

Verbetering horizontaal toelatingsbeleid voor zeeschepen in de haven van Rotterdam

Eindrapport

Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Afdeling Scheepvaart
A. van der Hoek
november 1997



VOORWOORD

In het kader van het afstuderen aan de Faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft is onderzoek gedaan naar het toelatingsbeleid van zeeschepen in de haven van Rotterdam. Dit onderzoek is uitgevoerd bij de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV), een specialistische dienst binnen Rijkswaterstaat. De opdracht is afkomstig van Dhr. Savenije, werkzaam op de afdeling Scheepvaart van AVV, die ook de dagelijkse begeleiding van het onderzoek voor zijn rekening heeft genomen.

Voor het uitvoeren van het onderzoek is gebruik gemaakt van stroommodelleringen die door Mw. Kuijper van het RIKZ en Dhr. Les van Bureau Svasek zijn geleverd.

Bij het Maritime Simulation Centre the Netherlands (MSCN) in Wageningen zijn simulaties uitgevoerd; de contacten met het MSCN zijn verlopen via Dhr. De Jong en Dhr. Ten Hove. Het uitvoeren van de simulaties is uitgevoerd onder begeleiding van Dhr. Goedegebuure, waarna de resultaten van de simulaties zijn beoordeeld in samenwerking met Dhr. Verkerk.

Voorafgaand aan dit onderzoek is een literatuurstudie uitgevoerd naar de mogelijkheden van verschillende simulatie programma's.

In een aantal bijeenkomsten is de voortgang van het project besproken met de afstudeer-commissie, welke bestaat uit de volgende personen:

- ir. Groenveld - Technische Universiteit Delft,
- prof. dr. ir. Ligteringen - Technische Universiteit Delft,
- ir. Savenije - Adviesdienst Verkeer en Vervoer,
- prof. drs. ir. Vrijling - Technische Universiteit Delft.

De bijlagen behorend bij dit rapport worden in twee afzonderlijke rapporten bij geleverd.

Rotterdam,
November 1997.



SAMENVATTING

De laatste jaren staat de toegankelijkheid vanuit zee van de West-Europese havens weer in de belangstelling. De haven van Rotterdam vormt hierop geen uitzondering; vanwege de bijzonder goede toegankelijkheid voor grote, diepstekende schepen heeft Rotterdam een sterke concurrentiepositie in het bulk vervoer in het gebied tussen Hamburg en Le Havre.

Diepstekende schepen dienen zich bij het invaren van de haven van Rotterdam aan zogenaamde tijpoorten te houden. In deze tijpoorten worden de perioden aangegeven dat een zeker schip mag opvaren. De tijpoorten worden bepaald uit een beperking welke betrekking heeft op de verticale beweging van een schip, als gevolg van waterstanden en golven, en op de horizontale beweging van het schip als gevolg van de dwarsstroming. Deze laatste beperking wordt de dwarsstroombeperking genoemd.

Aangezien de stroming in de havenmond van Rotterdam zeer gecompliceerd is en zich moeilijk in kaart laat brengen als gevolg van de vele factoren die het stroombeeld beïnvloeden, is de horizontale beperking, welke alleen geldt voor schepen met een grotere diepgang dan 21,95 m, een zeer veilige regel; in de huidige berekeningen van de tijpoorten wordt de invloed van de dwarsstroom betrokken als een vaste dwarsstroombeperking, welke stelt dat passage Lage Licht niet toegestaan is tussen 0 en 2,5 uur ná hoogwater bij Hoek van Holland. In dit onderzoek wordt bekeken of het horizontale toelatingsbeleid kan worden aangepast waarbij het nauwkeuriger in kaart brengen van de stroming de belangrijkste factor is.

Het onderzoek komt er op neer dat voor verschillende scheepstypen en verschillende optredende condities simulaties worden uitgevoerd, waaruit dwarsstroombeperkingen volgen voor deze gesimuleerde condities. Uit een vergelijking met de huidige dwarsstroombeperking wordt vastgesteld of de uitkomsten van de simulaties stroken met het huidige beleid, en zo nee, waar de verschillen optreden, en hoe dit is te betrekken in het aanpassen van het horizontale toelatingsbeleid.

Aangezien dichtheidsverschillen in de omgeving van de Maasmond een belangrijke rol spelen, worden de stroombeelden in de havenmond van Rotterdam berekend met het 3-dimensionale RijnMaasMond model (RIJMAMO). De berekeningen zijn uitgevoerd met een rekentijd die garantie biedt voor een ingespeelde zoet-zout-verdeling in het Rijnmond gebied. Uit vergelijkingen van de stroombeelden welke zijn verkregen met RIJMAMO, en die welke uit metingen volgen, blijkt dat RIJMAMO voor dit onderzoek goede modelleringen levert. De RIJMAMO modelleringen zijn afkomstig van het RIKZ.

De simulaties zijn uitgevoerd met het fast-time simulatie programma SHIPMA bij het Maritime Simulation Centre the Netherlands (MSCN), onder begeleiding van medewerkers van het MSCN. Simulaties zijn gedaan voor verschillende tijdstippen van opvaart. De resultaten van de simulaties zijn in samenwerking met een expert van het MSCN geanalyseerd, met als resultaat aan te geven of een run mogelijk, kritiek of onmogelijk is. Bij het doen van uitspraken over de haalbaarheid, is steeds in gedachten gehouden dat het hier gaat om fysische haalbaarheid, aangezien SHIPMA een fast-time simulatie programma is, waarin de besturing wordt geregeld door een stuurautomaat, en niet door een persoon, zoals bij een real-time programma het geval is.

De verschillende omgevingscondities waarvoor stroomberekeningen zijn gedaan, en vervolgens simulaties zijn uitgevoerd zien er als volgt uit:

- noordwesten wind, 9 Beaufort, springtij,
- zuidwesten wind, 8 Beaufort, springtij.



De twee scheepsklassen waarvoor simulaties zijn uitgevoerd zijn de volgende:

- scheepsklasse B15, diepgang scheepsmodel : 22, 10 m (schip 1),
- scheepsklasse B19, diepgang scheepsmodel : 22,65 m (schip 2).

Analyse van de resultaten van de uitgevoerde simulaties geeft de volgende resultaten te zien:

- in de situatie met NW-wind, 9 Bf. bij springtij is vanuit het oogpunt van de dwarsstroom opvaart te allen tijde mogelijk,
- de situatie met ZW-wind, 8 Bf. bij springtij geeft de volgende dwarsstroombeperking te zien: passage Lage Licht is uitgesloten van 1:00 uur tot 0:15 uur vóór hoogwater bij Hoek van Holland,

Hieruit kan worden geconcludeerd dat de gevonden dwarsstroombeperkingen voor passage Lage Licht geheel **niet** overeen stemmen met de huidige dwarsstroombeperking, welke stelt dat passage Lage Licht tussen 0 en 2,5 uur ná hoogwater bij Hoek van Holland is uitgesloten.

Andere conclusies van de simulaties zijn:

- de verschillen tussen een opvaart bij NW-wind en ZW-wind zijn aanzienlijk,
- voor schepen waarvan de diepgang ongeveer 22 m bedraagt, geldt dat een verschil in diepgang van ongeveer een halve meter nauwelijks verschil in resultaten laat zien. De dwarsstroombeperkingen zijn dan ook gelijk voor de twee verschillende scheepsklassen,
- opvaarten die zijn uitgevoerd met hogere snelheden zijn met veel minder inspanning uit te voeren. Bij het opvaren met hogere snelheid moet echter wel rekening worden gehouden met het feit dat de squat van het schip groter wordt, en dat het afslacken van het schip moeilijker zal verlopen,

Vervolgens zijn met HARAP, het PC-programma waarmee tijpoortberekeningen worden uitgevoerd, nieuwe berekeningen gemaakt, waarin de in dit onderzoek gevonden dwarsstroombeperkingen worden gebruikt, in plaats van de huidige dwarsstroombeperking. Uit de resultaten van deze berekeningen kwam het volgende:

- de tijpoorten worden langer,
- er komen tijpoorten bij.

Bovenstaande twee resultaten worden uitgedrukt in de termen overligpercentage en downtime, welke aangeven gedurende welk percentage van de tijd de haven toegankelijk is voor een bepaalde scheepsklasse. Uit berekeningen met HARAP volgen de onderstaande waarden voor het overligpercentage en de downtime.

scheepsklasse / vaarsnelheid		overligpercentages in %			downtime in %		
		huidig	aangepast		huidig	aangepast	
			NW-wind	ZW-wind		NW-wind	ZW-wind
B15	snel	2,65	1,46	1,46	91,00	71,83	81,20
	gemiddeld	2,14	1,44	1,44	90,52	71,33	81,19
	langzaam	2,03	1,41	1,41	90,48	71,29	81,19
B19	snel	36,62	26,67	26,67	97,53	90,62	93,31
	gemiddeld	35,55	19,73	34,05	97,57	89,54	93,59
	langzaam	36,62	12,62	26,93	97,70	89,23	93,31



In de tabel is te zien dat de overligpercentages en downtime aanzienlijk naar beneden gaan, waarbij het volgende geldt::

- voor scheepsklasse B19 is de absolute daling groter dan voor scheepsklasse B15,
- de situatie met NW-wind, 9 Bf. geeft grotere winsten te zien dan de situatie met ZW-wind, 8 Bf.

Verlaging van het overligpercentage en de downtime komt de toegankelijkheid van de Rotterdamse Haven ten goede, en levert financiële voordelen op voor de rederijen, welke in de trend liggen van fl. 62.500,= tot fl. 187.500,= per schip dat direct kan opvaren in plaats van dat het een getij moet overliggen.

Aanbevolen wordt dan ook om een vervolgonderzoek uit te voeren, waarbij de te volgen strategie gelijk is aan die welke voor dit onderzoek is gebruikt, met dat verschil, dat:

- de simulaties worden uitgevoerd op een real-time simulator, in plaats van met een fast-time simulatie programma,
- de stroommodelleringen met RIJMAMO, als ook de simulaties welke gedaan worden met invoer van de berekende stroombeelden, worden uitgevoerd voor een groot aantal verschillende condities, in tegenstelling tot dit onderzoek, waar slechts gebruik is gemaakt van twee verschillende stroombeelden (NW 9 en ZW 8, beide voor springtij).

Een belangrijk punt bij het ontwikkelen van een soort strategie is het maken van een koppeling tussen de berekende stroombeelden (voor welke simulaties zijn uitgevoerd) en de voorspellingen voor de optredende condities. Deze koppeling kan op de volgende manieren tot stand worden gebracht:

- via voorspellingen voor de windrichting en -snelheid en de astroklasse,
- via on-line stroommetingen,
- via stroommetingen met behulp van een neurale netwerk.

Aangezien het in RIJMAMO mogelijk is om stroomberekeningen te maken voor verschillende Rijnafvoeren en spuiprogramma's van de Haringvlietsluizen, kunnen deze parameters ook worden betrokken in de aanpassing van het beleid. Zo ook geldt dat bij het uitvoeren van de simulaties dit gedaan kan worden voor verschillende scheepsklassen. In het geval van het betrekken van Rijnafvoer en spuiprogramma van de Haringvlietsluizen gaat het aantal stroomberekeningen omhoog, alsook het aantal simulaties. In het geval van verschillende scheepsklassen gaat enkel het aantal simulaties omhoog.



INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD.....	1
SAMENVATTING.....	2
LIJST MET FIGUREN.....	8
LIJST MET TABELLEN	9
LIJST MET BIJLAGEN	10
UITDRUKKINGEN EN AFKORTINGEN	11
1. INLEIDING	13
2. PROBLEEMANALYSE	14
2.1 HUIDIG BELEID	14
2.2 PROBLEEMBESCHRIJVING.....	14
2.3 DOELSTELLING	15
2.4 METHODE VAN AANPAK	15
2.5 RANDVOORWAARDEN EN BEPERKINGEN.....	15
3. SITUATIEBESCHRIJVING	16
3.1 GEUL- EN HAVENMOND SCHEMATISATIE	16
3.2 TIJPOORTEN, OVERLIGPERCENTAGE EN DOWNTIME	18
3.3 BESCHRIJVING DWARSSTROOMBEPERKING EN STROOMCRITERIUM.....	20
4. OPZET VAN HET ONDERZOEK.....	22
4.1 INLEIDING	22
4.2 SIMULATIE PROGRAMMA	23
4.2.1 Keuze real-time of fast-time	23
4.2.2 Keuze programma.....	24
4.3 DEFINIERING EN MODELLERING	25
4.3.1 Modelling van schepen	25
4.3.2 Modelling van de fysieke omgeving	25
4.3.2.1 Definiering maatgevend gebied.....	25
4.3.2.2 Bodem	27
4.3.3 Modelling van de fysieke omgeving	28
4.3.3.1 Stroom	28
4.3.3.2 Golven	29
4.3.3.3 Oeverzuiging	32
4.4 HUIDIGE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES	33



5. BEREKENINGEN MET HET RIJMAMO (3D) MODEL.....	36
5.1 INLEIDING	36
5.2 UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEREKENING	37
5.3 BESCHRIJVING VAN HET REKENMODEL.....	38
5.3.1 Randvoorwaarden.....	38
5.3.2 RIJMAMO (3D) model	39
5.4 GEVOLGDE WERKWIJZE.....	40
5.5 OMZETTEN NAAR SHIPMA GRID	41
5.6 OVERZICHT RESULTATEN BEREKENINGEN MET RIJMAMO	42
5.6.1 Stroomkrommen van drie locaties	42
5.6.2 Vergelijking stroomkrommen HARAP <=> RIJMAMO	43
5.6.2.1 Locatie Maascenter.....	44
5.6.2.2 Locatie Haven Buiten.....	45
5.7 CREËREN STROOMBEELDEN VOOR DOOD EN GEMIDDELD TIJ	47
5.7.1 Beschrijving van de methode	47
5.7.2 Kritische noten bij de beschreven methode.....	49
5.8 OPMERKINGEN MET BETREKKING TOT DE STROOMBEREKENINGEN	50
6. UITVOEREN SIMULATIES MET SHIPMA.....	51
6.1 INLEIDING	51
6.2 OVERZICHT VERSCHILLENDE CONDITIES	52
6.3 KOPPELEN STROOMBEELDEN AAN SIMULATIES	54
6.4 UITVOEREN VAN RUNS	58
6.4.1 Toerentallen en snelheden	58
6.4.2 Beginwaarden	59
6.4.3 Anticipatie-lengte.....	59
6.5 PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN	60
7. ANALYSE VAN DE FAST-TIME SIMULATIES	61
7.1 ALGEMEEN.....	61
7.2 VERSCHILLENDE PARAMETERS T.B.V. BEOORDELING	62
7.3 PRESENTATIE PLOTS.....	63
7.3.1 Flowplots	63
7.3.2 Trackplots	63
7.3.3 Dataplots	64
7.4 ONNAUWKEURIGHEDEN	65
7.5 ANALYSES VOOR DE VERSCHILLENDE CONDITIES.....	66
7.5.1 NW-wind, schip 2, springtij	66
7.5.2 ZW-wind, schip 2, springtij.....	67
7.5.3 Andere condities	70
7.5.3.1 Verschillende scheepsklassen.....	70
7.5.3.2 Verschillende astroklassen	70
7.6 CONCLUSIES	71
8. AANGEVEN STRATEGIE VOOR VERDER ONDERZOEK.....	72
8.1 INLEIDING	72
8.2 STROOMBEELDEN VOOR VERSCHILLENDE CONDITIES	73
8.3 KOPPELING TUSSEN STROOMBEELDEN EN VOORSPELLINGEN.....	74
8.3.1 Koppeling aan voorspelling van astroklasse, windrichting en -snelheid	74
8.3.2 Koppeling aan voorspellingen voor verticaal beleid in HARAP	77
8.3.3 Koppeling aan stroommetingen in één punt	78
8.3.4 Koppeling aan voorspelling via neurale netwerk	79



8.3.5 Conclusie	79
8.4 IMPLEMENTATIE IN HARAP.....	80
8.4.1 Rechtstreeks stroombeelden invoeren in HARAP	80
8.4.2 Simulaties uitvoeren.....	81
8.4.3 Vergelijking methoden directe invoer stroombeelden < = > simulaties	82
8.5 AANPASSEN HARAP	84
8.6 AANGEPASTE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES	86
8.6.1 Inleiding.....	86
8.6.2 Vaststelling klassen	87
8.6.3 Dwaarsstroombeperkingen	87
8.6.4 Resulterende tijpoorten	88
8.6.4.1 Tijpoorten voor astro 3, meteo 1, scheepsklasse B15 / B19 en windklasse NW4	88
8.6.4.2 Tijpoorten voor astro 3, meteo 1, scheepsklasse B15 / B19 en windklasse ZW4.....	90
8.6.5 Vergelijking tussen huidige en aangepaste tijpoorten.....	92
9. FINANCIËLE ASPECTEN	93
9.1 INLEIDING	93
9.2 KOSTEN BERGE STAHL VOOR GETIJ OVERLIGGEN.....	94
10. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	96
10.1 CONCLUSIES	96
10.2 AANBEVELINGEN.....	98
LITERATUUR	99



LIJST MET FIGUREN

FIGUUR 3-1 : OVERZICHT EURO- EN MAASGEUL	16
FIGUUR 3-2 : OVERZICHT BINNENGEBIED	17
FIGUUR 4-1 : MAATGEVEND GEBIED VOOR UITVOEREN SIMULATIES.....	26
FIGUUR 4-2 : DIEPTELIJNEN EN GOLFRICHTINGEN IN DE MAASMOND.....	29
FIGUUR 5-1 : STROOMSNELHEDEN EN -RICHTINGEN BIJ NW-WIND VOOR DRIE VERSCHILLENDE LOCATIES.....	42
FIGUUR 5-2 : STROOMSNELHEDEN EN -RICHTINGEN BIJ ZW-WIND VOOR DRIE VERSCHILLENDE LOCATIES	43
FIGUUR 5-3 : VERGELIJKING STROOMKROMMEN RIJMAMO EN HARAP VOOR NW-WIND BIJ LOCATIE MAASCENTER	44
FIGUUR 5-4 : VERGELIJKING STROOMKROMMEN RIJMAMO EN HARAP VOOR ZW-WIND BIJ LOCATIE MAASCENTER.....	44
FIGUUR 5-5 : VERGELIJKING STROOMKROMMEN NW-WIND BIJ LOCATIE HAVEN BUITEN	45
FIGUUR 5-6 : VERGELIJKING STROOMKROMMEN ZW-WIND BIJ LOCATIE HAVEN BUITEN.....	45
FIGUUR 5-7 : STROOMSNELHEDEN VOOR VERSCHILLENDE ASTROKLASSEN IN HARAP BIJ LOCATIE HAVEN BUITEN	47
FIGUUR 6-8 : KOPPELING STROOMBEELDEN AAN SIMULATIE.....	54
FIGUUR 6-9 : ALTERNATIEF KOPPELING STROOMBEELD AAN SIMULATIE	55
FIGUUR 6-10 : INVLOEDEN VOOR EN NA TIJDSTIP VAN MAXIMALE STROMING	56



LIJST MET TABELLEN

TABEL 3-1 : VOORBEELD TIJPOORTTABEL	18
TABEL 4-1 : COÖRDINATEN IN SHIPMA GRID VAN EEN AANTAL BELANGRIJKE PUNTEN	27
TABEL 4-2 : GEGEVENS DIEPTEGRID	27
TABEL 4-3 : HUIDIGE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES (SNELLE VAART)	34
TABEL 4-4 : HUIDIGE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES (GEMIDDELTE VAART)	34
TABEL 4-5 : HUIDIGE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES (LANGZAME VAART)	35
TABEL 4-6 : OVERLIGPERCENTAGE EN DOWNTIME IN PROCENTEN	35
TABEL 5-1 : TIJDSTIPPEN T.O.V. HOOGWATER BIJ HOEK VAN HOLLAND	40
TABEL 5-2 : TIDAL FACTOREN	48
TABEL 6-1 : OVERZICHT VERSCHILLENDE SIMULATIES	53
TABEL 6-2 : INDELING VAARTRAJECT IN DRIE DELEN	54
TABEL 6-3 : GEGEVENS STROMINGSGRID	57
TABEL 6-4 : SNELHEIDSREGIME DIEPSTEKENDE SCHEPEN	58
TABEL 6-5 : MOGELIJKE TOERENTALLEN VOOR DE BETREFFENDE SCHEPEN	58
TABEL 6-6 : MOGELIJKE TOERENTALLEN IN EERSTE DEEL VAN HET TRAJECT	59
TABEL 6-7 : MOGELIJKE TOERENTALLEN IN TWEEDE SECTIE VAN HET TRAJECT	59
TABEL 7-1 : OVERZICHT VOORKOMENDE GROOTHEDEN IN DATAPLOTS	64
TABEL 7-2 : OVERZICHT RUNS NW-WIND, SCHIP 2, SPRINGTIJ	66
TABEL 7-3 : OVERZICHT RUNS NW-WIND, SCHIP 2, SPRINGTIJ, HOGE SNELHEID	67
TABEL 7-4 : OVERZICHT RUNS ZW-WIND, SCHIP 2, SPRINGTIJ	68
TABEL 7-5 : OVERZICHT RUNS ZW-WIND, SCHIP 2, SPRINGTIJ, HOGE SNELHEID	68
TABEL 7-6 : BEREKENING SNELHEID VAN HET SCHIP T.O.V. HET WATER	69
TABEL 8-1 : INDELING WINDRICHTING IN 8 KLASSEN	74
TABEL 8-2 : INDELING WINDSNELHEDEN IN 4 KLASSEN	75
TABEL 8-3 : ALTERNATIEF VOOR INDELING IN WINDKLASSEN	75
TABEL 8-4 : DWARSSTROOMBEPERKINGEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES	87
TABEL 8-5 : RESULTERENDE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES VAN NW-WIND (SNELLE VAART)	88
TABEL 8-6 : RESULTERENDE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES VAN NW-WIND (GEMIDDELTE VAART)	88
TABEL 8-7 : RESULTERENDE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES VAN NW-WIND (LANGZAME VAART)	89
TABEL 8-8 : OVERLIGPERCENTAGE EN DOWNTIME IN PROCENTEN	89
TABEL 8-9 : RESULTERENDE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES VAN ZW-WIND (SNELLE VAART)	90
TABEL 8-10 : RESULTERENDE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES VAN ZW-WIND (GEMIDDELTE VAART)	90
TABEL 8-11 : RESULTERENDE TIJPOORTEN VOOR GESIMULEERDE CONDITIES VAN ZW-WIND (LANGZAME VAART)	91
TABEL 8-12 : OVERLIGPERCENTAGE EN DOWNTIME IN PROCENTEN	91
TABEL 8-13 : OVERZICHT OVERLIGPERCENTAGE EN DOWNTIME VOLGENS HUIDIG EN AANGEPAST BELEID	92



LIJST MET BIJLAGEN

- Bijlage A : Huidige toelatingsregeling
- Bijlage B : Beschrijving fast-time simulatie programma SHIPMA
- Bijlage C : Beschrijving van de gesimuleerde schepen
- Bijlage D : SHIPMA grid
- Bijlage E : Tabel met parameters t.b.v. korte golf berekeningen
- Bijlage F : Dwarsprofielen t.b.v. bepalen oeverzuiging
- Bijlage G : Roosters voor verschillende stroommodellen
- Bijlage H : Parameterinstellingen RIJMAMO
- Bijlage I : Totaal overzicht simulatie runs
- Bijlage J : Flowplots
- Bijlage J-I : Flowplots voor NW-wind, springtij, stap 30 t/m 4 l
 - Bijlage J-II : Flowplots voor ZW-wind, springtij, stap 30 t/m 4 l
- Bijlage K : Trackplots
- Bijlage K-I : Trackplots voor NW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 4 l
 - Bijlage K-II : Trackplots voor NW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 4 l
 - Bijlage K-III : Trackplots voor ZW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 4 l
 - Bijlage K-IV : Trackplots voor ZW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 4 l
- Bijlage L : Dataplots van runs voor normaal snelheidsregime
- Bijlage L-I : Dataplots normaal snelheidsregime voor NW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 4 l
 - Bijlage L-II : Dataplots normaal snelheidsregime voor NW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 4 l
 - Bijlage L-III : Dataplots normaal snelheidsregime voor ZW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 4 l
 - Bijlage L-IV : Dataplots normaal snelheidsregime voor ZW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 4 l
- Bijlage M : Dataplots van runs voor hoog snelheidsregime
- Bijlage M-I : Dataplots hoog snelheidsregime voor NW-wind, schip 2, springtij, stap 36 t/m 39
 - Bijlage M-II : Dataplots hoog snelheidsregime voor ZW-wind, schip 2, springtij, stap 31 t/m 39
- Bijlage N : Dataplots vergelijkingsruns schip 1 en schip 2
- Bijlage N-I : Dataplots vergelijkingsruns schip 1 en 2 voor NW-wind, springtij, stap 30, 37 en 4 l
 - Bijlage N-II : Dataplots vergelijkingsruns schip 1 en 2 voor ZW-wind, springtij, stap 30, 34 en 4 l
- Bijlage O : Dataplots vergelijkingsruns dood, gemiddeld en springtij
- Bijlage O-I : Dataplots vgl. runs dood, gem. en springtij voor NW-wind, springtij, stap 30, 35 en 4 l
 - Bijlage O-II : Dataplots vgl. runs dood, gem. en springtij voor ZW-wind, springtij, stap 30, 35 en 4 l



UITDRUKKINGEN EN AFKORTINGEN

<i>agger</i>	Een geringe rijzing van het water, gedurende een laagwater, dat daardoor uiteen valt in twee laagwaterstanden. Dit verschijnsel doet zich bij Hoek van Holland voor.
<i>astronomisch getij</i>	Het getij zoals uitsluitend bepaald door invloeden van de hemellichamen.
<i>bruto kielspeling</i>	De waterkolom onder het stilliggende schip.
<i>contractdiepte</i>	Een door Gemeente Werken Rotterdam gehanteerde term overeenkomend met de term streefdiepte.
<i>downtime</i>	Het over alle omstandigheden gemiddelde percentage van de tijdsduur van een getijcyclus dat er geen opvaart meer mogelijk is.
<i>Eurogeul</i>	Gedeelte van toegangsgeul tot haven van Rotterdam.
<i>gem. LLWS</i>	Gemiddeld laag laag water spring.
<i>getijslag</i>	Het getijverschil van het hoogwater van binnenkomst en het voorafgaande laagwater. $\text{Getijslag} = \text{HW} - \text{LW}$ Rekenvoorbeeld: $145 - [-73] = 218 \text{ cm}$. De getijslag wordt bij hoek van Holland bepaald m.b.v. astronomische waterstanden. De getijslag is nodig voor de bepaling van de astroklasse.
<i>Maasgeul</i>	Gedeelte van toegangsgeul tot haven van Rotterdam.
<i>m.v.</i>	Middenstandsvlak.
<i>netto kielspeling</i>	De waterkolom onder het varende schip in vlak water.
<i>overliggen</i>	Een tij wachten ten gevolge van te lage waterstand en/of een te hoge H_{E10} waarde.
<i>overligpercentage</i>	Het deel van de getijden, waarop in het geheel geen tijpoort afgegeven kan worden.
<i>run identifier</i>	De run identifier moet gespecificeerd worden door de gebruiker van het fast-time simulatie programma als een eerste actie na het opstarten van het programma. Het wordt gebruikt om een unieke naam te geven aan de uitvoer bestanden van elke SHIPMA run. De maximale lengte van de run identifier is 8 karakters.
<i>slagmidden</i>	Het rekenkundig gemiddelde van een hoogwater en het voorafgaande laagwater. $\text{Slagmidden} = (\text{HW} + \text{LW}) / 2$ Het slagmidden wordt bij Europlatform en Hoek van Holland bepaald m.b.v. astronomische waterstanden. De twee berekende slagmiddens worden gesommeerd met de verwachte meteo-effecten bij Europlatform resp. Hoek van Hol-



land om de meteoklasse(n) te kunnen bepalen. Van deze twee meteoklassen is die met het hoogste klassennummer maatgevend.

streepdiepte

De gegarandeerde bovenmaat van de nautisch noodzakelijk berekende diepte.

tidal factor

Factor waarmee alle stroomvectoren in de SHIPMA grid vermenigvuldigd worden. De grootte van de snelheid verandert hierdoor, de richting van de snelheidsvectoren blijft gelijk.

tijnaad

De scheidingszone tussen de uitstromende rivierafvoer en de getijstroom langs de Nederlandse kust.

tijpoort

De tijdsperiode gedurende welke een tijgebonden schip Eurogeul 57 km of het Lage Licht kan passeren.

tijvenster

De tijd tussen openen tijpoort Eurogeul 57 km en sluiten tijpoort Lage Licht.



