, uitgangspunten</i> ”. FAMAS.MV2-project 2.1. Connekt, Delft, 2002. |
| [FAMAS.MV2, 2002] | “ <i>Cost Analysis model 2002</i> ”. FAMAS, 2002. |
| [Fiktorie, 2002] | Fiktorie, E.H.G. “ <i>Laden en lossen zonder trossen</i> ”. Afstudeerverslag TU Delft. Delft, 2002. |
| [FNV, 2003] | “ <i>Arbeidskosten in de containeroverslag. Een internationale vergelijking van Noordwest Europese havens</i> ”. FNV Bondgenoten. Utrecht, 2003. |
| [GHR, 1996] | “ <i>Hydro-meteo informatiebundel</i> ”. Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, Rotterdam, 1996. |
| [HbR, 2004] | <i>Port tariffs 2004</i> . Port of Rotterdam, Rotterdam, 2004. |
| [Hollebrands, 2002] | J.P.G. Hollebrands. “ <i>Dubbelzijdig laden en lossen op de Delta Terminal, insteek naar de toekomst?</i> ”. Afstudeerverslag TU Delft. Delft, 2002. |
| [Ligteringen, 2000] | Ligteringen, H. “ <i>Ports and Terminals</i> ”. Lecture notes. Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft, 2000. |
| [Literatuurstudie, 2004] | Klinken, J., Paus, C.H. “ <i>De Containerterminal van de Toekomst</i> ”. Literatuurstudie TU Delft, Delft, 2004. |
| [PIANC, 1995] | “ <i>Criteria for movements of moored ships in harbor : a practical guide</i> ”. Working group no. 24 of the Permanent Technical Committee. PIANC, Brussel, 1995. |
| [PMC, 2000] | “ <i>22 containers across, een verkennend onderzoek naar de volgende generatie containerschepen</i> ”. Port Management Consultants. 2000. |

Overige bronnen

- | | |
|----------------|---|
| [HbR] | HbR Port Statistics, intranet HbR. |
| [Pinkster] | J.Pinkster, Maritieme Techniek TU Delft. |
| [Schuylenburg] | M. Van Schuylenburg, senior projectleider Havenbedrijf Rotterdam N.V. |
| [Luyckx] | P. Luyckx, medewerker afdeling sales, Verolme scheepswerf. |
| [Veth] | Veth Motoren, Barendrecht. |
| [Wevers] | G. Wevers, medewerker infrastructuur Havenbedrijf Rotterdam N.V. |



Afkortingenlijst

AGV	Automated Guided Vehicle
CiTG	Civiele Techniek en Geowetenschappen
DGPS	Differential Global Positioning System
HbR	Havenbedrijf Rotterdam N.V.
OCP	Ontwerp, Constructie en Productie
TEU	Twenty feet Equivalent Unit

Begrippenlijst

Baai	Ruim waarin containers staan
Backreaches	Reikwijdte achterzijde kraan
Ballastsysteem	Systeem van pompen en ventielen om middels ballast een vaartuig de gewenste hellingshoek te geven
Berthproductiviteit	Aantal moves per schip per uur
Bolderstrook	Strook waarin bolders zijn opgenomen voor het afmeren van schepen
Call	Aankomst van een schip in de haven
Call-ratio	Percentage van het totaal aantal TEU op een schip dat gelost wordt in een haven
Directe overslag	De mogelijkheid om een container direct van een deepsea schip in een binnenvaartschip te plaatsen of vice versa
Havenbassin	Het watergedeelte van een haven
Heave	Dompen
Inzetgraad	De tijd die de drijvende kade ingezet wordt gedurende de tijd dat het schip aan de kade ligt.
Klap	Oversteek aan de voorzijde van een kadekraan
Morfologische kaart	Overzicht van varianten op de verschillende ontwerpvariabelen voor een ontwerp
Moves/uur	Aantal handelingen per uur
Pitch	Stampen
Ramp	Hellingbaan
Roll	Slingeren
Service strook	Weg langs zij het schip voor het aan boord brengen van bemanning of voorraden
Spreader	Hijswerktuig om containers te behandelen
Spudpaal	Een stalen buispaal die door middel van een vrije val de bodem penetreert en zodoende horizontale belastingen op kan nemen.
Surge	Schrikken
Sway	Verzetten
TEU-factor	De verhouding van het aantal 40'containers tot het aantal 20'containers
Turning-bassin	Extra breed gedeelte in de haven waar schepen gekeerd kunnen worden
Vrijboord	De afstand van de bovenkant van een vaartuig tot de waterspiegel
Yaw	Gieren



Bijlage A Samenvatting eerste afstudeerrapport

De toenemende globalisering en groeiende wereldeconomie veroorzaken een explosieve groei in het containertransport. Om de transportkosten te minimaliseren worden er steeds grotere containerschepen in de vaart genomen. De verwachting is dat met de groeiende containerstromen en de groei van containerschepen tot 12.500 TEU de huidige terminalconcepten in 2020 niet meer voldoen aan de eis om schepen binnen 24 uur af te handelen.

Doel van het afstudeerproject is het ontwikkelen van concepten voor de Rotterdamse containerterminal van 2020, gevestigd op de tweede Maasvlakte, die voor een goede afwikkeling zorgt van de containerstromen op zowel de terminal zelf als naar het achterland toe.

Dit leidt tot de volgende probleemstelling: vanwege de toenemende scheepsgroottes, de daardoor groter wordende call-sizes en de scherpere eisen van rederijen en verladers aan de overslagsnelheid zullen de huidige terminalconcepten in 2020 niet meer voldoen voor wat betreft de overslagsnelheid, de productiviteit van het interne transport, de stackproductiviteit de bereikbaarheid vanuit het achterland en de afhandeling van het wegtransport.

Een belangrijke ontwikkeling is de toenemende veiligheidsmaatregelen met betrekking tot terreurdreiging. Door deze veiligheidsmaatregelen komt er een steeds betere informatievoorziening op gang. De verwachting is dat binnen afzienbare tijd van elke container de voor partijen van belang zijnde gegevens worden uitgewisseld. Met deze toenemende informatievoorziening kan de containerafhandeling efficiënter worden georganiseerd.

Om een beeld te krijgen van de mogelijkheden voor de containerterminal van de toekomst is onderzoek gedaan naar de vele innovaties die de afgelopen decennia zijn gedaan. De meeste richtten zich daarbij op het vergroten van de kraanproductie, de ruimteproductiviteit of verbetering van de interne transportmiddelen.

Slechts een klein aantal innovaties wordt momenteel toegepast. In de toekomst zullen veranderingen in de markt en een groeiende containeroverslag voor situaties zorgen waarbij de toepassing van bepaalde innovaties alsnog interessant gaat worden.

Onderstaande innovaties kunnen interessant zijn voor de toekomst:

- Insteekhaven;
- Kraan met verhoogde productiviteit;
- Twin- en/ of tandem lifting;
- Toepassing van een bufferplatform;
- Geautomatiseerde hijsvoertuigen;
- Bovenloopkranen.

Tijdens een brainstormsessie die gehouden is om ideeën te genereren voor de containerterminal van de toekomst zijn een tweetal interessante concepten naar voren gekomen, te weten de drijvende kade en de drijvende kraan. Het sterke punt van deze twee concepten is een grotere flexibiliteit door het verplaatsen van kranen. De twee belangrijkste verschillen tussen bovenstaande concepten zijn dat bij de drijvende kade meerdere kranen toegepast worden en er een verbinding is met de kade waarover containers getransporteerd kunnen worden. Bij de drijvende kraan daarentegen wordt slecht één kraan toegepast en moeten containers direct overgeslagen worden op een binnenvaartschip.



Deze twee concepten zijn vergeleken met twee reeds bestaande terminalconcepten: het terminalconcept waarbij de afhandeling van containerschepen plaatsvindt met behulp van een kraan met verhoogde productiviteit en het terminalconcept dat gebruik maakt van een geïntegreerde binnenvaartkade.

Bij de beoordeling van de verschillende concepten is de weging van de criteria flexibiliteit, kadeproductiviteit en de mogelijkheid tot directe overslag het zwaarst. Betrouwbaarheid, inzetbaarheid en het kostenaspect zijn van ondergeschikt belang. Na het uitvoeren van een kwalitatieve beoordeling kwamen de drijvende kade en de drijvende kraan als beste concepten naar voren. Beide concepten zijn in separate rapporten nader uitgewerkt.



Bijlage B Samenvatting brainstormsessie

In this summary the workshops on IT & security, a network of inland terminals and flexibility will be brought together to one concept of a future terminal.

The increasing availability of information causes perspectives for future container handling concepts. The prediction is that in 10 to 20 years every container will be provided with a tag, to allow tracking and tracing and thus a global container information system will be reality. This means better information and so a more efficient container handling at the terminal. A better area utilisation is an example of more efficient container handling. Another opportunity, which could make partly use of direct transfer, is the deepsea port in a network of inland terminals.

The idea of this concept is that a part of the container volume will be transported by barges or shuttles to inland terminals or old port areas, where further handling will take place. This concept causes an extra handling and investments for the inland terminals. Advantages of this concept are a decreasing dwell-time, less stacking area, more transport by barges and shuttles and a higher reliability.

To anticipate on prospective developments both for terminal equipment and sub-structure, flexible solutions are preferable. One may think on more standardisation of equipment to improve the second hand market. Further developments could be modular systems or floating crane concepts.

The future container terminal will exist of a combination of all these developments. One can think on a terminal, which functions in a network of inland terminals. The pay back time of the terminal will be as short as possible and the pay back time needs a flexible grid to vary easily in size.

In case of ultra large container vessels capacity will be increased by use of a floating crane. Because of using a lot of barge transport, the number of truck gates will decrease and barge-handling facilities should be improved. Truck handling can be improved by using the “turntable function” which means that the terminal operator co-ordinates the truck transports. Inspections will be integrated in the container handling process.

Final discussion

- The starting point for designing the “Container terminal of the future” is a business case that investigates the feasibility of the results of the workshop for new terminal design. Organising a business case is difficult because nobody gets in detail.
- Discussions with stakeholders and a good business case will contribute to the success of a terminal
- Terminals will grow out of capacity in too short time. There is a need for new rules of thumb and a new set-up of requirements to design new terminals.

Conclusion

- All the ideas and remarks need further investigation
- From discussions the need became clear for a platform for pre-competitive knowledge exchange for companies involved in container handling.



Bijlage C Directe overslag

Onder directe overslag wordt de mogelijkheid verstaan om een container direct van een deepsea schip in een binnenvaartschip te plaatsen of vice versa.

Voordelen:

- Er wordt een containerhandeling bespaard:
- Een snellere doorstroming van containers, waardoor de ruimteproductiviteit van de haventerreinen wordt verbeterd.

Nadeel:

- Schepen zullen op elkaar moeten wachten.

Om gebruik te maken van directe overslag zal de betrouwbaarheid van de aankomsttijden van de diverse schepen sterk moeten verbeteren. In praktijk zal het er op neer komen dat er altijd een schip zal moeten wachten op een ander schip. Het binnenvaartschip wordt de wachtende partij omdat eenvoudigweg de kosten van een wachtend binnenvaartschip een stuk lager zijn dan van een deepsea schip.

