



*Een tros naar de kade . . .
Een snoer naar het schip . . .
Verbinding tussen water en land . . .*

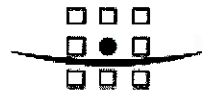
Haalbaarheidsstudie Walstroom voor Cruiseschepen Havenbedrijf Rotterdam

Havenbedrijf Rotterdam N.V.

6 februari 2007
Definitief Report
9S2031.02



A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

**HASKONING NEDERLAND B.V.
ENVIRONMENT**

Hoofdweg 490
P.O. Box 8520
Rotterdam 3009 AM
The Netherlands
+31 (0)10 286 54 32 Telephone
Fax
info@rotterdam.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 CoC

Document titel Haalbaarheidsstudie Walstroom voor
Cruiseschepen Havenbedrijf Rotterdam

Verkorte document titel Haalbaarheidsstudie walstroom voor
Cruiseschepen

Status Definitief Report

Datum 6 februari 2007

Project naam

Project nummer 9S2031.02

Klant Havenbedrijf Rotterdam N.V.

Referentie 9S2031.02/R00002/BSIM/Rott1

Auteur(s) Berte Simons

Collegiale toets Han van Niekerk

Datum/paraaf 7 februari 2007

Vrijgegeven door Leo Brouwer

Datum/paraaf 7 februari 2007

SAMENVATTING

Aanleiding

De verbetering van de luchtkwaliteit in de stad Rotterdam en de regio Rijnmond staat de laatste jaren sterk in de belangstelling. Er zijn de afgelopen jaren diverse maatregelen en acties ondernomen, zoals het plaatsen van roetfilters op de bussen van de RET¹ en het aanleggen van walstroom voor de binnenvaart, om de luchtkwaliteit in de Rotterdamse stad en de regio Rijnmond te verbeteren. Deze maatregelen komen voort uit twee programma's die hiervoor zijn opgesteld: het Regionaal Actie Programma Luchtkwaliteit Rijnmond (RAP) en de Rotterdamse Aanpak Luchtkwaliteit (RAL).

Doel van het onderzoek

In het kader van deze bovengenoemde programma's voert het Havenbedrijf Rotterdam N.V. een aantal maatregelen uit. Een daarvan is het onderzoeken van de (technische en economische) haalbaarheid van walstroom voor cruiseschepen in de haven van Rotterdam.

Het gebruik van walstroom voor cruiseschepen betekent dat cruiseschepen tijdens hun verblijf in de haven worden aangesloten op het elektriciteitsnet van de wal. Daardoor maken de cruiseschepen geen gebruik van hun eigen generatoren waardoor er minder emissies naar de lucht plaatsvinden.

Plan van Aanpak

Om de uitstoot van kooldioxide (CO₂), stikstofdioxide (NO_x), fijn stof (PM₁₀) en zwaveloxide (SO₂) door cruiseschepen en de randvoorwaarden van de walstroom installatie te bepalen, is een enquête gehouden onder cruiseschepen en cruisereders. Daarin is gevraagd naar het huidige brandstofverbruik en het benodigde elektrische vermogen tijdens het verblijf in de haven.

Vervolgens zijn op basis van deze gegevens de potentieel te vermijden emissies en het effect hiervan op de lokale luchtkwaliteit bepaald en de kosten van de walstroom installatie. Hiervoor zijn verschillende scenario's doorgerekend.

Marktontwikkelingen

De cruisemarkt is een potentieel grote, maar ook grillige markt, waarbij toekomstige trends lastig zijn te voorspellen. Er zijn wereldwijd ontwikkelingen die aangeven dat zowel aan de wal meer walstroom installaties gebouwd zullen worden als dat meer schepen van aansluitvoorzieningen op walstroom zullen worden voorzien. Deze ontwikkelingen gaan relatief langzaam omdat hiervoor grote investeringen nodig zijn en er geen wettelijke verplichting is.

De walstroom installatie

Aan boord van cruiseschepen wordt elektriciteit met generatoren opgewekt. De grootste verbruikers aan boord van cruiseschepen zijn de airconditioning voor de het gehele schip en de hotelaccommodaties met restaurants en zwembaden.

Tijdens het verblijf in de haven kan van walstroom gebruik worden gemaakt om een cruiseschip van elektriciteit te voorzien. Het cruiseschip wordt met kabels via de walstroom installatie op het elektriciteitsnet aan de wal aangesloten, de eigen generatoren niet gebruikt hoeven te worden en er ook geen emissie naar de lucht plaatsvindt.

¹ Rotterdamse Electriche Trammaschappij

Resultaten

Installatie

De walstroom installatie die alle mogelijke cruiseschepen die Rotterdam aan kunnen doen van walstroom kan voorzien, moet voldoen aan de volgende specificaties: een vermogen van 11 MW, een voltage van 11 kV en een frequentie van 60 Hz. De investeringskosten voor het bouwen van een dergelijke installatie bedraagt circa € 6,3 miljoen.

Kosten

De investeringskosten voor de hierboven beschreven walstroom installatie bedraagt circa € 6.3 miljoen.

Op basis van het scenario van de huidige situatie waarin 20 schepen per jaar aansluiten op walstroom en een afschrijvingsperiode van 20 jaar, komt dit neer op ruim € 40.000 per cruiseschip. In het scenario waarin circa 35 cruiseschepen de haven bezoeken is dit circa € 23.000 per cruiseschip.

De kosten om een cruiseschip geschikt te maken voor het gebruik van walstroom bedragen circa € 800.000 tot € 1.000.000. Het gemiddelde voordeel (minder brandstofverbruik minus extra elektriciteitsverbruik) dat cruiseschepen hebben wanneer ze op walstroom zijn aangesloten bedraagt circa € 1.500 per call (bezoek van een cruiseschip aan de haven).

Dat betekent dat wanneer een schip 55 dagen per jaar is aangesloten op walstroom de terugverdientijd circa 10 jaar is.

Verbetering van luchtkwaliteit

Uit de emissie- en immissieberekeningen blijkt dat de emissiereductie als gevolg van het gebruik van walstroom resulteert in een verbetering van de luchtkwaliteit van minder dan 1% voor de NO₂ concentratie en van minder dan 0,2% voor de PM₁₀ concentratie, binnen een afstand van maximaal enkele honderden meters vanaf de cruise terminal in de stad.

Aanbevelingen

Indien wordt besloten om een walstroom installatie aan te leggen, wordt aanbevolen om eerst de beschikbare kennis en ervaring bij (internationale) marktpartijen en de mogelijke organisatorische en contractuele vormen goed te onderzoeken.

De ontwikkelingen in de werkgroep voor standaardisatie van walstroom normering dienen te worden gevolgd².

² Er zijn diverse internationale werkgroepen die voorstellen opstellen voor de standaardisatie van walstroom voorzieningen.

EXECUTIVE SUMMARY

Background

During the recent years, the improvement of the ambient air quality in the city of Rotterdam and the Rijnmond region received a lot of attention. Therefore several measures and actions have been taken, such as the installation of soot filters on the busses of RET³ and shore connected power facilities for the inland shipping, to improve air quality. These measures are a result of two action plans: the Regional Action Plan Air quality Rijnmond and the Rotterdam Approach Air quality.

Purpose of the study

The Port of Rotterdam executes, within the scope of the abovementioned action plans, several measures. One of these measures is a study on the (technical and economical) feasibility of shore connected power for cruise ships in the port of Rotterdam.

The usage of shore connected power in this context means that, during their stay in port, cruise ships are connected with the electricity supply net on shore. Therefore cruise ships will not generate their own electricity onboard and as a result of that reduce their emissions to the air.

Action plan

In order to determine the emissions of carbon dioxide (CO₂), nitrogen oxide (NO_x), particle matters (PM₁₀) en sulfur dioxide (SO₂) and the relevant limiting conditions, a survey has been conducted under cruise ships and cruise ship owners. This survey included items such as current fuel consumption and required electric power during the cruise ships' stay in port.

Based on these results the potential for emission reduction and the consequential effect on the ambient air quality have been determined, including the costs of such shore connected power facilities. For this purpose several scenarios have been reviewed.

Market developments

The cruise market is a potential large, but also unpredictable market. Future trends are difficult to foresee. Global developments indicate that both on the shore side as well as onboard cruise ships, more and more facilities for the supply and usage of shore connected power will be installed. Because the required investments are relatively large and since there is no legal requirement, these developments will take a long time.

The shore connected power facility

Onboard of cruise ships electricity is produced by generators. The largest consumers of electricity onboard of cruise ships are the air conditioning for the whole ship and the hotel accommodations with restaurants and swimming pools. During the cruise ships' stay in port, shore connected power can be used to supply the cruise ship with electricity.

³ Rotterdam public transport cooperation

Results

System

The shore connected power facility that is able to supply electricity to all possible cruise ships that might call at the port of Rotterdam has the following conditions: minimum power of 11 MW, a voltage of 11 kV and a frequency of 60 Hz.

Costs

The investment costs for the facility described above amount to € 6.3 million.

Based on the current situation of 20 ships per year connecting to the shore connected power facility and a depreciation period of 20 years, the costs required for the shore connected facility per visiting cruise ship will amount to approximately € 40,000. For a scenario of 35 cruise ships calling at the port the costs will amount to approximately € 23,000.

The costs required to modify an average cruise ship for the usage of shore connected power vary between € 800,000 and € 1,000,000. When the cruise ship is using shore connected power, the average benefit (less fuel consumption minus extra electricity consumption) amounts to € 1,500 per call. This means that for a return on investment period of approximately 10 years, the cruise ship should be connected to shore connected power for at least 55 days per year.

Improvement of air quality

The total emission from the exhaust and air quality calculations show that the emission reduction as a consequence of the usage of shore connected power results in an improvement of the ambient air quality of less than 1% for the NO₂ concentration and of less than 0.2% for the PM₁₀ concentration, within a distance of maximum several hundreds meter from the cruise terminal in the city.

Recommendations

In case it is decided to build a shore connected power facility for cruise ships, it is recommended to investigate the available knowledge and experience with (international) parties and the possible organizational and contractual options.

Also the developments in the working group for standardization of shore connected power facilities should be followed⁴.

⁴ On an international level several working groups have been established that look into standardisation of shore connected power facilities

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstelling	1
1.3 Leeswijzer	1
2 VRAAGSTELLING.....	3
2.1 Onderzoeksvraag.....	3
2.2 Plan van Aanpak	3
2.3 De Enquête	4
3 DESK RESEARCH	6
3.1 Inleiding.....	6
3.2 Cruisemarkt.....	6
3.3 De walstroom aansluiting.....	7
3.3.1 Wat is walstroom?.....	7
3.3.2 Huidige situatie van de walstroom installaties wereldwijd	8
3.3.3 Huidige situatie van walstroom installatie voor cruisevaart in Rotterdam.....	9
3.3.4 Organisatie van walstroom.....	10
3.4 Toekomstige ontwikkelingen	10
3.4.1 Wetgeving nationaal en internationaal.....	10
3.4.2 Ontwikkelingen bij cruisereders met betrekking tot walstroom aansluitingen.....	11
3.4.3 Standaardisatie van walstroom aansluitingen.....	12
4 ONDERZOEKSRESULTATEN WALSTROOM INSTALLATIE	13
4.1 Inleiding.....	13
4.2 Technische specificaties van de cruiseschepen.....	13
4.2.1 Brandstofverbruik tijdens verblijf in de haven.....	13
4.2.2 Elektrisch vermogen voor walstroom installatie	13
4.3 Brandstofbesparing door walstroom aansluiting	14
4.4 Bepalen van scenario's voor komende jaren.....	14

5	ONDERZOEKSRESULTATEN EMISSIEBEREKENINGEN.....	16
5.1	Inleiding.....	16
5.2	Vermeden Emissies.....	16
5.2.1	Het bepalen van de vermeden emissies.....	17
5.2.2	Emissies van een elektriciteitscentrale.....	17
5.3	Immissieberekeningen.....	18
5.3.1	Uitgangspunten en methode.....	18
5.3.2	Resultaten.....	18
5.3.3	Grafische weergave.....	19
6	KOSTEN EN BATEN VAN DE WALSTROOM INSTALLATIE	23
6.1	Inleiding.....	23
6.2	Walstroom installatie	23
6.2.1	Investeringskosten en onderhoudskosten.....	23
6.2.2	Investeringskosten netbeheerder	25
6.2.3	Leveringskosten netbeheerder.....	26
6.2.4	Overzicht totale kosten walstroom installatie	26
6.2.5	Kosten vermeden emissies	27
6.3	Kosten voor cruiseschepen.....	28
6.3.1	Investeringskosten aan boord van een cruiseschip.....	28
6.3.2	Kosten voor het elektriciteitsverbruik	29
6.3.3	Aansluiting door hoogspanningsbevoegde.....	29
6.3.4	Terugverdientijd van walstroom aansluiting.....	30
6.4	Conclusies kosten en baten analyse.....	30
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	31
7.1	Conclusies.....	31
7.2	Aanbevelingen.....	32

Bijlagen

1. Overzicht Wilhelminakade
2. Enquête voor cruiseschepen en cruisereders
3. Emissie berekeningen
4. Figuren immissie berekeningen
5. Kosten en baten berekeningen
6. Engineering module Walstroom 9S2031.02.34A
7. 25 kV trace 2,4 km

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

In de regio Rijnmond zijn voor het halen van de luchtkwaliteitsnormen, de concentraties fijn stof (PM₁₀) en de stikstofoxiden (NO_x) een probleem. Voor fijn stof worden de normen momenteel niet gehaald (vooral de daggemiddelden waarde) en voor NO₂ kunnen de normen vanaf 2010 problemen opleveren.

In het Regionaal Actieprogramma Luchtkwaliteit Rijnmond (RAP) en de Rotterdamse Aanpak Luchtkwaliteit (RAL) zijn maatregelen benoemd die moeten leiden tot een verbetering van de luchtkwaliteit in de stad Rotterdam en de regio Rijnmond.

Het Havenbedrijf Rotterdam N.V. voert een aantal van deze maatregelen uit (m.n. op het gebied van scheepvaart en spoor). Een van deze maatregelen is het onderzoeken van de haalbaarheid van walstroom voor cruiseschepen.

Cruiseschepen zijn de grootverbruikers onder schepen als het gaat over hun brandstofverbruik wanneer zij in de haven liggen afgemeerd en veroorzaken relatief veel emissie naar de lucht. In tegenstelling tot algemene vrachtschepen hebben cruiseschepen tijdens hun verblijf voor de wal veel vermogen nodig voor de airconditioning aan boord en voor andere elektrische installaties waar de passagiers ook gedurende het verblijf in de haven gebruik van maken.

1.2 Doelstelling

Het Havenbedrijf Rotterdam N.V. voert onderliggende studie uit om te onderzoeken of het gebruik van walstroom door cruiseschepen een milieuvoordeel oplevert. Tevens wordt er gekeken naar de technische en economische haalbaarheid van een dergelijke installatie.

Het gebruik van walstroom door cruiseschepen zal mogelijk een bijdrage leveren aan het verminderen van NO_x, PM₁₀, SO₂ en CO₂ uitstoot. Daardoor kan de luchtkwaliteit in het gebied rondom de Wilheminakade verbeteren. Om te bepalen of een walstroom installatie ook wenselijk is moet er een afweging worden gemaakt tussen de (investerings)kosten enerzijds en de vermeden emissies anderzijds.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk twee zijn de vraagstelling en het plan van aanpak beschreven met een korte uitleg over de enquête die voor dit onderzoek is gehouden. Vervolgens worden in hoofdstuk drie de resultaten van de deskresearch weergegeven. Daarin staat onder andere de huidige situatie in de Rotterdamse haven, de cruisemarkt wereldwijd, de ontwikkelingen op het gebied van walstroom in havens en aan boord van cruiseschepen en de huidige en toekomstige wet- en regelgeving voor deze sector beschreven.