I. INLEIDING

De laatste jaren staat de toegankelijkheid vanuit zee van de West-Europese havens weer in de belangstelling. Tijdens de zestiger en zeventiger jaren ontstond een duidelijke scheiding tussen havens die wel en havens die niet konden inspelen op de schaalvergroting van de bulkcarriers. Tot de late vijftiger jaren bijvoorbeeld was de maximale diepgang in de havens van Rotterdam, Antwerpen, en Hamburg ongeveer hetzelfde, nl. ongeveer 40 voet. Gedurende de volgende decennia, hield de maximale diepgang in de havens van Rotterdam tred met de enorme schaalvergroting van de ruwe olie tankers en bulk carriers.

Vanwege de bijzonder goede toegankelijkheid voor grote, diepstekende schepen heeft Rotterdam een sterke concurrentiepositie in het bulk vervoer in het gebied tussen Hamburg en Le Havre. Dankzij de constructie en de consequente baggerwerkzaamheden in de Euro- en Maasgeul, kunnen sinds 1987 schepen met een maximale diepgang van 22,55 m (74 voet) de haven binnen lopen.

Elk jaar komen ongeveer 350 geulgebonden schepen (diepgang groter dan 17,4 m) de haven van Rotterdam binnen, de meesten geladen met ruwe olie of erts. Het belang van het grote schip kan geïllustreerd worden aan de hand van de hoeveelheid lading die deze schepen jaarlijks binnen brengen; totaal ongeveer 65 miljoen ton / jaar. Deze schepen zijn verantwoordelijk voor 20-25% van de totale verscheping in de haven van Rotterdam.

Schepen met dergelijke afmetingen (diepgang) mogen niet te allen tijde de haven binnen varen, en schepen met een diepgang groter dan 20 m dienen zich aan zogenaamde tijpoorten te houden. Deze tijpoorten geven via tijdstippen dat een schip een zeker punt mag passeren aan wat de opvaartijdstippen voor het betreffende schip zijn. Deze tijden zijn afhankelijk van de waterstanden, golfbewegingen en type schip.

Voor schepen tot een diepgang van 21,95 m worden deze tijpoorten bepaald uit berekeningen op basis van enkel de verticale bewegingen. Voor schepen met een diepgang vanaf 21,95 meter wordt naast de verticale beperking tevens een beperking van de opvaartijdstippen ingevoerd als gevolg van de dwarsstroom, de zogeheten dwarsstroombeperking. Deze dwarsstroombeperking komt in de huidige berekening van de tijpoorten voor als een vaste waarde, ongeacht welk stroombeeld optreedt.

In dit onderzoek wordt bekeken of het mogelijk is de dwarsstroombeperking aan te passen, waarbij beter rekening gehouden wordt met de verschillende optredende stroombeelden als gevolg van variërende condities. In de hoofdstukken 2 en 3 vindt een probleemanalyse plaats en wordt een overzicht van het betreffende gebied gegeven. De opzet van het onderzoek wordt in hoofdstuk 4 besproken, waarna in hoofdstuk 5 het gebruikte model voor de stroommodellering wordt behandeld. In hoofdstuk 6 komt het uitvoeren van de simulaties aan bod, in hoofdstuk 7 de resultaten van deze simulaties. Het ontwikkelen van een strategie aan de hand waarvan in verder onderzoek het horizontale toelatingsbeleid het beste aangepast kan worden, gebeurt in hoofdstuk 8.

Een aanpassing van het horizontale beleid zal als gevolg van de tijdswinst die wordt geboekt, ook financiële voordelen opleveren. Hierover zal in hoofdstuk 9 iets gezegd worden. Tenslotte worden in hoofdstuk 10 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.



2. PROBLEEMANALYSE

2.1 Huidig beleid

In de huidige situatie worden met het PC-programmapakket HARAP (HARbour APproach) berekeningen gemaakt voor de toelatingsregeling. De berekeningen zijn gebaseerd op de verticale beweging van een schip (het zogenaamde verticale beleid) alsook op de horizontale (het zogenaamde horizontale beleid). De uitkomsten van de berekeningen worden gepresenteerd in tijpoorttabellen, waarin de tijden waarop een schip mag opvaren, staan aangegeven.

Het verticale beleid wordt berekend volgens probabilistische rekenmethoden, welke rekening houdt met een bekende scheepsklasse, en voorspellingen voor astro-, meteo-, en golfklasse. In deze probabilistische rekenmethoden wordt het gemiddelde en de spreiding van de klassen betrokken.

Het horizontale beleid komt in HARAP voor in de vorm van een dwarsstroombeperking, en ziet er als volgt uit: voor schepen met een grotere diepgang dan 21,95 meter (72 voet) is passage Lage Licht uitgesloten tussen 0 en 2,5 uur ná hoogwater bij Hoek van Holland. Deze dwarsstroombeperking is een vaste waarde, en is onafhankelijk van de verschillende stroombeelden ter plaatse van de Maasmond, welke ontstaan door optreden van verschillende astronomische getijden (dood, gemiddeld of springtij) en invloeden van verschillende windcondities.

Voor schepen met een diepgang die kleiner is dan 21,95 meter, geldt geen dwarsstroombeperking.

Een complete beschrijving van de huidige toelatingsregeling wordt gegeven in bijlage A.

2.2 Probleembeschrijving

In HARAP worden de tijpoorten berekend uit een combinatie van horizontale en verticale bewegingen. De toelatingsregeling die is gebaseerd op de verticale bewegingen wordt reeds nauwkeurig bepaald via probabilistische rekenmethoden, aan de hand van veiligheidscriteria en voorspellingen voor astro-, meteo-, scheeps- en golfklasse, terwijl de toelatingsregeling gebaseerd op de horizontale beweging in HARAP voorkomt als een vaste dwarsstroombeperking voor schepen met een grotere diepgang dan 21,95 m.

De reden van het globale horizontale toelatingsbeleid is een gebrek aan gegevens over het gecompliceerde stroombeeld in de Maasmond en de moeilijkheid van het voorspellen hiervan.

Het gevolg is dat het voorkomt dat schepen praktisch gezien zonder problemen zouden kunnen binnenvaren (denk bijvoorbeeld aan een situatie met dood tij, wanneer lagere stroomsnelheden optreden dan bij springtij), echter dat ze moeten wachten omdat de huidige toelatingsregeling dit voorschrijft. Gezocht wordt naar een methode om de toelatingsregeling gebaseerd op de horizontale beweging te verbeteren.



2.3 Doelstelling

Het doel is om na te gaan of het mogelijk is om, en zo ja op welke wijze, de vaste dwarsstroombeperking welke nu in HARAP is ingevoerd als één vaste periode dat passage Lage licht is uitgesloten om te zetten naar een variabele dwarsstroombeperking, welke afhankelijk is van het optredende stroombeeld in de Maasmond. Alvorens hiervoor een methode te ontwikkelen, zal eerst aangetoond moeten worden dat met een dergelijke aanpassing überhaupt tijdwinst geboekt kan worden, waardoor een verruiming van de tijpoorten bewerkstelligd wordt.

2.4 Methode van aanpak

In dit project zal voor een aantal scheepsklassen simulaties worden uitgevoerd van de invaart van de haven van Rotterdam. Bij deze simulaties is het belangrijkste de invoer van stroombeelden voor verschillende optredende condities.

De resultaten van de simulaties worden geanalyseerd, waaruit voor gesimuleerde omstandigheden perioden volgen dat passage Lage Licht onmogelijk is. Uit een vergelijking met de huidige dwarsstroombeperking kan geconcludeerd worden of het zinvol is om deze aan te passen. Als dit laatste het geval is zal aangegeven op welke wijze deze aanpassing tot stand kan komen, en hoe dit geïmplementeerd kan worden in de huidige berekeningen van de tijpoorten.

2.5 Randvoorwaarden en beperkingen

Voor het onderzoek worden de volgende randvoorwaarden en beperkingen gebruikt:

- Dit onderzoek heeft alleen betrekking op de haven van Rotterdam. Eventueel kan de methode van aanpak algemeen toepasbaar gemaakt worden, waardoor het ook gebruikt kan worden in andere havens, waar de situatie vergelijkbaar is met die van Rotterdam.
- Hoewel het uiteindelijke doel is om te komen tot het aanbieden aan schepen van een tijpoort die is gebaseerd op een combinatie van horizontaal en verticaal beleid, zal in dit rapport alleen gekeken worden naar een verbetering van het horizontale beleid. Voor de verticale bewegingen zal het huidige beleid gebruikt worden.
- De invloed van de wind is een belangrijke factor bij het beïnvloeden van het vaargedrag van schepen. In dit onderzoek, waar het gaat om schepen met een diepgang van ongeveer 22 m, welke relatief weinig oppervlakte boven de waterspiegel hebben waarop de wind vat heeft, is deze invloed echter niet van betekenis en wordt om deze reden buiten beschouwing gelaten bij het uitvoeren van de simulaties.
De invloed van wind is echter wel meegenomen in het genereren van de stroombeelden.
- Simulaties worden slechts uitgevoerd voor het gedeelte van de vaargeul waar de dwarsstroming als gevolg van grote waarden voor problemen zorgt. Uit praktijkervaring is bekend dat dit het gedeelte juist voor de ingang van de haven is.

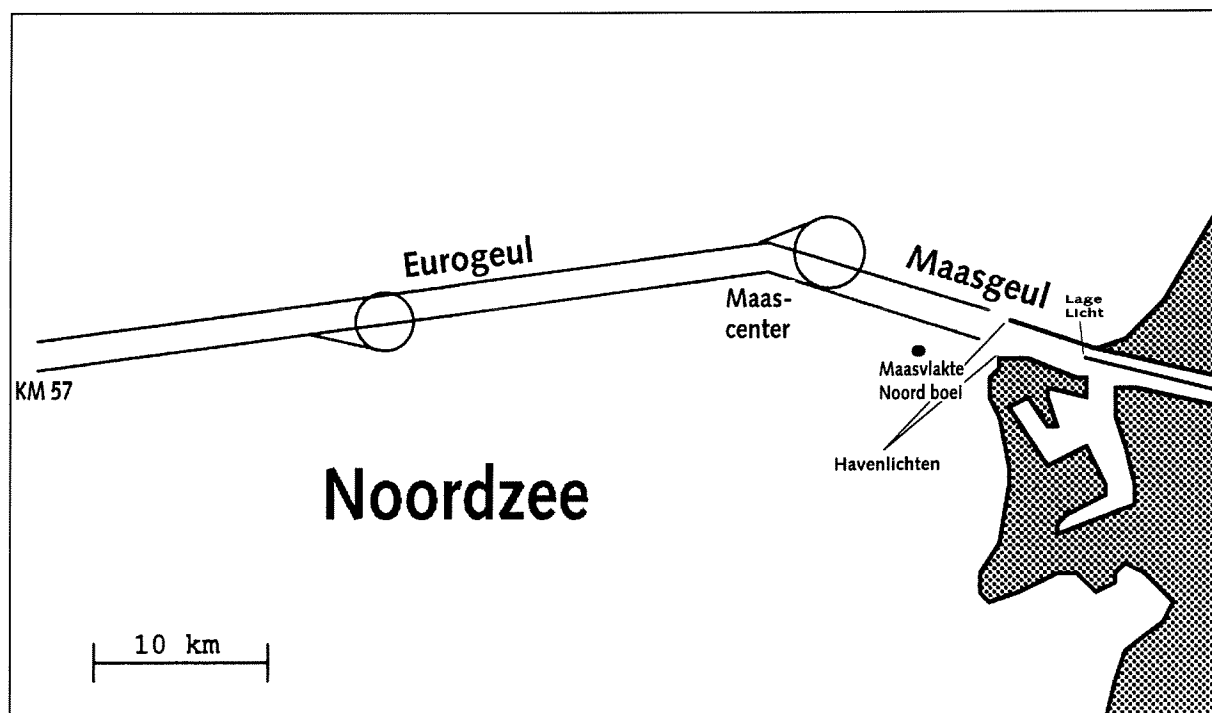


3. SITUATIEBESCHRIJVING

3.1 Geul- en havenmond schematisatie

Bron: lit. [2]

Vanaf de Noordzee kan de haven van Rotterdam bereikt worden via de Euro- en Maasgeul (zie *figuur 3-1*). De totale lengte van de Euro- en Maasgeul, gerekend van de Eurogeul km 57 tot aan de havenhoofden bij Hoek van Holland, bedraagt 57 km ($\cong$ 31 mijl).



figuur 3-1 : Overzicht Euro- en Maasgeul

De Eurogeul is 45,65 km ($\cong$ 25 mijl) lang en 600 m breed. De richting oostgaand is $82,5^\circ$ rw. De bodem van de Eurogeul heeft vanaf km 57 tot km 22,5 een zandgolfkarakter. Verder in oostelijke richting wordt de bodem steeds vlakker.

Langs de Eurogeul zijn drie keerplaatsen aangelegd, met een diameter van 2700 m. De eerste, welke niet voorkomt in *figuur 3-1*, bevindt zich in de Maas West Outer V.S.S. bij de ingang van de Eurogeul (streefdiepte : LLWS - 25,10 m). De tweede bevindt zich halverwege, aan de zuidzijde van de Eurogeul, tussen de boeien E7 en E9 (streefdiepte : LLWS - 24,40 m). Deze keerplaats halverwege de Eurogeul kan in noodgevallen dienst doen als ankerplaats voor schepen met een diepgang tot 21,35 m (70 voet). De derde keerplaats bevindt zich O.N.O. van de Maas Center boei (streefdiepte : LLWS -23,10 m). Binnen



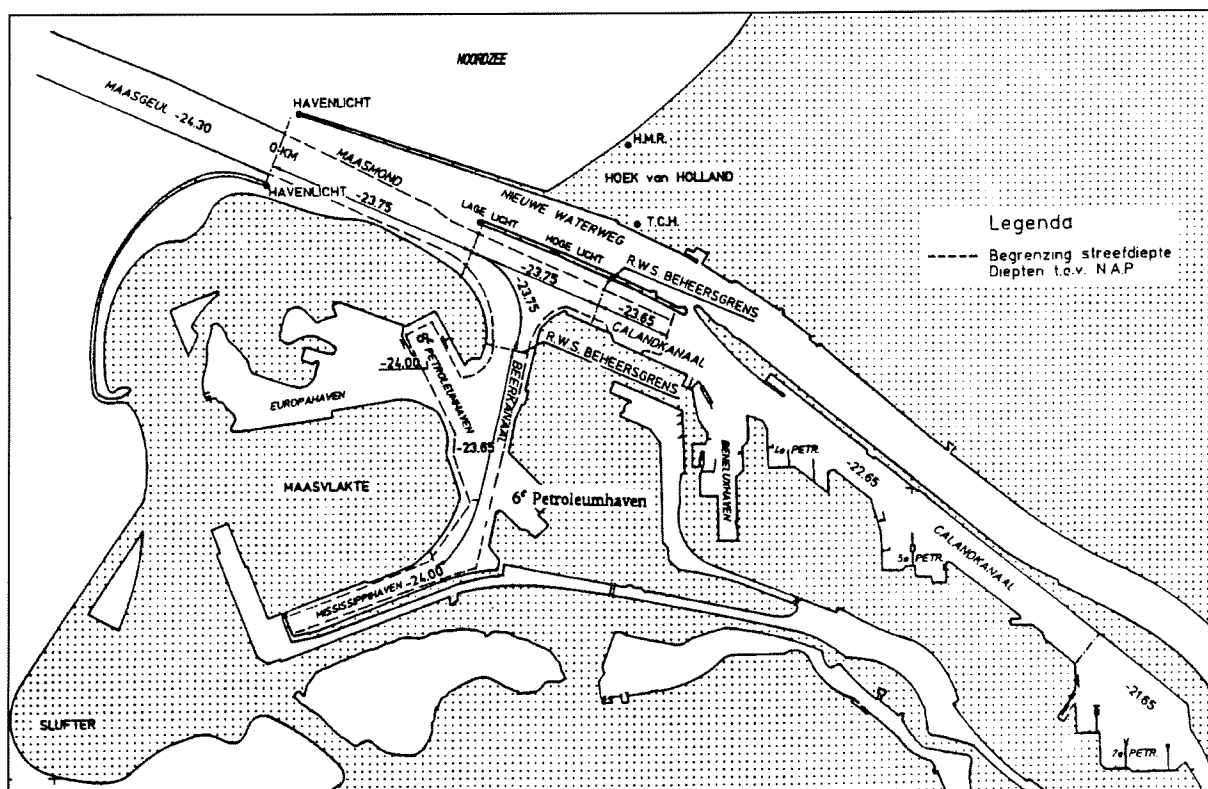
laatstgenoemde keerplaats bevindt zich aan de westzijde een cirkelvormig gedeelte met een diameter van 1600 m, waar een diepstekend schip in noodgevallen kan ankeren om een tij over te liggen (streefdiepte : LLWS -24,70 m).

Aan weerszijden van de Europeul ligt een 300 m brede berm (diepte : LLWS -22,00 m tot LLWS -22,10 m). Uit simulatieonderzoek is gebleken dat oplopen en ontmoeten in een 600 m brede vaargeul niet onmogelijk is, maar veiligheidshalve moet worden vermeden. Wanneer oploop- of ontmoetingsmanoeuvres onvermijdelijk zijn, kan gebruik worden gemaakt van de berm(en). Het varen boven de berm(en) is alleen verantwoord als is vastgesteld dat er voldoende kielspeling aanwezig is. Schepen met een diepgang tot en met 21,35 m (70 voet) mogen alleen in bijzondere gevallen, zoals bij oplopen of ontmoeten, van de berm(en) gebruik maken. Schepen die dieper steken dan 21,35 m (70 voet) dienen te allen tijde binnen de 600 m brede Europeul te blijven.

De Maasgeul, richting 112° rw, is 11,35 km ($\approx$ 6 mijl) lang, terwijl de breedte afneemt van 600 m bij de Maas Center boei tot 500 m in de havenmond. Op een afstand van ongeveer 3 kilometer voor de Havenlichten aan de zuidkant van de Maasgeul bevindt zich locatie Maasvlakte Noord. De bodem van de Maasgeul is vrijwel vlak. De Maasgeul wordt bevaren in de witte lichtenlijn 112° rw. De invaart naar de Europeul wordt gedekt door een groene lichtenlijn 116° rw. De Maasgeul heeft geen berm(en).

Ter weerszijden van de Maasmond, waar de Geul een breedte heeft van 500 m, staan twee zwart/wit horizontaal gestreepte havenlichten. Vanaf de havenhoofden tot aan de technische beheersgrenzen van RWS / GHR is de streefdiepte NAP -23,75 m.

Het Binnengebied bestaat uit Maasmond, het Calandkanaal, het Beerkanaal met de daaraan gelegen havens en ligplaatsen (zie *figuur 3-2*).



figuur 3-2 : Overzicht Binnengebied

3.2 Tijpoorten, overligpercentage en downtime

Zoals eerder gezegd worden met HARAP berekeningen uitgevoerd, waaruit tijpoorten resulteren voor verschillende combinaties van astro-, meteo-, scheeps- en golfklasse. Bij deze berekeningen geldt het volgende:

- voor schepen met een diepgang tot 21,95 m worden de tijpoorten slechts bepaald uit de verticale bewegingen van het schip, waarbij de totale kans op raken van de bodem over een groot aantal opvaarten en een groot aantal jaren een bepaalde waarde niet mag overschrijden,
- voor schepen met een diepgang vanaf 21,95 m geldt dat de tijpoorten worden bepaald uit een combinatie van de verticale beweging alsook de horizontale beweging van het schip. Met de horizontale beweging wordt bedoeld de hoekverdraaiing die het schip ondergaat als gevolg van de dwarsstroom juist voor de havenmond ten tijde van eb- en vloed.

In tijpoorttabellen worden de resultaten van de tijpoortberekeningen weergegeven, waaruit voor een zekere astro-, meteo-, scheeps- en golfklasse bepaald kan worden wat de bijbehorende tijpoort is.

In onderstaande tabel wordt voor een compleet willekeurige combinatie van astroklasse, meteoklasse en scheepsklasse de tijpoorten gegeven voor de verschillende golfklassen. Deze willekeurige combinatie ziet er als volgt uit:

astroklasse : I
meteoklasse : 3
scheepsklasse : B17
snelheidsregime : snel

Met het snelheidsregime wordt het volgende bedoeld: voor schepen met een diepgang groter dan 21,95 meter wordt onderscheid gemaakt tussen snelvarend, met gemiddelde snelheid varende, of langzaam varende. Voor deze drie snelheidsregimes worden als gevolg hiervan verschillende tijpoorten uitgegeven. Nader uitleg over snelle, gemiddelde en langzame vaart wordt gegeven in bijlage A.

SCHEEPSKLASSE B17		
H _{E10}	open	sluit
1	-04:15	-03:30
2	-04:15	-03:30
3	-04:00	-03:30
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

tabel 3-1: Voorbeeld tijpoorttabel

In de meest linkse kolom staan de verschillende golfklassen uitgezet. De tweede kolom geeft de tijd aan waarop de tijpoort open gaat, de derde kolom geeft de tijd van sluiten van de tijpoort aan. Indien geen tijd



staat aangegeven in de tweede en derde kolom, betekent dit dat voor deze golfklassen geen tijpoort uitgegeven is, waardoor het schip niet kan opvaren indien deze golfklasse wordt voorspeld.

De tijden van openen en sluiten worden gegeven als perioden dat het schip het punt km 57 mag passeren, en worden uitgedrukt ten opzichte van hoogwater bij Hoek van Holland.

Voor scheepsklasse B17 bijvoorbeeld geldt dat als het schip onder de omstandigheden van de willekeurig gekozen klassen de haven wil binnen varen, en golfklasse 2 wordt voorspeld, het schip het punt km 57 enkel mag passeren tussen 4 uur en 15 minuten en 3 uur en 30 minuten vóór hoogwater bij Hoek van Holland. Met een bekende vaartijd van 3 en een half uur van Eurogeul km 57 tot het Lage Licht, is te zien dat het schip het Lage Licht mag passeren tot hoogwater bij Hoek van Holland, precies het tijdstip waarop de dwarsstroombeperking in werking treedt.

De tijpoorten zelf zeggen weinig over de daadwerkelijke toegankelijkheid van een haven; hiervoor worden de termen overligpercentage en downtime gebruikt. Deze termen hebben de volgende betekenis:

overligpercentage Het deel van de getijden, waarop in het geheel geen tijpoort afgegeven kan worden. Een overligpercentage van 25 % bijvoorbeeld betekent dat voor de betreffende scheepsklasse geldt dat 1 op de 4 getijden geen tijpoort kan worden afgegeven.

downtime Het over alle omstandigheden gemiddelde percentage van de tijdsduur van een getijcyclus dat er geen opvaart meer mogelijk is. Bij een bekende tijdsduur van een getijcyclus van 12 uur en 25 minuten, betekent een downtime van bijvoorbeeld 75 % dat de gemiddelde tijpoort die wordt uitgegeven een lengte heeft van 3 uur en 6 minuten.

Overligpercentage en downtime worden per scheepsklasse en voor de verschillende snelheidsregimes binnen een scheepsklasse met HARAP berekend.



3.3 Beschrijving dwarsstroombeperking en stroomcriterium

Het huidige horizontale beleid komt bij de berekeningen van de tijpoorten met HARAP voor in de vorm van een dwarsstroombeperking, en ziet er als volgt uit: voor schepen met een grotere diepgang dan 21,95 meter (72 voet) is passage Lage Licht uitgesloten tussen 0 en 2,5 uur na hoogwater bij Hoek van Holland. Deze dwarsstroombeperking is een vaste waarde, en is onafhankelijk van de verschillende stroombeelden ter plaatse van de Maasmond, welke ontstaan door optreden van verschillende astronomisch getijden (dood, gemiddeld of springtij) en invloeden van verschillende windcondities.

De achtergrond van deze dwarsstroombeperking komt voort uit een overschrijding van de maximale dwarsstroom in het gebied juist vóór de havenmond van Rotterdam. Door loodsen wordt in dit gebied een maximale opstuurhoek van 18 ° geadviseerd (zie notitie van P. den Butter en M. van Hilten in lit), wat in combinatie met een vaart door het water van 2,75 m/s een waarde voor de maximale dwarsstroom oplevert van 0,85 m/s. Uit stroomatlassen alsook uit praktijkervaring van loodsen volgt dat deze waarde wordt overschreden in het betreffende gebied bij springtij, en af en toe ook bij gemiddeld getij en dood tij als gevolg van meteorologische omstandigheden. Gezien de tijdsperioden waarop de overschrijdingen plaats vinden, wordt geadviseerd de passage van het betreffende gebied uit te sluiten van een half uur vóór tot 2 uur ná hoogwater Hoek van Holland. Bij een vaartijd van een half uur tot Lage Licht, geeft dit dat passage Lage Licht wordt uitgesloten van hoogwater tot 2,5 uur ná hoogwater Hoek van Holland.