In het geval van de drijvende kade wordt uitgegaan van een verbinding met de vaste kade voor de aan- en afvoer van containers. Containers die dus niet voor de binnenvaart bestemd zijn, niet direct overgeslagen kunnen worden, of waarvan de gegevens niet bekend zijn worden op conventionele wijze afgehandeld door ze eerst tijdelijke op te slaan.

Indien er vanaf de drijvende kade drie kranen op het schip werken met een gemiddelde productiviteit van 28 moves/ uur worden er in totaal 84 containers per uur overgeslagen aan de zijde van de drijvende kade. Met de opkomst van extra inland terminals bedraagt de modal split voor de binnenvaart hooguit 50%. Dit betekent dat er gemiddeld 42 containers per uur voor de binnenvaart bestemd zijn. Er blijken tientallen eindbestemmingen te zijn voor deze binnenvaartschepen. Wanneer er van uitgegaan wordt dat alleen de grote stromen richting Antwerpen en de Rijn direct overgeslagen worden en beide stromen ongeveer 40% van de totale containerstroom uitmaken¹ betekent dit dat er 17 containers per uur per schip worden geladen. Dit is relatief weinig. Bij de belading van een binnenvaartschip moet rekening worden gehouden met de massaverdeling van de containers over het schip. Dit kan betekenen dat containers eerst in een tussenbuffer geplaatst dienen te worden waarna ze in het binnenvaartschip worden geplaatst. Containers die via de vaste kade gelost worden voor dezelfde eindbestemming zullen omgereden moeten worden of aldaar in een schip geplaatst moeten worden met dezelfde eindbestemming. Dit laatste heeft als nadeel dat er meerdere schepen worden beladen met dezelfde eindbestemming. Containers die aangevoerd worden vanuit de opslag met dezelfde eindbestemming moeten via de drijvende kade in het binnenvaartschip geplaatst worden. Behalve een hogere verkeersbelasting door AGV's op de drijvende kade geeft dit ook problemen met de besturingssystemen van de AGV's omdat er processen door elkaar lopen.

Tot slot wordt opgemerkt dat de containers die direct overgeslagen worden nog tientallen eindbestemmingen kunnen hebben binnen bijvoorbeeld de hoofdrichting Antwerpen. Behalve dat het binnenvaartschip veel terminals langs moet, zullen deze containers om omstapelen te voorkomen, op de juiste wijze in het binnenvaartschip geplaatst moeten worden.

Bij directe overslag van het binnenvaartschip op een deepsea schip speelt in sterke mate dat de belading van het deepsea schip bijzonder nauw luistert: het gewicht, afmetingen en

¹ HbR, Port Statistics

de ladingsoort van de containers bepalen de plaats op het schip. Om deze scheepsplanning optimaal te laten verlopen dienen de containers dus al op juiste wijze aan boord van het binnenvaartschip te worden geplaatst.

Het mag duidelijk zijn dat directe overslag via de drijvende kade moeilijk efficiënt te organiseren is.

Een mogelijkheid die overblijft is de toepassing van een havenhub: containers worden direct in duwbakken geplaatst waarmee ze naar een in de haven gelegen terminal worden getransporteerd. Daar zal de verdere verwerking van de containers plaatsvinden. Op deze wijze moet een extra handeling worden uitgevoerd hetgeen het voordeel van directe overslag deels tenietdoet.

Conclusie

Het concept van directe overslag zal niet efficiënt toegepast kunnen worden op de drijvende kade door aan de achterzijde van de drijvende kade containers over te slaan op binnenvaartschepen. Directe overslag kan efficiënter georganiseerd worden met behulp van een geïntegreerde binnenvaartkade. Dat heeft als voordeel dat klaarliggende binnenvaartschepen containers van meerdere schepen mee kunnen nemen evenals containers uit de opslag. Bijkomend voordeel is dat de bewegingen van een kadekraan vanaf de vaste wal nihil zijn ten opzichte van een kadekraan op een drijvende kade.



Bijlage D Opname van de belastingen op het schip door spudpalen

In deze bijlage zullen de mogelijkheden worden onderzocht om met behulp van spudpalen de horizontale belastingen van het schip op de drijvende kade op te nemen. Daartoe zullen eerste de horizontale belastingen worden bepaald. Daarna wordt de maximale opneembare kracht door een spudpaal berekend.

Horizontale belastingen

De horizontale belastingen die op een containerschip werken zijn:

1. Windbelasting;
2. Krachten ten gevolge van stroming;
3. Golfkrachten;
4. Krachten ten gevolge van de aanzuiging door een passerend schip.

De krachten loodrecht op het schip zijn maatgevend. In een eerste aanname zijn de belastingen op het schip overgenomen uit een studie voor magnetisch afmeren. In deze studie zijn de maximale krachten op een schip bepaald met orde grootte dezelfde afmetingen als het maatgevende schip in deze studie. De maximaal op te nemen belasting, de som van de wind- en passeerbelasting bedraagt 10.170 kN^2 . Omdat verondersteld wordt dat deze belasting voor de helft opgenomen kan worden door de aansluiting met de vaste kade, bedraagt de door de spudpalen op te nemen belasting ongeveer 5.000 kN .

Krachtsopname door een spudpaal

De krachtsopname door een spudpaal kan berekend worden door onderstaande formule van Blum:

$$x_M(x_M + 3b) = \frac{t_o^3}{4} \left(\frac{t_o + 4b}{t_o + h} \right) \quad \text{met} \quad t = 1,2t_o$$

$$P = \gamma' K_p \frac{t_o^3}{24} \left(\frac{t_o + 4b}{t_o + h} \right)$$

t = inheidiepte (m)

t_o = diepteligging van het momenten nulpunt van de ideeële belasting

b = diameter paal (m)

h = afstand havenbodem tot aangrijpingspunt horizontale kracht = $21,5 \text{ m}$

γ' = gewicht van de grond onder water = 6 kN/m^3

K_p = passieve gronddrukcoëfficiënt (-) = 3

X_m = diepteligging van het maximum moment

P = horizontaal opneembare kracht door de paal (kN)

² Fiktorie, E.H.G. *Laden en lossen zonder trossen*. Afstudeerverslag TU Delft, Delft, 2002

In tabel D.1 is voor verschillende waarden van t en b de horizontaal opneembare kracht P weergegeven.

Tabel D.1:
Horizontale
krachtsopname
door spudpalen

Inheidiepte(m)	Diameter paal(m)	Opneembare kracht(kN)
5	1	17,4
5	2	25,8
10	1	175,9
10	2	233,7
20	1	1937,0
20	2	2278,1

Om een spudpaal goed te kunnen laten functioneren moet deze dus voldoende diep in de havenbodem steken. Omdat de havenbodem van Rotterdam onder de sliblaag bestaat uit fijn gepakt zand zal de penetratiediepte van de spudpaal door een vrije val beperkt zijn. De palen zullen dus mechanisch ingeheid moeten worden. Stel dat dit tot een diepte van 10m gebeurt dan zullen er nog altijd ongeveer 22 spudpalen nodig zijn om de horizontale belasting in voldoende mate op te kunnen nemen.

Conclusie

Horizontale krachtsopname door spudpalen is mogelijk mits zij voldoende diep de havenbodem insteken. Het aantal benodigde palen zal echter fors zijn.



Bijlage E Toelichting op de twee basis lay-outs

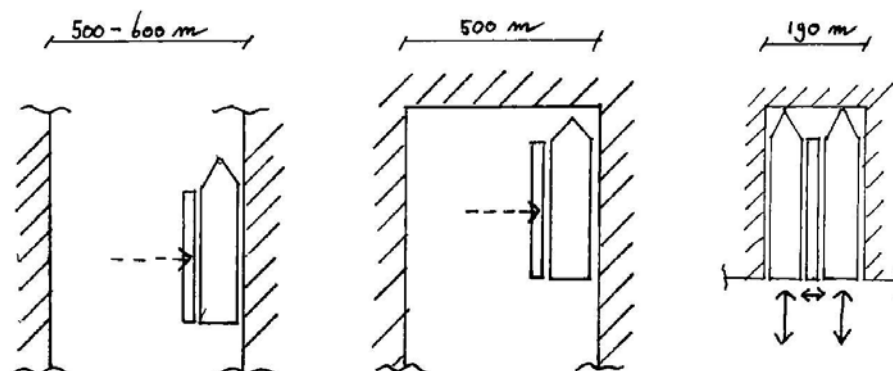
Zoals in uitgangspunt A.4 is opgenomen zal het vertrekpunt van het ontwerp zijn dat het schip aan één zijde aan een vaste kade is afgemeerd. Om de drijvende kade flexibel in te kunnen zetten zijn de kranen ten behoeve van het dubbelzijdige afhandelen op een flexibele unit geplaatst. Wanneer het schip ligt afgemeerd aan de vaste kade komen we uit op de situatie zoals weergegeven in figuur E.1.

Figuur E.1:
Vertrekpunt van het ontwerp: een verplaatsbare unit met kranen



In principe zijn er drie mogelijke lay-outs waarin deze kade zich kan bevinden, te weten het langgerekte havenbassin, het havenbassin dat aan de kopse kant is afgesloten en het havenbassin dat zo smal mogelijk is gehouden met het oog op ruimtebesparing. De figuren zijn respectievelijk weergegeven links, midden en rechts in figuur E.2.

Figuur E.2:
Mogelijke lay-outs waarin het schip en de drijvende kade zich kunnen bevinden



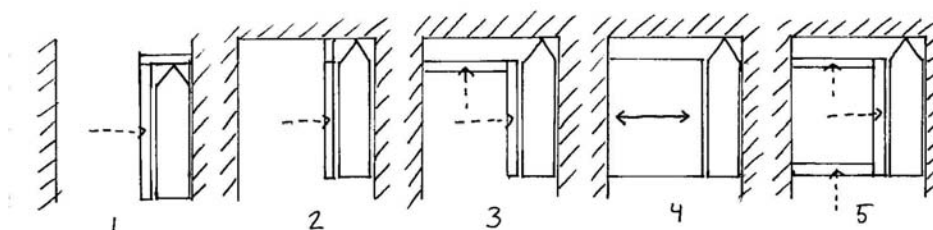
Het verschil is dat er bij het langwerpige havenbassin nog doorvaart plaats moet vinden. De breedte van het langgerekte havenbassin is 500 tot 600m. Het havenbassin met de afgesloten kopse kant kan variëren in breedte. Indien het een afsluiting is van een langgerekt havenbassin zal de maximale breedte 500m bedragen. Wanneer de breedte zo beperkt mogelijk wordt gehouden om ruimte te besparen in de haven moeten er twee schepen en een verplaatsbare unit tussen beide kademuuren passen om de kademuur aan beide zijden optimaal te kunnen gebruiken, zie figuur 2. De totale breedte zal twee maal de maximale scheepsbreedte (70m) en de drijvende kadebreedte (50m) bedragen, hetgeen resulteert in een breedte van 190m. Omdat de doelstelling is om een makkelijk toegankelijke aanlegplaats te ontwerpen valt het smalle havenbassin, zoals rechts weergegeven in figuur E.2 direct af.