In hoofdstuk vier worden de onderzoeksresultaten besproken. Dit zijn de resultaten van de enquêtes en onderzoek bij verschillende cruisereders.

Daarna worden in hoofdstuk vijf de emissieberekeningen met de daarbij behorende analyse toegelicht. De kosten en baten van de walstroom installatie worden besproken in hoofdstuk zes. Als laatste zijn in hoofdstuk zeven de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

2 VRAAGSTELLING

2.1 Onderzoeksvraag

Voor deze studie naar walstroom voor cruiseschepen in Rotterdam is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd:

Wat is de haalbaarheid (zowel qua effect op milieu, technisch als economisch) van een walstroom aansluiting voor de cruiseterminal Rotterdam?

Deze onderzoeksvraag heeft drie onderliggende deelvragen:

- Wat zijn de vermeden emissies wanneer cruiseschepen zijn aangesloten op walstroom tijdens hun verblijf in de haven;
- Wat is de benodigde capaciteit (elektrische vermogen) van de walstroom installatie;
- Wat zijn de ontwikkeling- en exploitatiekosten van een walstroom installatie, mede in relatie tot de vermeden emissies.

Voor de beantwoording van bovenstaande vragen is een plan van aanpak opgesteld, dat in de volgende paragraaf wordt beschreven.

2.2 Plan van Aanpak

Desk research

Om de deelvragen te beantwoorden is als eerste gekeken naar de huidige cruisemarkt in Rotterdam. Hierbij is gekeken naar het aantal cruiseschepen en de technische specificaties, die de afgelopen jaren de Rotterdamse haven heeft aangedaan. Het aantal cruiseschepen is inzichtelijk gemaakt met informatie van de Cruise Port Rotterdam en de afdelingen Commerciële Zaken en Divisie Havenmeester van het Havenbedrijf Rotterdam N.V.

Naast de ontwikkelingen in de markt op het gebied van walstroom is er ook gekeken naar de huidige en toekomstige wet- en regelgeving. Deze kan mede bepalend zijn voor de aanbevelingen in dit onderzoek.

Onderzoekresultaten door enquête

De technische specificaties zijn in kaart gebracht door middel van enquêtes die zijn gehouden onder cruiseschepen en reders die de Rotterdamse haven hebben aangedaan. Tevens is hierbij gebruik gemaakt van Lloyds' Register List voor specifieke (technische) informatie, zoals de grootte van de cruiseschepen. De enquête is ingevuld door 5 cruiserreders voor 15 cruiseschepen. De enquête wordt in de volgende paragraaf toegelicht.

Voor het bepalen van de relatie tussen de scheepskenmerken en het brandstofverbruik, zijn de cruiseschepen in categorieën gebaseerd op GT⁵-klassen

⁵ GT: Grosse Tonnage; dit is het bruto tonnage van het schip.

ingedeeld. Het vastgestelde brandstofverbruik is hierbij bepalend voor de emissieberekeningen.

De benodigde capaciteit (elektrische vermogen) van de walstroom installatie is vastgesteld op basis van de elektriciteitsbehoefte en het benodigde elektrische vermogen van de cruiseschepen.

Emissieberekeningen

Op basis van de vastgestelde gangbare emissiefactoren en de emissiebepalende variabelen (scheepskenmerken) tezamen, worden de emissies van de schepen, als deze aan de wal liggen, bepaald. Voor het bepalen van de potentiële 'vermeden emissie', is alleen die periode waarin het schip op de walstroom kan worden aangesloten beschouwd.

Op grond van deze emissies, zijn ook immissie berekeningen uitgevoerd door de DCMR⁶, waarmee de invloed op de lokale luchtkwaliteit is vastgesteld.

Kosten en baten overzicht walstroom installatie

Op basis van de elektriciteitsbehoefte en het benodigde elektrische vermogen is vastgesteld welke technische voorzieningen aan de wal nodig zijn voor de walstroom installatie. Hierbij is ook rekening gehouden met de staat van de huidige voorzieningen en gekeken in hoeverre deze geschikt en bruikbaar kunnen zijn.

Op grond van de benodigde technische voorzieningen is een kostenschätzung (vaste en variabele kosten) opgesteld.

Voor technische voorzieningen aan boord van de schepen is geen uitgebreid onderzoek gedaan. Hiervoor is een globale schätzung van enkele grotere reders gevraagd. Ten slotte zijn ook de baten (reductie van brandstofverbruik door cruiseschepen) in kaart gebracht.

Conclusies en aanbevelingen

Als laatste zijn er conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan op basis van bovenstaande beschikbare informatie en analyses.

2.3 De Enquête

Zoals aangegeven in het plan van aanpak is door het Havenbedrijf Rotterdam N.V. onder de cruiserreders en cruiseschepen een enquête gehouden, gedurende de maanden juli tot en met november 2006. Deze enquête is bijgevoegd als bijlage 1. De enquête vraagt naast de algemene gegevens van het schip een aantal belangrijke technische specificaties die voor het onderzoek zijn gebruikt.

Voor het berekenen van de emissies:

- Brandstofverbruik in MT⁷;
- Soort brandstof: MDO of HFO⁸;
- Zwavelgehalte van de brandstof;
- Viscositeit van de brandstof.

⁶ DCMR: Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond

⁷ MT is een eenheid voor brandstof verbruik aan boord van zeeschepen. Dit is een metrische ton en is 1000 kg.

⁸ MDO = Marine Diesel Oil en HFO = Heavy Fuel Oil.

Voor het bepalen van de benodigde capaciteit van de walstroom installatie:

- Voltage in kV en frequentie in Hz van het elektrische systeem aan boord;
- Vermogen dat verbruikt wordt wanneer een schip de haven bezoekt in kW of MW.

Als laatste is gevraagd, indien een schip een walstroom aansluiting had, wat daarvan de specificaties waren en de oorspronkelijke investeringskosten. De kosten van deze aanpassingen aan boord worden toegelicht in hoofdstuk zes.

3 DESK RESEARCH

3.1 Inleiding

De cruisemarkt is een wereldwijde markt. In onderstaande paragrafen staat deze markt centraal. Ontwikkelingen op het gebied van walstroom installaties voor cruiseschepen en aansluitingen voor walstroom aan boord van de cruiseschepen maken daar een onderdeel van uit. Ook de aanpassingen op het gebied van wet- en regelgeving horen hierbij omdat deze mede bepalend zijn voor de keuze om wel of geen walstroom te gebruiken.

3.2 Cruisemarkt

Wereld cruisemarkt

In de Lloyds list⁹ zijn ruim 500 cruiseschepen opgenomen, het merendeel van de cruiseschepen een GT heeft van tussen de 8.000 en 120.000 ton.

Het aantal passagiers dat Europa aandoet, was 3,2 miljoen¹⁰ in 2005 en de verwachting is dat dit jaarlijks zal groeien. Het overgrote deel (80-85%¹¹) van de passagiers maakt vaker een cruise.

Van de 19 grote cruisereditors varen er 15 in Noord West Europa. Deze reders hebben in Europa verschillende bestemmingen. De meeste cruises die in Europa worden gemaakt doen de Middellandse Zee en Scandinavië aan.

In de cruisemarkt zijn trends moeilijk te voorspellen. De cruisemarkt is flexibel en reders spelen snel in op veranderingen.

Het is voor havens niet gemakkelijk een marktpositie te veroveren of te behouden doordat de reders in de cruise industrie veel invloed hebben op de markt. Zij bepalen de routes en welke havens worden aangedaan.

De cruise reders baseren hun keuzen voor een bestemming op een drietal items:

- Marketability van een haven/bestemming: hoe interessant is de bestemming, is deze haven goed bereikbaar per vliegtuig, kun je er meerdere dagen vertoeven voordat je aan boord van een cruise schip stapt, etc;
- Nautische aspecten: is het voor de haven mogelijk om het schip te ontvangen, diepgang, draaicirkel, etc;
- Operationele aspecten: hoe zijn de procedures in de haven met de autoriteiten, wat zijn de faciliteiten van de cruiseterminal voor de passagiers.

⁹ D.d. oktober 2006

¹⁰ Bron: Statistieken European Cruise Council

¹¹ Bron: dhr. D. Levenswaard (Havenbedrijf Rotterdam N.V., Commerciële Zaken)

Rotterdamse cruisemarkt

De Rotterdamse cruisemarkt is de afgelopen jaren flink gegroeid van zeven calls¹² in 2002 tot circa twintig verwachte calls in 2007.

Rotterdam heeft als grote haven meerdere voordelen voor cruiseschepen, zoals:

- Centrale ligging in Nederland;
- Luchthavens relatief dicht in de buurt;
- Bereikbaar voor alle soorten cruiseschepen, ook de allergrootste;
- Cruiseterminal in het centrum van de stad;

Rotterdam wordt als cruisehaven opgenomen in verschillende itineraries¹³. Bijvoorbeeld voor reizen richting Scandinavië / de Baltische Zee en herpositioneringreizen vanuit Scandinavië naar de Middellandse Zee. De verwachting is dat het aantal cruiseschepen dat Rotterdam aandoet de komende jaren zal blijven groeien.

Cruiseschepen

In de afgelopen jaren hebben verschillende cruiseschepen de Rotterdamse haven aangelopen voor een verblijf van meestal één dag. Deze cruiseschepen variëren in grootte, reder en de frequentie waarmee ze Rotterdam bezoeken. Er is ook variatie in de aantallen cruiseschepen die per jaar de haven aandoen. De cruiseschepen die Rotterdam aandoen voor de jaren 2004 – 2007 zijn weergegeven in tabel 3.1 onderverdeeld naar grootte in GT¹⁴.

Tabel 3.1 Cruiseschepen per categorie en aanloop haven Rotterdam jaren 2004 -2006¹⁵

Categorieën	Grootte GT	2004	2005	2006	2007
1	Tot 25.000	1	0	0	0
2	25000 – 50 000	1	2	5	3
3	50 000 – 65 000	2	6	7	10
4	65 000 – 90 000	2	5	0	2
5	90 000 – 130 000	1	7	5	4
Totaal	Alle categorieën	7	20	17	19

In de tabel is duidelijk te zien dat de meeste cruiseschepen in categorie 3 en 5 kunnen worden ingedeeld.

3.3 De walstroom aansluiting

3.3.1 Wat is walstroom?

Cruiseschepen wekken aan boord hun eigen elektriciteit op. Dit gebeurt met generatoren. Tijdens zeebedrijf wordt deze elektriciteit gebruikt voor de voortstuwing

¹² Een call is een bezoek van een cruiseschip aan een haven.

¹³ Een itinerary is een reisplan/reisroute voor een cruiseschip.

¹⁴ Gross Tonnage (GT) is het bruto tonnage van het schip in tonnen.

¹⁵ Voor het jaar 2007 is gekeken naar de schepen die verwacht worden in de haven van Rotterdam voor zover bekend in okt. 2006.

van het cruiseschip door middel van trusters¹⁶ en voor andere elektriciteitsverbruikers. De grootste andere verbruikers aan boord van cruiseschepen zijn de airconditioning voor de het gehele cruiseschip en de hotelaccommodaties met restaurants en zwembaden.

Wanneer een cruiseschip in de haven ligt is er geen elektriciteit meer nodig voor de voortstuwing maar nog wel voor deze laatstgenoemde andere verbruikers.

Walstroom wordt gebruikt om een cruiseschip te voorzien van elektriciteit. De stroom wordt dan aan de wal in een elektriciteitscentrale opgewekt en met kabels wordt het schip op het elektriciteitsnet aangesloten. Hierdoor kan in de haven het cruiseschip haar grootste verbruikers aan boord voorzien van elektriciteit. Doordat het cruiseschip is aangesloten aan een walstroom installatie worden de eigen generatoren niet gebruikt en vindt ook geen emissie naar de lucht plaats.

NB. Bij het opstarten van de generatoren komen wel emissies vrij. Dit gebeurt als een cruiseschip de haven weer verlaat en haar eigen generatoren opstart. Het opstarten van de motoren wordt gedaan ruim twee uur voor het schip vertrekt uit de haven. De emissies die daarbij vrijkomen worden in deze studie buiten beschouwing gelaten.

3.3.2 Huidige situatie van de walstroom installaties wereldwijd

De haven van Rotterdam is niet de eerste haven die de mogelijkheden voor walstroom voor cruiseschepen onderzoekt. Dit is wereldwijd in een aantal andere havens ook gedaan. Hieronder wordt een aantal verschillende situaties wereldwijd besproken.

Juneau, Alaska, USA

In de haven van Juneau, Alaska is al een aantal jaren een walstroom aansluiting voor cruiseschepen. Juneau ontvangt alleen cruiseschepen die voorzien zijn van een walstroom aansluiting omdat de haven in een natuurrijke omgeving is gelegen. De walstroom installatie is uitgerust met 6,6 kV en 60 Hz.

Seattle, USA

De haven van Seattle is de thuishaven van de Holland America Line. Deze haven heeft een walstroom installatie voor deze cruiseschepen aangelegd met een voltage van 11 kV en 60 Hz.

San Francisco, USA

In San Francisco zijn de mogelijkheden van walstroom voor een nieuw te bouwen cruise terminal onderzocht. Op basis van de conclusies uit dit onderzoek is een keuze gemaakt voor het soort walstroom installatie. De aanbeveling van het rapport¹⁷ is het installeren van een walstroom aansluiting met 6,6 kV en 60 Hz. Hierbij wordt verwacht dat met een 12,5 MW installatie alle cruiseschepen kunnen worden bediend.

Vancouver, Canada

In deze haven wordt momenteel een studie uitgevoerd naar de haalbaarheid en wenselijkheid van walstroom voor cruiseschepen in deze haven. Over de resultaten hiervan is op dit moment nog niets bekend.

¹⁶ Trusters zijn elektrisch aangedreven schroeven.

¹⁷ 'Shoreside power feasibility study for Cruise ships berthed at Port of San Francisco' sept. 2005, Environ

Southampton, UK

De haven van Southampton geeft aan op dit moment nog geen concrete studies of initiatieven te ontplooiën ten aanzien van walstroom voor cruiseschepen. Afhankelijk van ontwikkelingen in de haven op het gebied van milieu zal dit wellicht in de toekomst wel worden gedaan.

Hamburg, Duitsland

De haven van Hamburg heeft samen met marktpartijen mogelijkheden voor walstroom verkend voor de cruiseterminal in Hamburg. Er zijn ontwikkelingen voor woningbouw in het havengebied en er moet iets worden gedaan aan de luchtkwaliteit. Het aanleggen van een walstroom installatie behoort tot de eventuele oplossingen voor dit luchtkwaliteitsprobleem.

IJmuiden, Nederland

De haven van IJmuiden heeft onderzoek gedaan naar walstroom voor ferry's in de haven. Op dit moment is nog niet bekend wat de conclusies van dit onderzoek zijn.

Rotterdam, Nederland

Rotterdam heeft inmiddels al twee onderzoeken gedaan naar walstroom voor de binnenvaart nabij de stad en voor een in aanbouw zijnde containerterminal op de Maasvlakte.