Beschrijving stroomcriterium in HARAP

Hoewel toepassing van het stroomcriterium in het huidige beleid gebeurt volgens uitsluiting van de passage van een bepaald gedeelte van de geul (in dit geval het Lage Licht) voor een zekere periode, is het in HARAP mogelijk het stroomcriterium toe te passen op de volgende twee manieren:

1. als de stroomsnelheid een bepaalde waarde overschrijdt; in een bestand kunnen bepaalde delen van een geul worden uitgesloten als de stroomsnelheid een bepaalde waarde overschrijdt. In dit bestand wordt de snelheid opgegeven waarboven een schip niet meer mag varen in een geul-traject, en dus in het geheel niet mag opvaren voor het opvaartijdstip waarop dit voorvalt. Voor de toetsing van deze maximale waarde worden bestanden gebruikt, waarin voor verschillende locaties de waarden van de stroomsnelheden en -richtingen staan uitgezet tegen de tijd, alsook de waterstand.
2. het gebruik uit te sluiten gedurende een bepaald tijdsinterval; het is ook mogelijk een schip te verbieden op een bepaald deel van de geul te varen gedurende een bepaald tijdsdeel. De tijdstippen van opening en sluiting worden opgegeven t.o.v. hoogwater bij Hoek van Holland.

Het is duidelijk dat in de huidige tijpoort berekeningen gebruik wordt gemaakt van de tweede mogelijkheid.

Ondanks dat van de eerste mogelijkheid geen gebruik wordt gemaakt voor het bepalen van de dwarsstroombeperking, komen in HARAP toch stroomkrommen voor verschillende locaties voor. De reden hiervan is dat stroomkrommen tevens nodig zijn voor:

- het berekenen van de snelheid van het schip t.o.v. het water uit de snelheid t.o.v. de grond, en de stroomsnelheid t.o.v. de grond,



- het berekenen van de squat uit de snelheid van het schip t.o.v. het water.

De stroomkrommen komen voor in zogenaamde '.ast ' bestanden. Hierin staan voor verschillende tijdstippen t.o.v. hoog water Hoek van Holland en verschillende astronomische getijklassen waarden voor de volgende parameters:

- waterstand,
- stroomsnelheid,
- stroomrichting.

De stroomkrommen zijn gegeven voor 5 locaties, te weten (zie paragraaf 3.1 voor de ligging van de verschillende locaties):

- locatie Haven Buiten (grens tussen Maasgeul en Binnengebied),
- locatie Haven Binnen (zelfde positie als locatie Haven Buiten, met dit verschil dat voor de locatie Haven Binnen geen waarde voor de stroomsnelheid worden opgegeven),
- locatie Maasvlakte Noord (locatie op ongeveer 3 km voor de Havenlichten),
- locatie Maascenter (locatie op overgang van Eurogeul naar Maasgeul),
- locatie km 32,7 (locatie op 32,7 km vanaf Lage Licht).

Hierbij wordt vermeld dat locatie Haven Buiten en locatie Haven Binnen gelijk zijn, maar omwille van gebruik in HARAP als twee verschillende locaties worden gegeven.



4. OPZET VAN HET ONDERZOEK

4.1 Inleiding

Teneinde een idee te krijgen van de mogelijkheden tot het verbeteren het huidige beleid, en welke factoren hierbij een rol spelen, zal voor verschillende stroombeelden een aantal simulaties worden uitgevoerd.

Uit analyse van de resultaten van deze simulaties volgen perioden waarop onder gegeven omstandigheden opvaart onmogelijk is, i.v.m. overschrijding van de maximale opstuurhoek, of langdurig varen met maximale opstuurhoek in combinatie met het geven van toerenstoten. Deze perioden kunnen worden omgezet naar perioden dat passage Lage Licht is uitgesloten, welke geïnterpreteerd kunnen worden als dwarsstroombeperkingen voor gesimuleerde condities.

Het hoofdgedeelte van het onderzoek naar het verbeteren van het horizontale toelatingsbeleid bestaat uit het uitvoeren van een groot aantal simulaties voor verschillende stroombeelden en verschillende scheepsklassen. Het belangrijkste bij deze simulaties is het verkrijgen van betrouwbare modelleringen van de stroming in de Maasmond.

In dit hoofdstuk zal beschreven worden hoe de opzet van de simulaties er uit ziet, en van welke methoden gebruik is gemaakt. Tevens zullen hierbij gemaakte keuzen worden toegelicht. In paragraaf 4.2 wordt iets gezegd over het gebruikte simulatieprogramma, waarna in paragraaf 4.3 de invoer aan bod zal komen. De invoer wordt gesplitst in:

- modellering van de fysieke omgeving (traject en bodem),
- modellering van schepen,
- modellering van de fysische omgeving (golven, stroom en oeverzuiging).

In paragraaf 4.4 wordt in tabellen de tijpoorten gegeven, welke zijn verkregen uit de tijpoorttabellen. Deze tijpoorten zijn berekend met HARAP met gebruik van de huidige dwarsstroombeperking van 0 tot 2,5 uur na hoogwater bij Hoek van Holland.



4.2 Simulatie programma

Voor het doen van de simulaties moet een geschikte simulatie methode en een geschikt programma gekozen worden. De mogelijkheden om deze simulaties uit te voeren zijn beperkt. Allereerst zal iets over de methode gezegd worden, waarna voor de gekozen methode gekeken wordt welke programma's beschikbaar zijn.

4.2.1 Keuze real-time of fast-time

De twee belangrijkste mogelijkheden om simulaties uit te voeren zijn:

1. m.b.v. een real-time simulator.
2. m.b.v. een fast-time simulatie programma,

Beide mogelijkheden zullen hieronder worden besproken, waarbij zal worden aangegeven wat de voor- en nadelen zijn. Aangezien dit reeds in de literatuurstudie (zie lit. [4]) ruimschoots aan bod is gekomen, zal de bespreking hier slechts kort zijn.

ad. 1 m.b.v. een real-time simulator

Een real-time simulator is een zo nauwkeurig mogelijke nabootsing van de werkelijke besturing van een schip; de brug van een schip is nagebouwd, waarbij de instrumenten welke van belang zijn om het schip te kunnen besturen, daadwerkelijk afleesbaar zijn.

Real-time simulatoren beschikken over een beeld van de omgeving (boeien, kust, navigatielichten, tegemoetkomende en passerende schepen, enz.) rondom de simulator. Dit omringende beeld wordt gevormd door computer gegenereerde beelden, en verandert continu, zodat het uitzicht gelijk is aan dat vanaf de brug van een echt schip.

De besturing gebeurt door een loods of schipper, waarbij de verhouding tussen gevaren tijd en gesimuleerde tijd 1 op 1 is. Doet een schip er bijvoorbeeld twee uur over om de haven binnen te varen, dan duurt ook de simulatie twee uur.

Een voordeel van het uitvoeren van simulaties met een real-time simulator is dat aan de uitkomsten veel waarde gehecht kan worden, in verband met de grote overeenkomst met de werkelijkheid. Een nadeel is dat het uitvoeren van simulaties volgens deze methode veel tijd in beslag neemt, en daarnaast een kostbare zaak is.

ad. 2 m.b.v. een fast-time simulatie programma

Een alternatief voor het uitvoeren van real-time simulaties is het gebruik van een fast-time simulatie programma. Deze methode wordt vaak toegepast in vooronderzoeken, als een indicatie of verder onderzoek nodig is.

Fast-time simulaties kunnen worden uitgevoerd op een PC, waarbij de bediening van de PC niet door een expert hoeft te gebeuren. De besturing van het schip geschiedt d.m.v. een stuurautomaat, welke ten doel



heeft een door de gebruiker van te voren opgegeven baan (de 'referentiebaan') zo nauwkeurig mogelijk te volgen. Het uitvoeren van een run met een fast-time simulatie programma neemt slechts enkele minuten in beslag.

Het grote nadeel van een fast-time simulatie programma is dat de besturing geschiedt door een stuurauto-maat in plaats van een schipper of loads, wat tot gevolg heeft dat de menselijke aspecten niet worden be-trokken in het simulatieproces. Eigenlijk zeggen de uitkomsten van de fast-time simulaties enkel iets over de fysische haalbaarheid van een simulatierun.

Het voordeel is dat binnen een (relatief) kort tijdbestek een groot aantal simulaties kan worden uitgevoerd, waardoor de kosten aanzienlijk lager uitvallen dan bij real-time simulaties.

Aangezien voor dit onderzoek een groot aantal simulaties moet worden uitgevoerd, is uit oogpunt van tijd en kosten gekozen om de simulaties uit te voeren met een fast-time simulatie programma.

4.2.2 Keuze programma

In de literatuurstudie zijn twee beschikbare simulatie-programma's naast elkaar gezet, en beoordeeld aan de hand van een aantal criteria. Deze beschikbare programma's zijn:

- SHPSIM, aanwezig bij de afdeling Scheepvaart van RWS-AW te Rotterdam,
- SHIPMA, o.a. aanwezig bij het MSCN te Wageningen en de TU Delft.

Uit de literatuurstudie is naar voren gekomen dat SHIPMA de voorkeur verdient boven het gebruik van SHPSIM.

SHIPMA is ontwikkeld door het MSCN (in het begin in samenwerking met het Waterloopkundig Laborato-rum). Een versie van SHIPMA is tevens aanwezig bij de Faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft. De scheepsmodellen die voor dit onderzoek van belang zijn, zijn echter niet aanwezig op de TU Delft, waardoor een keuze gemaakt moest worden tussen de volgende mogelijkheden:

- benodigde scheepsmodellen kopen bij het MSCN en met deze modellen simulaties gaan uit-voeren met het programma van de TU Delft,
- tegen betaling simulaties uitvoeren bij het MSCN in Wageningen. In de prijs zijn inbegrepen be-geleiding, gebruik SHIPMA, gebruik scheepsmodellen en gebruik computer.

Gekozen is voor de tweede mogelijkheid, om de volgende twee redenen:

1. de kosten van het aanschaffen van de benodigde scheepsmodellen zouden hoger uitkomen dan het uitvoeren van de simulaties bij het MSCN.
2. het krijgen van een introductie van het werken met SHIPMA en begeleiding bij het uitvoeren van de runs bij het MSCN zorgen voor een behoorlijke tijdsbesparing.

Een uitvoerige beschrijving van SHIPMA vindt plaats in bijlage B.



4.3 Definiering en modellering

4.3.1 Modellering van schepen

De huidige grens tussen wel of geen dwarsstroombeperking ligt op 21,95 m diepgang. In eerste instantie is gekozen om simulaties uit te voeren met schepen welke een grotere diepgang hebben dan deze huidige grens, aangezien voor schepen met een diepgang kleiner dan 21,95

Vervolgens was het idee om zes verschillende klassen schepen te gebruiken met steeds een verschil in diepgang van 30 cm. In een gesprek met Dhr. ten Hove en Dhr. de Jong van het MSCN is, in verband met de geringe verschillen in resultaten die de verschillende scheepsklassen te zien zullen geven bij dergelijke kleine verschillen in diepgang, besloten het aantal te simuleren scheepsklassen terug te brengen tot een aantal van 2.

Aangezien de Berge Stahl (het grootste bulk schip dat de haven van Rotterdam aandoet) een diepgang heeft van ongeveer 22,65 meter, en dit scheepsmodel een standaard model is bij het MSCN in SHIPMA, is deze als eerste gekozen. De overeenkomstige scheepsklasse is B19.

Het tweede schip is een schip met een diepgang van 22,10 meter. Deze komt overeen met scheepsklasse B15, de eerste scheepsklasse boven de grens van 21,95 m. Op deze wijze wordt een maximaal verschil in diepgang verkregen tussen de scheepsklassen welke zich boven de grens van 21,95 m bevinden. Aangezien een dergelijk scheepsmodel niet standaard bestaat bij het MSCN, is het scheepsmodel met diepgang 22,65 m terug geschaald naar een model met 22,10 m diepgang.

De verschillende scheepsklassen waarvoor simulaties zijn uitgevoerd, zien er derhalve als volgt uit:

- scheepsklasse B15, diepgang scheepsmodel : 22,10 m (schip 1),
- scheepsklasse B19, diepgang scheepsmodel : 22,65 m (schip 2).

In bijlage C staat een overzicht van de dimensies van de schepen.

De schepen worden in SHIPMA beschreven aan de hand van een groot aantal manoeuvreer coëfficiënten (zie bijlage B, beschrijving fast-time simulatie programma SHIPMA), welke scheepsafhankelijk zijn.

4.3.2 Modellering van de fysieke omgeving

4.3.2.1 Definiering maatgevend gebied

Het kritieke gedeelte voor het binnen varen van de haven van Rotterdam bevindt zich tussen Maasvlakte Noord boei en de Havenlichten. In dit gebied zijn de stroomsnelheden rond hoogwater dermate hoog, dat dit problemen kan opleveren voor de inkomende scheepvaart. In de Eurogeul ondervinden de schepen geen hinder van de dwarsstroom.

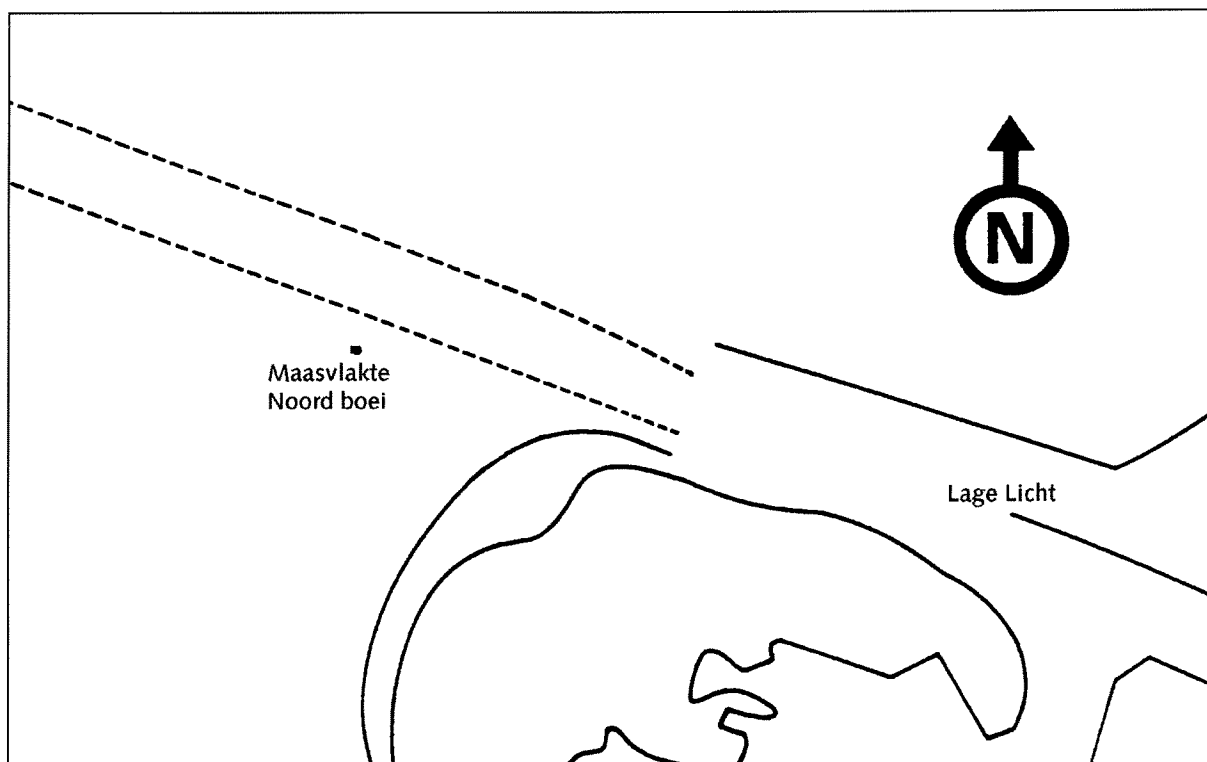
In verband met het verkrijgen van een aanloopstuk, waarin de opstuurhoek van het schip min of meer constant is, en een uitloopstuk, zijn de volgende begin- en eindpunten gekozen voor het traject waarover de simulaties worden uitgevoerd:

beginpunt : ongeveer 3 km voor Maasvlakte Noord boei (= ongeveer 6 km voor de Havenlichten)
eindpunt : ongeveer 300 m voorbij Lage Licht (= ongeveer 3 km na de Havenlichten)

In *figuur 4-1* wordt het maatgevende gebied gegeven.

SHIPMA gebruikt een aardvast assenstelsel, waarin door het opgeven van een maaswijdte in x- en y-richting een grid wordt gedefinieerd. Het nulpunt van deze grid wordt door de gebruiker gekozen. In de grid worden de coördinaten van de referentiebaan (dit is de baan die door de gebruiker wordt opgegeven als de baan die het schip zo nauwkeurig mogelijk moet volgen) opgegeven, alsook de punten voor de definitie van de bodemgrid en de stromingsgrid (dit zijn de grids waarin de diepte respectievelijk de stroming worden gedefinieerd). Een overzicht van de SHIPMA grid staat in bijlage D. De positieve x-as loopt in noordelijke richting, de positieve y-as in westelijke richting. Verder geldt voor de grid:

maaswijdte in x-richting : 194,25 m
maaswijdte in y-richting : 199,50 m



figuur 4-1 : Maatgevend gebied voor uitvoeren simulaties



De referentiebaan van het schip is gelijk aan de richting van de lichtenlijnen 112° (Maasgeul) en 116° (Binnengebied), en wordt derhalve gedefinieerd door drie punten. Van deze drie punten worden, tezamen met een aantal andere markante punten, in *tabel 4-1* de coördinaten gegeven in het SHIPMA assenstelsel.

punt / locatie	x-coördinaat	y-coördinaat
begin 1 ^e deel referentiebaan (lichtenlijn 112°)	4808	0
overgang 1 ^e deel naar 2 ^e deel referentiebaan	4190	3108
einde 2 ^e deel referentiebaan	971	8579
Maasvlakte Noord boei	3011	2493
Havenlichten Zuiderdam	2137	5065
Havenlichten Noorderdam	3137	5454
Lage Licht	1632	7777

tabel 4-1 : Coördinaten in SHIPMA grid van een aantal belangrijke punten

4.3.2.2 Bodem

De modellering van de bodem is verkregen uit hydrografische kaarten van de havenmond van Rotterdam. Op punten waar geen waarden gegeven stonden op de hydrografische kaart is geïnterpoleerd of geëxtrapoleerd. Punten waarvoor dit is gedaan liggen alle ver buiten de vaargeul, en zijn dus niet van wezenlijke invloed op het uitvoeren van de simulaties.

De waterdieptes voor verschillende punten worden gegeven in een grid welke wordt gedefinieerd in het SHIPMA assenstelsel. Opgegeven moeten worden de coördinaten van het beginpunt van de dieptegrid t.o.v. het nulpunt van het SHIPMA assenstelsel, de maaswijdte van de grid in x- en y-richting, en het aantal punten in x- en y-richting. In *tabel 4-2* staat gegeven welke waarden voor dit onderzoek zijn gebruikt.

parameter	waarde
beginwaarde in x-richting	388,5 m
beginwaarde in y-richting	-199,5 m
maaswijdte in x-richting	388,5 m
maaswijdte in y-richting	399,0 m
aantal punten in x-richting	13
aantal punten in y-richting	23

tabel 4-2 : Gegevens dieptegrid

4.3.3 Modellerings van de fysische omgeving

4.3.3.1 Stroom

Het stroombeeld in de Maasmond is zeer gecompliceerd. Het verkrijgen van kant en klare stroombeelden voor verschillende omgevingscondities is dan ook geen eenvoudige zaak. In principe zijn er twee mogelijkheden om stroombeelden te verkrijgen;

1. via gegevens uit de stroomatlas
2. via modellering met een computer programma

ad. 1 Via gegevens uit de stroomatlas

Door Rijkswaterstaat is in 1987 en 1988 met speciale apparatuur een programma van stroommetingen uitgevoerd in een groot aantal punten in het aanloopgebied en in de havenmond. In elk meetpunt zijn in de verticaal op verschillende waterdiepten de stroomrichtingen en -snelheden gemeten. Voorts werden de metingen uitgevoerd onder verschillende condities, zoals: dood tij, gemiddeld getij en springtij, en bij hoge en lage rivierafvoer. Alle stroomvelden zijn verwerkt tot stroomvectoren die gelden als gemiddelde waarden in de laag van 0-20 m onder het wateroppervlak.

Een nadeel van de stroomatlas is dat de stroomgegevens die voor de samenstelling van de atlas zijn gebruikt niet als computerbestanden voorkomen waarin voor verschillende punten met bekende coördinaten de waarden voor de stroomsnelheden en de richting staan gegeven.

Om van deze stroomatlas gebruik te maken zullen uit de figuren in de stroomatlas met de hand de richtingen en groottes van de snelheden bepaald moeten worden. Deze moeten vervolgens geëxtrapoleerd en geïnterpoleerd worden naar waarden in een rechthoekig equidistant grid, aangezien de stroming in SHIPMA in een dergelijk grid ingevoerd dient te worden. Dit is een zo goed als onmogelijke zaak.

Een ander nadeel is dat de stroombeelden die voorkomen in de stroomatlas gemiddelde waarden zijn. Er wordt in het geheel geen onderscheid gemaakt tussen stroombeelden die optreden bij verschillende meteorologische omstandigheden.

ad. 2 Via modellering van het stroombeeld met een computerprogramma

Bij het RIKZ is een model ontwikkeld, RIJMAMO geheten, dat voor een bepaalde rivierafvoer, getij en wind het stroombeeld berekent. Voor elk punt van een driedimensionaal grid wordt per tijdstap berekend wat de stroomsnelheid en -richting is. Hierbij kan over de verticaal een verdeling van maximaal 8 lagen worden aangebracht.

Om een betrouwbaar stroombeeld te krijgen is i.v.m. het zoet-zout veld een inspeeltijd van 8 dagen noodzakelijk. De stroomberekeningen op de computer zijn dermate grootschalig, dat de verhouding tussen gesimuleerde tijd en rekestijd 3 op 1 is. Dit heeft tot gevolg dat voor dit onderzoek geen nieuwe modelleringen zijn uitgevoerd, maar dat gebruik gemaakt is van bestaande modelleringen.

Voor het uitvoeren van de fast-time simulaties met SHIPMA is derhalve gebruik gemaakt van de stroommodelleringen die Svasek in opdracht van het RIKZ heeft uitgevoerd met RIJMAMO in het kader van het Maasvlakte 2 onderzoek. Deze stroommodelleringen zijn gedaan voor noordwest 9 en zuidwest 8, voor



een situatie met springtij. Een uitvoerige beschrijving van deze stroomberekeningen, alsook een (zeer globale) methode om tevens voor dood en gemiddeld tij stroombeelden te verkrijgen uit de stroombeelden voor springtij, staat beschreven in hoofdstuk 5.

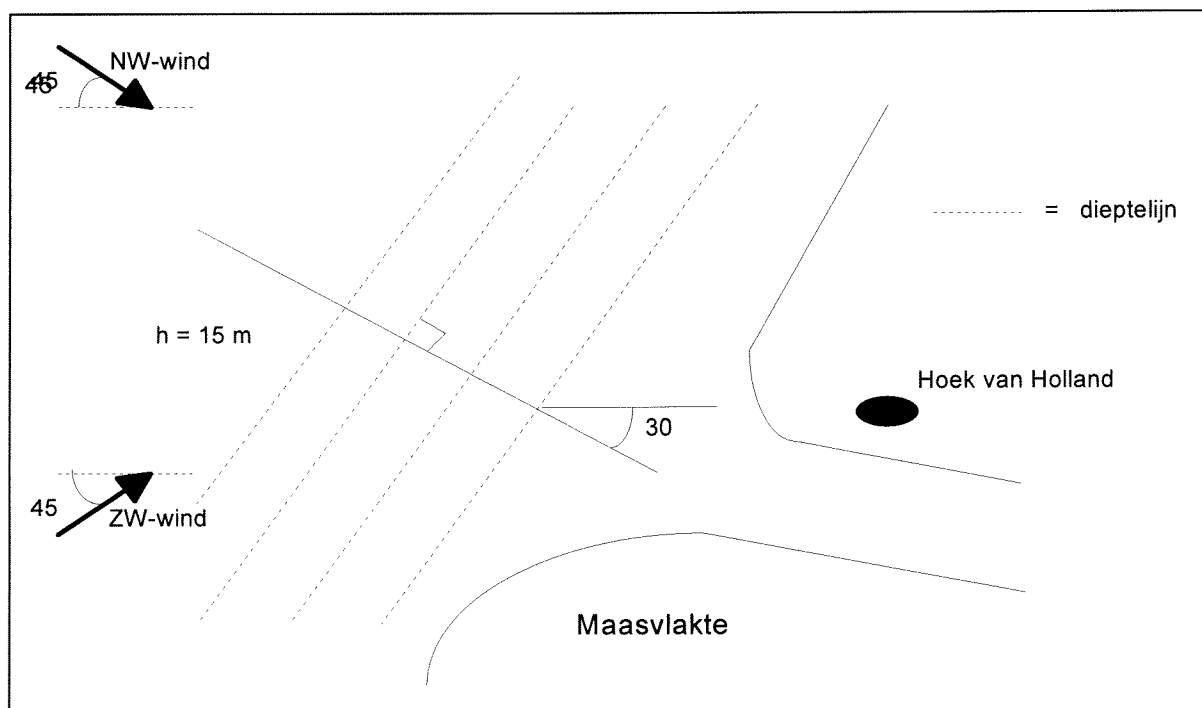
4.3.3.2 Golven

Voorafgaand aan het uitvoeren van de simulaties zijn enige runs uitgevoerd (zonder en met invloed van golven) om een idee te krijgen van de invloed van golven. De invloed van de golven bleek dusdanig te zijn dat alle simulaties zijn uitgevoerd met invloed van golven.

In de simulaties is slechts gebruik gemaakt van windgolven, welke veroorzaakt worden door de verschillende windrichtingen en sterktes, waarvoor de stroomberekeningen zijn uitgevoerd, te weten noordwest 9 en zuidwest 8.

De gegevens die gebruikt zijn zien er als volgt uit; voor de stroombeelden die zijn gebaseerd op de twee verschillende windrichtingen is de significante golfhoogte geschat aan de hand van de windsnelheid, windbaan en tijdsduur volgens Groen en Dorrestein (KNMI). Dit levert voor open zee de volgende waarden op:

- NW-wind : $H_{\text{diep}} = 5 \text{ m}$ $T = 7 \text{ sec}$
- ZW-wind : $H_{\text{diep}} = 4 \text{ m}$ $T = 7 \text{ sec}$



figuur 4-2 : Dieptelijnen en golfrichtingen in de Maasmond



Hieronder wordt beschreven hoe voor de verschillende windrichtingen de golfhoogten op het beginpunt van de referentiebaan worden bepaald. De golfhoogte zal in de richting van de kust afnemen als gevolg van shoaling en refractie.

Aangezien het hier gaat om een globale bepaling van de golfhoogten langs de referentiebaan, en de invloed van de golven op het gedrag van het schip niet zeer groot is, is de invloed die de eb- en vloedstroom op de golfhoogten hebben, niet meegenomen in de berekeningen.