De lay-out van het havenbassin is bepalend voor de wijze waarop de drijvende kade in verbinding staat met de vaste kade. In het geval van een afsluiting aan de kopse kant kan dit gebeuren door ten opzichte van de lengterichting van de verplaatsbare unit een parallelle of loodrechte aansluiting te maken. In het geval van het langgerekte



havenbassin kan de drijvende kade alleen loodrecht aansluiting vinden op de vaste kade. Figuur E.3 geeft en aantal mogelijkheden voor een aansluiting van de drijvende kade op de vaste kade.

Figuur E.3:
Mogelijkheden
voor de verbinding
tussen drijvende
kade en de vaste
kade



Voor de verbinding van de drijvende kade met de vaste kade in schets 1, 2 en 3 wordt uitgegaan van een verbinding die niet breder is dan de verplaatsbare unit. In geval vier bestaat de verbinding uit een platform over de gehele lengte van de drijvende kade die mee kan bewegen. Het laatste geval gaat uit van het gebruik van twee verbindingen, hetgeen de mogelijkheid biedt voor een aan- en afvoersijde.

De oplossingen met een verbinding loodrecht op de lengterichting van de verplaatsbare unit, zoals weergegeven in voorbeeld 4 en 5, hebben als nadeel dat gedurende het dubbelzijdig afhandelen de kadelengete aan de linkerzijde niet gebruikt kan worden. Vandaar dat optie 4 en 5 afvallen.

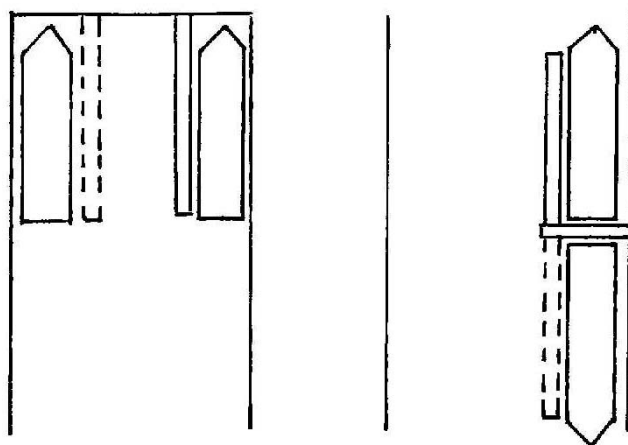
De keuze voor de verbinding tussen de verplaatsbare unit en de vaste kade is afhankelijk van waar logistiek gezien de containers het beste aan de vaste wal kunnen komen.

Wanneer er van uitgegaan wordt dat aan beide zijden van het schip opslagterrein aanwezig is zal logistiek gezien afvoer via de kopse kant het meest gewenst zijn.

Tezamen met de wens om de kademuren zo goed mogelijk te benutten heeft dit geleid tot de keuze van een verbinding met de kopse kant zoals is weergegeven in mogelijkheid 1 en 2.

De twee concepten die nu overblijven zijn weergegeven in figuur E.4.

Figuur E.4: Het I-
concept (links) en
het L-concept
(rechts)



I- concept

L- concept

Het I-concept dankt zijn naam aan het feit dat de verbinding met de vaste kade en de drijvende kade in elkaars verlengde liggen. Bij het L-concept vormen de drijvende kade en de verbinding met de vaste kade de letter L.



Bijlage F Horizontale krachten op de drijvende kade

In deze bijlage worden de horizontale belastingen die op de drijvende kade werken bepaald. De horizontale belastingen die op de drijvende kade werken zijn:

1. Windbelasting;
2. Aanmeerkrachten van een schip dat langsij komt liggen;
3. Krachten ten gevolge van stroming;
4. Golfkrachten;
5. Krachten ten gevolge van de aanzuiging door een passerend schip.

Omdat er nauwelijks stroming in de haven voorkomt zal deze belasting verwaarloosbaar zijn. Hetzelfde geldt voor de golfkrachten die beperkt zullen blijven vanwege de beperkte golfhoogte. De belasting ten gevolge van de aanzuiging door een passerend schip is sterk afhankelijk van de diepgang van de drijvende kade. Voor een containerschip met een lengte van 382m en een diepgang van 16m bedraagt de passeerbelasting ongeveer 1250 kN³. Omdat de diepgang van de drijvende kade beperkt is wordt een passeerbelasting van 300 kN aangehouden. Dit is inclusief de belastingfactor voor veranderlijke belasting.

Eerst zal een overzicht worden gegeven van de op te nemen windbelasting, daarna van de belasting ten gevolge van de afmeermanoeuvre van een (bunker-) schip aan de drijvende kade.

Windbelasting

De windbelasting hangt af van de windsnelheid. Omdat in het geval van de drijvende kade deze niet operationeel zal zijn boven windkracht 8, zie uitgangspunt C.7, zal de windbelasting opgesplitst worden in een maximale windbelasting (de uiterste grenstoestand) en een windbelasting die geldt tot en met windkracht 8, de uiterste gebruikstoestand.

De windbelasting bedraagt:

$$F_w = \gamma \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2 \cdot C_d$$

γ = belastingfactor voor veranderlijke belasting = 1,3

F_w = windbelasting (kN/m²)

ρ = soortelijke massa lucht = 1,29 kg / m³

u = windsnelheid (m/s)

C_d = sleepcoëfficiënt ≈ 1

De windbelasting voor verschillende windsnelheden is weergegeven in tabel F.1.

Tabel F.1:
Windbelasting per
m² bij
verschillende
windsnelheden

Windkracht	Windsnelheid (m/s)	Windbelasting (kN/m ²)
6	13,8	0,16
8	20,7	0,36
12	32,6	0,90

³ Fiktorie, E.H.G. *Laden en lossen zonder trossen*. Afstudeerverslag TU Delft, Delft, 2002

De maatgevende belastingsituatie treedt op wanneer de wind loodrecht op de lengterichting van de drijvende kade werkt. Het oppervlak waarop de wind werkt bestaat uit het vrijboord van de drijvende kade, het windoppervlak van de kranen en het oppervlak van elementen die op de drijvende kade zijn geplaatst.

Het vrijboord beslaat 5,8m, zie hoofdstuk 5. Met een lengte van de drijvende kade van 425m levert dit een windoppervlak op van ongeveer 2500m². Voor het windoppervlak van de overige elementen, uitgezonderd de kranen, wordt 400m² aangenomen. Het gezamenlijke windoppervlak komt hiermee op 2900m². De op te nemen horizontale windbelasting bij windkracht 8 bedraagt:

$$2900m^2 \cdot 0,36kN / m^2 \approx 1000kN$$

Deze belasting kan als een gelijkmatig verdeelde belasting worden beschouwd, hetgeen inhoudt dat aan beide kopse kanten van de drijvende kade 500 kN opgenomen moet worden.

Voor het windoppervlak van de kranen wordt 150m² per kraan aangenomen, hetgeen het totaal op 450m² brengt. De windbelasting op de kranen bedraagt:

$$450m^2 \cdot 0,36kN / m^2 \approx 160kN$$

Afmeerkrachten van een (bunker-)schip

In het geval een bunker- of binnenvaartschip af gaat meren aan de achterzijde van de drijvende kade is er sprake van onderstaande afmeerkrachten:

$$E_{kin} = 0,5 \cdot M \cdot C_b \cdot v^2 \approx 450kN$$

$$M_{max} = 10.000ton$$

$$v = 0,25m / s$$

$$C_b = 0.7$$

Inclusief de belastingfactor voor veranderlijke belasting van 1,3 komt dit neer op 600 kN

Totaal op te nemen belasting

Afhankelijk van de positie van de kranen kan het voorkomen dat bijna alle windbelasting van de kranen aan één zijde van de drijvende kade opgenomen moeten worden. Hetzelfde geldt voor de belastingen ten gevolge van het afmeren.

Wanneer er van uitgegaan wordt dat de belastingen alleen aan de uiteinden van het ponton overgedragen worden bedraagt de belasting die aan één zijde opgenomen moet worden 1560 kN, zie tabel F.2.

Tabel F.2:
Belastingen op
één uiteinde van
de drijvende kade
in de uiterste
gebruikstoestand

Belastingtype	Belasting (kN)
Helft van de windbelasting op de drijvende kade	500
Windbelasting op de kranen	160
Afmeerkrachten	600
Passeerbelasting	300
Totaal	1560

Horizontaal op te nemen windbelasting in lengterichting

In deze subparagraaf wordt de windbelasting in lengterichting van de drijvende kade en het schip bepaald om aan te tonen dat het langs zij liggen van de drijvende kade geen problemen oplevert voor de krachtsafdracht. Daartoe wordt de windbelasting op het schip in de uiterste grenstoestand (windkracht 12) vergeleken met de windbelasting op schip en kade in de uiterste gebruikstoestand (windkracht 8).

Het windoppervlak van het containerschip bedraagt maximaal $70\text{m} * 35\text{m} = 2450\text{m}^2$

Het windoppervlak van de drijvende kade bedraagt maximaal $36\text{m} * 5,8\text{m} = 210\text{m}^2$

Het windoppervlak per kraan is vastgesteld op 200m^2 . Indien de wind onder een kleine hoek waait, werkt de wind op alle drie de kranen die op de drijvende kade operationeel zijn. Daarom wordt voor het windoppervlak uitgegaan van 600m^2 .

De windbelasting per m^2 windoppervlak bedraagt in de uiterste grenstoestand $0,90\text{ kN/m}^2$
In de uiterste gebruikstoestand bedraagt de windbelasting $0,36\text{ kN/m}^2$, zie tabel F.1.

Op deze wijze kan berekend worden dat de windbelasting op het schip in de uiterste grenstoestand ongeveer 2200 kN bedraagt.

De windbelasting op de combinatie van de drijvende kade en het containerschip in de uiterste gebruikstoestand bedraagt ongeveer 1300 kN .

Uit deze berekening blijkt dat de belastingen op de trossen gedurende de uiterste gebruikstoestand fors lager liggen dan in de uiterste grenstoestand op alleen het schip. De drijvende kade is in dat geval, afhankelijk van de windrichting en kracht reeds elders afgemeerd.