Walstroom voor de binnenvaart wordt inmiddels gerealiseerd. Voor de containerterminal in aanbouw op de Maasvlakte bleek dit economische gezien niet wenselijk te zijn.¹⁸

3.3.3 Huidige situatie van walstroom installatie voor cruisevaart in Rotterdam

De cruiseterminal Rotterdam is gevestigd aan de Wilhelminakade, midden in het centrum van Rotterdam. Bij de bouw van deze kade is ook een walstroom installatie aangelegd. Deze is niet onderhouden en kan niet meer worden gebruikt. Deze installatie heeft een vermogen van 2 MVA¹⁹, verdeeld over 5 voedingen/aansluitpunten van ieder 400 kVA. Deze 5 aansluitpunten zitten in bakken in de kade. In deze bakken is ook nog de mogelijkheid om een water- en telefoonaansluiting te maken.

Tot op heden is er weinig tot geen vraag geweest vanuit de cruiseschepen naar een walstroom installatie en deze is nog nooit gebruikt. Een overzicht van de voorzieningen op de Wilhelminakade en de bakken met de walstroom aansluiting is opgenomen in bijlage 2.

Vanaf 2008 zullen er woningbouw en kantoorgebouwen worden gerealiseerd op de Wilhelminakade. Wanneer er meer woningen nabij de Wilhelminakade en de cruise terminal komen wordt de luchtkwaliteit een belangrijker onderwerp.

¹⁸ Alternative Maritime power in the port of Rotterdam, dhr. S. Doves (Havenbedrijf Rotterdam N.V.) d.d. 2006

¹⁹ MVA: mega volt ampère is werkelijk vermogen van de installatie

3.3.4 Organisatie van walstroom

Er zijn verschillende partijen die samenwerken wanneer er een cruiseschip in de haven komt en op walstroom moet worden aangesloten. Om ervoor te zorgen dat alles zo efficiënt mogelijk verloopt, is het van belang dat er goede afspraken worden gemaakt tussen de verschillende partijen.

De belangrijkste partijen in Rotterdam zijn:

- Cruise Port Rotterdam: organisatie die de bezoeken van cruiseschepen verzorgt en huurder van de terminal;
- Eigenaar van de walstroom installatie (OBR; Ontwikkelingsbedrijf Rotterdam): beheerder van de installatie, gebaat bij een veilig en hoog frequent gebruik en deze kan verantwoordelijk zijn voor het aansluiten van het schip;
- Havenautoriteit Havenbedrijf Rotterdam N.V. : verantwoordelijk voor veiligheid en milieu in de haven, gebaat bij veilige en milieuvriendelijke behandeling van cruiseschepen;
- Cruiseschip: gebruiker van de walstroom installatie;
- Reder: eigenaar van het cruiseschip en gebaat bij een zeer betrouwbare energieleverancier in de haven;

De overige spelers zijn:

- Netbeheerder: verantwoordelijk voor de betrouwbaarheid van de elektriciteitslevering aan de walstroom installatie en deze kan verantwoordelijk zijn voor het aansluiten van het schip;
- Terminaleigenaar: Ontwikkelingsbedrijf Rotterdam (gemeente Rotterdam);
- Energiebedrijf: verantwoordelijk voor goede afspraken over het leveren van de energie over het net van de netbeheerder. Kan ook verantwoordelijk zijn voor het aansluiten van het schip;
- Agentschap: lokale belangenbehartiger van de cruisereder in de haven van Rotterdam, kan een rol spelen in het maken van praktische afspraken over het gebruik van walstroom;

3.4 Toekomstige ontwikkelingen

3.4.1 Wetgeving nationaal en internationaal

Internationaal en nationaal worden er steeds strengere eisen gesteld aan de emissies naar de lucht en luchtkwaliteit. De Europese Unie stelt maatregelen op die zowel voor de Europese landen als de internationale scheepvaart geldt. Voor zeescheepvaart in het bijzonder houdt ook de IMO²⁰ zich wereldwijd bezig met eisen voor beperken van luchtemissies. De Nederlandse wetgeving volgt deze internationale ontwikkelingen.

²⁰ IMO: International Maritime Organisation

IMO

De IMO heeft de eisen ten aanzien van de voorkoming van vervuiling van het milieu door zeeschepen vastgelegd in het MARPOL²¹ verdrag. Deze eisen hebben betrekking op verschillende onderwerpen zoals: soorten afval, vervuild water en luchtmissies. Naast bronemissie-eisen worden middels het MARPOL ook eisen gesteld aan de brandstof die aan boord van zeeschepen wordt gebruikt.

De IMO heeft wereldwijd SECA²² gebieden (bijvoorbeeld Baltische Zee en vanaf 1 januari 2007 de Noordzee) vastgesteld waar schepen alleen brandstof mogen verbruiken die een zwavelgehalte heeft van maximaal 1,5 %.

Europese Unie

De EU heeft bepaald dat in 2010 de concentratie van fijn stof (PM₁₀) niet meer dan 40 µg/m³ mag bedragen .

Vanaf 2010 eist de EU dat alle schepen tijdens hun verblijf in de haven brandstof gebruiken met een laag zwavelgehalte. Het gemiddelde zwavelgehalte van de verstookte brandstoffen is nu circa 2,4 % en in 2010 mag dit in de Europese havens maximaal 0,1 % zijn.

De Europese Commissie heeft een aanbeveling opgesteld om het gebruik van walstroom in Europese havens te stimuleren. Inmiddels wordt er meer gekeken naar bronmaatregelen als het gaat over de scheepvaart. Hiermee worden schonere motoren en 'uitlaatgassen wasinstallaties' aan boord van cruiseschepen bedoeld.

Nederland

In Nederland gelden regels voor luchtkwaliteit, welke in het Besluit luchtkwaliteit zijn vastgelegd. Dit besluit is gebaseerd op regelgeving van de Europese Unie (EU), zoals hierboven beschreven.

3.4.2 Ontwikkelingen bij cruisereders met betrekking tot walstroom aansluitingen

Wereldwijd is een beperkt aantal cruiseschepen uitgerust met een walstroom aansluiting aan boord. De cruisereders kunnen om een aantal redenen besluiten hun cruiseschepen uit te rusten met een walstroom aansluiting, Dit kan ondermeer zijn vanwege verplichting door regelgeving of een financiële tegemoetkoming van de investeringskosten.

Hieronder is voor een paar reders kort aangegeven hoe met walstroom aansluitingen wordt omgegaan.

Princess Cruises

Princess Cruises heeft een deel van haar vloot uitgerust met een walstroom aansluiting. Deze walstroom aansluiting wordt vooral gebruikt in Juneau, Alaska. In de enquête heeft Princess aangegeven dat deze investeringen ongeveer \$ 800 000 per walstroom aansluiting heeft gekost.

²¹ MARPOL is de International Convention for Prevention of Pollution from ships

²² SECA: Special SOx Emission Control Areas

Holland America Line

De Holland America Line rust haar vijf nieuwe Vista klasse cruiseschepen uit met walstroom. De uitrusting van deze cruiseschepen is 11 kV en 60 Hz.

Cunard Lines

Cunard Lines heeft op dit moment nog maar één van haar cruiseschepen uitgerust met een walstroom aansluiting. Als er in de haven een walstroom aansluiting beschikbaar is, willen zij hier graag gebruik van maken.

Norwegian Cruises Lines

De bemanning van de Norwegian Pearl gaf aan dat er nog geen walstroom aansluiting aan boord beschikbaar is. De reder wil de cruiseschepen wel ombouwen voor walstroom zodra dit een wettelijke verplichting is.

De reder geeft verder aan dat financiële incentives een stimulans zullen zijn om cruiseschepen geschikt te maken voor het gebruik van walstroom.

P&O Cruises

Deze reder ziet op dit moment nog geen noodzaak in het aanpassen van hun vloot voor het gebruik van walstroom. Indien er een wettelijke verplichting komt in meerdere havens voor cruiseschepen om gebruik te maken van walstroom zal deze reder overgaan tot het aanpassen van haar cruiseschepen.

3.4.3 Standaardisatie van walstroom aansluitingen

Op internationaal niveau is er nog geen standaard voor walstroom aansluitingen. De meeste cruiseterminals hebben aansluitingen met frequentie van 60 Hz en een voltage variërend tussen de 6,6 en 11 kV.

Er zijn inmiddels wel initiatieven om op internationaal niveau een standaard te ontwikkelen voor walstroom voor cruiseschepen hiervoor is een speciale werkgroep opgericht. De twee grote internationale standaardisatie organisaties de ISO²³ en de IEC²⁴ houden zich hiermee bezig.

²³ ISO: International Organisation for Standardization

²⁴ IEC: International Electrotechnical Commission

4 ONDERZOEKSRISULTATEN WALSTROOM INSTALLATIE

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksresultaten uit de enquête besproken en een analyse gemaakt op basis van scenario's. De belangrijkste verkregen informatie uit de enquête betreft het brandstofverbruik tijdens het verblijf in de haven en het benodigde technische vermogen van de walstroom installatie. Met de gegevens over het brandstofverbruik kan worden bepaald wat de besparing is in tonnen brandstof wanneer een cruiseschip aangesloten is op walstroom.

In deze studie wordt voor de analyse van de onderzoeksresultaten gebruik gemaakt van verschillende scenario's op basis van aantallen cruiseschepen die de Rotterdamse haven jaarlijks (zullen) aandoen. Hierbij wordt uitgegaan van drie scenario's; te weten 10, 20 en 35 cruiseschepen per jaar. Door de verschillende scenario's met elkaar te vergelijken kan de relatie tussen de emissieberekeningen en de economische haalbaarheid van de walstroom installatie worden bepaald.

4.2 Technische specificaties van de cruiseschepen

4.2.1 Brandstofverbruik tijdens verblijf in de haven

Hierbij is het uitgangspunt gehanteerd, dat het gemiddelde brandstofverbruik van de cruiseschepen wordt gerelateerd aan de grootte van het schip (in GT). Dit bleek zowel in de studie van San Francisco als uit de resultaten van de ingevulde enquêtes een goede correlatie te geven.

Per GT categorie is op basis van gegevens uit de enquête een inschatting gemaakt van het brandstofverbruik van cruiseschepen wanneer zij voor de kant liggen.

In tabel 4.1 is het brandstofverbruik is per categorie per uur en per call gegeven. Een call is een bezoek van een cruiseschip aan de haven; deze duurt in Rotterdam gemiddeld circa 11 uur.

Tabel 4.1 Gemiddelde brandstofverbruik per schip

Categorie	Grootte GT	MT per uur	MT per call
1	Tot 25.000	0,7	7,6
2	25000 – 50 000	1,0	11,6
3	50 000 – 65 000	1,7	18,7
4	65 000 – 90 000	1,8	20,1
5	90 000 – 130 000	2,3	25,3

4.2.2 Elektrisch vermogen voor walstroom installatie

Om de kwalificaties van de walstroom installatie te bepalen, zijn in de enquête vragen gesteld over het benodigde vermogen in de haven (kW), de gewenste frequentie (Hz) en het voltage (kV) van de walstroom. Deze gegevens zijn weergegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kenmerken cruiseschepen elektrisch vermogen

Categorieën	kV	Hz	kW
1	6,6	60	2.000
2	6,6	60	2.000
3	6,6 – 11	60	6.000
4	11	60	9.000
5	11	60	11.000

Op basis van bovenstaande tabel kan worden geconcludeerd dat de walstroom installatie die alle mogelijke cruiseschepen van walstroom kan voorzien zou moeten zijn uitgerust voor 11.000 kW, 60 Hz en 11 kV.

4.3 Brandstofbesparing door walstroom aansluiting

Het gemiddelde brandstofverbruik en de gemiddelde brandstofbesparing per GT categorie door het gebruik van walstroom zijn in tabel 4.3 weergegeven. Dit brandstofverbruik is van belang om de emissies van de cruiseschepen te kunnen berekenen.

Een bezoek van een cruiseschip aan de haven van Rotterdam duurt gemiddeld 11 uur. Dit is de tijd gerekend tussen het meren en ontmeren van het cruiseschip. Een cruiseschip heeft gemiddeld een half uur nodig om aangesloten te worden op een walstroom installatie. Voordat het cruiseschip vertrekt heeft het ongeveer 2 uur nodig om de eigen motoren te starten.

Daarom rekenen we voor een call 11 uur, 8 uur voor het aangesloten zijn op walstroom. Tijdens het aangesloten zijn op walstroom wordt uitgegaan van het volledig afzetten van de eigen elektriciteitsproductie.

Tabel 4.3 Gemiddeld brandstofverbruik en brandstofbesparing per cruiseschip in MT

Categorieën	Brandstofverbruik (MT per call)	Brandstof besparing (MT per call)
1	7,6	5,5
2	11,6	8,4
3	18,7	13,6
4	20,1	14,6
5	25,3	18,4

De besparing van het brandstofverbruik is in alle categorieën circa 73% van het totale brandstofverbruik per call.

4.4 Bepalen van scenario's voor komende jaren

Om de (economische) haalbaarheid en het effect op het milieu van de walstroom installatie te bepalen, wordt er gebruik gemaakt van scenario's. Het aantal cruiseschepen dat per jaar gebruik zou kunnen maken van de installatie is mede bepalend voor de haalbaarheid. Op dit moment komen er circa 20 cruiseschepen per jaar Rotterdam.

Voor deze studie is gekozen voor 3 scenario's (10, 20 en 35 schepen) waaraan we (economische) haalbaarheid en het effect op het milieu kunnen toetsen. Hierbij komt het scenario van 20 schepen per jaar overeen met de huidige situatie.

Tabel 4.4 Aantal cruiseschepen per categorie per jaar & voor scenario's bij 10, 20 en 35 cruiseschepen

Categorie	Grootte GT	Verdeling per categorie (%)	Calls per categorie ²⁵		
			10 cruise-schepen	20 cruise-schepen	35 cruise-schepen
1	Tot 25.000	3	0	1	1
2	25.000 – 50.000	17	2	3	6
3	50.000 – 65.000	37	4	8	13
4	65.000 – 90.000	12	1	2	4
5	90.000 – 130.000	30	3	6	11

In tabel 4.4 is de verwachte verdeling en absolute aantallen over de GT categorieën voor de verschillende scenario's gegeven

Om een goed beeld te krijgen van het aantal en de grootte van de cruiseschepen die in de komende jaren de Rotterdamse haven naar verwachting zal aandoen, is gekeken naar het aantal calls per categorie over een periode van de afgelopen vier jaar. Het totaal aantal cruiseschepen is, onderverdeeld in de GT categorieën, gemiddeld over deze periode van vier jaar en vervolgens is het percentage per GT categorie bepaald.

²⁵ De getallen voor de verdeling van de verschillen scenario's zijn afgerond.

5 ONDERZOEKSRESULTATEN EMISSIEBEREKENINGEN

5.1 Inleiding

Het effect op de luchtkwaliteit als cruiseschepen aangesloten zijn op walstroom is berekend door de DCMR²⁶. De basis voor deze berekeningen zijn de vermeden emissies van de cruiseschepen als ze op walstroom zijn aangesloten. In onderstaande paragrafen zijn de resultaten van deze berekeningen van de vermeden emissies en het effect hiervan op de lokale luchtkwaliteit gegeven.

5.2 Vermeden Emissies

Om te bepalen wat de bijdrage is aan een verbetering van de luchtkwaliteit worden eerst voor een viertal stoffen de vermeden emissies van de cruiseschepen per call berekend, te weten:

- Kooldioxide (CO₂)
- Stikstofdioxide (NO_x)
- Fijnstof (PM₁₀)
- Zwaveloxide (SO₂)

Om de vermeden emissies te berekenen zijn naast het brandstofverbruik ook emissie kentallen nodig. Voor deze studie zijn de emissie kentallen gebruikt die afkomstig zijn uit een studie²⁷ van het ministerie van Verkeer en Waterstaat in samenwerking met TNO research. Deze kentallen zijn ook eerder gebruikt in het walstroom onderzoek voor de Euromaxterminal²⁸. De kentallen die in deze studie voor grote containerschepen zijn gebruikt, zijn ook goed toepasbaar voor cruiseschepen omdat het opgestelde motorvermogen overeenkomt. Tevens wordt in de motoren hetzelfde soort brandstof (nl. HFO) gebruikt.