Het beginpunt van de referentiebaan bevindt zich ongeveer 6 km vóór de Havenlichten. De diepte op dit punt is verkregen uit een topografische kaart, en bedraagt 15 m (zie *figuur 4-2*).

Voor de periode van beide windrichtingen is een waarde aangenomen van 7 seconden. Dit geeft:

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{9,81 * 49}{2\pi} = 76,5\text{m}$$

Hieruit volgt :

$$\frac{h}{L_0} = \frac{15}{76,5} = 0,196$$

Uit de tabel met parameters voor korte golf berekeningen (bijlage E) worden de volgende waarden voor de parameters gevonden als functie van h / L_0 .

$$\tanh(kh) = 0,88$$

$$K_s = 0,92$$

De shoaling factor K_s is voor beide windrichtingen gelijk.

Noordwest

Voor deze windrichting geldt voor de hoek van inval:

$$\theta_0 = 45^\circ - 30^\circ = 15^\circ$$

Shoaling

$$K_s = 0,92$$



Refractie

Aangezien de richting van de invallende golven zeer weinig verandert in de richting van de kust, is de invloed van refractie nagenoeg verwaarloosbaar. Er wordt dan ook aangenomen dat $K_r = 1$.

De golfhoogte ter plaatse van het beginpunt wordt dan:

$$\begin{aligned} H &= K_r K_s H_{\text{diep}} \\ &= 1 * 0,92 * 5 \quad \cong \quad 4,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Zuidwest

Voor deze windrichting geldt voor de hoek van inval:

$$\theta_0 = 45^\circ + 30^\circ = 75^\circ$$

Shoaling

$$K_s = 0,92$$

Refractie

$$\text{er geldt :} \quad \sin \theta = \tanh(kh) \sin \theta_0$$

hieruit volgt dat $\theta = 58^\circ$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta}} = \sqrt{\frac{\cos 75}{\cos 58}} = 0,70$$

De golfhoogte ter plaatse van het beginpunt wordt dan:

$$\begin{aligned} H &= K_r K_s H_{\text{diep}} \\ &= 0,7 * 0,92 * 4 \quad \cong \quad 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

De golfhoogte wordt afgebouwd in de richting van en in de havenmond.



4.3.3.3 Oeverzuiging

In SHIPMA zit, zoals tevens staat beschreven in bijlage B, de mogelijkheid om de invloed van oevers of ondieptes in de simulaties te betrekken. Dit gebeurt d.m.v. het opgeven van een aantal coëfficiënten, waarmee na het opgeven (voor verschillende punten op het traject) van de afstand van de referentiebaan tot de oever aan stuurboord en bakboord zijde de oeverzuiging wordt berekend. De coëfficiënten voor de oeverzuiging zijn scheepsafhankelijk.

Ten behoeve van het doen van de simulaties voor dit onderzoek is op vijf plaatsen van het traject een dwarsdoorsnede bepaald, waaruit de afstanden van de referentiebaan tot de oever aan stuurboord en bakboord zijde afgelezen worden.

De dwarsprofielen staan gegeven in bijlage F.



4.4 Huidige tijpoorten voor gesimuleerde condities

Bij bekende astroklasse en scheepsklasse, geschatte meteo- en onbekende golfklasse kunnen voor de gesimuleerde condities de tijpoorten bepaald worden uit de tijpoorttabellen welke zijn berekend met de huidige dwarsstroombeperking. Hieronder zullen eerst de verschillende klassen worden vastgesteld, waarna de tijpoorten worden gegeven voor de verschillende combinaties van klassen, alsook de waarden voor overligpercentage en downtime, termen waarmee de toegankelijkheid van een haven wordt aangeduid.

Scheepsklasse

Simulaties zijn zoals vermeld in paragraaf 4.3. uitgevoerd voor een bulk carrier met een diepgang van 22,10 respectievelijk 22,65 m. Deze schepen komen overeen met scheepsklassen B15 en B19 (zie *tabel A-1* in bijlage A).

Astroklasse

De oorspronkelijke stroomberekeningen zijn uitgevoerd voor een situatie met springtij. Dit komt overeen met astroklasse 3.

Meteoklasse

De meteoklasse is geschat. Een NW-wind 9 Bf. en ZW-wind 8 Bf. zullen beide een situatie te zien geven met veel opwaaiing. Dit komt overeen met meteoklasse 1.

Golfklasse

Voor de simulaties is uitgegaan van een golfperiode van 7 sec. Aangezien de H_{E10} slechts een maat is voor de golfhoogte in het frequentie gebied van 10 tot 33 seconden (zie bijlage A), kan op grond van de gesimuleerde golfomstandigheden niet worden aangegeven voor welke golfklasse de tijpoort bepaald moet worden.

Tijpoorten

In *tabel 4-3* t/m *tabel 4-5* worden de tijpoorten gegeven welke zijn afgelezen uit de huidige tijpoorttabellen. Deze tijpoorten zijn geldig voor de gesimuleerde condities, waarvan de bijbehorende klassen hierboven zijn gegeven.

Omdat de dwarsstroombeperking wordt uitgedrukt in een periode dat passage Lage Licht wordt uitgesloten, worden de tijpoorten hier ook gegeven in passage Lage Licht, hoewel ze in de tijpoorttabellen voorkomen als passage tijden voor het punt Eurogeul km 57.



In alle drie tabellen worden aan de linkerkant de tijpoorten voor het schip met diepgang 22,10 m (scheepsklasse B15) gegeven, aan de rechterkant voor het schip met diepgang 22,65 m (scheepsklasse B19).

Voor uitleg over tijpoorten wordt verwezen naar paragraaf 3.2.

Snelle vaart

SCHEEPSKLASSE B15		
H _{E10}	open	sluit
1	-01:30	0:00
2	-01:30	0:00
3	-01:30	0:00
4	-01:30	0:00
5	-01:00	0:00
6		
7		
8		
9		
10		

SCHEEPSKLASSE B19		
H _{E10}	open	sluit
1	-00:45	0:00
2	-00:45	0:00
3	-00:30	0:00
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

tabel 4-3 : Huidige tijpoorten voor gesimuleerde condities (snelle vaart)

Gemiddelde vaart

SCHEEPSKLASSE B15		
H _{E10}	open	sluit
1	-01:30	0:00
2	-01:30	0:00
3	-01:30	0:00
4	-01:30	0:00
5	-01:30	0:00
6		
7		
8		
9		
10		

SCHEEPSKLASSE B19		
H _{E10}	open	sluit
1	-00:30	0:00
2	-00:45	0:00
3	-00:30	0:00
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

tabel 4-4 : Huidige tijpoorten voor gesimuleerde condities (gemiddelde vaart)



Langzame vaart

SCHEEPSKLASSE B15		
H _{E10}	open	sluit
1	-01:30	0:00
2	-01:30	0:00
3	-01:30	0:00
4	-01:30	0:00
5	-01:30	0:00
6		
7		
8		
9		
10		

SCHEEPSKLASSE B19		
H _{E10}	open	sluit
1	-00:30	0:00
2	-00:30	0:00
3	-00:30	0:00
4	-00:15	0:00
5		
6		
7		
8		
9		
10		

tabel 4-5 : Huidige tijpoorten voor gesimuleerde condities (langzame vaart)

In tabel 4-6 worden voor de gesimuleerde condities het overligpercentage en de downtime (beide in procenten) gegeven, welke bekend zijn uit de berekeningen met HARAP met gebruik van de huidige dwarsstroombeperking. Onderscheid wordt gemaakt naar de verschillende scheepsklassen en de verschillende vaarsnelheden.

scheepsklasse / vaarsnelheid		overligpercentage	downtime
B15	snel	2,65	91,00
	gemiddeld	2,14	90,52
	langzaam	2,03	90,48
B19	snel	36,62	97,70
	gemiddeld	35,55	97,57
	langzaam	35,12	97,53

tabel 4-6 : Overligpercentage en downtime in procenten

Opmerking over de tijpoorten

In de tijpoorten voor scheepsklasse B19 met gemiddelde vaart, is een heel vreemd verschijnsel te zien; de tijpoorten voor golfklasse 2 is ruimer dan die voor golfklasse 1 en 3, terwijl verwacht mag worden dat met oplopende golfklasse de tijpoorten alleen maar krappere worden. Uit nader onderzoek van de tijpoorttabel blijkt dat dit verschijnsel vaker optreedt, voor volkomen willekeurige combinaties van astro-, meteo- en scheepsklassen.

In het kader van dit onderzoek is geen verklaring gevonden voor dit verschijnsel. In de nabije toekomst zal bij AVV veel aandacht besteed gaan worden aan de ontwikkeling van HARAP en het onderzoeken van de tijpoorten, en het hier gevonden verschijnsel is dan ook aangegeven als één van de aandachtspunten voor dit toekomstige onderzoek.

5. BEREKENINGEN MET HET RIJMAMO (3D) MODEL

5.1 Inleiding

Voor het project horizontaal toelatingsbeleid zeeschepen voor de haven van Rotterdam wordt de interactie tussen de waterbeweging en de manoeuvreereigenschappen van enkele scheepstypen onderzocht. Aangezien dichtheidsverschillen in de omgeving van de Maasmond een belangrijke rol spelen, wordt de waterbeweging in de Rijnmond berekend met het 3-dimensionale RijnMaasMond model (RIJMAMO). De berekeningen zijn uitgevoerd met een rekentijd die garantie biedt voor een ingespeelde zoet-zout-verdeling in het Rijnmond gebied.

In dit hoofdstuk worden de berekeningen met het RIJMAMO (3D) model beschreven. De berekeningen zijn uitgevoerd op de Supercomputer (Cray 89) te Amsterdam. Het onderzoek richt zich op twee extreme meteorologische omstandigheden. Deze zijn een NW- en ZW-wind van respectievelijk 9 en 8 Bf. bij een springtij situatie.

De berekeningen zijn oorspronkelijk uitgevoerd ten behoeve van een vooronderzoek van het MSR (Marine Safety Rotterdam) naar de haalbaarheid van een viertal alternatieven voor het Maasvlakte 2 project. Voor dit onderzoek, dat is uitgevoerd met een fast-time simulatie programma, zijn voor de huidige situatie en de vier alternatieven berekeningen met RIJMAMO (3D) gemaakt. Via Mw. Kuijper van het RIKZ en Dhr. Les van bureau Svasek zijn de berekeningen van de T0 situatie (huidige situatie) beschikbaar gesteld voor dit onderzoek.

Voor paragraaf 5.2 t/m 5.4 is gebruik gemaakt van de beschrijving van RIJMAMO, zoals deze in lit. [6] voorkomt.



5.2 Uitgangspunten voor de berekening

Uitgangspunten ten aanzien van de nauwkeurigheid van het RIJMAMO (3D) model zijn:

- De belangrijkste in- en uitstroomranden (zuid- en noordrand) van het RIJMAMO (3D) model liggen zodanig ver van het interessegebied dat onnauwkeurigheden op deze plaatsen weinig invloed hebben op de stroming ter plaatse van het mondingsgebied.
- Doordat de stromingen in het mondingsgebied door zoet-zout verschillen sterk in de verticaal kunnen verschillen is het belangrijk dat het initiële zoutveld voldoende tijd heeft om in te spelen. Het tijdstip waarop het zoutveld voldoende is ingespeeld, wordt bereikt na ± 8 simulatiedagen.

Voor de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gekozen:

- Voor de rivierafvoer is een gemiddelde afvoersituatie gekozen (Rijn afvoer: 2200 m³/s met bijbehorende 50 % Maas afvoer).
- De referentie is berekend met het huidige spuiprogramma voor de Haringvlietsluizen.
- Het lozingsprogramma van de Haringvlietsluizen voor de variantenberekeningen is gebaseerd op het HV2-min scenario waarbij de sluizen meer geopend zijn dan het huidige openingsscenario LPH84 bedieningsprogramma, wat gunstiger is voor het stroombeeld en de snelheden in het mondingsgebied.
- In alle berekeningen is uitgegaan van de situatie van de open Beerdam. De reden dat dit is gedaan is dat voor een eventuele totstandkoming van de Maasvlakte 2 (waarvoor de berekeningen oorspronkelijk zijn uitgevoerd) dat namelijk de meest waarschijnlijke situatie is. Voor het uitvoeren van simulaties van de invaart van de Havenmond in de huidige situatie zal dit weinig of geen invloed hebben, daar het kritieke punt van het stroomveld zich voor de ingang van de Havenmond bevindt.
- De waterbeweging is berekend voor twee fictieve stormsituaties met windsnelheden van 19 m/s uit het zuidwesten (225 graden) en 22 m/s uit het noordwesten (315 graden). Deze windsnelheden zijn gedurende de looptijd van de simulatieperiode constant gehouden. Er is vanuit gegaan dat na 2 dagen een evenwichtssituatie bereikt wordt tussen de waterbeweging en de windschuifspanning in het model. Dit betekent dat de berekende stromingssituatie een fictieve storm simuleert met een looptijd van 2 of meer dagen.
- De berekeningen vertonen aan de noord- en zuidrand rondstromingen. Dit is het gevolg van het overzetten van de randvoorwaarden van het moedermodel (KUSTSTROOK model) naar het geneste model (RIJMAMO 3D). Deze rondstromingen hebben echter weinig invloed op de stroming ter plaatse van het mondingsgebied.
- Het blijkt dat het zoutveld na 8 dagen volledig ingespeeld is. De langere periode die bij deze berekeningen gebruikt is, geeft geen extra nauwkeurigheid op de gehele waterbeweging over het model.

5.3 Beschrijving van het rekenmodel

5.3.1 Randvoorwaarden

De hydraulische randvoorwaarden voor het RIJMAMO (3D) model bestaan uit waterstanden op de zeerand en debieten op de rivierranden. De randvoorwaarden worden gegenereerd door grootschaliger modellen. RIJMAMO (3D) ligt geheel binnen deze modellen, die een veel groter gebied bestrijken, zodat de resultaten van deze modellen doorgegeven kunnen worden aan de randpunten van RIJMAMO (3D). Dit procédé wordt nesten genoemd en is een algemeen toegepaste werkwijze. Voordeel hiervan is dat de grootte van de kleinere en/of gedetailleerde modellen beperkt kan blijven. Een nadeel kan zijn dat er geen interactie tussen de modellen mogelijk is. Dit nadeel kan beperkt blijven als de lokale processen in het geneste model slechts een geringe invloed hebben op het grote model.

Voor het verkrijgen van de randvoorwaarden voor RIJMAMO (3D) zijn de volgende 2 dimensionale modellen gebruikt (in volgorde van groot naar klein):

1. KUSTSTROOK (2D):

Dit model omvat de volledige Nederlandse kust, zie bijlage G. Dit model wordt aangedreven door harmonische componenten waarbij een windopzet opgeteld wordt.

2. ZEEDELTA(2D):

Dit model omvat de kust voor de Nieuwe Waterweg en Haringvliet en het estuarium/rivieren gebied in het Noordelijk Deltabekken, zie bijlage G. De zeerandvoorwaarden worden betrokken uit KUSTSTROOK (2D), de rivierrandvoorwaarden (debieten) worden uit metingen (database) bepaald.

Het laatstgenoemde model tenslotte levert de rivierrandvoorwaarden voor RIJMAMO (3D). De zeerandvoorwaarden van RIJMAMO (3D) zijn gelijk aan die van ZEEDELTA (2D) en worden dus in feite uit KUSTSTROOK (2D) betrokken: het westelijke deel (zeegebied) van RIJMAMO (3D) en ZEEDELTA (2D) zijn identiek.

Voor de berekeningen wordt de RIJMAMO (3D) modelschematisatie met het fijne grid en het aangepaste (in de barriër richting verdichte) rooster bij de Haringvlietssluisen gebruikt, zodat voor iedere sluis een aparte roostercel aanwezig is. De simulaties zijn uitgevoerd met open Beerdam.

De parameter instellingen van het model zijn in bijlage H beschreven.



5.3.2 RIJMAMO (3D) model

De RIJMAMO (3D) modelschematisatie beslaat zowel een deel van de Noordzee als een deel van het Noordelijk Deltabekken:

- het zeedeel betreft de Noordzee tussen IJmuiden en de kop van Schouwen-Duiveland tot op ca. 30 km buitengaats,
- het estuariumdeel beslaat het Haringvliet tot Tiengemeten,
- het rivierdeel omvat de Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas tot Krimpen aan de Lek, de Oude Maas tot Goidschalxoord en het Spui.

De modelschematisatie is beschikbaar gesteld door Rijkswaterstaat (RWS). De randvoorwaarden gegenereerd door het ZEEDELTA-model en de open- en sluittijdstippen van de Haringvlietsluizen zijn tevens door RWS aangeleverd.

5.4 Gevolgde werkwijze

De randvoorwaarden van het ZEEDELTA-model zijn naar de Cray overgehaald, waar de RIJMAMO (3D) berekeningen zijn uitgevoerd. De simulaties zijn in drie stappen berekend:

1. De simulatie is opgestart met een inspeelberekening van twee simulatiedagen (3 en 4 mei 1997). Om de stabiliteit van de berekening tijdens het inspelen te vergroten is het noodzakelijk met een rekentijdstap van 30 seconden te rekenen.
2. Hierna is de berekening doorgestart voor de periode van 5 tot 15 mei 1997 met een rekentijdstap van 45 seconden. Op de laatste dag is het zoutveld volledig ingespeeld en heerst er een gemiddeld getij (periode tussen dood- en springtij).
3. Omdat een springtjissituatie gevraagd wordt voor de fast-time vaarbaansimulaties voor het Maasvlakte 2 project en omdat het zoutveld op 7 mei (springtij) in deze berekening nog niet volledig is ingespeeld, is de berekening opnieuw gestart met als begintijdstip 3 mei 1997 02:45uur, op dit tijdstip namelijk heeft het getij een vergelijkbare amplitude en hoogte als op 15 mei om 0:00 uur, zodat het model sneller inspeelt. De ingespeelde zout- en snelheidsvelden van de 8 sigma-lagen en het waterstandsveld van 15 mei 00:00 zijn hiervoor als uitgangspunt genomen. Deze berekening loopt tot springtij op 7 mei 1997 om 15:00 uur. De snelheden en waterstanden zijn op 7 mei uitgevoerd van 5:00h tot 15:00h om het kwartier, wat resulteert in 41 modelleringen.

In *tabel 5-1* wordt gegeven welke modellering met welke werkelijke tijd overeenkomt, en wat de tijd is t.o.v. hoogwater Hoek van Holland.

stap	tijd	tijd t.o.v. HW	stap	tijd	tijd t.o.v. HW	stap	tijd	tijd t.o.v. HW
1	5:00	3:25 na H.W.	15	8:30		29	12:00	1:55 voor H.W.
2	5:15	3:40 na H.W.	16	8:45		30	12:15	1:40 voor H.W.
3	5:30	3:55 na H.W.	17	9:00		31	12:30	1:25 voor H.W.
4	5:45	4:10 na H.W.	18	9:15		32	12:45	1:10 voor H.W.
5	6:00	4:25 na H.W.	19	9:30	4:25 voor H.W.	33	13:00	0:55 voor H.W.
6	6:15	4:40 na H.W.	20	9:45	4:10 voor H.W.	34	13:15	0:40 voor H.W.
7	6:30	4:55 na H.W.	21	10:00	3:55 voor H.W.	35	13:30	0:25 voor H.W.
8	6:45	5:10 na H.W.	22	10:15	3:40 voor H.W.	36	13:45	0:10 voor H.W.
9	7:00	5:25 na H.W.	23	10:30	3:25 voor H.W.	37	14:00	0:05 na H.W.
10	7:15		24	10:45	3:10 voor H.W.	38	14:15	0:20 na H.W.
11	7:30		25	11:00	2:55 voor H.W.	39	14:30	0:35 na H.W.
12	7:45		26	11:15	2:40 voor H.W.	40	14:45	0:50 na H.W.
13	8:00		27	11:30	2:25 voor H.W.	41	15:00	1:05 na H.W.
14	8:15		28	11:45	2:10 voor H.W.			

tabel 5-1: Tijdstippen t.o.v. hoogwater bij Hoek van Holland

Omdat in het mondingsgebied de snelheden in de verticaal sterk kunnen variëren, is de stroomsnelheid over de diepte kwadratisch gemiddeld om de interactie tussen de stroming en het maatgevende scheepstype te berekenen. Het maatgevende scheepstype heeft een diepgang van omstreeks 22,5 m. Hiervoor zijn de u- en v-snelheden op elk gridpunt van de RIJMAMO grid om de 2,5 m diepte kwadratisch gemiddeld en van de resulterende u- en v-snelheden is de richting bepaald. Van deze snelheden kunnen animaties gemaakt worden met behulp van het programma ANIMATE.



5.5 Omzetten naar SHIPMA grid

Het RIJMAMO grid is een kromlijinig, niet equidistant grid in het R-D assenstelsel, en komt qua vorm, beginpunt en maaswijdte niet overeen met de rechthoekige grid die wordt gebruikt in SHIPMA om de simulaties mee uit te voeren. Een ander verschil is dat de stroming in SHIPMA niet wordt ingevoerd via u- en v-waarden voor de snelheid (zoals ze voorkomen in RIJMAMO), maar via het definiëren van een vector met een grootte en een richting van de snelheid.

Om dit op te lossen is gebruik gemaakt van het in FORTRAN geschreven programma INTERPOL, dat ter beschikking is gesteld door Dhr. Les van bureau Svasek. Dit programma berekent uit de u- en v-waarden zoals deze in de RIJMAMO grid voorkomen via de methode van driepunts interpolatie de u- en v-waarden die behoren bij de SHIPMA grid, na opgeven van de x- en y-coördinaten in het R-D assenstelsel van de SHIPMA grid.

Uit de geïnterpoleerde u- en v-waarden is vervolgens de resulterende snelheid bepaald, en de hoek ten opzichte van het noorden (uitgedrukt in graden tussen 0 en 360). Tenslotte zijn de resulterende snelheden en hoeken op de juiste wijze in tabellen geplaatst, teneinde ze om te kunnen zetten naar ASCII bestanden welke voor de invoer in SHIPMA gebruikt worden.

5.6 Overzicht resultaten berekeningen met RIJMAMO

Om een voorstelling te krijgen van de stroomberekeningen die met RIJMAMO zijn uitgevoerd, worden in paragraaf 5.6.1 voor drie locaties de stroomkrommen naast elkaar gezet. Dit wordt gedaan voor locatie Maascenter, locatie Maasvlakte Noord en locatie Haven Buiten (het punt tussen de Havenlichten, op de grens tussen het Binnengebied en de Maasgeul).

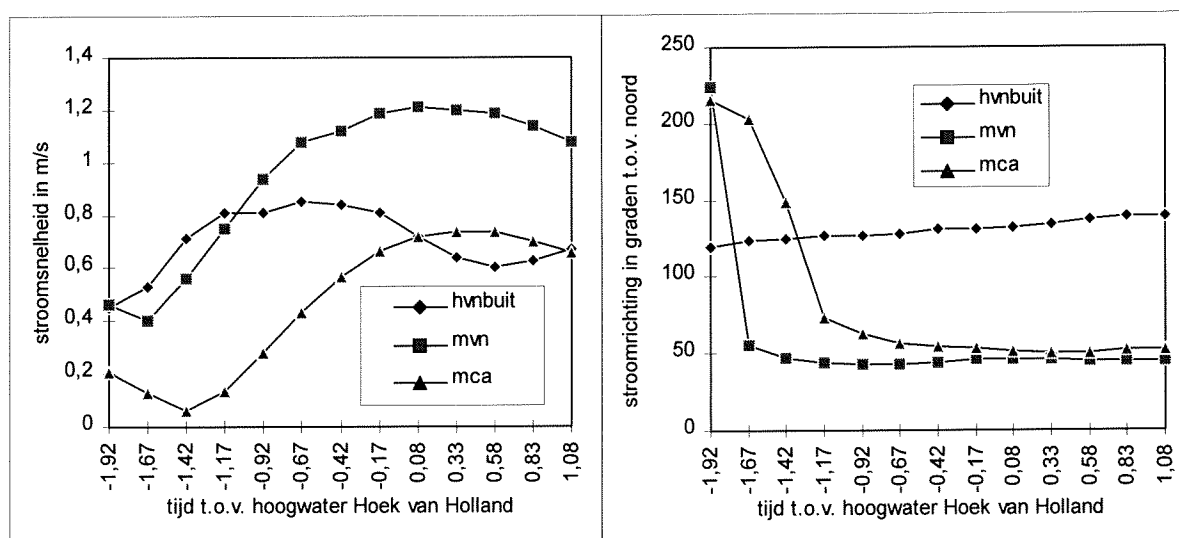
In paragraaf 5.6.2 worden voor de locatie Maascenter de resultaten van de RIJMAMO berekeningen vergeleken met de stroomkrommen zoals deze in HARAP worden ingevoerd.

5.6.1 Stroomkrommen van drie locaties

Voor de locaties Maascenter, Maasvlakte Noord en Haven Buiten zijn voor de verschillende optredende condities (NW-wind en ZW-wind) in grafieken de stroomsnelheden en de stroomrichtingen als functie van de tijd uitgezet.

Voor de locaties Maasvlakte Noord en Haven Buiten zijn de waarden verkregen door voor beide locaties de coördinaten in het SHIPMA assenstelsel te bepalen. Vervolgens zijn voor de tijdstappen 29 t/m 41 de waarden voor de stroomsnelheid en de stroomrichting direct bepaald uit de invoertabellen voor de stroombeelden. Voor het punt Maascenter zijn de coördinaten bepaald in het R-D assenstelsel (assenstelsel waarin de RIJMAMO modelleringen zijn gedefinieerd), en is voor de stappen 29 t/m 41 uit de u- en v-waarden van de snelheid de resulterende stroomsnelheid en -richting bepaald.

In *figuur 5-1* worden de krommen gegeven voor NW-wind, en in *figuur 5-2* voor ZW-wind.