Bijlage G Horizontale krachtsopname door Jack-up palen

Een mogelijkheid om horizontale belasting op te nemen is door gebruik te maken van de schuifspanning tussen een oppervlak en zand. Om de krachtsopname te berekenen dient onderstaande formule:

$$\tau = c' + \sigma' \cdot \tan \phi$$

$$c' = \text{cohesie} = 0$$

$$\sigma' = \text{normaalspanning}$$

$$\phi = 30^\circ$$

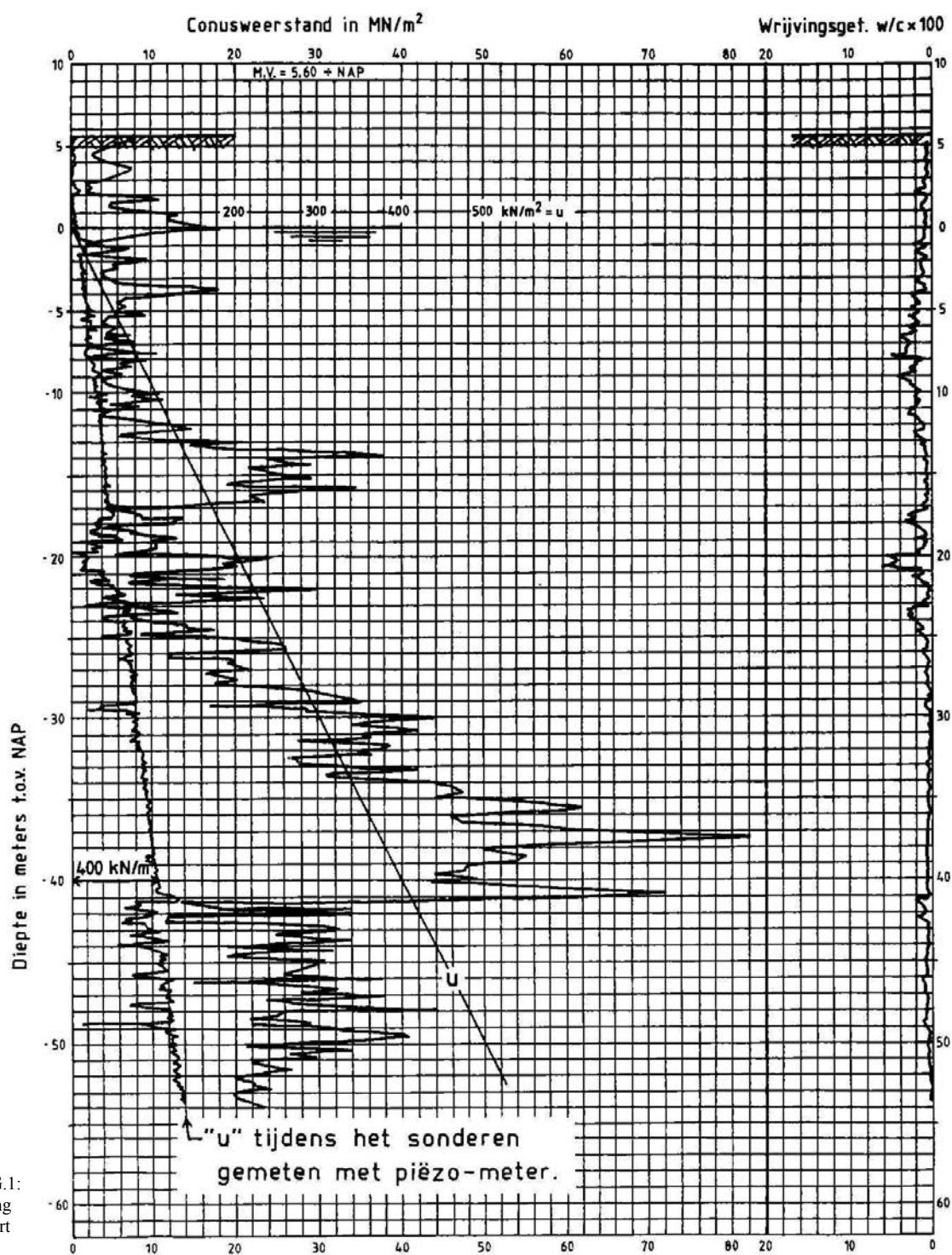
$$\tan \phi_{\max} = 0,5$$

Wanneer we uitgaan van het gebruik van twee palen aan één zijde moet één paal gedimensioneerd worden op het opnemen van de totale schuifkracht van 1560 kN.

Wanneer onder de poot een vierkante voetplaat van 64m² zit betekent dit dat een horizontale schuifspanning van 25kN/m² opgenomen moet worden. Daartoe moet een effectieve verticale normaalspanning aangebracht worden van 50kN/m² (=0.050MN/m²).

De sondering in figuur G.1 op de volgende bladzijde laat zien dat de verticale draagkracht van de grond voldoende is om deze normaalspanning op te vangen. Nagegaan moet worden of in een noodgeval waarin per ongeluk de totale belasting van de drijvende kade op de kolommen terecht komt de ondergrond nog steeds voldoende draagkrachtig is.





Figuur G.1:
Sondering
Europoort



Bijlage H Berekening van de holte van de drijvende kade

In deze bijlage wordt de holte (hoogte) berekend van de drijvende kade. Indien de AGV's met een maximale helling van 3% het hoogteverschil moeten kunnen overbruggen tussen de drijvende kade en de vaste kade is het mogelijk om in 45m (de breedte van het smalste schip) 1,35m hoogteverschil te overbruggen.

De terreinhoogte op de Maasvlakte bedraagt +6m NAP en de laagste waterstand, met een 1% onderschrijdingskans bedraagt -1,19m NAP. Het vrijboord van de drijvende kade bedraagt:

$$(6m + 1,19m) - 1,35m \approx 5,8m$$

De diepgang van de drijvende kade wordt bepaald aan de hand van de massa's die opgenomen zijn in bijlage K. De totale massa van de drijvende kade inclusief ballast en kadekranen bedraagt 24.600ton. Met een lengte van 425m en een breedte van 36m heeft de drijvende kade een diepgang van 1,6m.

De totale holte van de drijvende kade bedraagt 7,4m.



Bijlage I Materiaalkeuze drijvende kade

In deze bijlage zal de keuze van het constructiemateriaal voor de drijvende kade nader worden toegelicht. Voor de uitvoering van de drijvende kade wordt gekozen tussen staal of beton. In tabel I.1 zijn scores gegeven voor de verschillende criteria.

Tabel I.1: Overzicht van de kwalitatieve analyse voor de materiaalkeuze van de drijvende kade

Materiaalsoort	Staal	Beton
Constructiemogelijkheid	□	-
Constructieduur	+	□
Belastingoverdracht	□	+
Bewegingen	□	+
Aanvaringsgevoeligheid	+	-
Manoeuvreren	+	-
Onderhoud	□	+
Flexibiliteit	+	-

- Matig
□ Redelijk
+ Goed

Constructiemogelijkheid

Zowel voor het construeren in staal als beton is een geschikte locatie noodzakelijk. Voor het construeren in beton moet een bouwdok aanwezig zijn of aangelegd kunnen worden. In Barendrecht is een bouwdok aanwezig waar de mogelijkheid bestaat om een betonnen uitvoering te construeren. Daartoe zal het bouwdok wel uitgebreid moeten worden. Een stalen uitvoering zal ergens op de werf gemaakt moeten worden. Weliswaar kunnen er eerst delen geprefabriceerd worden maar die zullen uiteindelijk gekoppeld moeten worden. Omdat het aantal scheepswerven groter is dan het aantal bouwdokken en een stalen ponton eenvoudiger geconstrueerd kan worden is construeren in staal de meest logische keuze.

Constructieduur

Vanwege de forse afmetingen van de drijvende kade zal het lang duren voor al het beton goed uitgehard is. Daar komt bij dat de drijvende kade in principe als één element geconstrueerd zal moeten worden.

Indien er in staal gebouwd wordt kan men tegelijkertijd aan meerdere delen werken die later worden gekoppeld. Een betonnen drijvende kade daarentegen zal grotendeels in één deel gebouwd moeten worden. Dit maakt dat construeren in staal sneller zal verlopen dan in beton

Belastingoverdracht

Beton is beter in staat om een gelijkmatig verdeelde belasting op te nemen dan staal.

Bewegingen

Vanwege het hogere eigen gewicht van de betonnen drijvende kade ten opzichte van de stalen drijvende kade zal de betonnen variant minder aan bewegingen onderhevig zijn.

Aanvaringsgevoeligheid

Indien er een aanvaring plaatsvindt met de drijvende kade is de kans groot dat er van de betonconstructie een stuk van de constructie afspat. De staalconstructie zal deuken vertonen of deels opengereten worden. De reparatieduur van de staalconstructie zal korter zijn dan die van de betonconstructie. Afhankelijk van de schade kan het zelfs



gebeuren dat de betonconstructie terug moet naar het bouwdok, dat wellicht op dat moment niet vrij is.

Manoeuvreren

Het manoeuvreren met de drijvende kade gaat eenvoudiger naarmate de massa van de drijvende kade afneemt. Omdat een constructie in staal lichter is dan een betonconstructie gaat hier de voorkeur uit naar staal.

Onderhoud

Staal is gevoeliger voor corrosie dan beton. Deze laatste echter kan ook aangetast worden door chemische reacties van stoffen in het water met het beton. Het onderhoud van de staalconstructie zal over het algemeen bewerkelijker zijn dan die van de betonconstructie.

Flexibiliteit

Een staalconstructie biedt meer mogelijkheden om in de loop der jaren extra voorzieningen of veranderingen aan te brengen dan een betonconstructie.

Conclusie

In tabel I.1 is te zien dat de stalen constructie op vele fronten beter scoort dan een betonconstructie. Er wordt gekozen voor een uitvoering in staal: enerzijds vanwege de beperkte massa van het geheel hetgeen manoeuvreren vergemakkelijkt. Anderzijds vanwege het feit dat de stalen constructie eenvoudiger te repareren zal zijn na een eventuele aanvaring.



Bijlage J Berekening van het motorvermogen

In deze bijlage zal het benodigde motorvermogen worden berekend voor het verplaatsen van de drijvende kade.

De voortstuwing van de drijvende kade wordt verzorgd door roerpropellers. Het vermogen dat geleverd moet worden bestaat uit de waterverplaatsing die de kade moet ondergaan en de (eventuele) wind- en passeerbelasting die gecompenseerd moet worden. De windbelasting op de drijvende kade gedurende het verplaatsen zal ten opzichte van de waterverplaatsing maatgevend zijn voor het benodigde vermogen. Vandaar dat er een afweging gemaakt dient te worden of het verplaatsen van de drijvende kade tot en met windkracht 8 zelfstandig moet kunnen plaatsvinden of dat er gekozen wordt de verplaatsing tot een bepaalde windkracht zelfstandig te laten plaatsvinden en bij hogere windsnelheden sleepboten ter assistentie in te roepen.