Bij deze kentallen is rekening gehouden met de eis van de EU van een zwavelgehalte van maximaal 0,1% in de brandstof vanaf 2010 tijdens het afgemeerd zijn in de haven.

Tabel 5.1 Emissiekentallen²⁹

Stof	Emissiekental (kg/MT brandstof)
NO _x	68,11
PM ₁₀	2,1
SO ₂	5
CO ₂	3140

Cruiseschepen gebruiken tijdens het verblijf in de haven boilers voor het verwarmen en op temperatuur houden van (brandstof) systemen. Deze boilers worden nooit

²⁶ DCMR: Dienst Centraal Milieudienst Rijnmond

²⁷ 'Verbrandingsemissies stilliggende zeeschepen', 2003

²⁸ 'Feasibility study into the use of shore-side electricity for containership's containerships moored at the Euromaxterminal in Rotterdam', (dhr. S. Doves SIMZ Havenbedrijf Rotterdam N.V.)

²⁹ Emissie kentallen van het ministerie van verkeer en waterstaat and TNO research, "verbrandingsemissies stilliggende zeeschepen" d.d. 2003 te Rotterdam.

uitgezet in de haven en verbruiken dermate weinig brandstof dat de emissies verwaarloosbaar zijn. Het is energetisch gezien niet efficiënt de functie die deze boilers hebben te vervangen door een ander systeem dat op elektriciteit werkt.

5.2.1 Het bepalen van de vermeden emissies

In onderstaande formule is weergegeven hoe de emissies worden berekend..

Emissies per call <i>kg</i>	=	tijd * <i>uur</i>	* brandstofverbruik * <i>MT/uur</i>	emissiekental (*1000) <i>kg/MT_{brandstof}</i>
--------------------------------	---	----------------------	--	---

Hieronder is een aantal aspecten toegelicht:

- Tijd: de tijd die een cruiseschip gedurende één call op walstroom kan zijn aangesloten (8 uur).
- Brandstofverbruik: per uur gedurende de periode dat de cruiseschepen op walstroom zijn aangesloten, weergegeven in tabel 4.3 als brandstof besparing per call;
- Emissie kental: de emissie van een bepaalde stof in kg per MT brandstof (zie tabel 5.1);

Voor de berekening van de vermeden emissies bij de verschillende scenario's van 10, 20 en 35 schepen per jaar is ook gebruik gemaakt van de gegevens uit tabel 4.4. In onderstaande tabel 5.2 zijn de vermeden emissies opgenomen voor de situatie dat een schip op walstroom is aangesloten (8 uur).

Tabel 5.2: Vermeden emissies per scenario (in kg/jaar)

Stof	10 schepen	20 schepen	35 schepen
NO _x	7.600	15.300	26.700
PM ₁₀	240	470	820
SO ₂	560	1.100	2.000
CO ₂	351.700	703.400	1.231.000

In bijlage 3 is een overzicht van de berekeningen per categorie en een totaal overzicht van emissies opgenomen.

5.2.2 Emissies van een elektriciteitscentrale

De elektriciteit die door de schepen wordt gebruikt, wordt elders opgewekt in een elektriciteitscentrale. Deze centrale emitteert ook verontreinigende stoffen naar de buitenlucht. De kentallen voor deze emissies zijn echter veel lager dan bij cruiseschepen. Ook emitteren deze centrales op een veel hoger punt in de atmosfeer en is het effect van deze stoffen op de luchtkwaliteit op leefniveau kleiner. Daarom zijn deze emissies niet meegenomen in het onderzoek.

5.3 Immissieberekeningen

5.3.1 Uitgangspunten en methode

De DCMR heeft berekeningen uitgevoerd om het effect op de luchtkwaliteit (immissieberekeningen) te bepalen. Voor deze berekeningen zijn de onderstaande uitgangspunten en methodes gebruikt:

- het vermeden brandstofverbruik per schip bedraagt gemiddeld 14 MT per call van 8 uur;
- omgerekend naar gewicht bedraagt het vermeden brandstofverbruik per schip 11,2 ton;
- 2/3 van de schepen komt in de maanden juni, juli en augustus en 1/3 in de overige maanden;
- binnen de bovengenoemde perioden is de aanwezigheid van de schepen gelijkmatig verdeeld;
- er wordt per schip 8 uur gebruik gemaakt van de walstroom en wel tussen 8.00 en 16.00 uur;
- de berekening is uitgevoerd voor het referentiejaar 2005 (en de daarbij behorende meteorologie);
- de berekeningen zijn uitgevoerd voor de scenario's met 10, 20 en 35 schepen;
- de berekeningen zijn uitgevoerd voor een schoorsteenhoogte van 40 meter. Voor 1 scenario is tevens een berekening uitgevoerd voor een schoorsteenhoogte van 50 meter;
- de bron is voor de berekening gelegen op het coördinatenpaar X 93.000 Y:435.700;
- de effecten zijn berekend voor een grid van 2,5x2,5 km, waarbij de oorsprong is gelegd op: X:92.000 en Y:435.000.;
- de berekeningen zijn uitgevoerd met het verspreidingsmodel KEMA STACKS (2006);

5.3.2 Resultaten

Door schepen wordt NO_x geëmitteerd, welke in de atmosfeer wordt omgezet in NO₂; deze laatste stof is bepalend voor de luchtkwaliteit op leefniveau. Tevens wordt PM₁₀ (fijn stof) bij verbranding van brandstof uitgestoten.

De effecten op de luchtkwaliteit zijn, op grond van de eisen in het Besluit luchtkwaliteit, alleen berekend voor de componenten NO₂ en PM₁₀. De effecten die zijn berekend zijn gebaseerd op jaargemiddelde. Het jaargemiddelde voor NO₂ ligt op 40 µg/m³.

Voor CO₂ en SO₂ worden geen immissie berekeningen uitgevoerd. Voor CO₂ geldt dat hiervoor een toetsingskader (grenswaarden) ontbreekt en voor SO₂ liggen de concentraties ver onder de grenswaarden.

De resultaten van de immissieberekeningen zijn in tabel 5.4 weergegeven. Hierin is voor de verschillende scenario's de maximaal te vermijden bijdrage aan de luchtkwaliteit weergegeven en op welk punt deze wordt bereikt.

Tabel 5.4: Maximaal te vermijden bijdrage voor de verschillende scenario's

Figuur	Scenario	stof	vermeden bijdrage ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Reductie t.o.v. de achtergrond-concentratie (%)
Bijl. 4; Fig. 1	10 schepen, 40 m schoorsteen	NO ₂	0,11	0,3
Fig. 5.1	20 schepen, 40 m schoorsteen	NO ₂	0,16	0,4
Fig. 5.2	35 schepen, 40 m schoorsteen	NO ₂	0,26	0,6
Bijl. 4; Fig. 2	35 schepen, 50 m schoorsteen	NO ₂	0,21	0,6
Fig. 5.3	35 schepen, 40 m schoorsteen	PM ₁₀	0,045	0,2

Bij een aantal van 10 schepen per jaar dat overgaat op het gebruik van walstroom, is de maximaal te bereiken reductie van de NO₂ - concentratie in een zeer klein gebied 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Bij 20 en 35 schepen kan een maximale verbetering op het jaargemiddelde concentratie van respectievelijk 0,15 en 0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ worden bereikt. Dit zijn reducties van minder dan 1% ten opzichte van het jaargemiddelde van NO₂ (37,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Deze reductie in NO₂-concentratie betreft delen van de Wilhelminapier, Katendrecht en Noordereiland.

De effecten op de PM₁₀-concentratie (maximale reductie van 0,045 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ van de PM₁₀-concentratie bij 35 schepen) bedragen minder dan 0,2% ten opzichte van de achtergrond concentratie van 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (in 2010).

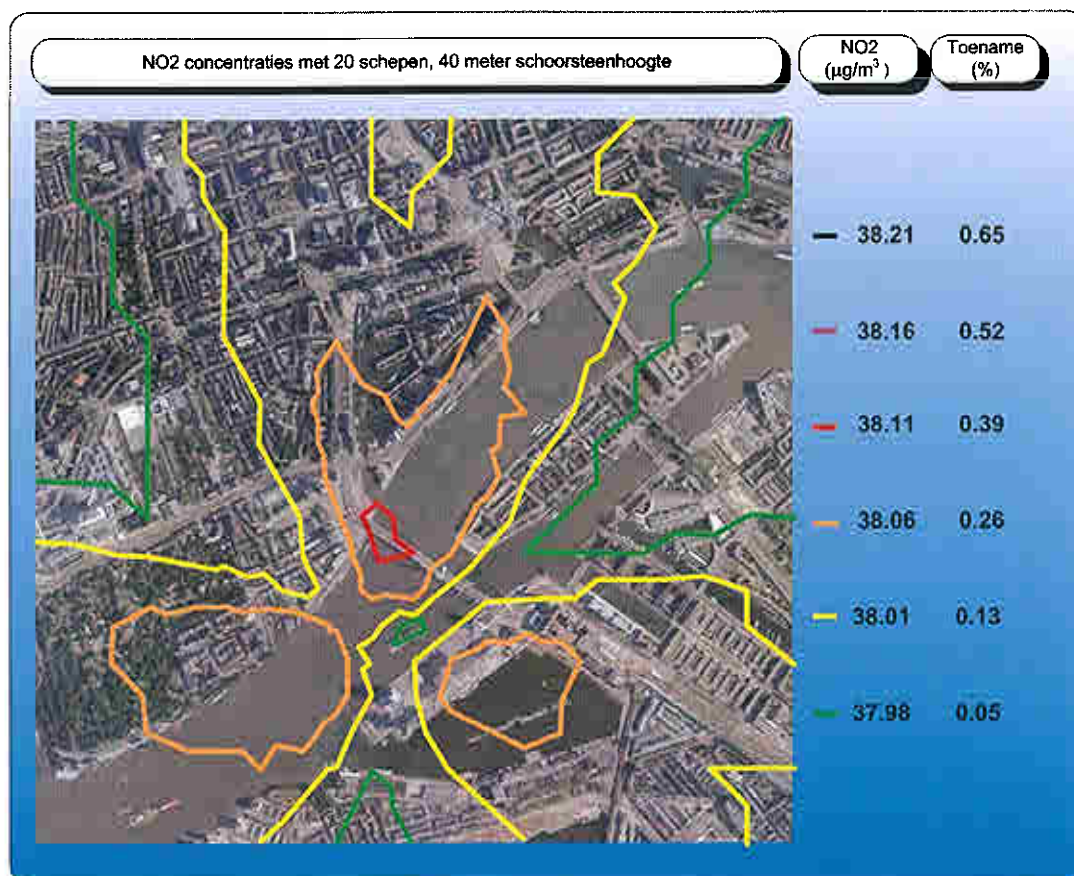
5.3.3 Grafische weergave

In de figuren 5.1, 5.2 en 5.3 zijn de bijdragen voor NO₂ voor 20 schepen en voor 35 schepen en voor PM₁₀ voor 35 schepen grafisch weergegeven.

Aangezien 'cruiseschepen op walstroom' een bron betreft, die slechts enkele dagen per jaar en gedurende slechts 8 uren 'aanstaat' en het feit dat op die dagen de windrichting en -sterkte kunnen verschillen, resulteren de immissieberekeningen in soms grillige contourlijnen zoals de onderstaande plaatjes laten zien.

In het gebied dat zich tussen 2 verschillende contourlijnen bevindt, heerst een concentratie waarvan de waarde zich bevindt tussen de waarden van de betreffende contourlijnen.

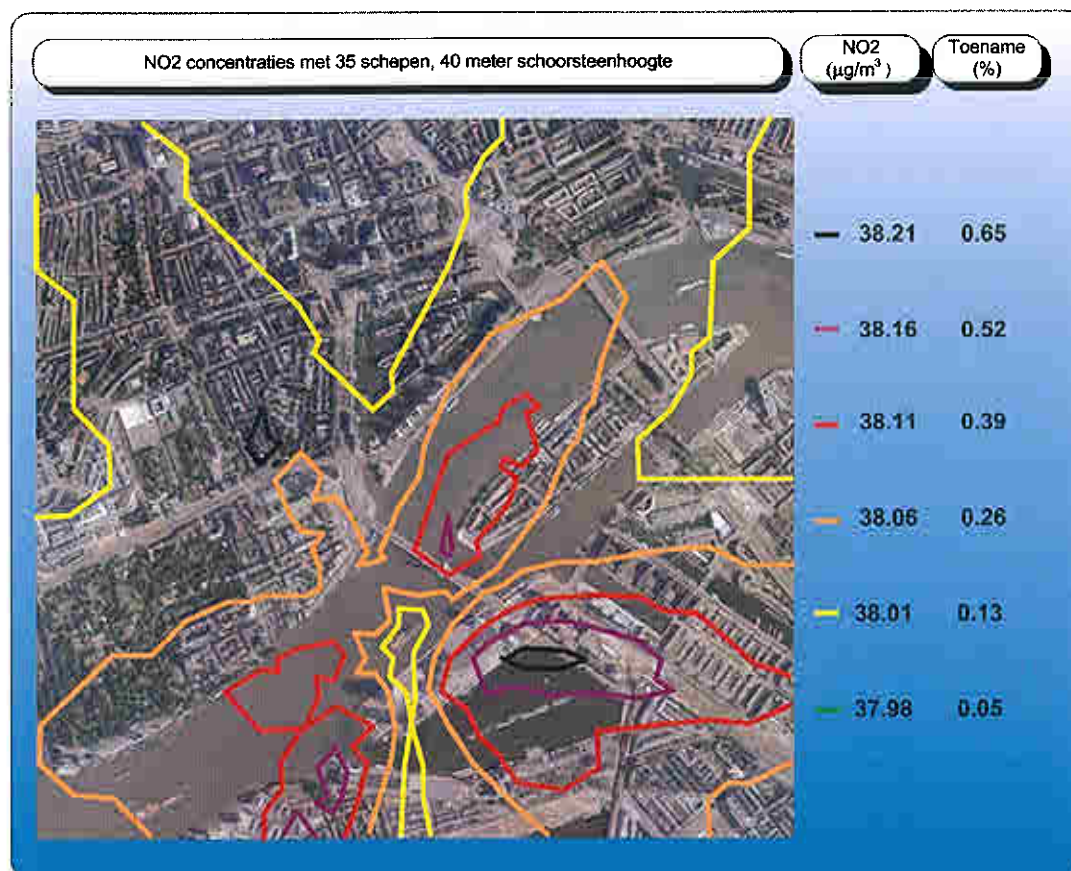
Figuur 5.1 NO₂ concentraties met 20 schepen, 40 m schoorsteenhoogte³⁰



De maximale toename ligt boven de Nieuwe Maas en is slechts 0,65% hoger dan de achtergrondconcentratie.

³⁰ De achtergrondconcentratie bedraagt: 37,95 µg/m³; om de bijdrage van de bron te bepalen moet dit van de weergegeven concentratie worden afgetrokken (bijdragen tot ca. 0,15 µg/m³).