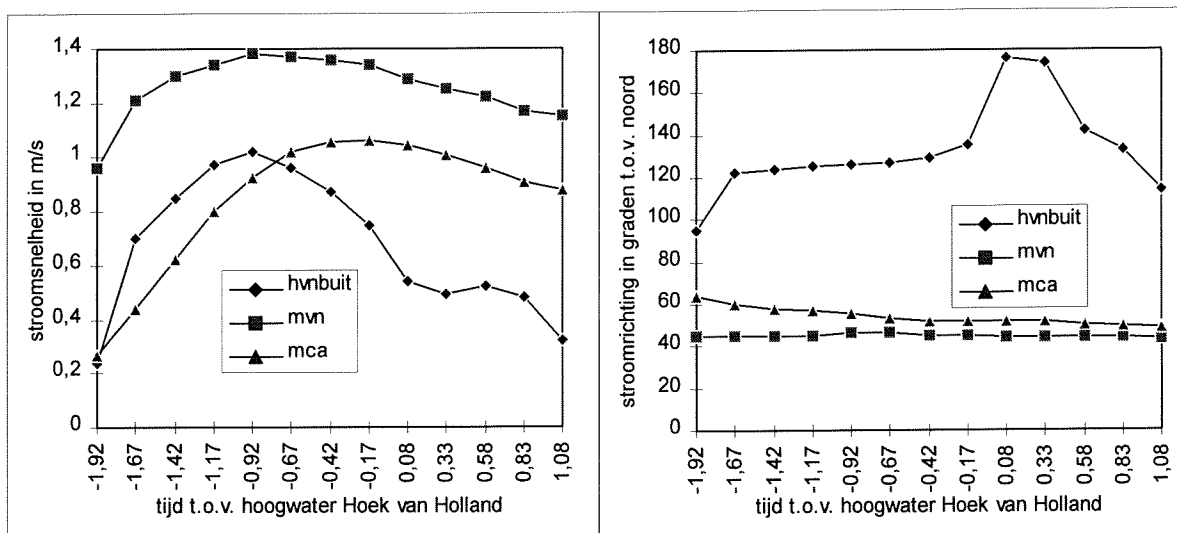
figuur 5-1 : Stroomsnelheden en -richtingen bij NW-wind voor drie verschillende locaties

Voor deze figuren geldt het volgende:

- de grafieken aan de linkerkant geven de stroomsnelheid in m/s aan,
- de grafieken aan de rechterkant geven de stroomrichting in graden aan, welke wordt gegeven t.o.v. het noorden,



- de tijdstippen op de x-as worden gegeven in decimalen, en komen overeen met de tijdstippen in de RIJMAMO modellering. Zo komt -1,92 overeen met 1 uur en 55 minuten vóór hoogwater en 0,08 met 5 minuten ná hoogwater bij Hoek van Holland,
- in de legenda staat "hvnbuit" voor locatie Haven Buiten, "mvn" voor Maasvlakte Noord en "mca" voor Maascenter.



figuur 5-2 : Stroomsnelheden en -richtingen bij ZW-wind voor drie verschillende locaties

Uit figuur 5-1 en figuur 5-2 is het volgende af te leiden:

- de stroomsnelheden liggen bij NW-wind lager dan bij ZW-wind,
- de maximale stroomsnelheid treedt bij ZW-wind vroeger op dan bij NW-wind,
- de grootste stroomsnelheden treden op bij Maasvlakte Noord,
- de stroomrichting is bij de locaties Maascenter en Maasvlakte Noord hoofdzakelijk tussen de 40° en 55° (richting van de NW gaande vloedstroom). Bij de locatie Haven Buiten is deze richting ongeveer 130° (richting van de vaargeul). Bij ZW-wind zitten twee pieken rond het tijdstip van hoogwater welke een stroomrichting van bijna 180° aangeven; deze ontstaat door rondstromingen rond de Zuiderdam.

5.6.2 Vergelijking stroomkrommen HARAP <=> RIJMAMO

Voor twee van de vijf locaties, waarvoor in HARAP stroomkrommen zijn ingevoerd (zie paragraaf 3.1), worden deze krommen vergeleken met krommen welke berekend zijn met RIJMAMO. De locaties zijn Maascenter (paragraaf 5.6.2.1) en Haven Buiten (paragraaf 5.6.2.2). In de betreffende paragrafen zal tevens worden aangegeven hoe de HARAP-krommen zijn bepaald.

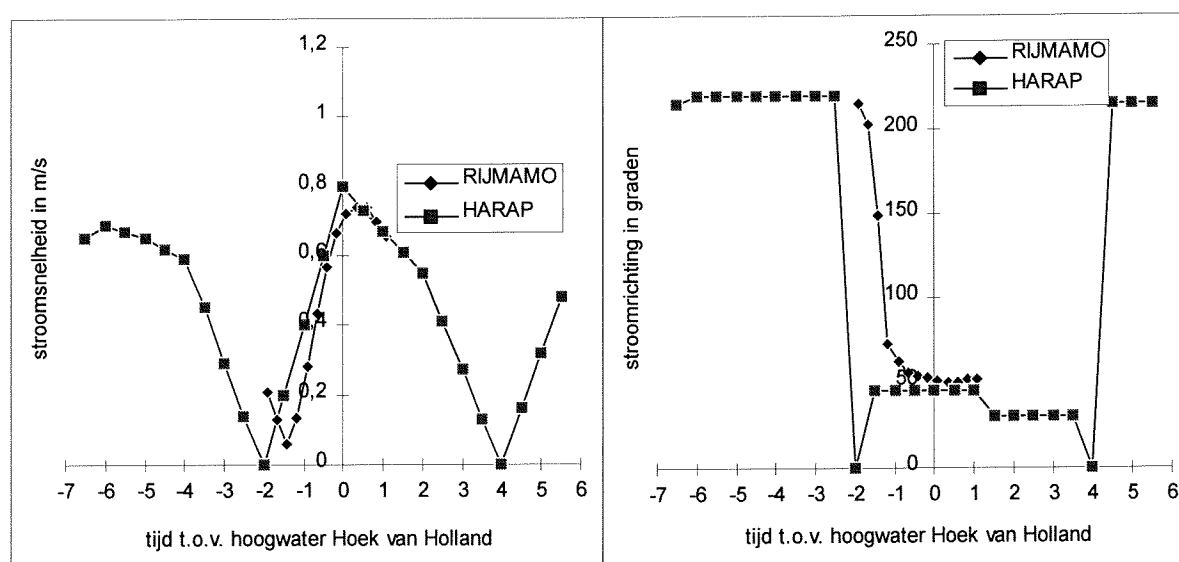
Voor de figuren geldt het volgende:

- de grafieken aan de linkerkant geven de stroomsnelheid in m/s aan,
- de grafieken aan de rechterkant geven de stroomrichting in graden aan, welke wordt gegeven t.o.v. het noorden.

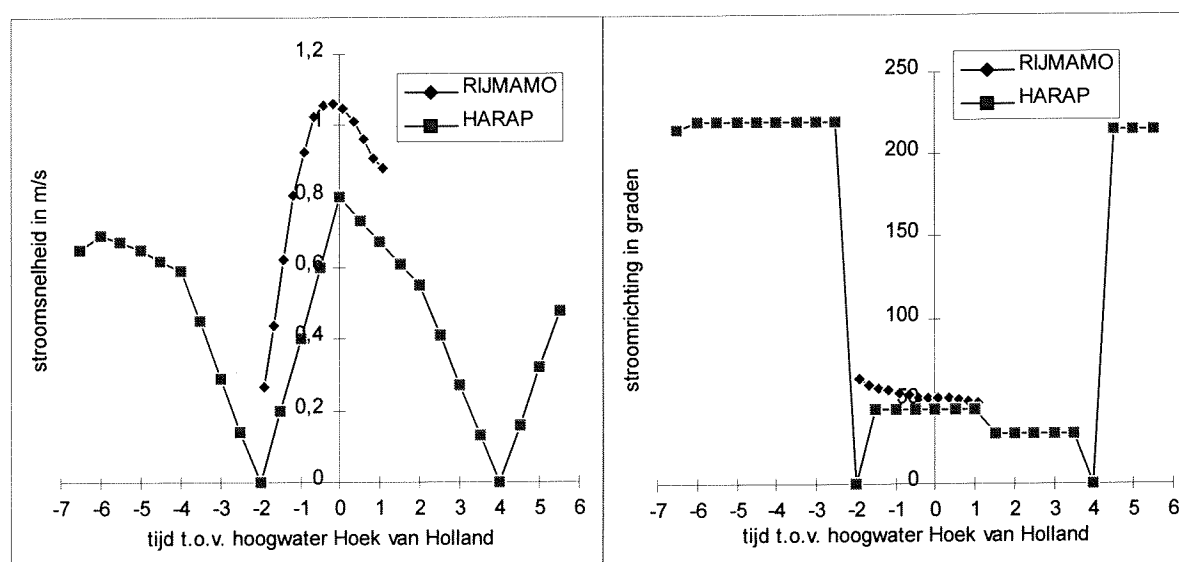
5.6.2.1 Locatie Maascenter

De locatie Maascenter, op de overgang tussen Eurogeul en Maasgeul, valt ver buiten het gebied waarvoor de simulaties worden uitgevoerd, maar is daarom niet minder nuttig om de stroomkrommen die resulteren uit de RIJMAMO berekeningen, mee te vergelijken. De HARAP kromme waarmee de RIJMAMO kromme wordt vergeleken, is uitgelezen uit de stroomatlas 1992, en komt in HARAP voor als stroomkromme voor locatie Maascenter.

De stroomkrommen die zijn bepaald uit de stroomatlas 1992 zijn gemiddelde waarden, en onafhankelijk van de windrichting en windsnelheid. De RIJMAMO krommen zijn logischerwijs verschillend voor NW-wind en ZW-wind.



figuur 5-3 : Vergelijking stroomkrommen RIJMAMO en HARAP voor NW-wind bij locatie Maascenter



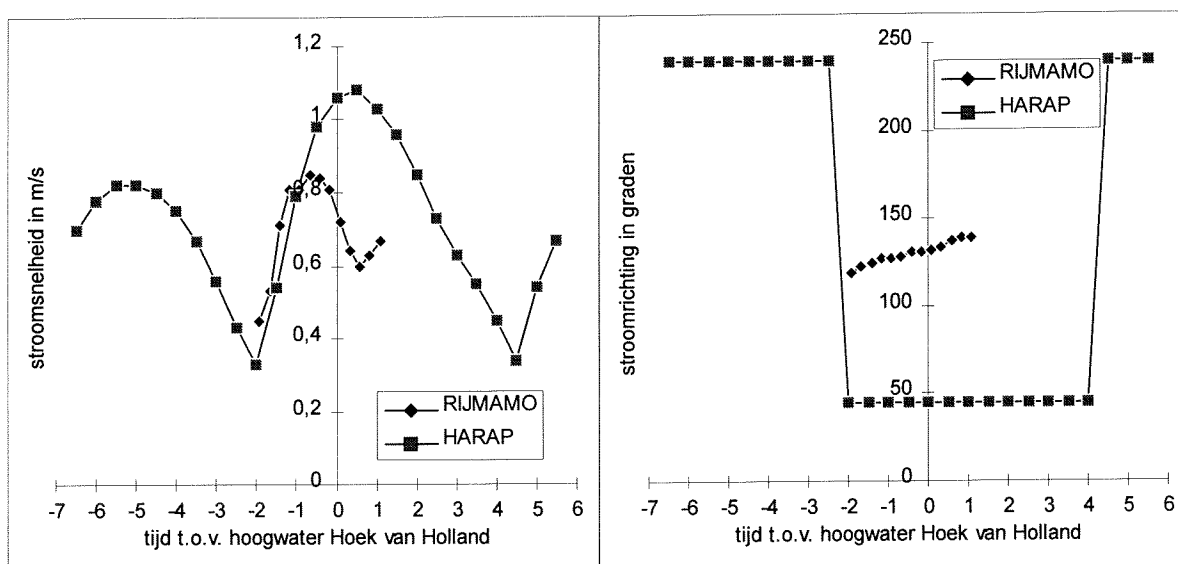
figuur 5-4 : Vergelijking stroomkrommen RIJMAMO en HARAP voor ZW-wind bij locatie Maascenter



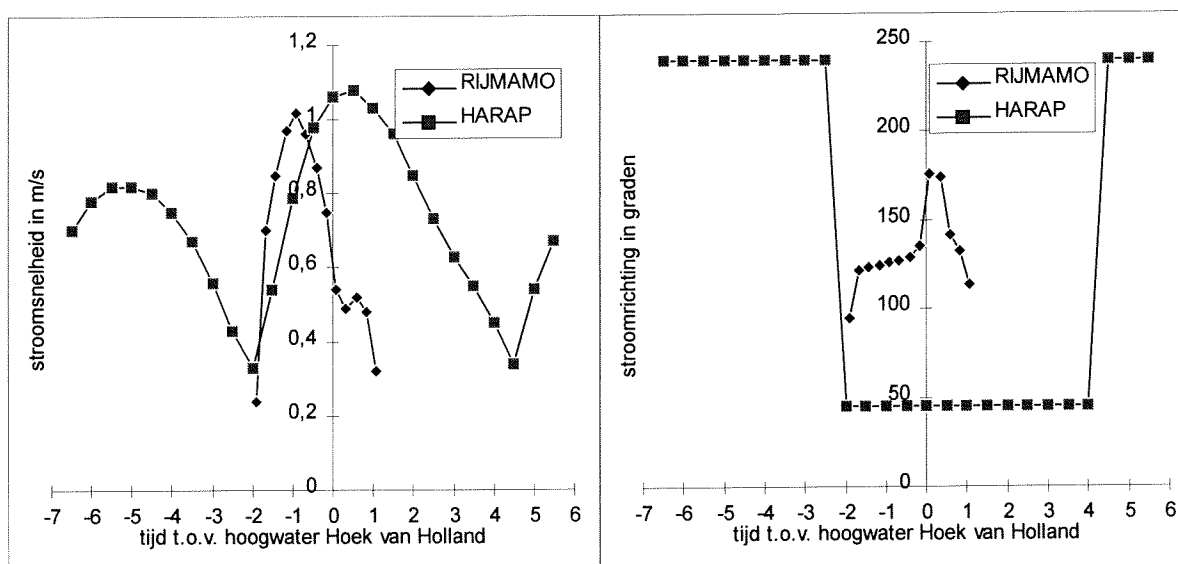
5.6.2.2 Locatie Haven Buiten

Voor de stroomkromme zoals deze in HARAP voorkomt voor locatie Haven Buiten wordt gebruik gemaakt van jaarstroomkrommen van het neurale netwerk (95-04 t/m 96-03), inclusief de invloed van wind en rivierafvoer. Per astroklasse is een gemiddelde kromme bepaald en de standaarddeviatie rond deze kromme als functie van de tijd (t.o.v. hoogwater Hoek van Holland).

De aangeleverde krommen zijn opgebouwd uit de gemiddelde kromme vermeerderd met een aantal maal de standaarddeviatie. Deze standaarddeviatie is samengesteld uit de getijfase-afhankelijke standaarddeviatie rond de gemiddelde kromme en standaarddeviatie van de verwachtingsnauwkeurigheid van 0,125 m/s.



figuur 5-5 : Vergelijking stroomkrommen NW-wind bij locatie Haven Buiten



figuur 5-6 : Vergelijking stroomkrommen ZW-wind bij locatie Haven Buiten



Uit *figuur 5-3* t/m *figuur 5-6* is voor de verschillende locaties het volgende af te lezen:

Locatie Maascenter

- Bij NW-wind komen de HARAP-krommen zeer goed overeen met de RIJMAMO-krommen, zowel wat windsnelheid als windrichting betreft.
- In het geval van ZW-wind liggen de stroomsnelheden beduidend hoger dan bij NW-wind, en bij vergelijking met de HARAP-kromme (welke gelijk is voor NW- en ZW-wind), volgt dan ook dat in de figuur voor de stroomsnelheden de RIJMAMO-kromme aanzienlijk hoger ligt dan de HARAP-kromme. De stroomrichtingen bij ZW-wind ontlopen elkaar niet veel.

Locatie Haven Buiten

- Bij NW-wind ligt in de grafiek van de stroomsnelheden de RIJMAMO-kromme onder de HARAP-kromme, wat inhoudt dat de stroomsnelheden volgens RIJMAMO beduidend lager zijn dan de stroomsnelheden welke in de HARAP-kromme voorkomen.
- Bij NW-wind verschillen tevens de richtingen enorm; RIJMAMO geeft een stroomrichting van ongeveer 120 ° tot 140 °, terwijl in de stroomkrommen van HARAP een richting van 45 ° voorkomt. Aangezien uit praktijkervaringen en recent uitgevoerde metingen blijkt dat de stroomrichting ter plaatse van Haven Buiten ongeveer gelijk loopt aan de richting van de geul, mag worden aangenomen dat de RIJMAMO krommen het meest betrouwbaar zijn.
- Voor ZW-wind is de maximale waarde voor de stroomsnelheid in beide krommen ongeveer gelijk. Een duidelijk verschil zit echter in het tijdstip waarop deze maximale stroomsnelheid voorkomt; Bij de RIJMAMO-kromme wordt deze piek ongeveer een uur eerder gevonden dan in de HARAP-kromme. Na de piek loopt de RIJMAMO-kromme vervolgens veel sneller terug dan de HARAP-kromme.



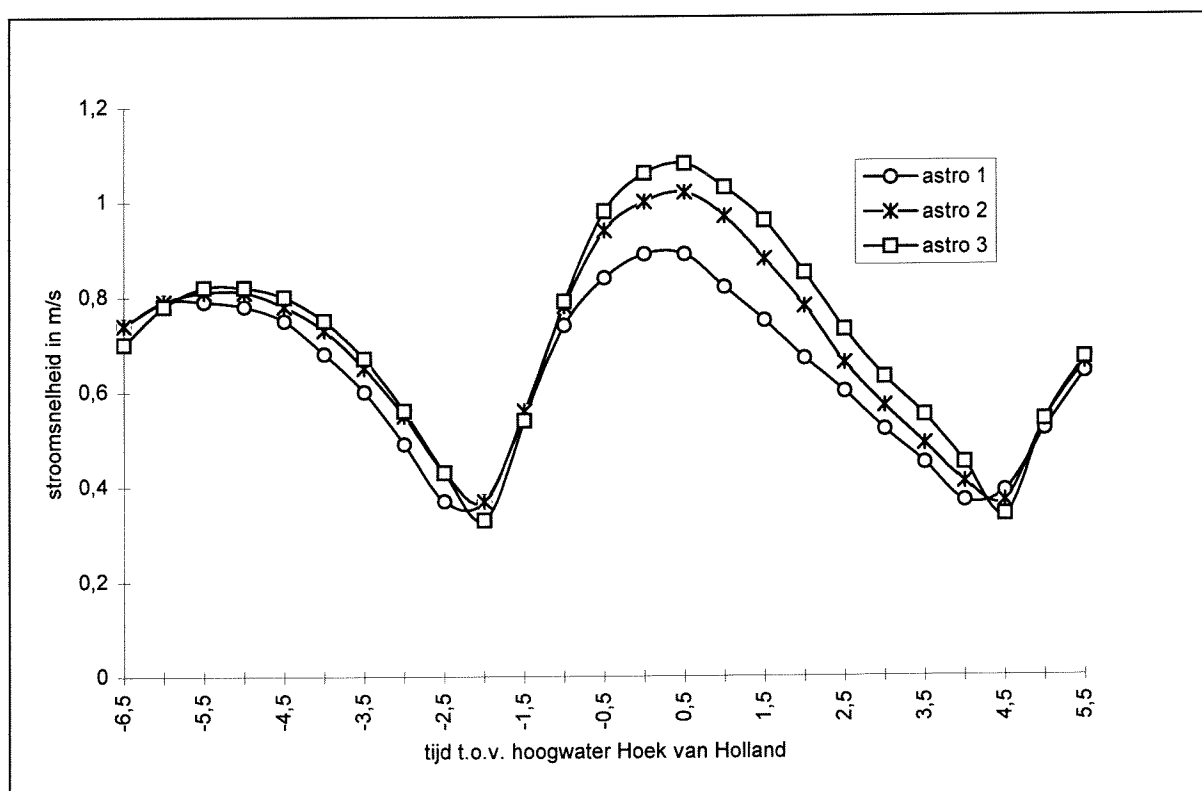
5.7 Creëren stroombeelden voor dood en gemiddeld tij

5.7.1 Beschrijving van de methode

Bekend is dat de stroombeelden voor dood en gemiddeld tij verschillen van die van spring tij. De modelleringen zijn echter slechts uitgevoerd voor een situatie met spring tij. Hieronder wordt een methode beschreven om hieruit stroombeelden voor gemiddeld en dood tij te verkrijgen.

In SHIPMA is het mogelijk om bij het invoeren van het stroombeeld een zogenaamde 'tidal factor' op te geven; dit is een factor waarmee alle waarden van de stroomsnelheid worden vermenigvuldigd. De richting van alle vectoren blijft hierbij gelijk. Het bepalen van de waarden van deze tidal factoren wordt hieronder uitgelegd.

In HARAP worden stroomkrommen ingevoerd voor verschillende astroklassen (klasse 1, 2 en 3) en voor verschillende locaties (zie ook paragraaf 5.6). In tabellen worden waarden gegeven voor de stroomsnelheden van 6,5 uur vóór tot 5,5 uur ná hoogwater bij Hoek van Holland, met tijdstappen van een half uur. De verhoudingen tussen deze krommen variëren in de tijd en zijn eveneens niet gelijk voor de verschillende locaties. Een voorbeeld van de stroomkrommen voor locatie Haven Buiten wordt gegeven in *figuur 5-7*.



figuur 5-7 : Stroomsnelheden voor verschillende astroklassen in HARAP bij locatie Haven Buiten

Uit *figuur 5-7* kunnen voor elk tijdstip t.o.v. hoogwater bij Hoek van Holland de stroomsnelheden voor astroklasse 1, 2 en 3 gehaald worden.

De verhouding op een zeker tijdstip tussen de stroomsnelheden voor astroklasse 1 (dood tij) en astroklasse 3 (spring tij) kan dan geïnterpreteerd worden als de tidal factor voor dood tij voor dat tijdstip. Zo ook kan



de verhouding tussen astroklasse 2 (gemiddeld tij) en astroklasse 3 (springtij) geïnterpreteerd worden als de tidal factor voor gemiddeld tij. Voor de locatie Haven Buiten blijken deze verhoudingen de grootste waarden te hebben, zodat deze locatie als maatgevend is genomen.

Bij een bekend tijdstip van de stroommodellering kunnen de hierbij behorende tidal factoren voor dood en gemiddeld tij worden bepaald. Daarbij moet rekening worden gehouden met het feit dat de tijdstippen t.o.v. hoogwater bij Hoek van Holland van de RIJMAMO modelleringen (-0:40, -0:25, -0:10, 0:05, enz.) niet overeenkomen met de tijdstippen waarvoor in de tabellen van de HARAP-krommen (-1:00, -0:30, 0:00, 0:30, enz.) waarden voor de stroomsnelheid zijn gegeven.

Hieronder is een voorbeeld gegeven voor het bepalen van de tidal factoren voor dood en gemiddeld getij voor stap 35.

Voorbeeld

De stroommodellering van tijdstap 35 komt overeen met (zie *tabel 5-2*) 25 minuten vóór hoogwater te Hoek van Holland. Het tijdstip dat hier het dichtste bij komt in de tabellen van de HARAP-krommen is 30 minuten vóór hoogwater te Hoek van Holland. Voor dit tijdstip gelden de volgende stroomsnelheden:

astro 1 : 0,84 m/s
 astro 2 : 0,94 m/s
 astro 3 : 0,98 m/s

Dit resulteert in de volgende tidal factoren:

tidal factor dood tij : 0,86 (0,84 / 0,98)
 tidal factor gemiddeld tij : 0,96 (0,94 / 0,98)

Op bovenstaande wijze volgen de tidal factoren zoals deze in *tabel 5-2* voorkomen.

tijdstap stroommo- dellering	tijd t.o.v. hoogwater van de stroommo- dellering	overeenkoms- tige tijdstip in HARAP	stroom- snelheid astro 1	stroom- snelheid astro 2	stroom- snelheid astro 3	tidal factor dood tij	tidal factor gemiddeld tij
30	-1:40	-1:30	0,55	0,56	0,54	1,02	1,04
31	-1:25	-1:30	0,55	0,56	0,54	1,02	1,04
32	-1:10	-1:00	0,74	0,78	0,79	0,94	0,99
33	-0:55	-1:00	0,74	0,78	0,79	0,94	0,99
34	-0:40	-0:30	0,84	0,94	0,98	0,86	0,96
35	-0:25	-0:30	0,84	0,94	0,98	0,86	0,96
36	-0:10	0:00	0,89	1	1,06	0,84	0,94
37	+0:05	0:00	0,89	1	1,06	0,84	0,94
38	+0:20	+0:30	0,89	1,02	1,08	0,82	0,94
39	+0:35	+0:30	0,89	1,02	1,08	0,82	0,94
40	+0:50	+1:00	0,82	0,97	1,03	0,80	0,94
41	+1:05	+1:00	0,82	0,97	1,03	0,80	0,94

tabel 5-2 : Tidal factoren



5.7.2 Kritische noten bij de beschreven methode

RIJMAMO is een modellerings-programma dat zeer nauwkeurig stroomberekeningen uitvoert voor verschillende condities. De oorspronkelijke stroomberekeningen zijn uitgevoerd voor springtij. Om hieruit stroombeelden voor dood en gemiddeld tij te creëren volgens de in deze paragraaf beschreven methode, waarin de richting van alle stroomvectoren gelijk blijft, en slechts de grootte verandert door het vermenigvuldigen van de springtij waarde met een factor, moeten de volgende punten in ogenschouw worden genomen:

- Stroombeelden zijn afhankelijk van vele factoren. Alleen al het optreden van een andere zoet-zout verdeling kan ervoor zorgen dat de stroombeelden voor dood en gemiddeld tij er compleet anders uitzien dan zou volgen bij toepassing van de beschreven methode.
- De verhoudingen tussen de stroomkrommen van de verschillende astroklassen verschillen per locatie. Aangezien voor locatie Haven Buiten de verhoudingen tussen tidal factoren de grootste waarden te zien geven, zijn deze ter bepaling van de tidal factoren gebruikt. Op andere locaties gelden kleinere waarden voor de tidal factoren, wat een kleinere stroomsnelheid oplevert, en dus een gunstigere situatie.

Stroombeelden voor springtij die met een zeer verfijnd model zijn verkregen, worden op een zeer grove manier omgezet tot stroombeelden voor gemiddeld en dood tij.

De via deze methode verkregen stroombeelden voor dood en gemiddeld tij worden dan ook niet gebruikt om aan een analyse te onderwerpen met als resultaat dwarsstroombeperkingen voor dood en gemiddeld tij (voor NW-wind en ZW-wind), maar slechts om globale uitspraken te doen over het verschil in opvaart tussen spring-, dood en gemiddeld tij.