Ter berekening van het benodigde vermogen is verplaatsing van de drijvende kade in dwarsrichting maatgevend. Deze situatie zal dan ook beschouwd worden:
Het benodigde vermogen voor de waterverplaatsing kan berekend worden met de volgende formule:

$$P_s \cdot \eta_t = (C_f \cdot 0,5 \cdot \rho_w \cdot u^2 \cdot S + \rho_w \cdot g \cdot A_s \cdot Z + C_p \cdot 0,5 \cdot \rho_w \cdot u_s^2 \cdot A_s) \cdot u \approx 1100 \text{ kW}$$

$$C_f = \text{wrijvingscoëfficiënt} = 0.002$$

$$\rho_w = 1010 \text{ kg/m}^3$$

$$u = \text{maximale snelheid van de kade ten opzichte van het water} = 1 \text{ m/s}$$

$$S = \text{natte oppervlak van de drijvende kade} = 36 \cdot (425 + 2 \cdot 1,6) = 15.415 \text{ m}^2$$

$$A_s = \text{waterdoorsnijdend oppervlak van de drijvende kade} = 425 \cdot 1,6 = 680 \text{ m}^2$$

$$Z = \text{waterspiegeldaling ten gevolge van het varen} = 0,1 \text{ m}$$

$$C_p = \text{drukcoëfficiënt} = 0,2$$

De waterverplaatsing die bereikt kan worden hangt af van de vorm en de stand van de schroef. Een gebruikelijke waarde voor de waterverplaatsing is 100 tot 150 N/kW⁴ motorvermogen. Bij berekening wordt uitgegaan van 120 N/kW.

De wind- en passeerbelasting die op de drijvende kade werkt bedraagt, zie ook bijlage F:

$$F_w = A_{k+k} \cdot F + F_d$$

$$A_{k+k} = \text{oppervlak van kade en kranen} = 2950 \text{ m}^2$$

$$F = \text{windbelasting (kN/m}^2\text{)}, \text{ zie bijlage F}$$

$$F_d = \text{passeerbelasting} = 300 \text{ kN}$$

⁴ Veth motoren, Barendrecht

Het benodigde vermogen ter compensatie van de wind en passeerbelasting bedraagt:

$$P_m = \frac{F_w}{Q}$$

F_{w6} = belasting op de drijvende kade bij windkracht 6 = $772kN = 77.200kg$

F_{w8} = belasting op de drijvende kade bij windkracht 8 = $1362kN = 136.200kg$

P_{m6} = benodigde motorvermogen bij windkracht 6 = $6434kW$

P_{m8} = benodigde motorvermogen bij windkracht 8 = $11.350kW$

Q = waterverplaatsing per kW = $120N / kW$

Het vermogen voor de waterverplaatsing bedraagt 1100kW. Daarmee komt het totaal te installeren vermogen op respectievelijk 7434kW en 12.450kW.

Dit vermogen wordt verdeeld over vier propellers van respectievelijk 2000kW en 3250kW

Voor een roerpropellersysteem met dit vermogen kan aan kosten ongeveer € 350 per kW worden gehanteerd⁵.

De totale kosten bedragen dan respectievelijk € 2,8 miljoen en € 4,55 miljoen.

Door dit verschil in investeringskosten bedragen de besparingen van de operationele kosten ongeveer € 378.000 per jaar.

Er zullen wel extra kosten gemaakt moeten worden voor de inzet van sleepboten. Dit zal in 7% van de tijd moeten gebeuren. In totaal worden er jaarlijks 473 calls gemaakt. Er zal dus 33 keer per jaar gebruik worden gemaakt van een sleepboot.

De kosten van een sleepboot bedragen € 470,-⁶ per uur. Wanneer er twee sleepboten nodig zijn en deze twee uur bezig zijn met het aanvaren en daadwerkelijke verplaatsen kunnen de kosten vastgesteld worden op € 2.000 per keer.

De jaarlijkse kosten voor het inhuren van de sleepboten bedraagt € 66.000. Daarmee komen de kostenbesparingen voor het gebruik van motoren met minder vermogen op € 312.000 per jaar.

⁵ Veth motoren, Barendrecht

⁶ Port tariffs. HbR, 2004

Bijlage K Statische en dynamische stabiliteit van de drijvende kade

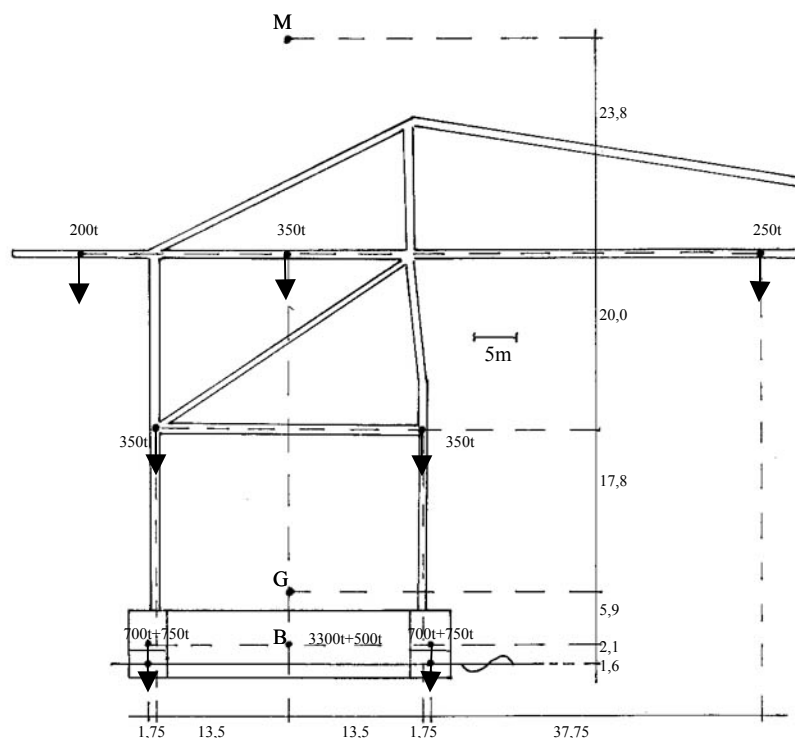
In deze bijlage zal zowel de statische als de dynamische stabiliteit van de drijvende kade aan bod komen. Eerst zal ingegaan worden op de statische stabiliteit. Vervolgens zal de dynamische stabiliteit behandeld worden. Maatgevend is de stabiliteit in dwarsrichting.

Statische stabiliteit

Voor de statische stabiliteit dient de massa van de drijvende kade en de elementen daarop berekend te worden. Hieronder volgt een overzicht van de aanwezige massa's:

- Massa van de drijvende kade bedraagt gemiddeld 125 kg/m^3 ⁷. In de dwarsdoorsnede bevat het middengedeelte met een breedte van 27m gemiddeld 117 kg/m^3 staal. De delen onder de kraanbaan bevatten gemiddeld 150 kg/m^3 .
- De totale massa van de kraan bedraagt 1500 ton.
- In totaal is er altijd 4500 ton ballastwater aan boord. De ballasttanks bevinden zich in de ruimtes onder de kraanbaan, zie hoofdstuk 5.
- Voor de massa van de motoren, AGV's en overige installaties is een massa aangenomen van 500 ton, aangrijpend halverwege de holte van de drijvende kade.

Mede voor het berekenen van de dynamische stabiliteit zijn de massa's opgedeeld. Voor de stabiliteitsberekeningen zal een derde van de lengte ($=141,6\text{m}$) van de drijvende kade worden beschouwd, met daarop één kadekraan. De verdeling van de massa's is weergegeven in figuur K.1.



Figuur K.1:
Dwarsdoorsnede
van de drijvende
kade met de
massa's van de
elementen en hun
aangrijppunten.

Ten eerste moet het zwaartepunt (G) worden bepaald van het systeem:

⁷J.Pinkster. Maritieme Techniek, TU Delft

De verticale afstand van de bodem van de drijvende kade tot het zwaartepunt bedraagt:

$$Y_y = \frac{(3,7m \cdot (4700ton) + (1,6m \cdot 1500ton) + (27,4m \cdot 700ton) + (47,4m \cdot 800ton) + (3,7 \cdot 500ton))}{8200ton} \approx 9,6m$$

De afstand van het aangrijppunt van de opdrijvende kracht (B) tot het metacentrum (M) bedraagt:

$$BM = \frac{I}{V} = 67,5m$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot L \cdot B^3$$

$$V = L \cdot B \cdot D$$

$$L = 141,6m$$

$$B = 36m$$

$$D = 1,6m$$

Indien M boven G ligt kan de drijvende kade als stabiel worden beschouwd. Vaak wordt als minimum waarde 0,5m aangehouden. Omdat M 61,6m boven G ligt is de statische stabiliteit gewaarborgd.

Dynamische stabiliteit

Voor het bepalen van de dynamische stabiliteit moet de eigenperiode van de drijvende kade bepaald worden. Deze eigenperiode kan bepaald worden met onderstaande formule:

$$T_0 = \frac{2 \cdot \Pi \cdot J}{\sqrt{h_m \cdot g}} = 5,1s$$

$$T_0 = \text{eigenperiode}[s]$$

$$j = \text{polaire massa traagheids straal}$$

$$h_m = \text{metacentrumhoogte} = 61,6m$$

$$g = 10m / s^2$$

Aan de hand van de massa's en de afstanden in figuur K.1 kan de polaire massa traagheidsstraal als volgt berekend worden:



$$j = \sqrt{\frac{\sum (M \cdot \bar{r}^2)}{\sum M}}$$

M = massa elementen

x = afstand van het zwaartepunt van het element tot het zwaartepunt van het geheel

$$j = \sqrt{\frac{2 \cdot (700t \cdot 17,7^2 m) + 2 \cdot (750t \cdot 16,8^2 m) + (3300t \cdot 5,9^2 m) + (500t \cdot 5,9^2 m) + 2 \cdot (350t \cdot 23,3^2 m) + (350t \cdot 37,8^2 m) + (250t \cdot 64,9^2 m) + (200t \cdot 45,5^2 m)}{8200}} = 20,2m$$

De eigenperiode van de drijvende kade is 5,1s . Vanwege de voorkomende golven in de Rotterdamse haven moet de eigenperiode opgeschroefd worden naar 10s. Dit kan door de drijvende kade te ballasten of, mits de constructie het toelaat, de drijvende kade uit te voeren als een catamaran, hetgeen een positieve invloed heeft op de polaire traagheidsstraal.



Bijlage L Roll beweging van de drijvende kade

De roll beweging van de drijvende kade die in deze bijlage wordt berekend wordt veroorzaakt door het verplaatsen van een last. De maximale last bestaat uit de massa van een twinlift operatie: de massa van twee 20' containers en de massa van de spreader. Het maximale totaal gewicht van een 20' container bedraagt 24 ton. Het eigen gewicht van de spreader is vastgesteld op 10 ton. De totale last bedraagt dus 58 ton. De overige gegevens komen uit bijlage K.

Voor de berekening van de roll-beweging van de drijvende kade is gerekend met een derde deel van de lengte van de drijvende kade met daarop 1 kadekraan. De roll beweging van het ponton ten gevolge van het verplaatsen van lasten kan bepaald worden aan de hand van de volgende formule:

$$\tan \theta = \frac{P \cdot x_p}{(\rho \cdot g \cdot \nabla) \cdot h_m} \Rightarrow \theta \approx 0.6^\circ$$

$$P = \text{massa last} = 58 \text{ ton}$$

$$x_p = \text{afstand van de last tot kantelpunt kraan} = 88 \text{ m}$$

$$\rho \cdot g \cdot \nabla = \text{opdrijvend vermogen} = 8200 \text{ ton}$$

$$h_m = \text{metacentrumhoogte} = 61,6 \text{ m}$$

De afstand van de last tot het kantelpunt van de kraan is de lengte van de klap plus de halve breedte van de drijvende kade. Uit de berekening blijkt dat de roll-beweging ten gevolge van het verplaatsen van lasten maximaal 0.6° bedraagt. De verticale uitwijking van het einde van de boom bedraagt in dat geval 0.92m.