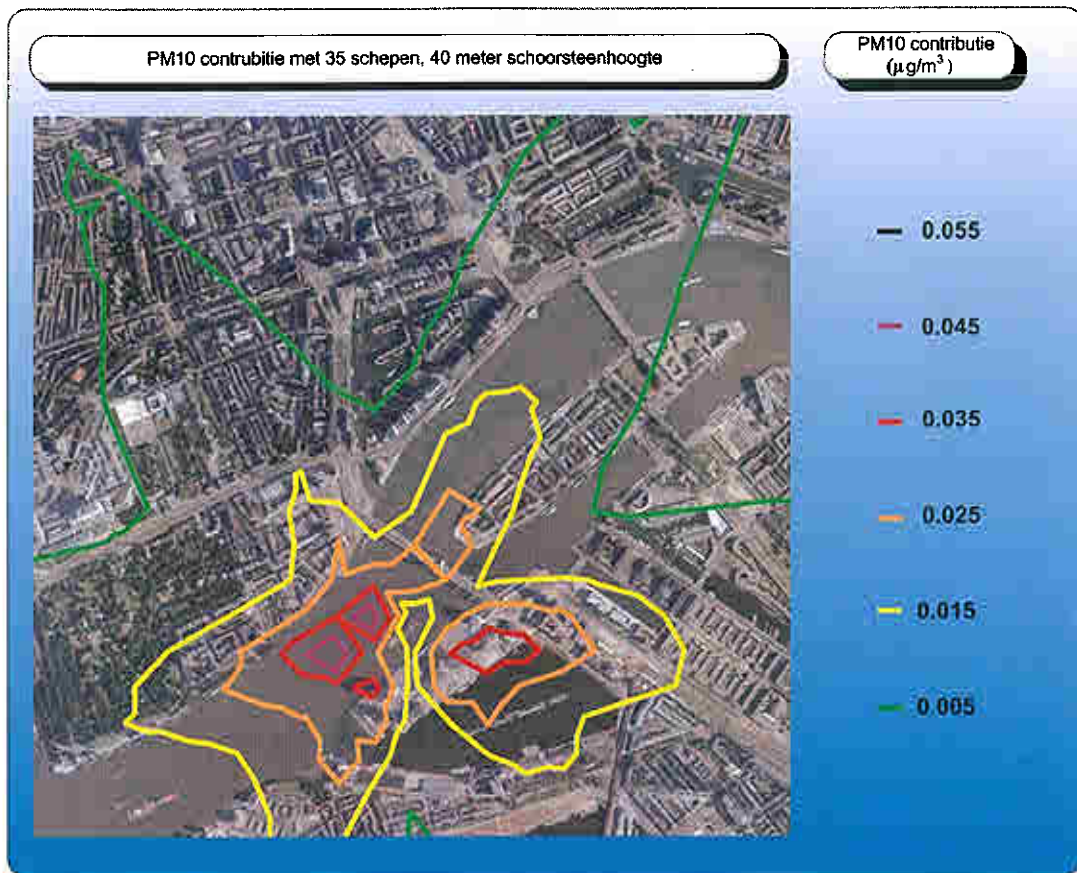
Figuur 5.2: NO₂ concentraties met 35 schepen, 40 m schoorsteenhoogte ³¹



De maximale toename ligt in de Rijnhaven en is slechts 0,65% boven de achtergrondconcentratie.

³¹ De achtergrondconcentratie bedraagt: 37,95 µg/m³; om de bijdrage van de bron te bepalen moet dit van de weergegeven concentratie worden afgetrokken (bijdragen tot ca. 0,25 µg/m³).

Figuur 5.3 PM₁₀ concentraties met 35 schepen, 40 m schoorsteenhoogte³²



De maximale waarde ligt boven de Nieuwe Maas is ca. 0,045 µg/m³.

³² Voor PM₁₀ is het wel mogelijk om direct de bijdrage van de bron in beeld te brengen, waardoor geen correctie voor de achtergrondbijdrage behoeft te worden toegepast.

6 KOSTEN EN BATEN VAN DE WALSTROOM INSTALLATIE

6.1 Inleiding

Het aanleggen van een walstroom installatie is kostbaar. In dit hoofdstuk zijn deze kosten onderverdeeld en toegelicht. Daarbij is een onderscheid gemaakt tussen de wal en het cruiseschip en vaste en variabele kosten.

Uit de enquêtes is gebleken dat wanneer alle mogelijke cruiseschepen die Rotterdam aandoen op walstroom moeten kunnen worden aangesloten, deze installatie aan de volgende uitgangspunten zou moeten voldoen:

- Vermogen: 11MW³³
- Frequentie: 60 Hz
- Voltage: 11kV

In de volgende paragrafen worden ook opties toegelicht met andere uitgangspunten en daarbij behorende andere kosten.

De kosten voor de walstroom installatie bestaan uit de volgende onderdelen:

- Investeringskosten voor de walstroom installatie;
- Onderhoudskosten voor de walstroom installatie;
- Investeringskosten voor de Netbeheerder;
- Leveringskosten voor de Netbeheerder.

Er van uitgaande dat de investeringskosten over een bepaalde periode wordt afgeschreven, zijn dit allemaal vaste kosten; de walstroom installatie kent geen variabele kosten.

Voor het cruiseschip kunnen de volgende kosten worden onderscheiden:

- Investeringskosten aan boord van het cruiseschip (op basis van afschrijving zijn dit vaste kosten);
- Elektriciteitsverbruik (variabele kosten);
- Aansluiting door hoogspanningsbevoegd persoon (variabele kosten).

6.2 Walstroom installatie

6.2.1 Investeringskosten en onderhoudskosten

De walstroom installatie bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:

- Kabels :vast en flexibel;
- Transformatoren: voor het omzetten van voltages;
- Frequentie omzetter: voor het omzetten van 50 Hz naar 60 Hz;
- Spanning distributiekasten, voor verdeling van de spanning naar de twee aansluitingen

³³ Ter vergelijking een gemiddeld huishouden verbruikt tussen de 3,8 en 4,5 MWh per jaar (bron: NIBUD)

Het Europese elektriciteitsnetwerk heeft een frequentie van 50 Hz. De meeste cruiseschepen werken met een frequentie van 60 Hz. Dat houdt in dat de frequentie op het netwerk geconverteerd moet worden naar 60 Hz.

Het is voor de apparatuur aan boord niet mogelijk om te draaien op een lagere frequentie. De huidige ontwikkelingen m.b.t. standaardisering zijn op dit moment dusdanig dat het omzetten van deze frequentie voor cruiseschepen aan de wal moet gebeuren. Dat houdt in dat op de wal een omvormer tussen het walnet en de aansluiting met het schip moet worden geplaatst.

In de bijlage 5 is een gedetailleerd kostenoverzicht voor de walstroom installatie gegeven, gebaseerd op het technische rapport dat is bijgevoegd als bijlage 6. Deze kostenschattingen hebben een nauwkeurigheid van $\pm 25\%$.

Hierbij zijn een drietal alternatieven uitgewerkt:

- Elektrisch vermogen van 6 MVA³⁴ met enkele aansluiting;
- Elektrisch vermogen van 12 MVA met enkele aansluiting;
- Elektrisch vermogen van 12 MVA/6MVA met dubbele aansluiting.

Bij een dubbele aansluiting is het mogelijk om twee cruiseschepen gelijktijdig op de walstroom installatie aan te sluiten. Voor al deze alternatieven hoeft er maar één aansluiting op het net te worden gemaakt.

In onderstaande tabel 6.1 zijn de totale kosten voor de alternatieven en de bijbehorende afschrijving (over 20 jaar) weergegeven.

Tabel 6.1 Totale kosten alternatieven walstroom installatie

	Investeringskosten (€)	Afschrijvingskosten (€/jaar)
6 MVA; enkele aansluiting	2.896.000	144.800
12 MVA; enkele aansluiting	3.508.000	175.400
12 MVA/6MVA; dubbele aansluiting	5.764.000	288.200

De jaarlijkse onderhoudskosten voor de installatie worden geschat op circa 5% van de investeringskosten.

In onderstaande figuren 6.1 en 6.2 zijn mogelijkheden voor de aansluiting op een walstroom installatie gegeven.

³⁴ MVA = mega volt ampère



Figuur 6.1 en 6.2 Een flexibele 27kV elektriciteitskabel wordt aan boord van een zeeschip gehesen voor een walstroom aansluiting ³⁵

6.2.2 Investeringskosten netbeheerder

De netbeheerder³⁶ moet voor de walstroom aansluiting een aparte verbinding maken met het netwerk. De netbeheerder heeft voor aansluitingen tot 10 MVA vastgestelde tarieven; dit zijn normale aansluitingen, waarvoor geen extra voorzieningen getroffen hoeven te worden. Voor een aansluiting groter dan 10 MVA is een speciale verbinding met het elektriciteitsnetwerk noodzakelijk. Voor deze maatwerkaansluiting zijn de kosten ongeveer driemaal zo hoog zijn als bij een aansluiting kleiner dan 10 MVA.

In bijlage 7 is een kaartje met het 25 kV tracé van 2,4 km weergegeven.

In onderstaande tabel 6.2 is een geschatte prijsopgave van de aansluiting voor een installatie van groter dan 10 MVA (maximaal 15 MVA) met twee aansluitingen naar een cruiseschip gegeven.

Tabel 6.2 Investeringskosten aansluiting door netbeheerder

Omschrijving	Kosten (€)
Aansluiting	900.000
25kV tracé van 2,4 km	1.400.000
Installatiekosten	500.000
Totaal	2.800.000

De geschatte investeringskosten voor een aansluiting groter dan 10 MVA zijn circa € 2.800.000. De geschatte investeringskosten voor een aansluiting tot maximaal 10 MVA (inclusief € 50.000,- installatiekosten) bedraagt circa € 750.000. De jaarlijkse

³⁵ Foto gebruikt met dank aan ABB Marine

³⁶ Informatie van de netbeheerder is geleverd door Eneco Netbeheer, dhr. B. Pieron.

afschrijvingskosten (op basis van 20 jaar afschrijving en exclusief installatiekosten) bedragen respectievelijk € 140.000 en € 37.500.

Daarbij moeten de volgende kanttekeningen worden gemaakt.

- Kosten voor boringen en persingen onder wegen en waterpartijen zijn niet inbegrepen;
- Bouwkundige voorziening voor de aansluiting wordt door aanvrager beschikbaar gesteld.

6.2.3 Leveringskosten netbeheerder

Om te kunnen beschikken over een goed functionerende walstroom installatie moeten er jaarlijks vaste kosten aan de netbeheerder worden betaald. Dit zijn de volgende kosten:

- transportkosten;
- vastrecht;
- contractkosten

In tabel 6.3 is een schatting van deze kosten voor een aansluiting groter en kleiner dan 10 MVA gegeven.

Tabel 6.3 Leveringskosten netbeheerder

	> 10 MVA	< 10 MVA
Transportkosten	2.700	2.700
Vastrecht	107.000	6.800
Contractkosten	204.500	170.400
Totaal	314.200	179.900

6.2.4 Overzicht totale kosten walstroom installatie

Voor de walstroom installatie zijn drie alternatieven uitgewerkt voor zowel de investeringskosten als de jaarlijkse kosten. Zoals eerder aangegeven kent de walstroom installatie alleen vaste kosten.

In onderstaande tabel 6.4 is een overzicht van de investeringskosten van de alternatieven gegeven.

Tabel 6.4 Investeringskosten alternatieven walstroom installatie

	6 MVA Enkele aansluiting (€)	12 MVA Enkele aansluiting (€)	12 MVA/6 MVA Dubbele aansluiting (€)
Walstroom installatie	2.896.000	3.508.000	5.764.000
Netbeheerder	750.000	2.800.000	2.800.000
Totaal	3.646.000	6.308.000	8.564.000

Op basis van een afschrijving van de investeringen in 20 jaar³⁷ en de eerder genoemde jaarlijkse kosten is in tabel 6.5 een overzicht gegeven van de totale jaarlijkse kosten per alternatief.

Tabel 6.5 Jaarlijkse kosten alternatieven walstroom installatie

	6 MVA Enkele aansluiting (€/jaar)	12 MVA Enkele aansluiting (€/jaar)	12 MVA/6 MVA Dubbele aansluiting (€/jaar)
Investeringskosten walstroom installatie (20 jr.)	144.800	175.400	288.200
Onderhoudskosten walstroom installatie (5% van investeringskosten ³⁸)	144.800	175.400	288.200
Investeringskosten netbeheerder ³⁹	37.500	140.000	140.000
Leveringskosten netbeheerder ⁴⁰	179.900	314.200	314.200
Totaal	507.700	804.000	1.030.600

De totale kosten voor de walstroom installatie aan de wal uit tabel 6.5 kunnen worden vertaald naar een 'kosten per call (bezoekend cruiseschip)' voor de verschillende scenario's; dit is in onderstaande tabel 6.6 weergegeven.

Tabel 6.6 Kosten per call (bezoekend cruiseschip) per scenario en alternatief walstroom installatie

	6 MVA Enkele aansluiting (€/call)	12 MVA Enkele aansluiting (€/call)	12 MVA/6 MVA Dubbele aansluiting (€/call)
10 calls per jaar	50.800	80.400	103.100
20 calls per jaar	25.400	40.200	51.600
35 calls per jaar	14.500	23.000	29.500

6.2.5 Kosten vermeden emissies

De totale kosten van de verschillende walstroom installaties kunnen ook worden gerelateerd aan de vermeden emissies, zoals deze in par. 5.2.1 (tabel 5.2) zijn weergegeven. De resultaten van deze berekeningen, voor de walstroom installatie van 12 MVA enkele aansluiting, zijn in onderstaande tabel 6.7 weergegeven.

Tabel 6.7 Kosten vermeden emissie per stof en scenario, in €/kg

Stof	10 schepen	20 schepen	35 schepen
NOx	105	53	30
PM₁₀	3.420	1.710	980
SO₂	1.440	720	410
CO₂	2,3	1,2	0,7

³⁷ Op basis van een technische levensduur van minimaal 20 jaar

³⁸ Onderhoudskosten van 5% van de investeringskosten is gebruikelijk voor dergelijk grove schattingen

³⁹ Huidig prijspeil

⁴⁰ Huidig prijspeil

Voor de kosten per kg vermeden emissie bestaat geen echt referentiekader, waardoor de beoordeling hiervan niet mogelijk is.

Een mogelijke referentie ter vergelijking is wel het "Entec rapport betreffende walstroom"⁴¹, waarin voor walstroom installaties ook de kosten van de vermeden emissie is bepaald. Aangezien in het Entec rapport van een gebruik van de walstroom installatie gedurende het gehele jaar wordt uitgegaan, zijn de resultaten uit de hierboven tabel 6.7 ook hiernaar omgerekend; 350 dagen i.p.v. 35 dagen schepen gebruik maken van walstroom. Dit is alleen voor NO_x en PM₁₀ gedaan. CO₂ is in het Entec rapport niet meegenomen en SO₂ is sterk afhankelijk van de brandstof die als basis is genomen en die zijn niet vergelijkbaar. In onderstaande tabel 6.8 zijn de resultaten van beide onderzoeken gegeven.

Tabel 6.8 Vergelijk kosten vermeden emissie (€/kg) HbR walstroom cruisetterminal en Entec rapport aug. 2005

	HbR walstroom cruisetterminal	Entec rapport aug. 2005
NO _x	3,0	3,8
PM ₁₀	98	61

Hieruit blijkt dat de resultaten van beide onderzoeken in dezelfde orde van grootte zitten.

6.3 Kosten voor cruiseschepen

6.3.1 Investeringskosten aan boord van een cruiseschip

Een cruiseschip moet investeringen aan boord doen voor een aansluitpunt voor de walstroom kabels. Dit is een aparte schakelkast die ervoor zorgt dat de stroom die door de wal wordt geleverd kan worden gesynchroniseerd met het elektriciteitsnet aan boord (zie figuur 6.3).