5.8 Opmerkingen met betrekking tot de stroomberekeningen

Resumerend kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt omtrent de stroomberekeningen welke met RIJMAMO zijn uitgevoerd:

- Tijdens de vloedstroming heeft de ZW-wind dezelfde richting als de stroom (nl. in de richting van het noordwesten), wat tot gevolg heeft dat de stroomsnelheden in het mondingsgebied bij ZW-wind hoger zijn dan bij een NW-wind (bij gelijke windsnelheden).
De NW-wind staat meer dwars op de eb en vloed stroming in het gebied en heeft hierdoor minder invloed op de stroomsnelheden. Dit komt duidelijk naar voren in de verschillende figuren in paragraaf 5.6. De NW-wind zorgt daarentegen wel voor een hogere windopzet, wat van belang is voor het verticale beleid (dit komt tot uitdrukking in de meteoklasse).
- De ZW-wind zorgt (in dit onderzoek tevens in combinatie met een hoge windsnelheid) voor een vervroeging van het tijdstip waarop de maximale stroomsnelheid optreedt. Voor locatie Haven Buiten treedt bij ZW-wind de maximale stroomsnelheid ongeveer één uur vóór hoogwater bij Hoek van Holland op, terwijl dit bij NW-wind een kwartier vóór hoogwater bij Hoek van Holland is.
Hoewel deze vervroeging het meest prominent optreedt bij locatie Haven Buiten (ter plaatse van de Havenlichten), blijkt uit *figuur 5-1* en *figuur 5-2* dat ook in het gedeelte waar de dwarsstroom het grootst is (locatie Maasvlakte Noord) sprake is van een dergelijke vervroeging; de maximale stroomsnelheid treedt hier bij ZW-wind op ongeveer één uur voor hoogwater bij Hoek van Holland, en bij NW-wind rond het tijdstip van hoogwater te Hoek van Holland.
Een verschil tussen locatie Maasvlakte Noord en locatie Haven Buiten is dat de stroomsnelheden bij Maasvlakte Noord minder snel naar lagere waarden terug lopen dan bij Haven Buiten.
- De resultaten van de stroomberekeningen zijn tevens ter beoordeling aan verschillende mensen voorgelegd, waaronder Hans Wüst, deskundige op het gebied van stromingen in de Maasmond. De algemene reactie is dat, in acht nemend dat de modelleringen gelden voor extreme wind situaties, de stroomkrommen goed overeenkomen met wat in werkelijkheid zal optreden onder deze omstandigheden.



6. UITVOEREN SIMULATIES MET SHIPMA

6.1 Inleiding

Het hoofdgedeelte van het onderzoek bestaat uit het doen van een aantal simulaties met SHIPMA bij het MSCN in Wageningen. Als invoer voor de stroming worden de stroomberekeningen gebruikt die met RIJMAMO zijn uitgevoerd (zie hoofdstuk 5). De oorspronkelijke stroomberekeningen zijn gedaan voor twee verschillende windcondities, te weten:

- NW-wind, 9 Beaufort, springtij,
- ZW-wind, 8 Beaufort, springtij.

Met behulp van tidal factoren zijn uit de stroombeelden voor springtij stroombeelden voor dood en gemiddeld tij bepaald.

Voor de simulaties worden stroommodelleringen gebruikt van 1 uur en 40 minuten vóór tot 1 uur en 5 minuten ná hoogwater bij Hoek van Holland. De stapgrootte is 15 minuten, wat resulteert in 12 stroombeelden voor opeenvolgende tijdstippen. Voor elk tijdstip worden simulaties uitgevoerd, waaruit bepaald kan worden voor welke tijdstippen opvaart wel of niet mogelijk is.

De simulaties worden uitgevoerd voor twee verschillende scheepsklassen, nl.:

- scheepsklasse B15, diepgang scheepsmodel : 22,10 m (schip 1),
- scheepsklasse B19, diepgang scheepsmodel : 22,65 m (schip 2).

Simulaties worden uitgevoerd voor verschillende:

- windcondities,
- astroklassen,
- scheepsklassen,
- tijdstippen t.o.v. hoogwater Hoek van Holland.

Zoals vermeld in paragraaf 4.3.3.2 zijn allereerst simulaties uitgevoerd voor een situatie mét en een situatie zonder invoer van golven in SHIPMA. Hoewel de resultaten van deze runs niet zeer grote verschillen te zien gaven, is toch besloten om de invloed van golven mee te nemen, om zo nauwkeurig mogelijk een werkelijke situatie te benaderen.

In paragraaf 6.2 wordt een toelichting gegeven op de verschillende condities.

Voor SHIPMA geldt dat een run wordt uitgevoerd met een statisch stroombeeld, wat inhoudt dat het stroombeeld gelijk blijft gedurende de totale run. Aangezien het stroombeeld verandert in de loop van de tijd stemt dit niet geheel overeen met de werkelijkheid. In paragraaf 6.3 zal dit besproken worden.

In paragraaf 6.4 wordt beschreven hoe het uitvoeren van runs geschiedt, waarna in paragraaf 6.5 de presentatie van de resultaten van de simulaties aan bod komt.



6.2 Overzicht verschillende condities

De in de inleiding genoemde omstandigheden waarvoor simulaties zijn uitgevoerd worden hieronder behandeld. Elke simulatie run wordt gekarakteriseerd door een eigen naam, de zgn. 'run identifier', welke uit maximaal acht karakters bestaat. De naam van de run identifier is zo opgebouwd, dat hieruit de condities waarvoor de simulatie is gedaan simpel kunnen worden herleid.

Wind

De stroommodelleringen die ingevoerd gaan worden in SHIPMA zijn gedaan voor noordwest 9 (22 m/s) en zuidwest 8 (19 m/s). In de run identifier wordt via de eerste letter aangegeven om welke windrichting het gaat. Een 'z' geeft aan dat het om een wind uit zuidwestelijke richting gaat, een 'n' duidt op een noordwestelijke wind.

→ 2 windrichtingen

Tijdstip

De stroommodelleringen welke van belang zijn voor het uitvoeren van simulaties gaan van stap 30 t/m stap 41. Het stapnummer wijst op het tijdstip waarvoor de stroommodellering geldig is. De tijd tussen elke op-eenvolgende stap is een kwartier. Stap 30 komt overeen met 1 uur en 40 minuten vóór hoogwater bij Hoek van Holland, stap 41 komt overeen met 1 uur en 5 minuten ná hoogwater bij Hoek van Holland. In de run identifier geeft het getal na de windrichting aan om welk tijdstip het gaat.

→ 12 tijdstippen

Scheepstype

De simulaties worden uitgevoerd voor 2 typen schepen, te weten bulkcarriers met een diepgang van 22,10 meter (schip 1) en een diepgang van 22,65 meter (schip 2). Het type schip wordt in de run identifier aangegeven met 'shp1' of 'shp2', wat staat gegeven na de tijdstap.

→ 2 scheepstypen

Getij

Met behulp van het definiëren van een tidal factor is het mogelijk om stroombeelden voor dood en gemiddeld getij te creëren. Er ontstaan dan stroombeelden voor springtij, gemiddeld tij en dood tij. Om welk getij het gaat wordt aangegeven in de run identifier door de letter op de achtste plaats van de naam; een 's' duidt op spring tij, een 'g' op gemiddeld tij en een 'd' op dood tij.

→ 3 soorten getij

Als voorbeeld worden de volgende twee run identifiers gegeven:

z37shp2g ZW-wind, tijdstap 37 (5 minuten na hoogwater, zie *tabel 5-1*), schip 2, gemiddeld tij

n41shp1s NW-wind, tijdstap 41 (1 uur en 5 minuten na hoogwater, zie *tabel 5-1*), schip 2, springtij



Totaal aantal simulaties

Het totaal aantal simulaties komt hiermee op $2 * 12 * 2 * 3 = 144$.

Een overzicht van de verschillende simulaties voor de verschillende condities staat gegeven in *tabel 6-1*. In deze tabel zijn de verschillende tijdstippen t.o.v. hoogwater Hoek van Holland waarvoor simulaties zijn uitgevoerd, weggelaten. Een totaal overzicht van alle simulaties staat in bijlage I.

windrichting	scheepstype	getij
noordwest	schip 1	dood
noordwest	schip 1	gemid
noordwest	schip 1	spring
noordwest	schip 2	dood
noordwest	schip 2	gemid
noordwest	schip 2	spring
zuidwest	schip 1	dood
zuidwest	schip 1	gemid
zuidwest	schip 1	spring
zuidwest	schip 2	dood
zuidwest	schip 2	gemid
zuidwest	schip 2	spring

tabel 6-1 : Overzicht verschillende simulaties

6.3 Koppelen stroombeelden aan simulaties

Een simulatierun met een fast-time simulatieprogramma wordt uitgevoerd voor een statisch stroombeeld. Dit betekent dat het stroombeeld gedurende de hele run ongewijzigd blijft. Dit komt niet overeen met de werkelijkheid, waarin het stroombeeld verandert in de tijd.

De RIJMAMO stroomberekeningen waarvan gebruik gemaakt wordt zijn uitgevoerd voor een periode van enkele uren, met stapgroottes van telkens een kwartier. De vaartijd voor het gehele traject dat met SHIP-MA gesimuleerd wordt bedraagt ongeveer 45 minuten. Dit komt overeen met stroombeelden voor drie opeenvolgende tijdstippen.

Om de verkregen stroombeelden te koppelen aan de simulaties zijn er in principe drie mogelijkheden, te weten:

1. gebruiken drie opeenvolgende SHIPMA stroom bestanden voor één run,
2. gebruiken één stroombeeld voor één run,

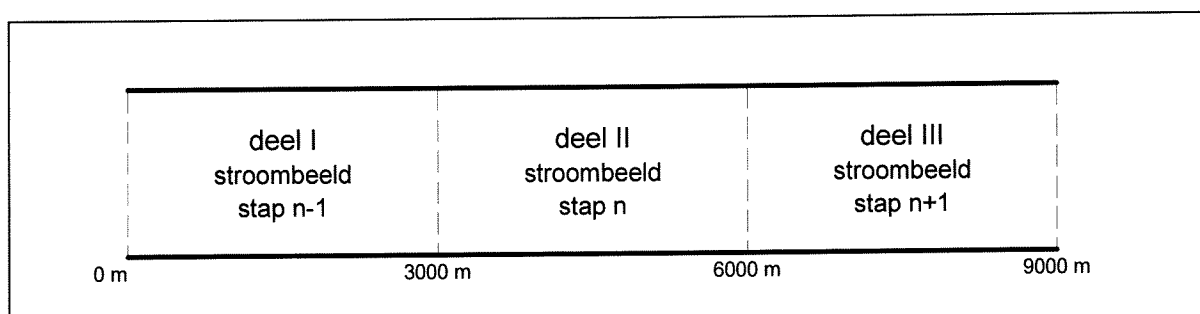
ad. I gebruiken drie opeenvolgende SHIPMA stroom bestanden voor één run

In *figuur 6-8* wordt weergegeven hoe de simulaties er uit zouden kunnen zien als het dynamische gedrag van de stroming zo waarheidsgetrouw mogelijk wordt betrokken in de simulaties, door middel van het gebruiken van drie opeenvolgende bestanden waarin de stroming in SHIPMA voorkomt. Het traject is hiervoor verdeeld in drie (ongeveer) gelijke stukken, waarvan de beschrijvingen gegeven worden in *tabel 6-2*.

Deel	van ...tot	beschrijving	bijzonderheden
I	0 - 3000 m	aanloopstuk	instelling stabiele waarden
II	3000 m - 6000 m	middenstuk	kritieke gedeelte, grote gradiënten in dwarsstroom
III	6000 m - 9000 m	uitloopstuk	snelheid verminderen voor afmeer manoeuvres

tabel 6-2 : Indeling vaartraject in drie delen

De vaartijd van elk deel is ongeveer gelijk aan 15 minuten, waardoor bij overgang naar een volgend deel van het traject het stroombeeld van een later tijdstip gebruikt moet worden.



figuur 6-8 : Koppeling stroombeelden aan simulatie



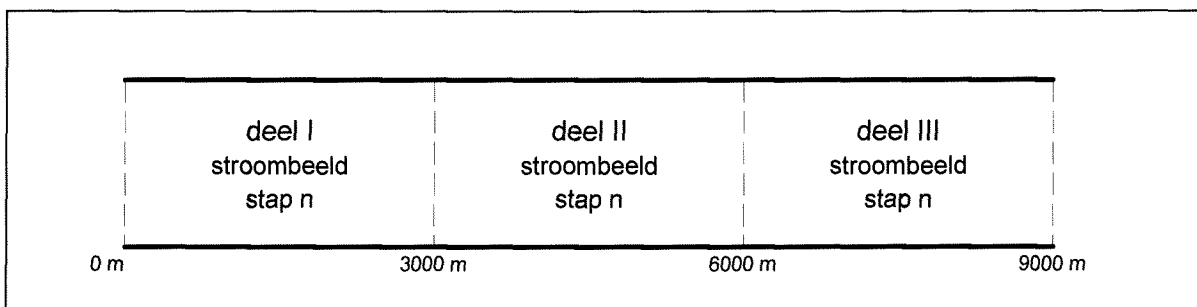
Bij deze methode worden de volgende opmerkingen gemaakt:

- Het uitvoeren van runs op een dergelijke manier is zeer omslachtig; allereerst wordt deel I gevaren voor een situatie met stroombeeld $n-1$; vervolgens moeten de waarden voor de parameters aan het eind van deel I (roerhoek, toerental, opstuurhoek, snelheid, uitwijking van de referentiebaan, enz.) in deel II worden ingevoerd als beginwaarden voor het varen van deel II in stroombeeld n . Ditzelfde geldt ook weer voor de overgang tussen deel II en deel III.
- Het kritieke gedeelte voor de simulaties is het gedeelte tussen Maasvlakte Noord boei en de Havenlichten (deel I). Deel I en deel III kunnen worden gezien als aanloop- respectievelijk uitloopstuk.

Een alternatieve methode om een simulatierun uit te voeren met drie verschillende stroombeelden, is om in een vroeg stadium drie SHIPMA stroombestanden te combineren tot een stroombestand. In dit stroombestand komen dan voor de punten welke zich in deel I bevinden de waarden voor de stroomsnelheden en -richtingen van tijdstip $n-1$, voor de punten in deel II die voor tijdstip n , en voor de punten in deel III de waarden voor tijdstip $n+1$. Deze alternatieve methode vergt echter aardig wat 'cut and paste' werk.

ad. 2 gebruiken één stroombeeld voor één run

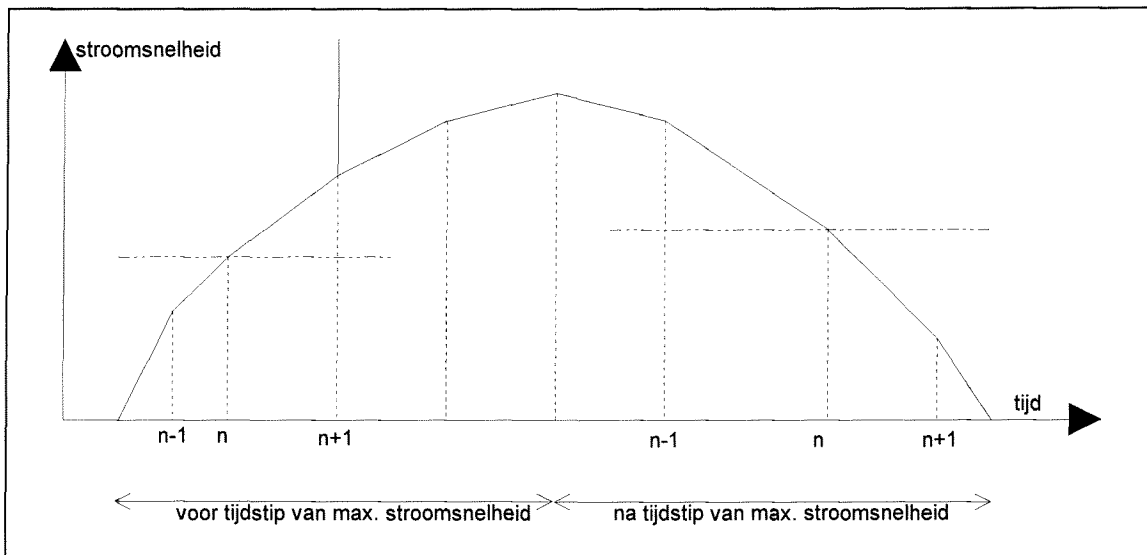
Bovenstaande opmerkingen bij de hiervoor beschreven methode in ogenschouw nemend, is een goed alternatief om voor één totale simulatierun een stroombeeld van één tijdstip te gebruiken. Schematisch ziet dit er dan uit als in *figuur 6-9*.



figuur 6-9 : Alternatief koppeling stroombeeld aan simulatie

Aangezien het kritieke gebied zoals gezegd deel II is, houdt dit in dat in het aanloopstuk (deel I) en het uitloopstuk (deel III) met een stroming wordt gevaren die niet geheel overeenkomt met de stroming zoals deze zal optreden in geval van dynamische benadering.

Of de stroming welke het schip op de manier ervaart meer of juist minder kritiek is dan de stroming welke hij volgens *figuur 6-8* ervaart, is tevens afhankelijk van de plaats op de stroomkromme, oftewel het tijdstip van de simulatie t.o.v. het tijdstip waarop de maximale stroomsnelheid optreedt. Onderscheid moet worden gemaakt tussen tijdstippen vóór, en tijdstippen ná het tijdstip van de maximale stroming (zie *figuur 6-10* op de volgende pagina).



figuur 6-10 : Invloeden voor en na tijdstip van maximale stroming

De invloeden op de verschillende delen van de stroomkromme worden hieronder uitgelegd.

Invloed op stroombeelden van tijdstippen vóór het tijdstip van de maximale stroming

Het stroombeeld van stap n is kritieker dan het stroombeeld van stap $n-1$, zoals ook het stroombeeld van stap $n+1$ kritieker is dan het stroombeeld van stap n . Dit houdt in dat volgens het schema van *figuur 6-9* de stroming in het aanloopstuk (n in plaats van $n-1$) kritieker is dan volgens de schematisering van *figuur 6-8*. De stroming in het uitloopstuk is (n in plaats van $n+1$) volgens het schema van *figuur 6-9* juist minder kritiek dan volgens het schema van *figuur 6-8*.

Invloed op stroombeelden van tijdstippen ná het tijdstip van de maximale stroming

Het stroombeeld van stap n is minder kritiek dan het stroombeeld van stap $n-1$, zoals ook het stroombeeld van stap $n+1$ minder kritiek is dan het stroombeeld van stap n . Dit houdt in dat volgens het schema van *figuur 6-9* de stroming in het aanloopstuk (n in plaats van $n-1$) minder kritiek is dan volgens de schematisering van *figuur 6-8*. De stroming in het uitloopstuk is volgens het schema van *figuur 6-9* juist kritieker dan volgens het schema van *figuur 6-8* (n in plaats van $n+1$).

Een minder kritieke stroming houdt in dat de inspanningen die geleverd moeten worden om dit gedeelte van het traject te varen kleiner zijn (kleinere roerhoek, minder toerenstoten, kleinere opstuurhoek, enz.); een kritiekere stroming houdt in dat de inspanningen groter zijn.

gebruikte methode

Aangezien de verschillen in de stroombeelden tussen de verschillende tijdstippen gering zijn, en het aanloop- en uitloopstuk niet maatgevend zijn voor de simulaties, worden de simulaties uitgevoerd volgens de alternatieve methode, waarbij gebruik gemaakt wordt van één stroombeeld voor het uitvoeren van de gehele simulatierun.



De dwarsstroombeperking wordt uitgedrukt in de tijd van passage Lage Licht. Aangezien het kritieke gedeelte het gedeelte tussen Maasvlakte Noord boei en de Havenlichten is, waar vandaan het ongeveer een half uur varen is tot het Lage Licht, dient, om de tijdstippen van passage kritieke gedeelte uit te drukken in passage Lage Licht een half uur worden opgeteld bij het tijdstip van passage van het kritieke gebied.

Evenals voor het invoeren van de diepte, geschiedt het invoeren van een stroombeeld via het opgeven van waarden voor de stroomsnelheden en stroomrichtingen in een grid welke wordt gedefinieerd in het SHIPMA assenstelsel. Opgegeven moeten worden de coördinaten van het beginpunt van de stromingsgrid t.o.v. het nulpunt van het SHIPMA assenstelsel, de maaswijdte van de grid in x- en y-richting, en het aantal punten in x- en y- richting. In *tabel 6-3* staat gegeven welke waarden voor dit onderzoek zijn gebruikt.

parameter	waarde
beginwaarde in x-richting	1165,5 m
beginwaarde in y-richting	199,5 m
maaswijdte in x-richting	194,25 m
maaswijdte in y-richting	199,5 m
aantal punten in x-richting	21
aantal punten in y-richting	40

tabel 6-3 : Gegevens stromingsgrid

Via het stromingsgrid worden de stroombeelden dus gedefinieerd in een rechthoekig grid met totaal 840 punten. De mazen van dit grid zijn zo goed als vierkant.

6.4 Uitvoeren van runs

6.4.1 Toerentallen en snelheden

Het uitvoeren van een run komt er op neer dat een schip het traject langs de referentiebaan aflegt volgens een zeker snelheidsregime. Dit snelheidsregime is een richtlijn, welke staat gegeven in *tabel 6-4*.

locatie	punt in m op referentiebaan	snelheid in m/s
begin referentiebaan	0	3,80
Maasvlakte Noord boei	3000	3,50
Havenlichten	5800	3,00
Lage Licht	8500	2,00

tabel 6-4 : Snelheidsregime diepstekende schepen

In SHIPMA wordt de snelheid van het schip berekend op basis van door de gebruiker opgegeven toerentallen van het schip. Voor elke afzonderlijke sectie van de referentiebaan dient een toerental te worden opgegeven. Voor dit onderzoek is voor het opgeven van de toerentallen de referentiebaan in 10 stukken verdeeld (8 van 1000 m en twee van 500 m), zodat per run 10 toerentallen dienen te worden opgegeven.

Hoewel het in SHIPMA mogelijk is om de toerentallen tot op één honderdste omwenteling per seconde op te geven, wordt in de praktijk volgens vaste toerentallen gevaren. In *tabel 6-5* worden voor de voor dit onderzoek gebruikte schepen vaste toerentallen gegeven.

telegraaf	toerental		snelheid	
	omw / min	omw / sec	knopen	m/s
SEA FULL	71	1,18	13,5	6,75
HARBOUR FULL	60	1,00	11,4	10,7
HALF	50	0,83	9,5	4,75
SLOW	40	0,67	7,6	3,8
DEAD SLOW	30	0,50	5,7	2,85

tabel 6-5 : Mogelijke toerentallen voor de betreffende schepen

Het zal duidelijk zijn dat in het betreffende gebied niet met alle mogelijke toerentallen uit *tabel 6-5* wordt gevaren; zo zullen SEA FULL en HARBOUR FULL niet gebruikt worden, en zal HALF alleen gebruikt worden voor het geven van toerenstoten. Verder geldt:

- buiten de Havenlichten zal nooit achteruit geslagen worden,
- buiten de Havenlichten zal te allen tijde met druk op het roer gevaren worden,
- onder DEAD SLOW zal de motor van het schip onregelmatig gaan lopen, en uiteindelijk afslaan.

Voor het aangeven van de toerentallen welke voor dit onderzoek van toepassing zijn, wordt de referentiebaan in twee delen opgesplitst, te weten het gedeelte buiten de Havenlichten (van 0 tot ongeveer 6000 m), en het deel binnen de Havenlichten, het Binnengebied (6000 - 8500 m).



De mogelijke toerentallen voor de boven genoemde baandelen zien er dan uit als in *tabel 6-6* en *tabel 6-7*.

GEDEELTE 0 - 6000 m			
	telegraaf	toerentallen	
		omw / min	omw / sec
normaal	SLOW AHEAD	40	0,67
	DEAD SLOW AHEAD	30	0,50
toerenstoten	HALF AHEAD	50	0,83

tabel 6-6 : Mogelijke toerentallen in eerste deel van het traject

GEDEELTE 6000 - 8500 meter			
	telegraaf	toerentallen	
		omw / min	omw / sec
normaal	SLOW AHEAD	40	0,67
	DEAD SLOW AHEAD	30	0,50
	ZERO	0	0
	SLOW ASTERN	-30	-0,50
	DEAD SLOW ASTERN	-40	-0,67
toerenstoten	HALF AHEAD	50	0,83

tabel 6-7 : Mogelijke toerentallen in tweede sectie van het traject

Zoals kan worden gezien uit *tabel 6-6* wordt op het eerste deel van het traject (0 - 6000 m) continu met aandrijving gevaren. In de praktijk wordt op dit gedeelte nooit met stilstaande schroef gevaren. Eenmaal de Havenlichten gepasseerd kan het schip met stilstaande schroef varen, teneinde snelheid te verminderen.

6.4.2 Beginwaarden

Als beginwaarden zijn slechts opgegeven de begin coördinaten van het schip in het SHIPMA assenstelsel, alsook het begintoeental. Voor alle runs geldt dat de beginwaarde voor het toerental 0,67 omw/sec (40 omw/min) is. Dit is SLOW AHEAD. De coördinaten van de begin positie van het schip komen overeen met het beginpunt van de referentiebaan.

6.4.3 Anticipatie-lengte

De anticipatie-lengte is de afstand waarover vooruit gekeken wordt door de stuurautomaat, welke wordt gemeten vanaf het middelpunt van het schip, en wordt uitgedrukt in een veelvoud van de overall scheeps-lengte. Zo wordt geanticipeerd op de invloeden van stroming, wind, golven, enz.

Bij dit onderzoek is een anticipatie-lengte van 1,25 L genomen. Dit betekent dat vanaf het middelpunt van het schip over een afstand van 428 m ($1,25 \cdot 342$) vooruitgekeken wordt. Bij een afstand van het middelpunt tot de boeg van ongeveer 170 meter komt dit overeen met een anticipatie-lengte vanaf de boeg van ongeveer 260 m.



6.5 Presentatie van de resultaten

De resultaten van de berekeningen zijn gegeven in plots van de afgelegde vaarbaan (zogenaamde track-plots) en dataplots van de volgende parameters:

- snelheid over de grond,
- roerhoekuitslag,
- toereengebruik,
- drifthoek,
- afwijking uit referentiebaan,
- draaisnelheid.

Tevens zijn de ingevoerde stroombeelden geplot. Aangezien de stroombeelden voor dood en gemiddeld getij enkel verschillen in grootte van de snelheid, en niet in de richting, zijn deze plots alleen gemaakt voor de stroombeelden van springtij.



7. ANALYSE VAN DE FAST-TIME SIMULATIES

7.1 Algemeen

Een door SHIPMA gerealiseerde baan van het schip die ligt binnen de vaargeulgrenzen is nog geen garantie dat deze opvaart in werkelijkheid mogelijk is. Belangrijker hierbij is welke inspanningen zijn geleverd om de vaart uit te voeren. Onder deze inspanningen wordt verstaan hoe groot de roerhoek van het schip is, hoe frequent toerenstoten gegeven moeten worden, wat de opstuurhoek is, enz. Deze inspanningen kunnen worden afgelezen uit de dataplots.

Door middel van het interpreteren van de gegevens die voorkomen op de dataplot is in samenwerking met een expert uitspraak gedaan over de haalbaarheid van een simulatie run. De beoordeling geschiedt op basis van de volgende parameters:

- voorwaartse snelheid van het schip,
- roergebruik van het schip,
- toereengebruik van het schip,
- opstuurhoek van het schip,
- afstand tot referentiebaan van het schip.

Bovenstaande punten zullen worden uitgelegd in paragraaf 7.2, waarna in paragraaf 7.3 zal worden aangegeven in welke bijlagen de verschillende plots gevonden kunnen worden. In paragraaf 7.4 zal worden aangegeven wat de redenen zijn van bepaalde onnauwkeurigheden die in de dataplots voorkomen, waarna tenslotte in paragraaf 7.5 de resultaten van de simulatieruns geanalyseerd zullen worden.