Dit komt voor in de situatie dat alle drie de kranen tegelijkertijd aan het uiteinde van de klap een twinlift hijsen met containers die tot het maximaal toelaatbare gewicht belast zijn. De roll-beweging van 0.6° is weliswaar groter dan de maximaal toegestane roll-beweging van 0.5° , maar omdat deze situatie slechts sporadisch voorkomt wordt dit niet als een probleem beschouwt.



Bijlage M Productieberekeningen van de drijvende kade

Deze bijlage is onderverdeeld in vier subparagrafen:

1. Berekening van de behandeltijd en het aantal calls;
2. Productiedaling door het niet direct langsijz liggen van de drijvende kade;
3. Kraanproductiviteit;
4. Kadeproductiviteit.

Berekening van de behandeltijd en het aantal calls

In deze subparagraaf zal de behandeltijd en het aantal af te handelen calls berekend worden van zowel conventioneel afhandelen als afhandeling met behulp van de drijvende kade. Voor het uitvoeren van de berekeningen zijn de volgende aannames gedaan:

- Het afmeren van het schip neemt geen extra tijd in beslag in vergelijking met de conventionele wijze van afmeren;
- Bezettingsgraad van de kade: 0.5;
- Bezettingsgraad van de drijvende kade: 0.75, zie uitgangspunt A.4;
- Indien de drijvende kade beschikbaar is duurt het gemiddeld drie kwartier nadat het schip is afgemeerd voordat de kranen op de drijvende kade operationeel zijn;
- Per jaar zijn er 180 calls van schepen met een capaciteit tussen de 10.000 en 15.000 TEU. De gemiddelde capaciteit van deze categorie schepen bedraagt 12.500 TEU. Deze categorie schepen zal hierna aangeduid worden als 12.500 TEU schip. Voor het behandelen van deze categorie schepen worden vanaf de vaste kade 5 kranen ingezet.
- De overige capaciteit van de drijvende kade wordt gebruikt voor het afhandelen van containerschepen met een capaciteit in de range van 8.000-10.000 TEU. De gemiddelde capaciteit bedraagt 9000 TEU. Deze categorie schepen zal hierna aangeduid worden als 9.000 TEU schip. Voor het behandelen van deze categorie schepen worden vanaf de vaste kade gemiddeld 4,5 kranen ingezet.
- De netto productiviteit van de kadekranen bedraagt 32 moves per uur indien een containerschip enkelzijdig vanaf de vaste kade wordt behandeld;
- Vanwege het grote aantal kranen wordt bij dubbelzijdige afhandeling uitgegaan van een daling van de netto productiviteit van de kranen op de vaste kade van 32 moves per uur naar 30 moves per uur. Voor de kadekranen die werkzaam zijn vanaf de drijvende kade geldt dat deze meer aan bewegingen onderhevig zijn dan de kranen vanaf de vaste kade waardoor de netto kraanproductiviteit wordt aangenomen op 28 moves per uur.

Het aantal moves dat gemaakt dient te worden bij het behandelen van een 9.000 TEU schip met een bezettingsgraad van het schip van 85%, een TEU-factor van 1,7 en een call ratio van 37,5%⁸ bedraagt:

$$\frac{9.000 \cdot 0,85 \cdot 0,375}{1,7} \cdot 2 = 3.375$$

⁸ “Maasvlakte integrale containerlogistiek, uitgangspunten” FAMAS.MV2-project 2.1. Connekt, Delft, 2002.

Het aantal moves dat gemaakt dient te worden bij het behandelen van een 12.500 TEU met een bezettingsgraad van het schip van 85%, een TEU-factor van 1,7 en een call ratio van 37,5% schip bedraagt:

$$\frac{12.500 \cdot 0,85 \cdot 0,375}{1,7} \cdot 2 = 4.688$$

Indien een 9.000 TEU schip enkelzijdig wordt behandeld gebeurt dat met gemiddeld 4,5 kranen die gemiddeld 32 moves per uur maken. De tijd die dan benodigd is bedraagt:

$$\frac{3.375}{32 \cdot 4,5} \approx 23,4 \text{uur}$$

Indien een 9.000 TEU schip dubbelzijdig wordt afgehandeld worden behalve gemiddeld 4,5 kranen van de vaste kade ook 3 kranen vanaf de drijvende kade ingezet.

Voor het behandelen van het schip zijn vanaf de vaste kade de kranen de volledige tijd beschikbaar. Omdat de drijvende kade over twee ligplaatsen gebruikt wordt met een bezettingsgraad van 0.5 gebeurt het in 25% van de tijd dat er helemaal geen schip ligt en 25% van de tijd dat er twee schepen liggen. Dit houdt dus in dat de inzet van de kranen van de drijvende kade slechts in 87,5% van de tijd dat het schip voor de kade ligt plaats kan vinden. Omdat het gemiddeld drie kwartier duurt na afmeren van het schip voordat de kranen op de drijvende kade operationeel zijn, bepaald onderstaande berekening de tijd dat het schip aan de kade ligt:

$$u_k \cdot (t \cdot P_k) + u_p \cdot (t - 2 \cdot t_v) \cdot (P_p) = x$$

$$u_k = \text{inzetgraad kranen vanaf de vast kade} = 1$$

$$u_p = \text{inzetgraad kranen vanaf de drijvende kade} = 0.875$$

$$t = \text{tijd in uren dat het schip aan de kade ligt}$$

$$t_v = \text{benodigde tijd voor het verplaatsen van de drijvende kade} = 0.75 \text{uur}$$

$$P_k = \text{totale productiviteit van de kranen vanaf de vaste kade} = 135 \text{moves / uur}$$

$$P_p = \text{totale productiviteit van de kranen vanaf de drijvende kade} = 84 \text{moves / uur}$$

$$x = \text{totaal aantal handelingen} = 3.375$$

Omschrijven van deze berekening levert:

$$t = \frac{x + 2 \cdot t_v \cdot u_p \cdot P_p}{u_k \cdot P_k + u_p \cdot P_p} \approx 16,7 \text{uur}$$

Indien een 12.500 TEU schip op conventionele wijze wordt behandeld gebeurt dat met vijf kranen die gemiddeld 32 moves per uur maken. De tijd die dan benodigd is bedraagt:

$$\frac{4.688}{32 \cdot 5} \approx 29,3 \text{uur}$$



Indien een 12.500 TEU schip dubbelzijdig wordt afgehandeld worden behalve vijf kranen van de vaste kade ook 3 kranen vanaf de drijvende kade ingezet. Omdat het gemiddeld drie kwartier duurt na afmeren van het schip voordat de kranen op de drijvende kade operationeel zijn bepaald onderstaande berekening de tijd dat het schip aan de kade ligt:

$$t = \frac{x + 2 \cdot t_v \cdot u_p \cdot P_p}{u_k \cdot P_k + u_p \cdot P_p} \approx 21,5 \text{uur}$$

$$x = 4.688$$

$$P_k = 150 \text{moves} / \text{uur}$$

Wanneer de bezettingsgraad van de vaste kade 0.5 bedraagt en de twee ligplaatsen samen 180 calls per jaar verwerken van 12.500 TEU schepen wordt onderstaand aantal calls per jaar afgehandeld van schepen uit de categorie 8.000-10.000 TEU indien er op conventionele wijze wordt afgehandeld:

$$N_{9.000} = \frac{x_b \cdot u_b \cdot t_j - t_{12.500} \cdot N_{12.500}}{t_{9.000}} = 149 \text{calls} / \text{jaar}$$

$$N_{9.000} = \text{aantal calls per jaar van 9.000 TEU schepen}$$

$$N_{12.500} = \text{aantal calls per jaar van 12.500 TEU schepen} = 180$$

$$x_b = \text{aantal ligplaatsen van het systeem} = 2$$

$$u_b = \text{bezettingsgraad van de ligplaats} = 0.5$$

$$t_j = \text{aantal uren in een jaar} = 8760 \text{uur}$$

$$t_{9.000} = \text{conventionele behandeltijd voor 9.000 TEU schepen} = 23,4 \text{uur}$$

$$t_{12.500} = \text{conventionele behandeltijd voor 12.500 TEU schepen} = 29,3 \text{uur}$$

Wanneer de bezettingsgraad van de vaste kade 0.5 bedraagt en de twee ligplaatsen samen 180 calls per jaar verwerken van schepen uit de categorie 10.000-15.000 TEU wordt onderstaand aantal calls per jaar afgehandeld van schepen uit de categorie 8.000-10.000 TEU indien er dubbelzijdig wordt afgehandeld.

$$N_{9.000} = \frac{x_b \cdot u_b \cdot t_j - t_{12.500} \cdot N_{12.500}}{t_{9.000}} = 293 \text{calls} / \text{jaar}$$

$$N_{9.000} = \text{aantal calls per jaar van 9.000 TEU schepen}$$

$$N_{12.500} = \text{aantal calls per jaar van 12.500 TEU schepen} = 180$$

$$x_b = \text{aantal ligplaatsen van het systeem} = 2$$

$$u_b = \text{bezettingsgraad van de ligplaats} = 0.5$$

$$t_j = \text{aantal uren in een jaar} = 8760 \text{uur}$$

$$t_{9.000} = \text{behandeltijd voor 9.000 TEU schepen m.b.v. drijvende kade} = 16,7 \text{uur}$$

$$t_{12.500} = \text{behandeltijd voor 12.500 TEU schepen m.b.v. drijvende kade} = 21,5 \text{uur}$$

De resultaten van bovenstaande berekeningen zijn weergegeven in tabel M.1.

Tabel M.1:
Behandeltijden en
aantal calls in het
geval van het
toepassen van de
drijvende kade

	Conventioneel afhandelen		Dubbelzijdig afhandelen		Verskil
Capaciteit schip (TEU)	9.000	12.500	9.000	12.500	
Behandeltijd (uur)	23,4	29,3	16,7	21,5	6,7/ 7,8
Calls/jaar	149	180	293	180	
Tot. aantal calls	329		473		144

Zoals in de tabel zichtbaar wordt is het verschil in behandeltijd respectievelijk 6,7 uur en 7,8 uur. Omdat de behandeltijd verkort wordt kunnen er aan beide ligplaatsen jaarlijks 144 extra calls plaatsvinden van containerschepen in de categorie 8.000-10.000 TEU.

Productiedaling door het niet direct langszij liggen van de drijvende kade

In deze subparagraaf wordt berekend wat de impact zou zijn van het niet direct langszij liggen van de drijvende kade naast het schip, zoals bij de vaste concepten het geval is.

De maximale kat rijdsnelheid bedraagt 5 tot 6m/s. Over de extra af te leggen afstand wordt een gemiddeld snelheid van 3m/s aangehouden.