Figuur 6.3 een foto van een schakelkast voor walstroom aan boord van een zeeschip⁴²

⁴¹ Service contract on ship emissions: assignment, abatement and market-based instruments; task 2a – shore-side electricity; Entec UK Limited, August 2005

⁴² Foto gebruikt met dank aan ABB Marine

In de enquête die aan boord van cruiseschepen is gehouden, is ook gevraagd of kon worden aangegeven wat de kosten zijn van een walaansluiting aan boord. De meeste schepen geven aan dat dit een eenmalige investering is die varieert tussen de € 800.000 en € 1.000.000.

6.3.2 Kosten voor het elektriciteitsverbruik

Gebaseerd op cijfers van twee energieleveranciers⁴³ is in de berekeningen uitgegaan van elektriciteitskosten van € 65 per MWh. De kosten per MWh vermenigvuldigd met het benodigde vermogen levert een prijs op per uur.

In onderstaande tabel 6.9 is per categorie cruiseschip een overzicht gegeven van het kW verbruik per uur en de daarbij behorende kosten (per uur en per call van 8 uur).

Tabel 6.9 Elektriciteitsverbruik en kosten per categorie

Categorieën	Elektriciteitsverbruik (kWh)	Kosten (€/uur)	kosten per call ⁴⁴ (€)
1	2.000	130	1.040
2	2.000	130	1.040
3	6.000	390	3.120
4	9.000	585	4.680
5	11.000	715	5.720

De kosten per MWh kunnen ook worden gebruikt om een totaal overzicht te maken wanneer alle cruiseschepen die de haven bezoeken worden aangesloten op walstroom. Deze kunnen worden vergeleken met de besparing aan brandstofkosten (MDO) bij het gebruik van walstroom. In bijlage 5 zijn deze kostenberekeningen uitgewerkt. In onderstaande tabel 6.10 zijn de totale bedragen per alternatief gegeven.

Tabel 6.10 Elektriciteitsverbruik en brandstofbesparing

Scenario's	Elektriciteitskosten (€)	Besparing brandstofkosten (€)
10 schepen	37.000	51.500
20 schepen	74.000	103.000
35 schepen	129.000	183.000

6.3.3 Aansluiting door hoogspanningsbevoegde

De aansluiting van een cruiseschip moet door een hoogspanningsbevoegde worden gedaan. De kosten voor het aan- en afkoppelen van een cruiseschip per call bedraagt circa € 1.000⁴⁵.

⁴³ Cijfers van Nuon en Eneco d.d. november 2006.

⁴⁴ De elektriciteitskosten per call zijn gebaseerd op een aansluiting op walstroom per bezoek aan de haven van 8 uur.

⁴⁵ Dit is gebaseerd op het gemiddelde loon van een hoogspanningsbevoegde en gewerkte tijd van 5 uur.

6.3.4 Terugverdientijd van walstroom aansluiting

Het gemiddelde voordeel (kosten brandstof minus kosten elektriciteit) dat cruiseschepen hebben wanneer ze op walstroom zijn aangesloten bedraagt circa € 1.500 per call van 11 uur (zie bijlage 5).

Dit betekent dat wanneer een schip 55 dagen per jaar is aangesloten op walstroom de terugverdientijd circa 10 jaar is. Als een cruisereeder de aansluiting in 5 jaar wil terugverdienen moet het cruiseschip minstens tijdens circa 120 calls per jaar aangesloten zijn op walstroom.

6.4 Conclusies kosten en baten analyse

Walstroom installatie

De investeringkosten voor de walstroom installatie variëren van € 3,5 miljoen tot € 8,6 miljoen afhankelijk van de grootte van de installatie en het aantal aansluitingen.

De (vaste) jaarlijkse kosten voor de walstroom installatie verschillen per keuze alternatief. Bij de keuze voor een 6 MVA enkele aansluiting kunnen niet alle mogelijke cruiseschepen van walstroom worden voorzien, waardoor circa 30% van het totale aantal cruiseschepen dat Rotterdam aandoet (de grootste GT categorie 5) wordt uitgesloten.

Voor een 6 MVA enkele aansluiting bedragen de totale (vaste) jaarlijkse kosten, omgerekend per cruiseschip, voor het scenario van 20 cruiseschepen per jaar (huidige situatie) aangesloten op walstroom circa € 25.400 en in het scenario van 35 schepen is dit circa € 14.500.

Een 12 MVA enkele aansluiting resulteert in totale (vaste) jaarlijkse kosten, omgerekend per cruiseschip, voor het scenario van 20 cruiseschepen per jaar (huidige situatie) aangesloten op walstroom van ruim € 40.000 en in het scenario van 35 schepen per jaar is dit circa € 23.000.

De totale (vaste) jaarlijkse kosten, omgerekend per cruiseschip, voor een 12 MVA installatie met een dubbele aansluiting bedragen voor het scenario van 20 cruiseschepen per jaar (huidige situatie) aangesloten op walstroom circa € 51.600 en in het scenario van circa 35 schepen is dit circa € 29.500.

Voor de kosten per kg vermeden emissie bestaat geen echt referentiekader, waardoor de beoordeling hiervan niet mogelijk is.

Cruiseschepen

De investeringskosten voor het aanleggen van een walstroom aansluiting aan boord van een cruiseschip zijn circa € 0,8 tot € 1,0 miljoen. Echter als cruiseschepen in meerdere havens van deze aansluiting gebruik kunnen maken, wordt het voordeel van de brandstofbesparing navenant groter. Op grond van circa 55 calls per jaar waarbij gebruik kan worden gemaakt van walstroom is de terugverdientijd circa 10 jaar. Voor een terugverdientijd van 5 jaar zijn circa 120 dergelijke calls per jaar nodig.

De vaste kosten voor cruiseschepen op jaarbasis zijn moeilijk te bepalen omdat er geen gegevens bekend zijn over de periode van afschrijving.

7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De haalbaarheid van een walstroom installatie voor de cruiseterminal Rotterdam is in deze studie onderzocht. Er kunnen op drie onderwerpen conclusies worden getrokken: de technische mogelijkheden, effect op milieu en de economische haalbaarheid van de walstroom installatie.

7.1 Conclusies

Technisch mogelijkheden

Het is technisch haalbaar om een walstroom installatie aan te leggen die alle cruiseschepen die de Rotterdamse haven aandoen te voorzien van walstroom. Deze installatie is wel omvangrijk en er moet ruimte voor gereserveerd worden op de kade. De benodigde ruimte voor de installatie is groter dan de beschikbare ruimte voor de huidige installatie. Daarnaast moet er worden bepaald wie er beheerder is van deze installatie en ook operationeel verantwoordelijk is wanneer deze wordt gebruikt. De benodigde installatie betreft een 12 MVA installatie met enkelvoudige aansluiting om alle mogelijke cruiseschepen walstroom aan te kunnen bieden.

Effect op milieu

Voor het scenario van 35 calls per jaar (bijna 2x zoveel als het huidige niveau van circa 20 calls per jaar) is de bijdrage aan de verbetering van de luchtkwaliteit minder dan 1% ten opzichte van de achtergrondconcentratie.

Voor fijn stof (PM₁₀) is deze vergelijkbare bijdrage zelfs minder dan 0,2% ten opzichte van de achtergrondconcentratie.

Economische aspecten

Voor de minimaal noodzakelijk installatie (12 MVA enkelvoudig) bedraagt de investering circa € 6,3 miljoen. Daarmee komen de jaarlijkse vaste kosten om deze installatie in bedrijf te houden bij het ontvangen van 20 schepen per jaar (huidige situatie), omgerekend neer op ruim € 40.000 per schip. Voor het scenario van 35 schepen per jaar zijn deze kosten circa € 23.000 per cruiseschip.

Voor de cruiseschepen is op dit moment alleen een gemiddelde kostenbesparing van elektriciteit ten opzichte van brandstof van circa 30% bekend. De afschrijvingskosten voor cruiseschepen zijn niet bekend en daarom is het moeilijk te bepalen wat het economische voordeel is voor de cruiseschepen. Op grond van de vastgestelde besparing van circa € 1.500 per call van 11 uur en een geschatte investering van circa € 800.000 tot € 1.000.000, moet een cruiseschip per jaar circa 55 calls hebben waarbij kan worden aangesloten op walstroom om een terugverdientijd van 10 jaar te bereiken en circa 120 dergelijke calls voor een terugverdientijd van 5 jaar.

7.2 Aanbevelingen

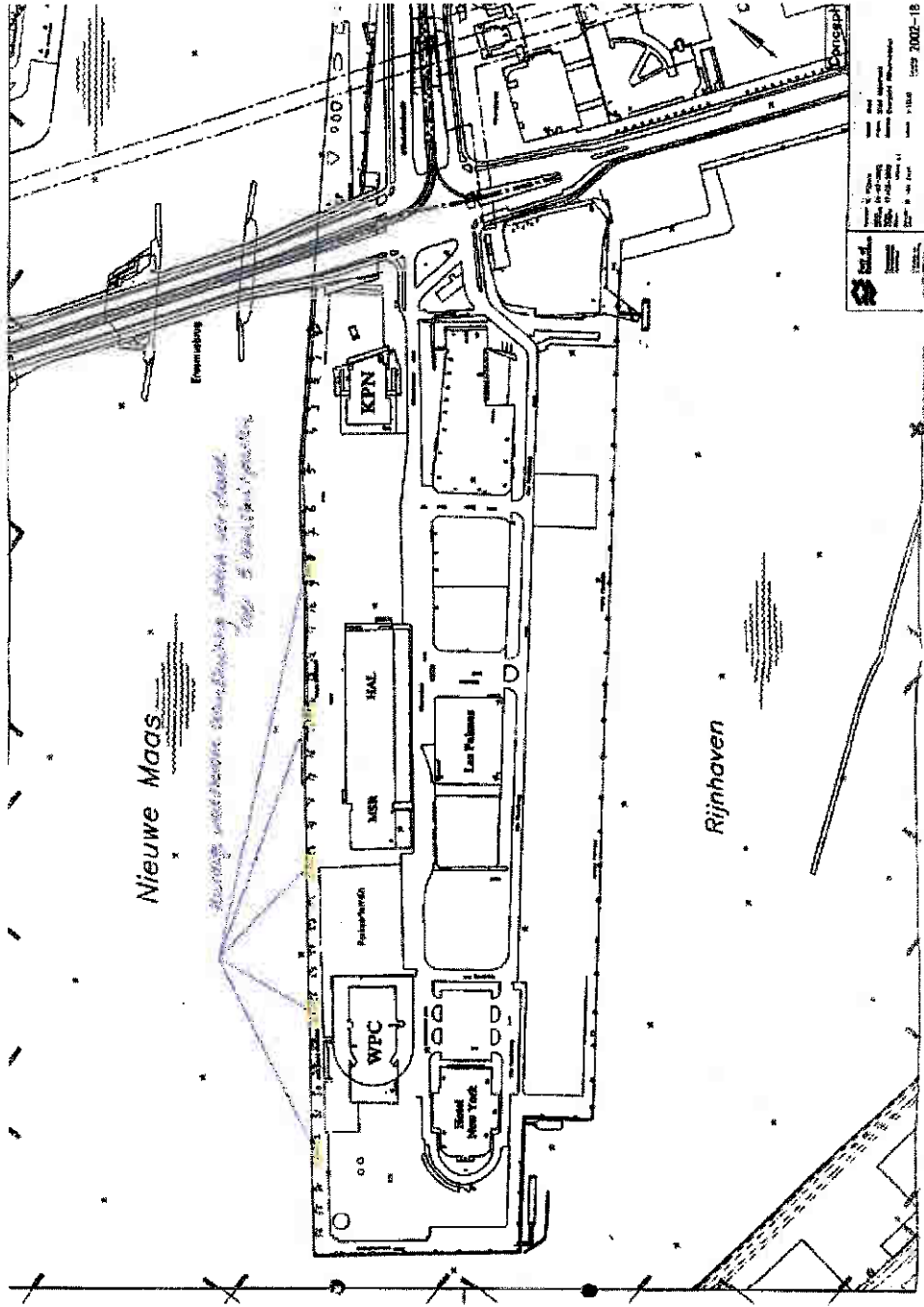
Indien er wordt besloten om een walstroom installatie in bouwen is er een aantal aanbevelingen te formuleren. Deze zijn de volgende:

- Onderzoek doen naar kennis bij verschillende (internationale) marktpartijen die reeds een vergelijkbare walstroom installatie hebben ontwikkeld;
- Participeren in de werkgroep voor standaardisatie van walstroom normering voor cruiseschepen door het Havenbedrijf Rotterdam N.V.;
- Onderzoeken wat de mogelijkheden zijn bij het ontwikkelen van een walstroom installatie voor:
 - Contractvormen;
 - Partnerschap;
 - Organisatorische opzet.



ROYAL HASKONING

Bijlage 1 Overzicht Wilhelminakade





ROYAL HASKONING

Bijlage 2 **Enquête voor cruiseschepen en cruisereders**



Voluntary electrical system questionnaire (cruise)



1. Vessel particulars

Vessel name	<input type="text"/>	IMO Number	<input type="text"/>
Inspector name	<input type="text"/>	Date	<input type="text"/>

2. Main electrical system

Main voltage (V) (eg. 380V, 440V, 6.6kV, 10kV)	<input type="text"/>	Frequency (Hz)	50 / 60 Hz
Are emission-reducing techniques installed on the generators (low S: fuel, water injection, etc)?	Yes / No		
If yes, please indicate which <input type="text"/>			

3. Power consumption in port (at berth)

Average fuel consumption in port (m ³ /day)	<input type="text"/>	Fuel type (generators)	HFO / MDO / MGO
Average electrical power consumption in port (kW)*	<input type="text"/>	Sulphur content fuel	<input type="text"/> %
Maximum electrical power consumption in port (kW)*	<input type="text"/>	Fuel viscosity (cSt)	<input type="text"/>

* estimated, if kW is difficult to indicate please state Volts and Amps

4. Shore connection

Is the vessel equipped with an electrical shore connection?	Yes / No		
Is it intended to be used only in drydock or also when the ship is fully operational?	Drydock only / Fully operational		
What is the type of connector used (bolt on, CEE, other)?	<input type="text"/>		
What is the input voltage range (eg from 380 to 440V)?	from	<input type="text"/>	to
What is the input frequency range (eg from 45 till 65 Hz)?	from	<input type="text"/>	to
Where is the shore connection located?	Aft / Midships / Forward	Port / Center / Starboard	
How much investment was needed to adapt the electrical system to receive shore side power?	\$ / € <input type="text"/>		
In which ports do you use the shore connection?	<input type="text"/>		

5. Remarks

If you feel your vessel could not be connected to shore power at berth (after possibly a shore connection upgrade) please indicate why

For internal Port of Rotterdam use: please return completed form to Robin Baekherst, WPC 19.006, tel 2534, fax 252 1600. Document version: 1.0.