De analyse is uitgevoerd in samenwerking met Dhr. Verkerk, werkzaam bij het MSCN. Bij het analyseren van de runs is in gedachten gehouden dat simulatieruns die met SHIPMA zijn uitgevoerd enkel en alleen iets over de fysische haalbaarheid van een vaart zeggen. Bij de beoordeling van een run wordt dan ook aangegeven of deze onmogelijk, mogelijk of kritiek is. In het geval van kritieke of onmogelijke runs zijn deze runs opnieuw uitgevoerd, waarbij de toerentallen op enkele delen van het traject zijn verhoogd. Het gevolg hiervan is dat het snelheidsregime boven het door de loodsen als richtlijn aangegeven schema komt te liggen.



7.2 Verschillende parameters t.b.v. beoordeling

Voorwaartse snelheid van het schip

In eerste instantie is uitgegaan van het snelheidsregime zoals dit door de loods is opgegeven (zie ook paragraaf 6.4.1). Aangezien een hogere snelheid bij het binnen varen de controle ten gunste komt ("gang is alles"), zijn ook runs uitgevoerd waarbij tot aan de Havenlichten met hogere toerentallen is gevaren.

De grafiek waarin de snelheid staat uitgezet wordt hoofdzakelijk gebruikt om te kijken of het snelheidsregime in de buurt komt van het gewenste regime, en niet om te beoordelen of een run mogelijk, kritisch of onmogelijk is.

Roergebruik van het schip

De maximale roerhoek van de schepen bedraagt 35° . Als het programma om een roerhoek vraagt die twee maal de maximale roerhoek bedraagt (70°), wordt een toerenstoot gegeven. Het varen met een maximale roerhoek over niet te lange afstand is geen probleem, zeker niet als hierbij geen toerenstoten worden gegeven.

De combinatie van roergebruik en het geven van toerenstoten bepaalt samen met de opstuurhoek of een run mogelijk, kritisch of onmogelijk is.

Toeregebruik van het schip

Voor de verschillende delen van de baan gelden vaste waarden voor de toerentallen die in het geval van toerenstoten toegepast worden. Zoals eerder genoemd worden toerenstoten gegeven als de stuurautomaat een roerhoek verlangt welke twee maal de maximale roerhoek bedraagt. Het varen met het geven van veel toerenstoten is een teken dat een run kritiek is; in geval van onvoorziene gebeurtenissen blijven er weinig mogelijkheden over om in te grijpen.

Opstuurhoek van het schip

De maximaal toelaatbare opstuurhoek van het schip tussen Maasvlakte Noord boei en de havenhoofden bedraagt 18° à 20° . SHIPMA kan moeiteloos runs uitvoeren waarbij met een grotere opstuurhoek de opvaart zonder problemen voltooid wordt. Deze runs worden in de praktijk echter niet haalbaar geacht, en als criterium wordt dan ook het volgende aangehouden:

- runs met een roerhoek tot 18° zijn mogelijk,
- runs met een roerhoek van 19° tot 20° zijn kritisch,
- runs met een roerhoek groter dan 20° zijn onmogelijk.

Afstand tot referentiebaan van het schip

De referentiebaan welke in SHIPMA is gedefinieerd is gelijk aan de Lichtenlijnen 112° en 116° . De uitwijking uit deze referentiebaan geeft aan op welke afstand het schip zich van de vaargeul begrenzing bevindt. De stuurautomaat in SHIPMA is (mede door de mogelijkheid van anticiperen op verschillende invloeden) in staat de referentiebaan altijd goed te volgen. De uitwijkingen uit de baan blijken dan ook bij de meest kritieke situaties nog binnen redelijke grenzen te blijven, en worden als gevolg hiervan niet in de tabellen in paragraaf 7.5 opgenomen, waarin de resultaten van de simulatieruns worden gegeven.



7.3 Presentatie plots

Nadat met SHIPMA de runs zijn uitgevoerd, worden met behulp van de nabewerkingsprogramma's FLOWPLOT, TRACKPLOT en DATAPLOT plots gemaakt van de verschillende parameters. In de onderstaande paragrafen zal worden aangegeven welke plots met de verschillende nabewerkingsprogramma's zijn gemaakt, en in welke bijlagen deze te vinden zijn.

7.3.1 Flowplots

Stroomberekeningen zijn met RIJMAMO gemaakt voor een situatie met ZW-wind en springtij, en een situatie met NW-wind en springtij. Met behulp van tidal factoren zijn hiermee stroombeelden gecreëerd voor dood en gemiddeld tij (zie paragraaf 5.7). Aangezien de stroombeelden voor dood en gemiddeld tij slechts verschillen van die van springtij in grootte (waarbij de verschillen nog relatief klein zijn) en niet in richting, zijn flowplots gemaakt enkel voor springtij. Het spreekt voor zich dat voor de verschillende schepen de flowplots gelijk zijn.

Een overzicht van de flowplots ziet er dan als volgt uit:

- Bijlage J-I : NW-wind, springtij, stap 30 t/m 4 l
- Bijlage J-II : ZW-wind, springtij, stap 30 t/m 4 l

Rechts onderin (het vakje boven die waarin de schaal staat gegeven) staat de run identifier, aan de hand waarvan bepaald kan worden voor welke condities de run geldig is. De kruisjes geven de oorsprong van de vectoren aan. De schaal op de beide assen geeft de coördinaten in het SHIPMA assenstelsel aan.

7.3.2 Trackplots

Aangezien de runs die gedaan zijn met dood en gemiddeld tij slechts worden gebruikt ter vergelijking van dood, gemiddeld en springtij, komen zij als zodanig slechts voor in de vergelijkingsplots van de verschillende astronomische getijklassen. Trackplots zijn dan ook gemaakt voor ZW-wind en NW-wind voor de situatie van springtij.

Een overzicht van de trackplots ziet er als volgt uit:

- Bijlage K-I : NW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 4 l
- Bijlage K-II : NW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 4 l
- Bijlage K-III : ZW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 4 l
- Bijlage K-IV : ZW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 4 l

Rechts onderin (het vakje boven die waarin de schaal staat gegeven) staat de run identifier, aan de hand waarvan bepaald kan worden voor welke condities de run geldt. De schaal op de beide assen geeft de coördinaten in het SHIPMA assenstelsel aan. Langs de baan van het schip wordt de positie op de referentiebaan aangegeven. Juist voor het punt 3000 m bevindt zich een kruisje; deze stelt Maasvlakte Noord boei voor. Ter hoogte van 5800 m staan aan weerszijden van de referentiebaan kruisjes, welke de Havenlichten voorstellen. Het vierde kruisje tenslotte, op ongeveer 8400 m, geeft de positie van het Lage Licht aan.

7.3.3 Dataplots

Zoals eerder gezegd voor de trackplots geldt ook voor de dataplots dat deze slechts zijn gemaakt voor springtij condities. Voor deze situaties (schip 1 en schip 2, bij NW-wind en ZW-wind) zijn dataplots gegeven voor alle afzonderlijke runs, waartoe ook de runs behoren die met hogere toerentallen zijn uitgevoerd. Tevens zijn dataplots gemaakt voor de vergelijking tussen de verschillende scheepsklassen en de verschillende astroklassen. In een overzicht ziet dit er als volgt uit:

Dataplots afzonderlijke runs met normale snelheid:

- Bijlage L-I : NW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 41
- Bijlage L-II : NW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 41
- Bijlage L-III : ZW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 41
- Bijlage L-IV : ZW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 41

Dataplots afzonderlijke runs met hoge snelheid:

- Bijlage M-I : NW-wind, schip 2, springtij, stap 36 t/m 39
- Bijlage M-II : ZW-wind, schip 2, springtij, stap 31 t/m 39

Dataplots vergelijkingruns schip 1 en schip 2:

- Bijlage N-I : NW-wind, springtij, stap 30, 37 en 41
- Bijlage N-II : ZW-wind, springtij, stap 30, 34 en 41

Dataplots vergelijkingruns dood, gemiddeld en springtij:

- Bijlage O-I : NW-wind, springtij, stap 30, 35 en 41
- Bijlage O-II : ZW-wind, springtij, stap 30, 35 en 41

Rechts onderin staat de run identifier, aan de hand waarvan bepaald kan worden voor welke condities de run geldt. De schaal op de beide assen geeft de coördinaten in het SHIPMA assenstelsel aan.

Een dataplot van een simulatierun bestaat uit twee pagina's, met op elke pagina drie figuren onder elkaar. In tabel 7-1 wordt aangegeven welke grootheden in de verschillende figuren zijn uitgezet.

figuur nr.	pagina	symbool	grootheid	eenheid
1	1	u	voorwaartse snelheid van het schip t.o.v. de grond	m/s
2	1	rudder	roerhoek van het schip	graden
3	1	n	toerental van het schip	omw/s
4	2	dpsi	opstuurhoek van het schip	graden
5	2	dy	uitwijking van referentiebaan	m
6	2	r	draaisnelheid van het schip	graden/s

tabel 7-1 : Overzicht voorkomende grootheden in dataplots



7.4 Onnauwkeurigheden

Vanzelfsprekend komen in de resultaten van de simulaties onnauwkeurigheden voor. Deze simulaties kunnen het gevolg zijn van onnauwkeurigheden in RIJMAMO, in SHIPMA of bij het overzetten van stromingsgegevens van RIJMAMO naar SHIPMA grid. Hieronder zullen de belangrijkste onnauwkeurigheden, uitgesplitst naar categorie, worden aangegeven.

Onnauwkeurigheden in RIJMAMO

- In de RIJMAMO modelleringen treden aanzienlijke rondstromingen op t.p.v. de splitsingsdam. Bij NW-wind gebeurt dit gedurende alle tijdstappen, bij ZW-wind hoofdzakelijk gedurende tijdstap 36 t/m 41.
- De stroomberekeningen zijn gemaakt voor een situatie met open Beerdam, in plaats van een gesloten Beerdam zoals dit in de huidige situatie is. Gevolg van een open Beerdam is dat de stroomsnelheden in de omgeving van de bocht naar het Beerkanaal groter zijn dan in een situatie met gesloten Beerdam

Onnauwkeurigheden in SHIPMA

- Het SHIPMA grid heeft een maaswijdte in x- en y-richting van ongeveer 200 m. Bij een breedte van de vaargeul van ongeveer 500 m is dit grofmazig te noemen. Dit zal voor onnauwkeurigheden zorgen.
- De besturing in SHIPMA gebeurt door een stuurautomaat in plaats van door een loods of schipper. De stuurautomaat heeft als voordeel dat hij kan anticiperen op externe invloeden, en zal daarom altijd in staat zijn de referentiebaan zeer nauwkeurig te volgen. Dit is het grote nadeel van het gebruik van een fast-time simulatie programma.

Onnauwkeurigheden t.g.v. omzetten van RIJMAMO naar SHIPMA grid

- Bij het interpoleren van RIJMAMO grid naar SHIPMA grid is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van Noorderdam, Zuiderdam en Splitsingsdam. Het is mogelijk dat in de RIJMAMO grid in een punt ten noorden van de Splitsingsdam een compleet andere stroomrichting heerst dan in een punt ten zuiden van de Splitsingsdam. Bij de interpolatie naar een waarde in de SHIPMA grid tussen deze punten kunnen dan ook vreemde waarden worden gevonden.

In alle dataplots is te zien dat in het laatste deel van het traject (het gedeelte vanaf ongeveer 7600 m) om onduidelijke redenen met grote roerhoeken wordt gevaren, af en toe in combinatie met het geven van toerenstoten. Deze onverwachte acties zijn onder andere het gevolg van een aantal van bovenstaande onnauwkeurigheden. Daarom is besloten het laatste deel waarvoor dit optreedt niet in de beoordeling mee te nemen.

7.5 Analyses voor de verschillende condities

Als eerste zijn aan de analyse onderworpen de runs die onder de meest kritieke omstandigheden zijn uitgevoerd. Dit zijn runs welke zijn uitgevoerd voor de volgende omstandigheden:

- runs met spring tij,
- runs met schip 2.

Uit de dataplots waar in één figuur de grafieken voor verschillende condities naast elkaar gezet zijn (de zogenaamde vergelijkingsplots) kunnen, in combinatie met de resultaten van de simulaties voor boven genoemde omstandigheden, uitspraken worden gedaan over minder kritieke condities (schip 1, dood en gemiddeld tij).

7.5.1 NW-wind, schip 2, springtij

Een kort overzicht van de simulatieruns welke zijn uitgevoerd met schip 2, voor een berekend stroombeeld met NW-wind en springtij ziet er in tabelvorm als volgt uit (zie bijlage L-II voor de dataplots):

NW-wind, schip 2, springtij								
stap	tijdstip t.o.v. hw H. v H.	snelheid in m/s		maximale roerhoek in graden	afstand met roer- hoek 35°	frequentie toerensto- ten	maximale opstuur- hoek	(On)Mo- gelijk / Kritiek
		MVN	Haven- lichten					
30	-1:40	3,4	3,2	10	0	nul	5	M
31	-1:25	3,4	3,2	10	0	nul	7	M
32	-1:10	3,4	3,2	13	0	nul	7	M
33	-0:55	3,4	3,2	16	0	nul	9	M
34	-0:40	3,4	3,3	20	0	nul	12	M
35	-0:25	3,4	3,4	25	0	nul	14	M
36	-0:10	3,5	3,4	32	0	nul	15	M
37	0:05	3,5	3,3	35	400	nul	16	M
38	0:20	3,5	3,2	35	500	nul	16	M
39	0:35	3,5	3,2	35	300	nul	15	M
40	0:50	3,5	3,2	28	0	nul	14	M
41	1:05	3,5	3,2	21	0	nul	14	M

tabel 7-2 : Overzicht runs NW-wind, schip 2, springtij

In de eerste kolom staat aangegeven van welke tijdstap de stroommodellering geldt (en dus ook voor welk tijdstip de simulatie is uitgevoerd), waarna dit in de tweede kolom is uitgedrukt in het tijdstip t.o.v. hoogwater Hoek van Holland.

In kolom 3 en 4 worden de snelheden van het schip t.o.v. de grond in m/s gegeven, voor locatie Maasvlakte Noord (MVN) en ter plaatse van de Havenlichten.



In de vijfde kolom is de maximaal gebruikte roerhoek aangegeven, in de zesde kolom wordt vermeld wat de afstand is in meters waarover met de maximaal mogelijke roerhoek van 35° is gevaren. Indien op geen enkel moment met deze maximale roerhoek is gevaren, wordt in deze kolom een nul gevonden.

In de zevende kolom staat vermeld wat de frequentie van de toerenstoten is. Onderscheid wordt hierbij gemaakt in:

- nul : er worden geen toerenstoten gegeven,
- zeer laag : er worden één of meer toerenstoten gegeven over een lengte van 0 - 200 m,
- laag : er worden één of meer toerenstoten gegeven over een lengte van 200 - 600 m,
- hoog : er worden één of meer toerenstoten gegeven over een lengte van 600 m of meer.

De maximale opstuurhoek van het schip staat in kolom 8. In kolom 9 tenslotte wordt, aan de hand van de voorgaande kolommen aangegeven of een run mogelijk, kritisch of onmogelijk is.

De runs die zijn uitgevoerd onder de omstandigheden die betrekking hebben op *tabel 7-2* kunnen alle uitgevoerd worden, zonder dat dit problemen oplevert. In stap 37 t/m 39 wordt over een afstand van ongeveer 500 meter met een maximale roerhoek gevaren. Hierbij worden echter nog geen toerenstoten gegeven. Indien in enkele secties voor de Havenlichten (1000 m t/m 5000 m) SLOW in plaats van DEAD SLOW wordt gevaren, wordt het varen met maximale roerhoek vermeden. Zie dataplots bijlage M-I.

Een overzicht van de runs die zijn uitgevoerd met hogere toerentallen tot aan de Havenlichten, ziet er uit als in *tabel 7-3*.

NW-wind, schip 2, springtij, hoge snelheid								
stap	tijdstip t.o.v. hw H. v H.	snelheid in m/s		maximale roerhoek in graden	afstand met roer- hoek 35°	frequentie toerensto- ten	maximale opstuur- hoek	(On)Mo- gelijk / Kritiek
		MVN	Haven- hoofden					
36	-0:10	4,2	3,5	32	0	nul	13	M
37	0:05	4,2	3,6	33	0	nul	13	M
38	0:20	4,2	3,7	32	0	nul	12	M
39	0:35	4,2	3,4	31	0	nul	12	M

tabel 7-3 : Overzicht runs NW-wind, schip2, springtij, hoge snelheid

Hoewel de runs welke zijn uitgevoerd voor een normaal snelheidsregime geen problemen te zien geven, is het duidelijk dat de runs waarbij met hogere snelheid wordt binnen gevaren, nog eenvoudiger en met minder inspanningen kunnen worden uitgevoerd.

7.5.2 ZW-wind, schip 2, springtij

Een overzicht van de simulatieruns welke zijn uitgevoerd met schip 2, voor een stroombeeld berekend met ZW-wind bij springtij ziet er in tabelvorm als volgt uit (zie bijlage L-IV voor de dataplots):

Voor uitleg van de parameters die in de verschillende kolommen voorkomen, wordt verwezen naar de uitleg welke is gegeven bij *tabel 7-2*.

ZW-wind, schip 2, springtij								
stap	tijdstip t.o.v. hw H. v H.	snelheid in m/s		maximale roerhoek in graden	afstand met roer- hoek 35°	frequentie toerensto- ten	maximale opstuur- hoek	(On)Mo- gelijk / Kritiek
		MVN	Haven- hoofden					
30	-1:40	3,4	3,2	28	0	nul	15	M
31	-1:25	3,4	3,3	35	400	nul	20	K
32	-1:10.	3,4	3,5	35	600	laag	22	O
33	-0:55	3,5	3,6	35	700	laag	21	O
34	-0:40	3,5	3,6	35	700	laag	20	K
35	-0:25	3,5	3,7	35	600	laag	20	K
36	-0:10	3,5	3,6	35	600	laag	19	K
37	0:05	3,5	3,6	35	500	laag	18	K
38	0:20	3,5	3,2	35	400	zeer laag	16	M
39	0:35	3,5	3,2	35	400	nul	16	M
40	0:50	3,5	3,2	35	300	nul	15	M
41	1:05	3,5	3,1	31	0	nul	14	M

tabel 7-4 : Overzicht runs ZW-wind, schip 2, springtij

Uit de tabel blijkt dat voor ZW-wind kritieke situaties ontstaan voor de runs van stap 31 t/m stap 37, waarbij de runs van stap 32 en 33 uit oogpunt van maximale opstuurhoek niet toelaatbaar zijn. Varen met maximale roerhoek over een afstand van 500 m met daarbij het geven van toerenstoten wordt niet als ideaal ervaren. Stap 32 en 33 komen overeen met 1:10 respectievelijk 0:55 vóór hoogwater te Hoek van Holland. Deze tijden gelden voor passage van het gebied tussen Maasvlakte Noord boei en de Havenlichten, waardoor dit omgezet naar passage Lage Licht een beperking inhoudt van 40 minuten tot 25 minuten vóór hoogwater Hoek van Holland.

Evenals voor de situatie met NW-wind zijn ook hier voor stap 31 t/m stap 39 runs uitgevoerd waarbij tot aan de Havenlichten met hogere toerentallen is gevaren. De resultaten van deze runs zien er uit als in tabel 7-5.

ZW-wind, schip 2, springtij, hoge snelheid								
stap	tijdstip t.o.v. hw H. v H.	snelheid in m/s		maximale roerhoek in graden	afstand met roer- hoek 35°	frequentie toerensto- ten	maximale opstuur- hoek	(On)Mo- gelijk / Kritiek
		MVN	Haven- hoofden					
31	-1:25	4,1	3,9	31	0	nul	16	M
32	-1:10.	4,1	4,0	35	250	nul	17	M
33	-0:55	4,1	4,3	35	250	nul	17	M
34	-0:40	4,1	4,3	35	200	nul	16	M
35	-0:25	4,1	4,2	35	300	nul	16	M
36	-0:10	4,1	4,1	35	500	nul	15	M
37	0:05	4,1	3,9	34	0	nul	14	M
38	0:20	4,1	4,0	30	0	nul	13	M
39	0:35	4,0	4,0	27	0	nul	12	M

tabel 7-5 : Overzicht runs ZW-wind, schip 2, springtij, hoge snelheid

Uit de tabel blijkt dat ook voor de situatie bij NW-wind de runs zonder problemen kunnen worden uitgevoerd als met hogere toerentallen wordt gevaren in het gedeelte tot de Havenlichten.



Bij het invaren van de haven met een grotere snelheid moet echter rekening worden gehouden met de volgende zaken:

- benodigde afstoplengte neemt toe,
- de squat wordt groter bij toenemende snelheid van het schip.

Toenemende afstoplengte

Zodra de diepstekende schepen waar het hier om gaat binnen de havenhoofden komen, moeten ze deze schepen snelheid verminderen om sleepboten aan te laten haken. Diepstekende bulk carriers welke de haven van Rotterdam binnen komen, gaan óf het Beerkanaal in, óf gaan afmeren bij de ertskafe van de EECV, die zich net na de bocht naar het Beerkanaal bevindt. Om deze manoeuvre veilig uit te kunnen voeren is het van belang dat de snelheid van het schip laag is, ook om het aanhaken van sleepboten mogelijk te maken. Uit de praktijk is bekend dat het nu af en toe voorkomt dat met moeite de bocht naar het Beerkanaal kan worden genomen.

Het binnen varen met hogere snelheid van de haven zal alleen maar voor grotere problemen zorgen bij het verminderen van de snelheid.

Toenemende squat

Bij toenemende snelheid van het schip zal ook de squat van het schip toenemen. Squat is echter afhankelijk van de snelheid van het schip ten opzichte van het water. In bovenstaande tabellen worden zijn alle snelheden gegeven ten opzichte van de grond. Om een idee te krijgen van de snelheid van het schip ten opzichte van het water, is bij de runs die voor ZW-wind en hoge invaarsnelheid zijn uitgevoerd, in de dataplots een grafiek met daarin de stroomsnelheid over de grond in langsrichting van het schip geplot (zie bijlage M-II voor de dataplot). In *tabel 7-6* zijn voor de verschillende tijdstippen en verschillende punten op de referentiebaan de uit de dataplot gevonden waarden voor de snelheid van het schip t.o.v. de grond en de stroomsnelheid over de grond in langsrichting van het schip uitgezet, alsook de daaruit volgende snelheid van het schip t.o.v. het water.

stap	snelheid schip t.o.v. grond			stroomsnelheid over de grond			snelheid schip t.o.v. water		
	3000 m	5800 m	7200 m	3000 m	5800 m	7200 m	3000 m	5800 m	7200 m
31	4,1	3,9	3,2	0,4	0,6	0,6	3,7	3,3	2,6
32	4,1	4,0	3,3	0,4	0,7	0,7	3,7	3,3	2,6
33	4,1	4,3	3,5	0,4	0,8	0,8	3,7	3,5	2,7
34	4,1	4,3	3,5	0,5	0,7	0,8	3,6	3,5	2,7
35	4,1	4,2	3,5	0,5	0,6	0,7	3,6	3,5	2,8
36	4,1	4,1	3,3	0,4	0,4	0,6	3,7	3,7	2,7
37	4,1	3,9	3,2	0,3	0,2	0,4	3,8	3,7	2,8
38	4,1	4,0	3,2	0,3	0,2	0,4	3,8	3,8	2,8
39	4,0	4,0	3,2	0,3	0,2	0,4	3,7	3,8	2,8

tabel 7-6 : Berekening snelheid van het schip t.o.v. het water

Het punt 7200 m is (zie bijlage D) ongeveer halverwege de Havenlichten en Lage Licht. Uit de tabel is op te maken dat in geval van de vloedstroom de snelheid t.o.v. het water kleiner is dan de snelheid t.o.v. de grond, wat resulteert in een kleinere squat.

7.5.3 Andere condities

In de paragrafen 7.5.1 en 7.5.2 zijn slechts de runs geanalyseerd voor de meest kritieke situaties, te weten springtij en schip 2. Om ook uitspraken te kunnen doen over andere omstandigheden, zoals dood en gemiddeld getij en een andere scheepsklasse, worden in bijlagen N en O plots gegeven waar in één figuur de resultaten van de simulaties voor verschillende parameters naast elkaar zijn gezet. In paragraaf 7.5.3.1 wordt uit deze vergelijkingsplots geconcludeerd wat dit inhoudt voor de simulaties die met schip 1 zijn uitgevoerd, waarna dit in paragraaf 7.5.3.2 wordt gedaan voor de verschillende astroklassen.

Voor de vergelijkingen is gebruik gemaakt van de runs welke zijn uitgevoerd voor het normale snelheidsregime, aangezien niet voor alle tijdstappen runs zijn uitgevoerd met hoge snelheid. Daar het slechts om vergelijkingen gaat is dit een juiste gang van zaken.

7.5.3.1 Verschillende scheepsklassen

In bijlage N worden voor de volgende simulaties in een grafiek de waarden van de verschillende parameters voor schip 1 en schip 2 gegeven:

- springtij, NW-wind, stap 30, 37 en 41 (bijlage N-I)
- springtij, ZW-wind, stap 30, 35 en 41 (bijlage N-II)

Uit de dataplots volgt dat de verschillen tussen schip 1 en schip 2 minimaal zijn; de snelheid van schip 2 ligt iets lager, en de benodigde roerhoek is (als gevolg van de iets lagere snelheid en de grotere krachten op het schip als gevolg van de iets grotere diepgang) iets groter. Bij de overige parameters blijken de waarden nagenoeg gelijk te zijn.

Hieruit wordt geconcludeerd dat de uitkomsten van de analyses voor schip 1 weinig verschillen van die van schip 2, en zien er dus uit als in *tabel 7-2* t/m *tabel 7-5*.

7.5.3.2 Verschillende astroklassen

In bijlage O worden voor de volgende simulaties in een grafiek de waarden van de verschillende parameters voor dood, gemiddeld en springtij gegeven:

- schip 2, NW-wind, stap 30, 35 en 41 (bijlage O-I)
- schip 2, ZW-wind stap 30, 35 en 41 (bijlage O-II)

Uit de methode waarop de stroombeelden voor dood en gemiddeld getij zijn bepaald (zie paragraaf 5.7) kon reeds worden verwacht dat de schepen voor deze condities minder moeite zullen hebben om binnen te varen dan bij springtij (de tidal factor verkleint de waarden voor de stroomsnelheid).

Dit volgt dan ook uit de dataplots; stap 30 geeft amper verschillen te zien (tidal factor nagenoeg 1), terwijl voor stap 41 de verschillen aanzienlijk zijn (tidal factor 0,94 voor gemiddeld getij en 0,80 voor dood tij).

Tevens is te zien dat de verschillen tussen de verschillende astroklassen bij ZW-wind groter zijn dan die bij NW-wind. De reden hiervan is dat de absolute stroomsnelheden bij ZW-wind groter zijn, en dus ook de verschillen in stroomsnelheid tussen de verschillende astroklassen.

Geconcludeerd kan worden dat de opvaart makkelijker kan geschieden onder dood en gemiddeld tij.