De af te leggen extra afstand varieert van 0 tot 25m. Omdat de scheepsmix hoofdzakelijk uit kleiner schepen zal bestaan wordt uitgegaan van een gemiddeld extra af te leggen afstand van 15m. Per move bedraagt de extra af te leggen afstand dus 30m. Met een snelheid van 3m/s bedraagt het tijdsverlies 10 seconden per move.

Indien de drijvende kade direct langszij het containerschip ligt bedraagt de kraanproductie 28 moves per uur. De gemiddelde tijdsduur per move bedraagt dus 129 seconden. Indien de tijdsduur per move 139 seconden wordt, bedraagt de productiviteit van de kadekranen op de drijvende kade 26 moves per uur. De financiële gevolgen van een daling van de productiviteit van de kadekranen op de drijvende kade van 2 moves per uur zijn weergegeven in de gevoeligheidsanalyse van de kostencalculatie.

Kraanproductiviteit

Het aantal kranen dat gemiddeld operationeel is bedraagt 4,5 op een containerschip in de categorie 8.000- 10.000 TEU en 5 op een containerschip in de categorie 10.000- 15.000 TEU. Gezien het aantal calls uit tabel M.1 bedraagt het gemiddelde aantal kranen per ligplaats daarmee:

$$\frac{180 \cdot 5 + 293 \cdot 4,5}{180 + 293} \approx 4,7$$

Aangezien de drijvende kade op twee ligplaatsen werkt en er vanaf de drijvende kade 3 kranen operationeel zijn bedraagt het totale aantal kranen:

$$4,7 \cdot 2 + 3 = 12,4$$

Het aantal moves dat jaarlijks gemaakt wordt bedraagt ongeveer 1.835.000. Dit komt neer op een kraanproductiviteit van ongeveer 150.000 moves per jaar.

Kadeproductiviteit

Gezien het aantal calls uit tabel M.1 bedraagt de jaarlijkse hoeveelheid overgeslagen TEU's bij enkelzijdige afhandeling 2.289.562. Bij dubbelzijdige afhandeling bedraagt dit 3.115.834.

Bij enkelzijdige afhandeling wordt uitgegaan van één ligplaats van 450m en één ligplaats van 400m. Daarmee komt de kadeproductiviteit op ongeveer 2700 TEU/m/jaar.

Vanwege de lengte van de drijvende kade wordt bij dubbelzijdige afhandeling uitgegaan van twee ligplaatsen van ieder 450m. Tevens moet er 20m gerekend worden voor de aansluiting met de vaste kade. Hiermee komt de kadeproductiviteit op ongeveer 3350 TEU/m/jaar.

Bijlage N Kosten van het drijvende kade concept

In deze bijlage zal een kostenvergelijking worden gemaakt tussen twee containerterminals, waarbij één terminal gebruik maakt van de drijvende kade voor de afhandeling van containerschepen en één op conventionele wijze schepen afhandelt. Door de implementatie van de drijvende kade daalt de behandeltijd waardoor er jaarlijks extra calls afgehandeld kunnen worden.

Als systeemgrens worden de twee vaste ligplaatsen genomen waaraan met behulp van de drijvende kade schepen dubbelzijdig worden afgehandeld. Het aantal calls dat daarmee jaarlijks kan worden afgehandeld wordt geprojecteerd op een conventionele terminal om zodoende te kunnen bepalen hoe groot een conventionele terminal zou moeten zijn om hetzelfde aantal calls te kunnen verwerken.

De extra investeringen die nodig zijn voor conventionele afhandeling worden afgetrokken van de extra investeringen voor de drijvende kade. Middels deze berekeningswijze kunnen de extra kosten per move worden bepaald voor afhandeling met behulp van de drijvende kade.

De kosten voor de drijvende kade zijn onder te verdelen in de volgende categorieën:

- Drijvende kade;
- Equipment;
- Civiele constructies ten behoeve van de drijvende kade;
- Ontwikkelingskosten.

Deze kosten zullen in onderstaande beschouwing aan bod komen. Alleen de kosten die gemaakt worden bij de overslag van een container van schip naar stack worden in rekening gebracht.

De afschrijvingsperiode voor de kademuur is vastgesteld op 40 jaar. Voor de kadekranen geldt een afschrijvingstermijn van 20 jaar en voor de AGV's van 15 jaar. De restwaarde van het equipment is vastgesteld op 5% van de investeringskosten. De kademuur heeft geen restwaarde. De afschrijvingsperiode voor de drijvende kade is vastgesteld op 30 jaar. De restwaarde van de drijvende kade is vastgesteld op 5% van de investeringskosten. De ankerpalen van de ramp en de aanpassingen aan de kade worden geacht geen restwaarde te bezitten.

De onderhouds- en energiekosten zijn bepaald als percentage van de investeringskosten. Kengetallen hiervoor zijn ontleend aan Drewry⁹. Met behulp van een annuïteitenberekening zijn de kosten voor afschrijving en rente per jaar bepaald. Het gehanteerde rentepercentage bedraagt 7%.

De kosten worden opgesplitst in investeringskosten en operationele kosten.

De operationele kosten bestaan uit afschrijvingen, arbeid, onderhoud en energie. De kosten voor afschrijvingen zijn berekend middels een annuïteiten berekening waarbij gedurende de levensduur van het object de afschrijvingen en rentekosten voor elk jaar gelijk zijn. De kosten voor onderhoud en energie zijn in een percentage van de initiële kosten van het object uitgedrukt.

Het totale kostenplaatje is weergegeven in tabel N.1 op de volgende bladzijde. Na de tabel volgt een toelichting.

⁹ *Global container terminals, Profit, Performance and Prospects*. Drewry, Londen, 2002

Tabel N.1:
Berekening van de
extra kosten bij de
toepassing van de
drijvende kade

Drijvende kade												
	aantal	eenheid	kosten/eenheid (€)	invest.kosten (€)	levensduur (jaar)	restwaarde (%)	annuiteit (€ p/j)	ond+energie kosten (%)	rentekosten restwaarde	ond+energie (€ p/j)	kost p/j (€)	
drijvende kade	stalen ponton	14153	ton	2.000	28.306.000	30	5	2.167.014	0,5	99071	141.530	2.408.000
	motoren	8.000	kW	350	2.800.000	30	5	214.359	10	9800	280.000	504.000
	sleepdienst	33	keer	2.000								66.000
	ramp	1600	ton	2.000	3.200.000	30	5	244.981	0,5	11200	16.000	272.000
	aansl ramp+kade	1	stuk	250.000	250.000	30	5	19.139	0,5	875	1.250	21.000
equipment	Installaties	1	stuk	1.500.000	1.500.000	30	5	114.835	7,5	5250	112.500	233.000
	Afmeren											300.000
equipment	kadekraan	3	stuks	6.500.000	19.500.000	20	5	1.748.630	5	68250	975.000	2.792.000
	AGV's	27	stuks	500.000	13.500.000	15	5	1.408.121	10	47250	1.350.000	2.805.000
	duwb+ponton	1	stuk	1.000.000	1.000.000	30	5	76.557	10	3500	100.000	180.000
	kraanmachinist	19.710	uur	50								986000
	personeel	48.180	uur	40								1.927.000
diviele constr.	ankerpalen	4	stuks	250.000	1.000.000	30	0	80.586	0,2	0	2.000	83.000
	kadevoorziening	1	stuk	500.000	500.000	30	0	40.293	0,2	0	1.000	41.000
	kademuur	70	m	45.000	3.150.000	40	0	236.278	0,2	0	6.300	243.000
ontw. kosten				250.000			20.147				20000	
Totaal				74.956.000	Totaal							

Convent. afhandelen												
	aantal	eenheid	kosten/eenheid (€)	invest.kosten (€)	levensduur (jaar)	restwaarde (%)	annuiteit (€ p/j)	ond+energie kosten (%)	rentekosten restwaarde	ond+energie (€ p/j)	kost. p/j (€)	
equipment	kadekraan	4,5	stuks	6.000.000	27.000.000	20	5	2.421.180	5	94.500	1.350.000	3.866.000
	AGV's	24	stuks	500.000	12.000.000	15	5	1.251.663	10	42.000	1.200.000	2.494.000
	kraanmachinist	19710	uur	50								986.000
	personeel	39420	uur	40								1.577.000
diviele constr.	kademuur	400	m	45.000	18000000	40	0	1.350.162	0,2	0	36.000	1.386.000
	Totaal			57.000.000	Totaal							
			0,77*totaal	43.890.000								
			Verschil	31.066.000	Verschil							

Stalen ponton

De kosten voor de stalen bak van de drijvende kade is de grootste kostenpost van het gehele concept van de drijvende kade. Een indicatie van de kosten kan worden verkregen door een schatting te maken van het aantal te verwerken kilo's staal en daar een kiloprijs voor verwerkt staal aan te verbinden.

Gangbare hoeveelheden staal voor constructies als deze zijn 125kg^{10} staal per m^3 inhoud van het ponton. De prijs per kilo verwerkt staal varieert van € 1,5 tot € 5 per kilo¹¹, afhankelijk van waar ter wereld het stalen ponton geproduceerd wordt. Deze prijzen zijn exclusief transportkosten, die in de miljoenen euro's kunnen lopen indien het ponton uit Azië moet worden overgevoerd, wellicht moet de drijvende kade zelfs op een ponton getransporteerd worden. Azië is het voordeligst, West-Europa het duurst en Oost-Europa zit ergens tussen beide kostprijzen is. Vanwege de grote hoeveelheid staal die nodig is en de eenvoud van de constructie wordt er gekozen voor productie in Azië. Er wordt uitgegaan van een prijs per verwerkte kilogram staal van € 2, inclusief transportkosten. De totale hoeveelheid verwerkt staal van de drijvende kade met afmetingen van 425m (l) * 36m (b) * $7,4\text{m}$ (h) is:

$$425 \cdot 36 \cdot 7,4 \cdot 125 = 14.153\text{ton}$$

Voor de staalprijs wordt € 2 per kilo wordt aangehouden, hetgeen neerkomt op € 2000 per ton. De onderhoudskosten van de stalen constructie worden geraamd op 0,5% per jaar.

Motoren

Zoals reeds in hoofdstuk 5 is besproken wordt het ponton aangedreven door vier roerpropellers. Het totale geïnstalleerde vermogen bedraagt $4 \cdot 2000\text{ kW}$. De aanschaf van roerpropellers kost ongeveer € 350 per geïnstalleerde kW^{12} . Voor onderhoud en energie wordt 10% aangehouden.

Sleepdienst

Zoals in hoofdstuk 5 is besproken moet in 7% van de gevallen een sleepdienst assisteren met het verplaatsen van het ponton vanwege de harde wind. Het aantal calls dat per jaar afgehandeld wordt bedraagt 473. Dit betekent dat 33 keer per jaar een sleepdienst ingeschakeld moet worden. De kosten daarvan zijn geraamd op € 2000 per keer. Dit bedrag is tot stand gekomen door uit te gaan van een verplaatsingsoperatie door twee sleepboten die beiden inclusief aanvaartijd 2 uur bezig zijn tegen een uurtarief van € 470,- per uur¹³.