ROYAL HASKONING

Bijlage 3 Emissie berekeningen

Tabel 1 Emissie berekeningen

category	Number	Hours at berth	Hours generators running	Fuel type generators	Fuel density (kg/m ³)	Fuel usage (m ³ /hr)	Vermeden emissie bij draaien op walstroomb							
							Substance	Emissions per g/kg fuel	Emissions (kg / hour / ship)	Total emissions (tons /an)	Substance	Emissions per g/kg fuel	Emissions (kg / hour / ship)	Total emissions (tons /annum)
cat 1														
Cruise schip	1	11	8	MGO 0.1% S	800	0,69	NOx	68,11	37,59672	0,413564	NOx	68,11	37,6	0,390774
							PM10	2,1	1,1592	0,012751	PM10	2,1	1,159	0,009274
							SO2	5	2,76	0,030360	SO2	5	2,76	0,022080
							CO2	3140	1733,28	19,066080	CO2	3140	1733	13,866240
cat 2														
Cruise schip	1	11	8	MGO 0.1% S	800	1,05	NOx	68,11	57,2124	0,629336	NOx	68,11	57,21	0,457699
							PM10	2,1	1,764	0,019404	PM10	2,1	1,764	0,014112
							SO2	5	4,2	0,046200	SO2	5	4,2	0,033600
							CO2	3140	2637,6	29,013600	CO2	3140	2638	21,100800
cat 3														
Cruise schip	1	11	8	MGO 0.1% S	800	1,7	NOx	68,11	92,6296	1,018926	NOx	68,11	92,63	0,741037
							PM10	2,1	2,856	0,031416	PM10	2,1	2,856	0,022848
							SO2	5	6,8	0,074800	SO2	5	6,8	0,054400
							CO2	3140	4270,4	46,974400	CO2	3140	4270	34,163200
cat 4														
Cruise schip	1	11	8	MGO 0.1% S	800	1,83	NOx	68,11	99,71304	1,096843	NOx	68,11	99,71	0,797704
							PM10	2,1	3,0744	0,033818	PM10	2,1	3,074	0,024595
							SO2	5	7,32	0,080520	SO2	5	7,32	0,058560
							CO2	3140	4596,96	50,566560	CO2	3140	4597	36,775680
cat 5														
Cruise schip	1	11	8	MGO 0.1% S	800	2,3	NOx	68,11	125,3224	1,378546	NOx	68,11	125,3	1,002579
							PM10	2,1	3,864	0,042504	PM10	2,1	3,864	0,030912
							SO2	5	9,2	0,101200	SO2	5	9,2	0,073600
							CO2	3140	5777,6	63,553600	CO2	3140	5778	46,220800

Tabel 2 Overzicht van emissies per scenario met en zonder walstroom

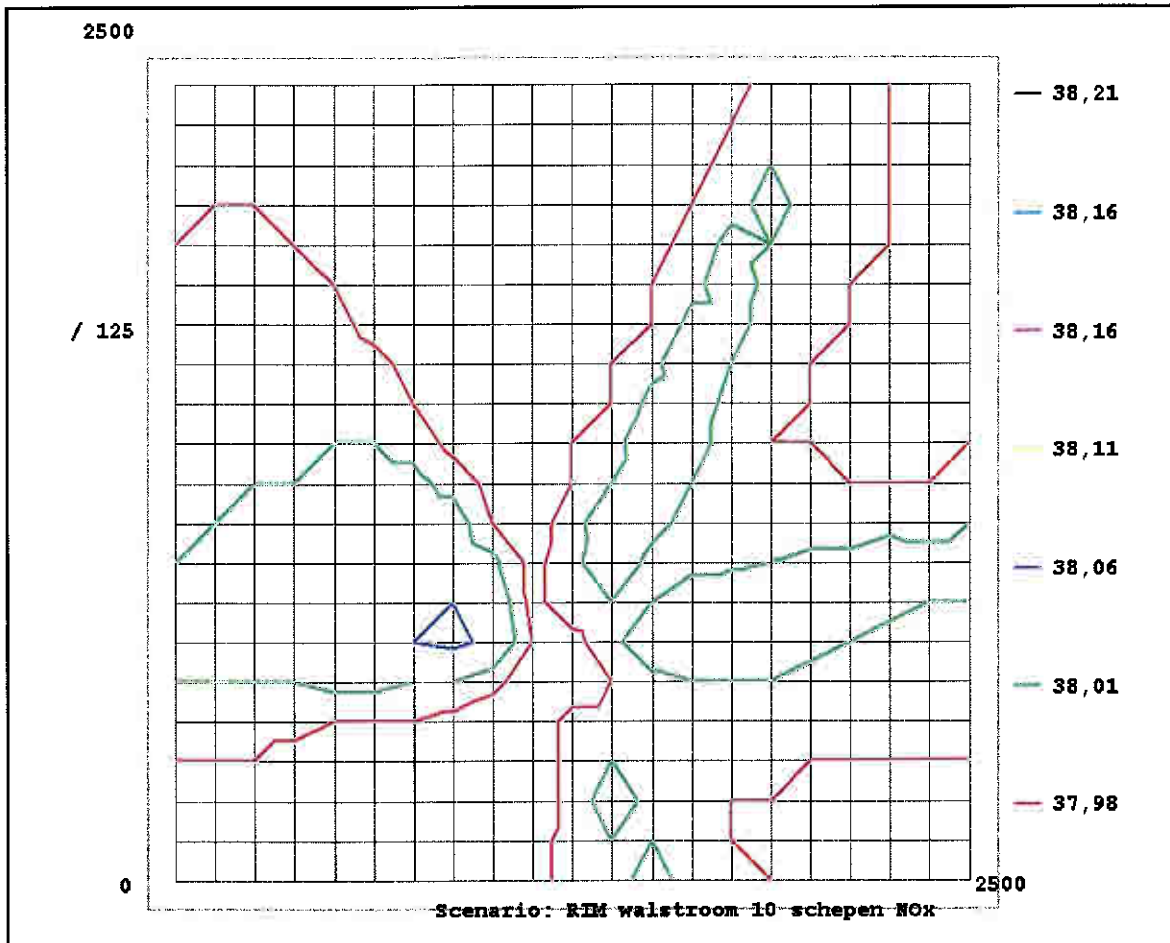
Emissies	Nox tonnen per jaar	PM10 tonnen per jaar	SO2 tonnen per jaar	CO2 tonnen per jaar
10 schepen				
zonder walstroom 11 uur	10,45	0,32216	0,6916	434,3045
vermeden emissies (8uur) met walstroom	7,599	0,2343	0,5579	350,3316
	2,85	0,08786	0,1337	83,97289
20schepen				
zonder walstroom 11 uur	20,9	0,64432	1,3831	868,6089
vermeden emissies (8uur) met walstroom	15,2	0,4686	1,1157	700,6631
	5,699	0,17572	0,2674	167,9458
35schepen				
zonder walstroom 11 uur	36,92	1,13836	2,4462	1536,207
vermeden emissies (8uur) met walstroom	26,85	0,82789	1,9712	1237,9
	10,07	0,31046	0,475	298,3073



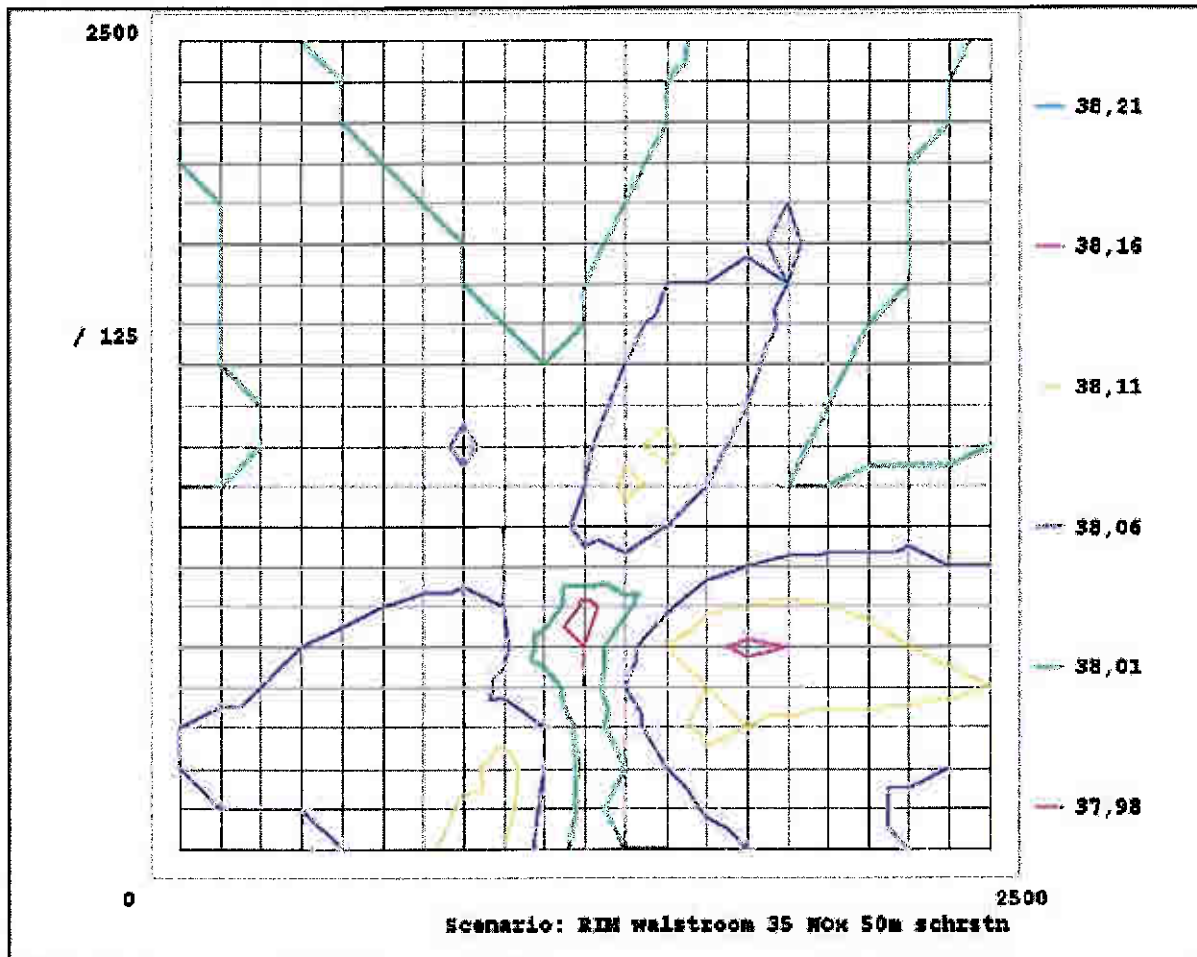
ROYAL HASKONING

Bijlage 4 **Figuren immissie berekeningen**

Figuur 1: NO₂ concentraties in een situatie met 10 schepen, uitgaande van een schoorsteenhoogte van 40 meter. De achtergrondconcentratie bedraagt: 37,96 µg/m³ ; om de bijdrage van de bron te bepalen moet dit van de weergegeven concentratie worden afgetrokken (bijdragen tot ca. 0,1 µg/m³).



Figuur 2 : NO₂ concentraties in een situatie met 35 schepen, uitgaande van een schoorsteenhoogte van 50 meter. De achtergrondconcentratie bedraagt: 37,96 µg/m³; om de bijdrage van de bron te bepalen moet dit van de weergegeven concentratie worden afgetrokken (bijdragen tot ca. 0,2 µg/m³).



De effecten voor PM₁₀ zijn bij geringere aantallen schepen dusdanig laag dat besloten is hiervoor geen kaartjes te presenteren.



ROYAL HASKONING

Bijlage 5 Kosten en baten berekeningen

Kosten en baten berekeningen

Vaste kosten Walstroom installatie

Tabel 1 vereenvoudigd overzicht kosten van de walstroom installatie in k €.

	12 MVA / 6MVA dubbele aansluiting	12 MVA enkele aansluiting	6MVA enkele aansluiting
Kabels	340	150	240
Transformatoren	900	600	300
Frequentie omzetter	1800	1050	750
Spannings distributie kasten	480	320	320
Subtotaal	3520	2120	1610
Onvoorzien 20%	704	424	322
Engineering	100	100	100
Automatisering	400	240	240
Gebouwen en koelwatervoorzieningen	730	438	438
Montage en inbedrijfname	150	90	90
Civil en graafwerkzaamheden	160	96	96
Totaal	5764	3508	2896

Variabele kosten cruiseschepen

Tabel 2 kosten van energieverbruik voor de verschillende scenario's

Categorieën	Verbruik in MWh per jaar			Kosten in € per jaar		
	10 schepen	20 schepen	35 schepen	10 schepen	20 schepen	35 schepen
1	4.8	9.6	16.0	312	624	1.040
2	27.2	54.4	94.4	1.768	3.536	6.136
3	177.6	355.20	619.2	11.544	23.088	40.248
4	86.4	180.0	309.6	5.616	11.700	20.124
5	264.0	528.0	950.4	17.160	34.320	61.776
Totale kosten per jaar	560.0	1.127.2	1.989.6	36.400	73.268	129.324

Brandstof

De brandstofprijzen ontwikkelen zich de laatste jaren in een stijgende lijn. De kostenberekeningen zijn gemaakt met MDO brandstof, dit is toegelicht in hoofdstuk vijf. Op dit moment kost een 1 ton MDO circa \$ 500⁴⁶. Omgerekend is dit circa € 370⁴⁷ per MT.

Tabel 3 Elektriciteitskosten versus brandstofkosten in euro's

⁴⁶ Bron: www. Bunkerworld.com d.d. dec 2006

⁴⁷ Dagkoersen 1 € = 1,335 \$ d.d. dec 2006

Categorieën	Kosten voor Mwh per jaar			Kosten voor MDO per jaar		
	10 schepen	20 schepen	35 schepen	10 schepen	20 schepen	35 schepen
1	312	624	1 040	614,8	1229,6	2 148,1
2	1 768	3 536	6 136	5 288,9	10 577,8	18 511,1
3	11 544	23 088	40 248	18 637,0	37 274,0	65 229,6
4	5 616	11 700	20 124	6 670,4	13 370,4	23 370,3
5	17 160	34 320	61 776	20 444,4	40 888,8	73 259,2
Totale besparing	36 400	73 268	129 324	51 655,5	103 340,6	182 518,3

De kosten voor het verbruik van elektriciteit en brandstof voor de cruiseschepen is in bovenstaande tabellen apart opgenomen. In tabel 6.7 zijn beide kosten opgenomen voor de verschillende scenario's. Wat daarbij opvalt is dat de kosten voor brandstof hoger zijn dan de kosten voor het gebruik van elektriciteit. De kosten voor elektriciteit zijn gemiddeld zo'n 30% goedkoper.

Tabel 4 Gemiddelde besparing per cruiseschip per call

Categorieën	KW	kosten per uur in euro's	kosten per verblijf (8 uur) in euro's	Brandstof-kosten per call in euro's	Brandstof besparing per call (8 uur) in MT	opbrengst per call kosten elec- kosten brandstof
1	2000	130	1040	2035	5,5	995
2	2000	130	1040	3108	8,4	2068
3	6000	390	3120	5032	13,6	1912
4	9000	585	4680	5402	14,6	722
5	11000	715	5720	6808	18,4	1088

In bovenstaande tabel staat een overzicht van de besparing per cruiseschip per call voor alle vijf categorieën. De gemiddelde besparing per cruiseschip is daardoor € 1.500 per call.



ROYAL HASKONING

Bijlage 6
Engineering module Walstroom 9S2031.02.34A

Engineering module Walstroom 9S2031.02.34A

A. I. (Ad) Burgers 181206

Royal Haskoning

Consultants - architects - engineers

Division Industrial Installations
Product Group Electrical Power

A. I. (Ad) Burgers BSc Eng
Senior Consultant & Training Services

Hoofdweg 490, 3067 GK Rotterdam, The Netherlands
Postbus 8520, 3009 AM Rotterdam, The Netherlands

T +31 (0)10 28 65 432
T direct+31 (0)10 28 65 344
M +31 (0)6 12 705 507
F +31 (0)10 22 01 005
E ad.burgers@royalhaskoning.com

I www.royalhaskoning.com

- 0 *Inleiding***
- 1 *Gekoppelde netten***
- 2 *Frequentieaanpassing***
- 3 *Boordstroom***
- 4 *Walstroom***
- 5 *Conclusie uit 3 en 4***
- 6 *Globaal Single Line Diagram***
- 7 *Benamingen en afkortingen***
- 8 *Kosten***
- 9 *Prijsopbouw GTI INFRA BV***

0 **Inleiding**

Elk cruiseschip wekt haar eigen elektriciteit op. Aan boord van cruiseschepen wordt dit gedaan door middel van generatoren. Zij wekken de elektriciteit op variërend van 2000 kW tot 11000 kW . Als een cruiseschip voor de kant ligt wordt dit elektrische vermogen voornamelijk gebruikt voor de airconditioning installatie. Bij het aansluiten van een cruiseschip op walstroom is het belangrijk dat de spanning en frequentie van het walnet en het boordnet met elkaar overeenkomen. Daarnaast moeten beide installaties beveiligd zijn tegen kortsluiting voor het aangesloten vermogen.

1 **Gekoppelde netten**

Wanneer het **boordnet** met een **walnet** gekoppeld gaat worden dienen de volgende vragen over dit **walnet** beantwoord te worden.

- Wat is de spanning ?
- Wat is de frequentie ?
- Wat is het te verwachten kortsluitvermogen vanuit dit Walnet ?

2 **Frequentieaanpassing**

Indien het Boordnet een andere frequentie heeft dan het Walnet dient er een converter (met spanning aanpassing transformatoren) tussengevoegd te worden. De rated values van deze beschouwde converters zijn:

S_N -Convertor	6MVA of 12MVA
U_N -Walnetzijde	25kV
F_N -Walnetzijde	50Hz
U_N -Boordnetzijde	6,6kV en 11kV
U_N -Walnetzijde	60Hz

3 Boordstroom

In de volgende berekening wordt verondersteld een geïnstalleerde generatorvermogen van 4 MVA bij een $\text{Cos}\phi$ van 0,85. De opwekeenheden zijn verondersteld 2 generatoren van elk 2 MVA. Het kortsluitvermogen van de gehele elektrische installatie met terugvoedende verbruikers komt op $S_{k\text{-Boordnet}} = 25 \text{ MVA}$ op 11kV Niveau.

De aangenomen gegevens van deze generatoren zijn de volgende:

$S_{N\text{-GEN}}$	2MVA
$P_{N\text{-GEN}}$	1,6MW
$\text{Cos}\phi_N$	0,8
$U_{N\text{-line to line}}$	11kV
X_d	2,1pu
X_d'	0,18pu
n	1800 of 3600RPM
F	60Hz

Vanuit deze generatorgegevens wordt het minimaal toe te kennen kortsluitvermogen van de 11 KV middenspanning installatie bepaald.

$$S_{k\text{-GEN}} = (1 / X_d') \cdot S_{N\text{-GEN}} = (1 / 0,18) \cdot 4 = 22\text{MVA}$$

Vanuit de draaiende asynchrone motoren wordt nog een bijdrage van 10% verwacht.

Het totaal komt dan op

$$S_{k\text{-Boordnet}} = 25 \text{ MVA}$$

4 Walstroom

Schijnbare vermogens boven 10MVA worden in de regio Rotterdam – ENECO aangeboden met een spanning van 25kV 50Hz met een toegestane $\text{Cos}\phi$ van 0,85 (stroom naijend - lagging current). Het kortsluitvermogen van deze 25kV voeding via transformatoren zal niet meer bedragen dan $S_{k\text{-Boordzijde}} = 120\text{MVA}$.

De rated value voor deze voeding wordt verondersteld te zijn:

$S_{N\text{-Walnet}}$	10MVA of 20MVA
$\text{Cos}\phi_N$	0,85 lagging current
$U_{N\text{-line to line}}$	25kV
F	50Hz

Voor de beeldvorming wordt nu eerst gerekend zonder frequency convertor. Vanuit de Walstroom gegevens betekent een transformator van dit vermogen met een aangenomen kortsluitspanning van $U_k = 8\%$. Het kortsluitvermogen van dit Walnet naar de Boordzijde (11 kV) bedraagt bij een oneindig hoog voedend kortsluitvermogen:

$$S_{k\text{-GEN}} = (1 / u_k) \cdot S_{N\text{-Transf}} = (1 / 0,08) \cdot 12 = 150\text{MVA}$$

Indien het kortsluitvermogen van het voedende net 4 x hoger is ($4 \times 150 = 600 \text{ MVA}$) dan is het kortsluitvermogen aan 11 kV zijde 80% van 150 MVA. In formulevorm is dit $(1 / 600) + (1 / 150) = (1 / 120)$.

$$S_{k\text{-Boordzijde}} = 120\text{MVA}$$

5 Conclusie uit 3 en 4

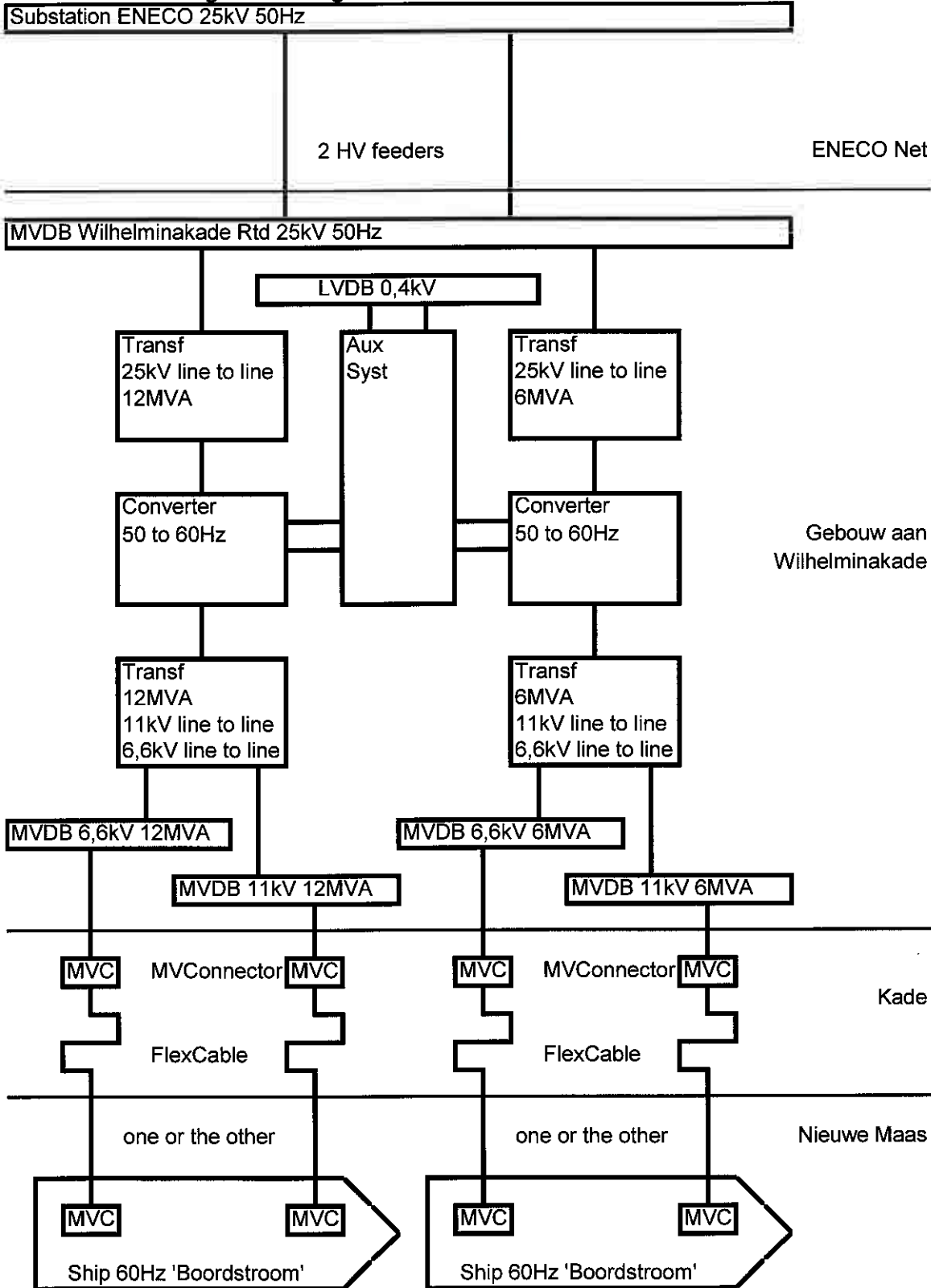
In geval van schepen met een klein (4MVA) geïnstalleerd generator vermogen blijkt dus dat het momentane kortsluitvermogen van het Walnut 4 tot 5 maal hoger kan zijn dan het veronderstelde toegestane kortsluitvermogen van het Boordnet.

In geval van schepen met een groter (40MVA) geïnstalleerd generator vermogen zal het momentane kortsluitvermogen van het Walnut niet veel hoger zijn dan het veronderstelde toegestane kortsluitvermogen van het Boordnet.

Door de tussenvoeging van een Converter zal deze verhouding ook nog (aanzienlijk) kleiner en daardoor gunstiger worden.

Voor grote cruise schepen zal het veronderstelde toegestane kortsluitvermogen van de Boordinstallatie geschikt zijn om zonder kortsluitstroom begrenzende maatregelen gekoppeld te worden met de Walaansluiting.

6 Globaal Single Line Diagram



Basic design for 'Walstroom' ABUR 211106 Drawingnumber 001 Rev 01

7 Benamingen en afkortingen

S	Schijnbare vermogen	MVA	Mega Volt Ampère
S_k	Kortsluitvermogen	MVA	Mega Volt Ampère
U	Spanning	kV	kilo Volt - 1000V
F	Frequentie	Hz	Hertz
$\cos\phi$	*	*	Verhouding tussen spanningsvector U en stroomvector I
X_d	Synchrone reactantie	pu	per unit
X_d'	Subtranciënte reactantie	pu	per unit

MVDB	Medium Voltage Distribution Board	Schakel- en verdeelinrichting voor MiddenSpanning
LVDB	Low Voltage Distribution Board	Schakel- en verdeelinrichting voor LaagSpanning
Transf		Transformator
Converter		Frequentie omvormer 3 fasen van 50Hz naar 60Hz
MVC	Medium Voltage Connector fixed part	Vaste deel op de kade en steekbaar deel aan de kabel
FlexCable		Verplaatsbare flexibele MiddenSpanning kabel met connector

8 Kosten

Er zijn 3 prijskolommen.

In de 1^{ste} kolom (GTI) staan alleen componentprijzen (zie ook 9 *Prijsopbouw GTI INFRA BV*).

De 2^{de} kolom (RH ABUR) geeft ook een raming van de bijhorende kosten.

In deze prijs is niet begrepen civiele werkzaamheden, graafwerkzaamheden etc. dit valt binnen de 25% marge van de totale investeringskosten.

De ombouw in de schepen, de automatisering in het schip, MS componenten in het schip, MS-kabels naar de primaire zijde van het landdeel (dat is een ENECO activiteit).

Component	Aantal	Royal Haskoning ABUR	
		GTI Prijs in k €	Prijs in k €
MVDB Whk Rtd 25kV 50Hz (36kV met 4 VS velden)	1	140	140
LVDB 0,4kV	1	12	20
MV and LV Cable	1	10	50
Transformer 25kV to . . . kV 12MVA	1	180	300
Frequency Converter 12MVA	1	740	1.050
Auxiliary system for water cooling and others	1		
Transformer . . . kV to 6,6kV - 12MVA and 11kV 12MVA	1	170	300
MVDB 6,6kV (7,2kV met 2 VS velden)	1	25	70
MV Connector fixed part	1	9	10
Flexible Cable 7,2kV 12MVA with connector	1	49	50
MVDB 11kV (12kV met 2 VS velden)	1	25	70
MV Connector fixed part	1	6	10
Flexible Cable 12kV 12MVA with connector	1	49	50
Transformer 25kV to . . . kV 6MVA	1	105	150
Frequency Converter 6MVA	1	490	750
Auxiliary system for water cooling and others	1		
Transformer . . . kV to 6,6kV - 6MVA and 11kV 6MVA	1	98	150
MVDB 6,6kV (7,2kV met 2 VS velden)	1	25	70
MV Connector fixed part	1	9	10
Flexible Cable 7,2kV 6MVA with connector	1	115	120
MVDB 11kV (12kV met 2 VS velden)	1	25	70
MV Connector fixed part	1	6	10
Flexible Cable 12kV 6MVA with connector	1	66	70
Subtotaal		2.354	3.520
Orvoorzien in % van Subtotaal	20%		704
Engineering			100
Automatisering van het landdeel			400
Gebouwen voor het Waldeel aan Wilhelminakade			400
Gebouw aarding en bliksemafleiding			30
Koelwatervoorzieningen			300
Montagekosten			100
Inbedrijfname kosten			50
Civiele werkzaamheden			100
Graafwerkzaamheden			60
Totaal			5.764

9 Prijsopbouw GTI INFRA BV

GTI INFRA BV

Datum: 11-09-2006

NATIE INFRA EN MAINTENTS

 Havenweg 2117
 Wilhelmsdijk 4, 3037 AN Rotterdam
 Postbus 3299, 3066 AD Rotterdam
 NEDERLAND
 tel. 010 383 35 28
 fax 010 383 35 4

Budget prijzen t.b.v. Waaraanbiedingen Wilhelmsdijk Rotterdam

Component		Aantal	Prijs in €
MVDB Wnk Rnd 20kV; 50Hz (30kV met 4 VS velden)	Velden 1000A; 31,5 kA-1sec	1	140.000
LVDB 0,4kV		1	12.000
MV and LV Cable	Inclusief kabel eindsluitingen	1	8.500
Transformer 25kV to 11kV; 12MVA;	50Hz; uk=8%	1	180.000
Frequency Converter 12MVA	50Hz => 60Hz; 11kV	1	740.000
Auxiliary system for water cooling and others		1	???
Transformer 11kV to 0,6kV; 12MVA	60Hz; uk=8%	1	170.000
MVDB 0,6kV (7,2kV met 2 VS velden)	Velden 1250A; 16kA-1sec	1	25.000
MV Connector fixed part	7,2kV; In=1000A	1	8.500
Flexible Cable 7,2kV; 12MVA; with connector l=2x100m	Protolon 3x240mm ² ; 2 parallel	1	48.500
MVDB 11kV (12kV met 2 VS velden)	Velden 630A; 16kA-1 sec	1	25.000
MV Connector fixed part	12kV; In=500A	1	5.500
Flexible Cable 12kV 12MVA, with connector; l=200m	Protolon 3x240mm ² +2x120;	1	48.500
Transformer 25kV to 11kV; 6MVA	50Hz; uk=8%	1	105.000
Frequency Converter 6MVA	50Hz => 60Hz; 11kV	1	400.000
Auxiliary system for water cooling and others		1	???
Transformer 11kV to 0,6kV - 6MVA	60Hz;	1	98.000
MVDB 0,6kV (7,2kV met 2 VS velden)	Velden 1250A; 16kA-1sec	1	25.000
MV Connector fixed part	7,2kV; In=1000A	1	8.500
Flexible Cable 7,2kV 6MVA with connector; l=2x300m	Protolon 3x240mm ² +2x120;	1	115.000
MVDB 11kV (12kV met 2 VS velden)	Velden 630A; 16kA-1 sec	1	25.000
MV Connector fixed part	12kV; In=500A	1	5.500
Flexible Cable 12kV; 6MVA with connector; l=400m	Protolon 3x150mm ² +2x75;	1	65.500

Materiaal kosten: (excl waterkoeling en overige) € 2.350.000

Jelle R.



ROYAL HASKONING

Bijlage 7
25 kV trace 2,4 km