De ramp

De ramp wordt volledig in staal uitgevoerd en bestaat uit een combinatie van een ponton en een hellingbaan, beiden uitgevoerd in staal. De hellingbaan heeft afmetingen van 49m (l) * 20m (b) * 2m (h). Het ponton heeft afmetingen van 61m (l) * 24m (b) * $7,4\text{m}$ (h). Indien per m^3 inhoud 125kg staal wordt gebruikt bedraagt de totale hoeveelheid staal:

$$(49 \cdot 20 \cdot 2 + 61 \cdot 24 \cdot 7,4) \cdot 125 = 1600\text{ton}$$

¹⁰ J.Pinkster. Maritieme Techniek, TU Delft

¹¹ P.Luyckx. Verolme scheepswerven, Rotterdam

¹² Veth Motoren, Papendrecht

¹³ Port tariffs. HbR, 2004



Aansluiting tussen ramp en drijvende kade

Op de drijvende kade moet een klep worden gemonteerd om de verbinding tussen de ramp en de drijvende kade tot stand te kunnen brengen. Hiervoor wordt 250.000 euro gereserveerd.

Installaties

Onder de installaties wordt het ballastsysteem, de bunkerleidingen en de elektriciteitsvoorziening verstaan. Voor deze drie posten is een bedrag van 1.500.000 gereserveerd. Voor het onderhoud van deze systemen wordt jaarlijks 7,5% uitgetrokken van de investeringskosten.

Afmeren

De kosten voor het afmeren zijn erg afhankelijk van het tarief dat gehanteerd moet worden voor het overbrengen en vastleggen van de trossen. Omdat de drijvende kade vaak verplaatst moet worden bestaat wellicht de mogelijkheid om trossen zelf aan te brengen. Mocht het vanwege voorschriften door zogenaamde roeiers moeten gebeuren dan kan het een kostbare operatie worden. Het verleggen van een schip met vergelijkbare afmetingen als de drijvende kade kost ongeveer € 3800¹⁴,-. Omdat de roeiploegen al in de buurt zijn voor het afmeren van het schip en het aantal trossen beperkt zal zijn wordt uitgegaan van afmeerkosten per keer van € 500. Dit bedrag is tot stand gekomen door er vanuit te gaan dat eigen personeel met behulp van de roeiers de trossen van de drijvende kade mogen bevestigen. Het afmeren met behulp van magneten kost jaarlijks ongeveer € 65.000¹⁵. Dit bedrag is berekend aan de hand van een groot containerschip. De kosten voor het afmeren van de drijvende kade zullen enerzijds lager zijn vanwege de kleinere krachten die op het systeem zullen werken en anderzijds hoger omdat het systeem veel intensiever gebruikt zal worden. Daarom wordt voor het magnetisch afmeren € 65.000 per jaar gerekend. De kosten voor het afmeren met trossen bedragen $473 \cdot 500 =$ € 236.000. De totale kosten voor het afmeren bedragen € 300.000 per jaar.

Kadekranen

Op de drijvende kade zullen drie kadekranen ingezet worden. De investeringskosten van een kraan bedragen € 5,5 miljoen. Omdat de te gebruiken kranen een langere klap zullen hebben dan momenteel gebruikelijk wordt uitgegaan van investeringskosten van 6 miljoen euro per kraan. De meerkosten voor de doorvoerbare klap worden geraamd op € 0,5 miljoen per kraan, waarmee de investeringskosten voor één kadekraan € 6.500.000 bedraagt. De onderhoudskosten bedragen 4% van de investeringskosten. Voor energiekosten wordt 1% van de investeringskosten gehanteerd waarmee het totale percentage voor de kosten van onderhoud en energie 5% bedraagt.

AGV's

Normaal gesproken zijn per kadekraan 8 AGV's werkzaam. Omdat de AGV's een extra afstand naar de drijvende kade af moeten leggen en wellicht langer onderweg zijn door enige vertraging bij het invoegen op de hoofdstroom van de AGV's wordt uitgegaan van 9 werkzame AGV's per kadekraan. Omdat de bezettingsgraad van de drijvende kade relatief hoog is wordt aangenomen dat de AGV's alleen werkzaam zijn op de drijvende kade. Het totale aantal AGV's bedraagt dus 27. De kosten voor een AGV bedragen 750.000 gulden¹⁶. Omdat de benodigde AGV's ook twinlifts moeten kunnen behandelen wordt uitgegaan van een aanschafwaarde van € 500.000 per stuk. De onderhoudskosten voor AGV's bedragen 5%. Indien de energiekosten ook 5% bedragen komen de totale kosten voor onderhoud en energie op 10% van de investeringskosten.

¹⁴ Port tariffs. HbR, 2004

¹⁵ Fiktorie, E.H.G. *Laden en lossen zonder trossen*. Afstudeerverslag TU Delft, Delft, 2002

¹⁶ FAMAS.MV2 Cost analysis model 2002, FAMAS, 2002

Duwboot en ponton

Voor de tijdelijke opslag van de dekluisen zal een ponton worden ingezet in combinatie met een duwboot. De kosten voor de aanschaf van de duwboot en het ponton worden geraamd op €1.000.000.

De personeelskosten die gemoeid zijn met het bedienen van deze combinatie komen onder de kostenpost personeel aan bod.

Om aan te tonen dat het gebruik van een duwboot met ponton voordeliger is dan het verbreden van de drijvende kade wordt een berekening gemaakt van de hoeveelheid extra staal die nodig zal zijn voor de verbreding van de drijvende kade.

Er wordt uitgegaan van een staalgebruik van 100kg/m³ inhoud van de drijvende kade, die verbreed zal worden met 15m. Met behulp van de Excel-sheet van tabel N.1 kan berekend worden dat het jaarlijkse voordeel op de operationele kosten € 273.000 bedraagt.

Kraanmachinist

Het aantal uren dat door kraanmachinisten wordt gemaakt voor de bediening van 1 kraan met een bezettingsgraad van 0,5 bedraagt 4.380 uur. Omdat er drie kranen werkzaam zijn met een bezettingsgraad van 0,75 bedraagt het totale aantal uren voor bediening van de kranen 19.710. Het uurtarief dat gehanteerd wordt voor kraanmachinisten bedraagt € 39,-¹⁷. Omdat de FAMAS studie hogere loonkosten hanteert wordt uitgegaan van loonkosten van € 50,- per uur.

Personeel

Per kraanmachinist is iemand nodig voor het invoeren van het containernummer en iemand om aan dek te staan. Daarmee komt het aantal uren voor gewoon personeel op 39.420 uur.

Voor het bedienen van de duwboot met het ponton ten behoeve van de opslag van scheepsluisen zijn gemiddeld gedurende 50% van de tijd 2 personeelsleden nodig. Het aantal uren bedraagt daardoor 8760. Het totale aantal arbeidsuren voor gewoon personeel bedraagt 48.180 tegen een uurtarief van € 40,-.

Ankerpalen

Voor de vier ankerpalen om de ramp in positie te houden is € 1.000.000 gereserveerd.

Kadevoorzieningen

Op de kade zullen extra bolders aangebracht moeten worden om extra trossen van het containerschip naar de vaste kade te kunnen leggen. Tevens moet er een aansluiting gemaakt worden voor de ramp. Hiervoor wordt € 500.000 uitgetrokken.

Kademuur

De kosten van de kademuur bedragen € 45.000¹⁸ per strekkende meter. Deze kosten zijn inclusief de fundering voor een kraanbaan. Het concept van de drijvende kade vergt 70m extra kademuur voor de ramp, trossen en het feit dat beide ligplaatsen de grootste schepen moeten kunnen behandelen. De kosten van dit stuk kademuur zullen doorberekend moeten worden in het concept van de drijvende kade. De onderhoudskosten van de kademuur bedragen 0,2% van de investeringskosten.

¹⁷ *Arbeidskosten in de containeroverslag. Een internationale vergelijking van Noordwest Europese havens.* FNV Bondgenoten, Utrecht, 2003

¹⁸ Wevers, medewerker infrastructuur HbR

Ontwikkelingskosten

De ontwikkelingskosten bestaan uit de kosten die gemaakt moeten worden voor de ontwikkeling van het drijvende kade concept. Deze ontwikkelingskosten zijn vastgesteld op € 250.000.

Kosten voor het gebruik van een conventionele kade

Aan 400m conventionele kade kunnen jaarlijks 187 calls plaatsvinden van 9.000 TEU schepen. Omdat de drijvende kade jaarlijks 144 calls extra kan verwerken wordt op de totale kosten van de conventionele kade 77% (144 calls/ 187 calls) bespaard omdat deze niet aangelegd hoeft te worden.

De jaarlijkse operationele kosten voor een conventionele kade zullen in onderstaande beschouwing aan bod komen. De jaarlijkse kosten voor het gebruik van een conventionele kade bestaan uit kosten voor:

- Kadekranen;
- AGV's;
- Kraanmachinist;
- Overig personeel;
- Kademuur.

Kadekranen

Het aantal kadekranen dat gemiddeld wordt gebruikt bij de afhandeling van een 9.000 TEU schip bedraagt 4,5.

AGV's

Per kraan met een productiviteit van gemiddeld 30 moves per uur zijn acht AGV's werkzaam¹⁹. Omdat de AGV's voor een deel van de tijd ook ingezet worden voor ander transport, komen niet alle kosten van de AGV's voor rekening van één ligplaats. Wanneer AGV's 75% van de tijd actief zijn en de bezettingsgraad van de kade 0,5 bedraagt telt het totale aantal AGV's voor 2/3 mee. Het totale aantal AGV's waarvoor de kosten berekend moeten worden bedraagt dus: $2/3 * 4,5 * 8 = 24$.

Kraanmachinist

Bij een bezettingsgraad van de kade van 0,5, een totaal aantal uren per jaar van 8760, en de inzet van gemiddeld 4,5 kraan, bedraagt het aantal uren dat een kraanmachinist nodig is: $0,5 * 8760 * 4,5 = 19710$ uur.

Overige personeelskosten

Het overige personeel bestaat uit een persoon die de schadecode en het containernummer invoert en een persoon aan boord van het schip. Het totale aantal uren dat hiervoor ingezet wordt bedraagt twee keer het aantal machinist uren. In totaal worden 39.420 manuren ingezet.

Kademuur

Er wordt vanuit gegaan dat er 400m kademuur nodig zal zijn om een 9.000 TEU-schip goed af te kunnen meren.

¹⁹ www.ect.nl

Het totale jaarlijkse voordeel op de investerings- operationele kosten bij implementatie van de drijvende kade is weergegeven in tabel N.2.

Tabel N.2: de totale opbrengsten per jaar bij implementatie van de drijvende kade

	Investeringskosten	Operationele kosten
Drijvende kade	74.956.000	12.881.000
Conventioneel afhandelen	43.890.000	7.937.000
Extra kosten dubbelzijdig afhand.	31.066.000	4.944.000

De extra investeringskosten voor het concept van de drijvende kade bedragen € 31.066.000. De extra operationele kosten per jaar bedragen € 4.944.000.