7.6 Conclusies

Uit de analyse van de resultaten van de fast-time simulaties kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Voor de situatie met ZW-wind wordt bij toepassing van toerentallen volgens het normale snelheidsregime geconstateerd dat de runs van stap 32 en 33 uit oogpunt van maximale opstuurhoek niet toelaatbaar zijn. Deze stappen komen overeen met 1:10 respectievelijk 0:55 vóór hoogwater te Hoek van Holland. Deze tijden gelden voor passage van het gebied tussen Maasvlakte Noord boei en Havenlichten, waardoor dit omgezet naar passage Lage Licht (ongeveer een half uur varen) een beperking inhoudt van 0:40 tot 0:25 vóór hoogwater. Rekening houdend met een marge en een afronding op kwartieren wordt passage Lage Licht uitgesloten van 1:00 tot 0:15 vóór hoogwater bij Hoek van Holland
Dit stemt geheel niet overeen met de huidige stroombeperking, welke stelt dat passage Lage Licht tussen 0 en 2,5 uur ná hoogwater bij Hoek van Holland is uitgesloten.
- In de situatie met NW-wind is opvaart te allen tijde mogelijk. Ook dit komt absoluut niet overeen met de huidige dwarsstroombeperking.
- Indien het mogelijk wordt geacht dat met zodanige toerentallen wordt gevaren dat de snelheid van het schip ten opzichte van de grond bij het passeren van de Havenlichten ongeveer 4 m/s bedraagt in plaats van de volgens het normale snelheidsregime geldende 3 m/s, is voor gesimuleerde condities opvaart te allen tijde mogelijk.
- De verschillen tussen een opvaart bij NW-wind en ZW-wind zijn aanzienlijk. Als gevolg van het feit dat bij ZW-wind de windrichting gelijk is aan de vloedstroomrichting in het gebied rond de Maasmond, zijn de stroomsnelheden bij deze windrichting hoger. Omdat tevens de golven dwars op het schip staan bij ZW-wind, is het totale moment op het schip groter dan bij NW-wind, en moet aanzienlijk meer inspanning geleverd worden om een veilige invaart te voltooien.
- Voor schepen waarvan de diepgang ongeveer 22 m bedraagt, geldt dat een verschil in diepgang van ongeveer een halve meter nauwelijks verschil in resultaten laat zien. De gevonden dwarsstroombeperkingen voor de gesimuleerde condities zijn dan ook gelijk voor de twee verschillende scheepsklassen.



8. STRATEGIE VOOR VERDER ONDERZOEK

8.1 Inleiding

In hoofdstuk 5 is duidelijk geworden dat variërende omgevingscondities verschillende stroombeelden te zien geven. Bij het doen van simulaties met als invoer deze verschillende stroombeelden bleek dat de tijd waarvoor passage Lage Licht is uitgesloten volgens de simulaties grote verschillen vertoont met het huidige beleid (zie analyse van de simulaties in hoofdstuk 7). Hieruit kan geconcludeerd worden dat het waardevol is om hiernaar verder onderzoek te doen, aan de hand waarvan een aanpassing van de horizontale toelatingsregeling kan worden gerealiseerd. In dit hoofdstuk zal globaal worden aangegeven wat de verschillende mogelijkheden zijn om een dergelijk onderzoek uit te voeren, en wat de voor- en nadelen hiervan zijn.

Het belangrijkste bij het aanpassen van de horizontale toelatingsregeling is het kunnen beschikken over stroombeelden voor verschillende omstandigheden (o.a. wind en getij). In paragraaf 8.2 worden hiervoor twee mogelijkheden besproken.

De verkregen stroombeelden moeten worden gekoppeld aan optredende condities; aan de hand van voorspellingen van verschillende parameters wordt bepaald welk berekend stroombeeld bij de voorspellingen hoort. In het kader van de combinatie van verticaal en horizontaal beleid wordt er naar gestreefd de parameters voor het horizontale beleid zo veel mogelijk te laten overeenkomen met die welke voor het verticale beleid gebruikt worden, nl. astro-, meteo- en golfklasse. In hoeverre dit mogelijk is en wat eventuele alternatieve mogelijkheden zijn komt in paragraaf 8.3 aan bod.

Bovenstaande moet geïmplementeerd worden in HARAP. Hierbij kan als oplossing gedacht worden aan de volgende mogelijkheden, welke in paragraaf 8.4 uitvoerig worden behandeld:

- aan de hand van een maximaal toelaatbare dwarsstroomsnelheid in het kritieke gebied rechtstreeks uit de voor de verschillende condities verkregen stroombeelden de nieuwe dwarsstroombeperkingen bepalen,
- uitvoeren van simulaties met de berekende stroombeelden als invoer, waarbij de dwarsstroombeperkingen volgen uit de resultaten van de simulaties voor de verschillende condities.

Bij het wijzigen van de dwarsstroombeperking in HARAP van een vaste periode in een variabele periode, welke afhankelijk is van de voorspelling van het stroombeeld, zal HARAP aangepast moeten worden. Wat hierbij komt kijken wordt in paragraaf 8.5 besproken.

Tenslotte zijn in paragraaf 8.6 met HARAP tijpoortberekeningen uitgevoerd, waarbij in plaats van de huidige dwarsstroombeperking de uit de simulaties gevonden dwarsstroombeperkingen zijn gebruikt.



8.2 Stroombeelden voor verschillende condities

Zoals gezegd is het probleem voor het horizontale toelatingsbeleid de complexiteit van de optredende stroming in de Maasmond. Voor het doen van een uitgebreid vervolgonderzoek moet men dan ook kunnen beschikken over betrouwbare stroombeelden, waarbij geldt dat de betrouwbaarheid van het beleid groter wordt naarmate het aantal stroombeelden voor verschillende condities groter wordt. Voor dit fast-time simulatie onderzoek is gebruik gemaakt van stroomberekeningen die in het kader van het Maasvlakte 2 project met RIJMAMO zijn uitgevoerd (zie hoofdstuk 5). Een alternatief voor het verkrijgen van stroombeelden is het gebruik van een stroomatlas.

RIJMAMO modelleringen

Uit een vergelijking met stroomkrommen die in HARAP worden gebruikt (zie paragraaf 5.6), en uit validatie rapporten van RIJMAMO (zie lit [5]) komt naar voren dat de RIJMAMO berekeningen goede resultaten laten zien. De resultaten van de stroomberekeningen zijn tevens voorgelegd aan Hans Wüst, deskundige op het gebied van stroming in de Maasmond. Hij concludeerde dat de berekeningen goed met de werkelijkheid overeen komen. Het verschuiven van het tijdstip van optreden van de maximale stroomsnelheid is te wijten aan de hoge windsnelheden.

Een nadeel van RIJMAMO is dat het uitvoeren van stroomberekeningen met RIJMAMO zeer tijdrovend is; het modelleren van drie uur stroming neemt één uur in beslag. Dit heeft tevens tot gevolg dat in het geval van het uitvoeren van een groot aantal berekeningen, de kosten behoorlijk kunnen oplopen.

Gebruik stroomatlas

Een alternatief voor het verkrijgen van stroombeelden is het gebruik van de stroomatlas; door Rijkswaterstaat is in 1987 en 1988 met speciale apparatuur een programma van stroommetingen uitgevoerd in een groot aantal punten in het aanloopgebied en in de havenmond. In elk meetpunt zijn in de verticaal op verschillende waterdiepten de stroomrichtingen en -snelheden gemeten. Voorts werden de metingen uitgevoerd onder verschillende condities, zoals: dood tij, gemiddeld getij en springtij, en bij hoge en lage rivierafvoer. Alle stroomvelden zijn verwerkt tot stroomvectoren die gelden als gemiddelde waarden in de laag van 0-20 m onder het wateroppervlak.

Een nadeel van dit alternatief is dat de stroomgegevens niet als computerbestanden voorkomen waarin tabellen staan met daarin voor verschillende punten - met bekende coördinaten - de waarden voor de stroomsnelheden en de richting. Om van deze stroomatlas gebruik te maken zullen uit de figuren in de stroomatlas met de hand de richtingen en groottes van de snelheden bepaald moeten worden. Deze moeten vervolgens geëxtrapoleerd en geïnterpoleerd worden naar waarden in een grid, welke gebruikt wordt om de stroombeelden in een simulatie programma in te voeren. Dit is zeer bewerkelijk.

Een ander nadeel is dat de stroombeelden die voorkomen in de stroomatlas gemiddelde waarden zijn. Hieruit kan geen onderscheid worden gemaakt tussen bijvoorbeeld een NW-wind en een ZW-wind, een onderscheid wat bij het aanpassen van het horizontale toelatingsbeleid zeker gemaakt dient te worden. Resumerend wordt gesteld dat deze stroomatlas een nuttig beeld geeft van de gemiddelde stroomcondities bij kalm weer, maar dat onvoldoende is voor adequate scheepsbegeleiding.

Het gebruik van RIJMAMO voor het verkrijgen van stroombeelden voor verschillende condities, waarmee in een vervolgonderzoek een aanpassing van het horizontale beleid wordt bewerkstelligd, is dan ook een goede mogelijkheid.



8.3 Koppeling tussen stroombeelden en voorspellingen

Nadat met RIJMAMO voor vele verschillende combinaties van astroklasse, windrichting en windsnelheid (en eventueel andere parameters, zoals rivierafvoer en spuiprogramma van de Haringvlietstuizen) stroomberekeningen zijn gemaakt, moet worden gezocht naar een methode om de in werkelijkheid optredende condities te koppelen aan een berekend stroombeeld. Vanzelfsprekend is het de bedoeling dat het stroombeeld zoals dit werkelijk zal optreden zo veel mogelijk overeen komt met het berekende stroombeeld, teneinde een zo nauwkeurig mogelijke horizontale toelatingsregeling te kunnen ontwikkelen.

Uit de analyse van de resultaten van de fast-time simulaties (hoofdstuk 7) is het volgende gebleken met betrekking tot verschillende condities:

- er bestaat een aanzienlijk verschil tussen opvaarten bij NW-wind en ZW-wind,
- de verschillen tussen opvaarten met schepen van verschillende diepgang zijn gering,
- de verschillen tussen dood, gemiddeld en springtij zijn niet al te groot, waarbij evenals in paragraaf 5.7 rekening gehouden dient te worden met de representativiteit van de globaal bepaalde stroombeelden voor dood en gemiddeld tij.

Uit bovenstaande volgt dat een koppeling van stroombeeld bij voorkeur dient te geschieden op basis van voorspelling van astroklasse, windrichting en windsnelheid (en eventueel andere parameters). Hoe dit er uit kan zien wordt beschreven in paragraaf 8.3.1.

Andere mogelijkheden voor het voorspellen van het optredende stroombeeld zijn:

- koppeling aan voorspellingen voor verticaal beleid in HARAP (paragraaf 8.3.2)
- koppeling aan stroommetingen in één punt (paragraaf 8.3.3)
- koppeling aan voorspellingen via neurale netwerk (paragraaf 8.3.4)

8.3.1 Koppeling aan voorspelling van astroklasse, windrichting en -snelheid

Het meest praktisch is het om de voorspelling voor het optreden van een stroombeeld te koppelen aan een voorspelling van astroklasse, windrichting en windsnelheid. Hiertoe kunnen windrichting en windsterkte worden verdeeld in een aantal segmenten. Hoe dergelijke klasse-indelingen eruit kunnen zien wordt getoond in *tabel 8-1* (windrichtingen) en *tabel 8-2* (windsnelheden).

WINDRICHTINGEN		
klasse	van - tot (in graden)	maatgevende windrichting
NO	22,5 - 67,5	Noordoost
O	67,5 - 112,5	Oost
ZO	112,5 - 157,5	Zuidoost
Z	157,5 - 202,5	Zuid
ZW	202,5 - 247,5	Zuidwest
W	247,5 - 292,5	West
NW	292,5 - 337,5	Noordwest
N	337,5 - 22,5	Noord

tabel 8-1 : Indeling windrichting in 8 klassen



WINDSNELHEDEN			
klasse	van - tot (in Bf.)	van - tot (in m/s)	gemiddeld (in m/s)
1	0 - 2	0 - 3,3	2,0
2	3 - 5	3,4 - 10,7	6,5
3	6 - 7	10,8 - 17,1	14,0
4	8 - 9	17,2 - 24,4	21,0

tabel 8-2: Indeling windsnelheden in 4 klassen

Uit bovenstaande twee tabellen kan één resulterende windklassentabel worden gemaakt, waarin 32 windklassen voorkomen. De naam van elke klasse wordt gevormd door eerst d.m.v. één of twee letters de windrichtingsklasse aan te geven, en vervolgens d.m.v. één getal de windsnelheidsklasse. Windklasse NO3 bijvoorbeeld komt overeen met windrichting Noordoost, en windsnelheidsklasse 3 (6 - 7 Bf.).

De indeling voor de windrichtingen zoals deze boven is beschreven gaat uit van 8 klassen, waarbij iedere klasse een even groot bereik heeft (nl. 45°). Het is natuurlijk ook mogelijk om een indeling te maken die bestaat uit een aantal klassen welke alle verschillende bereiken hebben. Een dergelijke verdeling ziet er bijvoorbeeld uit als in *tabel 8-3*; aangezien de verschillen tussen NW-wind en ZW-wind aanzienlijk zijn, is het nuttig om in dit gebied een fijne verdeling toe te passen, terwijl voor de richtingen welke een aflandige wind veroorzaken de verschillen klein zijn, en hier door één klasse een groot gebied aangeduid kan worden.

WINDRICHTINGEN		
klasse	van - tot (in graden)	maatgevende windrichting
O	22,5 - 157,5	Oost
Z	157,5 - 202,5	Zuid
ZW	202,5 - 247,5	Zuidwest
W	247,5 - 292,5	West
NW	292,5 - 337,5	Noordwest
N	337,5 - 22,5	Noord

tabel 8-3 : Alternatief voor indeling in windklassen

De keuze voor het aantal toe te passen klassen wordt gemaakt aan de hand van de uitkomsten van de simulaties; als blijkt dat de verschillen tussen de stroombeelden (en zo ook tussen de resultaten van de simulaties) minimaal zijn voor de richtingen NO, O en ZO, is het handig om deze in één klasse onder te brengen.

Elke combinatie van windklasse en astroklasse wordt gekoppeld aan een stroombeeld dat met RIJMAMO is berekend. Voor de combinatie van bijvoorbeeld windklasse ZW3 (windrichting tussen 202,5 ° en 247,5 °, windsnelheid tussen 10,8 en 17,1 m/s) en astroklasse 3 (springtij), wordt een stroomberekening uitgevoerd met RIJMAMO met de volgende parameters:

- zuidwesten wind, 17 m/s (maximale waarde van de klasse i.v.m. de veiligheid),
- springtij.

In geval van 32 verschillende windklassen en 3 verschillende astroklassen, komt het totaal aantal stroomberekeningen die met RIJMAMO moeten worden uitgevoerd op 96. Hierin is dan nog geen gebruik gemaakt



van de mogelijkheid om naast astroklasse, de windrichting en -snelheid (aangeduid via de windklasse), tevens de Rijnafoer en het spuiprogramma van de Haringvlietstuizen in de stroomberekeningen te betrekken. Uiteraard resulteert dit in een groter aantal stroomberekeningen (en zo ook in een groter aantal simulaties).

Aangezien in dit onderzoek geen stroombeelden voor verschillende Rijnafoer beschikbaar zijn, kan niet worden gezegd wat de invloed is van deze parameter, en of het de moeite is om deze parameter in het beleid te betrekken.

Betrouwbaarheid en veiligheid

Heel belangrijk bij het uitstippelen van een nieuw beleid is het om een idee te hebben van de betrouwbaarheid van het beleid, waarmee tevens de veiligheid samen hangt. Hieronder zal iets worden gezegd over de betrouwbaarheid van de in deze paragraaf beschreven methode.

Evenals bij het voorspellen van astro-, meteo- en golfklasse kan bij het voorspellen van een windklasse niet met zekerheid worden gezegd of de voorspelde windklasse daadwerkelijk optreedt. De voorspellingen van windsnelheid en -richting worden gedaan door het KNMI.

Uit statistieken van windgegevens van de afgelopen jaren kan voor elke windklasse bepaald worden:

- de frequentie van optreden,
- de kans dat bij voorspellen van een zekere windklasse een andere windklasse optreedt.

In de boven beschreven methode om het horizontale beleid aan te passen is echter de voorspelling van de windrichting- en snelheid niet de enige parameter waarin onnauwkeurigheden kunnen optreden. Andere bronnen van onnauwkeurigheden zijn namelijk:

- het bepalen van de stroombeelden met RIJMAMO. Hoewel de algemene gedachte is dat RIJMAMO een zeer betrouwbaar programma is om stroombeelden mee te verkrijgen, zullen altijd onnauwkeurigheden voorkomen in computermodellerings (zie ook paragraaf 7.4),
- bij het overzetten van de waarden voor de stroomsnelheden welke resulteren uit de RIJMAMO berekeningen naar waarden in een grid waarvan gebruik gemaakt wordt om de simulaties mee uit te voeren zullen ook te allen tijde onnauwkeurigheden optreden,
- het uitvoeren van simulaties op een real-time simulator blijft toch altijd iets anders dan het uitvoeren van een inhaal manoeuvre in werkelijkheid. Het gebruik van een real-time simulator zorgt er echter al voor dat de uitkomsten een veel betrouwbaarder beeld geven dan het simuleren met een fast-time simulatie programma.

Resumerend kan gesteld worden dat bij het volgen van de methode zoals die in deze paragraaf wordt beschreven, door de vele bronnen van onnauwkeurigheden een beleid wordt ontwikkeld wat in zijn totaal niet nauwkeurig is, en daarmee ook getwijfeld kan worden aan de veiligheid hiervan.



8.3.2 Koppeling aan voorspellingen voor verticaal beleid in HARAP

In het kader van de combinatie tussen het horizontale en het verticale beleid, zou het gunstig zijn om de koppeling tussen stroombeeld en voorspelling te maken aan de hand van de parameters die worden gebruikt voor verticale toelatingsregeling, te weten astro-, meteo- en golfklasse. Hieronder zal voor de verschillende parameters worden uitgelegd waarom deze wel of niet kunnen worden gebruikt voor een voorspelling van het optredende stroombeeld.

Astroklasse

Eerder in paragraaf 8.3 is reeds aangegeven dat de astroklasse een geschikte parameter is om de voorspelling van een stroombeeld uit te bepalen.

Meteoklasse

De meteoklasse is een maat voor opwaaiing en afwaaiing. Ofschoon opwaaiing en afwaaiing deels afhankelijk zijn van windrichting en windsnelheid, is bij een bekende meteoklasse niets te zeggen over de windrichting of de windsnelheid. Meteoklasse 1 bijvoorbeeld (veel opwaaiing) kan afkomstig zijn van ZW-wind, 8 Bf. of NW-wind 9 Bf. Hoewel de meteoklasse gelijk is, is het stroombeeld aanzienlijk verschillend, en zo ook de dwarsstroombeperking welke bij dit stroombeeld hoort. De meteoklasse is dus geen juiste parameter om te gebruiken voor het voorspellen van het stroombeeld.

Golfklasse

De golven zoals deze in HARAP worden gebruikt voor het uitvoeren van berekeningen voor de verticale toelatingsregeling zijn laagfrequente golven (periode 10 tot 33 seconden), waarbij niet wordt aangegeven wat de richting van de golven is. Voor het maken van stroomberekeningen wordt geen rekening gehouden met deze golven, en de voorspelling van de laagfrequente golfhoogte is dan ook geen juiste parameter om te gebruiken voor het voorspellen van het stroombeeld; operationeel zit er geen koppeling tussen de voorspelling van de optredende laagfrequente golven en het verwachte stroombeeld.

Resumerend kan worden gezegd dat van de parameters die worden gebruikt om voorspellingen te doen voor de verticale toelatingsregeling de astroklasse de enige is die geschikt is om te betrekken in de voorspelling van het stroombeeld.

8.3.3 Koppeling aan stroommetingen in één punt

Tegenwoordig wordt veel onderzoek gedaan naar het verschaffen van on-line informatie over de stroming in de Maasmond, waarbij gebruik wordt gemaakt van vaste stroommeetpalen die zich in de nabijheid van de geul bevinden. Er zijn verschillende manieren waarop deze metingen kunnen worden uitgevoerd, waarvan hieronder twee van deze methoden worden besproken.

Acoustic Doppler Current Profiler

De Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) is een relatief nieuw akoestische stroommeter die in snel tempo de oudere generaties mechanische stroommeters aan het vervangen is. Een ADCP meet een verticaal stromingsprofiel. Dit stromingsprofiel begint dicht bij de bodem en eindigt dicht onder het wateroppervlak.

Het meetprincipe berust op het meten van de Doppler verschuiving. Het instrument zendt een puls uit met een vaste frequentie, welke wordt gereflecteerd door deeltjes in het water. Door de beweging van de deeltjes t.o.v. de ADCP ontstaat er een frequentie verandering (Doppler Shift). Deze frequentie verandering is een maat voor de snelheid en de richting van het water. Met zijn vier bundels is het instrument in staat om het snelheidsprofiel over bijna de gehele verticaal met een hoge nauwkeurigheid te bepalen.

ADCP's zijn verkrijgbaar in een groot aantal frequenties. De werkfrequentie van het instrument is bepalend voor het bereik; hoe hoger de frequentie, hoe groter de absorptie, des te lager het bereik. In Nederland worden vooral instrumenten met een frequentie van 1200 en 600 kHz toegepast met een bereik van 20 en 60 meter. De ADCP maakt gebruik van twee typen pulsen. Een korte puls voor het meten van de stroomsnelheid en stroomrichting en een lange puls voor de bottom-tracking.

We kunnen twee typen ADCP's onderscheiden, nl. de "self-contained" (SC) en de "direct-reading" (DR). Het SC instrument is voorzien van een aantal batterijen en een geheugen opslag. Het instrument kan hierdoor voor langere tijd op de bodem van de zee autonoom metingen verrichten. Het DR instrument kan zowel in de nabijheid van kunstwerken als aan boord van schepen worden toegepast. De data zijn bij het DR instrument direct beschikbaar. Bij ADCP metingen zijn snelheidsprofielen (stroomrichting en -snelheid) en nog een groot aantal andere parameters naar keuze direct op een PC beschikbaar.

Een nadeel is dat de stroming niet gemeten kan worden op die plaatsen waar de behoefte aan nauwkeurige stroom informatie het grootst is, bijv. in een drukke scheepvaartweg. In het kader hiervan is ooit al onderzoek gedaan naar de representativiteit van een meetpunt ter plaatse van Maasvlakte Noordboei voor de stroming in de Maasgeul (zie literatuur [3]).

Hoog Frequentie radar systemen

Met een Hoog Frequent (HF) radar systeem kan oppervlaktestroming worden gemeten. HF radar heeft bewezen een goede mogelijkheid te zijn voor on-line oppervlakte stromingsmetingen over een groot gebied.

HF radar geeft alleen oppervlakte stromings vectoren, die geldig zijn voor een oppervlakte laag van minder dan 0,5 meter.

Andere stroommeters dan ADCP's en HF radar, bijvoorbeeld S4 of UCM, meten in het water. Deze instrumenten worden meestal onder een boei opgehangen. Hierdoor wordt ongeveer één meter onder het wateroppervlak gemeten.



8.3.4 Koppeling aan voorspelling via neuraal netwerk

De Directie Noordzee houdt zich bezig met het verschaffen van voorspellingen uit hydrologische parameters aan de havenautoriteiten. Sinds december 1993 wordt in de IJgeul gebruik gemaakt van een neuraal netwerk om dwarsstromen te voorspellen. Daar de voorspellingen van de dwarsstroom in de IJgeul met het neurale netwerk goed blijken te voldoen is besloten de haalbaarheid van een dergelijk netwerk in de Maasgeul te onderzoeken.

Neurale netwerken zijn over het algemeen zeer goed geschikt om complexe en multi dimensionale relaties te modelleren. In eerste instantie worden deze verhoudingen bepaald door het netwerk te trainen met een groot aantal empirische voorbeelden. Helaas zijn voor de Maasgeul geen directe dwarsstroommetingen beschikbaar. Om het netwerk toch te kunnen trainen worden de opstuurhoeken van schepen welke de geul passeren gebruikt als een maat voor de stroming.

Meer dan 1500 voorbeelden zijn gebruikt om het netwerk te 'trainen'. Verschillende waterstanden, windrichting en -snelheid en Rijnafvoer zijn gebruikt om de voorbeelden te karakteriseren. Aangezien de logboeken, waarin de opstuurhoeken staan gegeven, tal van onnauwkeurigheden bleken te bevatten, is veel moeite gestoken in het kunnen verzekeren van de kwaliteit van de gegevens.

De haalbaarheidsstudie laat zien dat er systematische afwijkingen zijn tussen de voorspellingen en de opgetreden waarden, welke waarschijnlijk te wijten zijn aan de slechte reproductie van hydro-meteo effecten.

8.3.5 Conclusie

Het streven om de voorspelling voor het optredende stroombeeld te koppelen aan de voorspellingen waarvan gebruik gemaakt wordt voor de verticale beweging, blijkt niet haalbaar te zijn. De astroklasse is een bruikbare parameter, maar de meteoklasse kan niet worden betrokken in de voorspelling van een stroombeeld. Het toevoegen van andere parameters is een goede mogelijkheid om dit probleem op te lossen; in plaats van de meteoklasse wordt een voorspelling voor de windrichting en -snelheid (en eventueel Rijnafvoer en spuiprogramma van de Haringvlietstuizen) gebruikt om te bepalen welk (met RIJMAMO berekend) stroombeeld zal optreden.

Aan deze methode kleven echter wel enige nadelen; zo kan het aantal met RIJMAMO uit te voeren stroomberekeningen aanzienlijk oplopen als de parameters in een groot aantal klassen worden onderverdeeld. Het uitvoeren van veel stroomberekeningen neemt veel tijd in beslag en zal ook behoorlijk kostbaar worden. Een ander nadeel is de nauwkeurigheid, welke niet groot zal zijn als gevolg van het gebruik van de vele schakels waarin onnauwkeurigheden optreden.

Andere mogelijkheden zijn om de voorspelling voor het optredende stroombeeld te verkrijgen uit metingen op één locatie of via een neuraal netwerk. Beide methoden zijn nog in een zeer pril stadium, en kunnen derhalve niet direct worden ingeschakeld voor het voorspellen van het stroombeeld dat zal optreden. Echter de testen die op dit moment worden uitgevoerd zijn veelbelovend, en de mogelijkheden die deze systemen hebben om in de toekomst 'on-line' informatie over de stroming in de Maasmond aan te bieden, maken dat deze alternatieven bij de ontwikkeling van een nieuwe horizontale toelatingsregeling zeker moeten worden betrokken.

8.4 Implementatie in HARAP

Na het verkrijgen van een aantal stroombeelden voor verschillende astroklasse en windklasse moet dit alles worden ingepast in een wijziging van de horizontale toelatingsregeling. Hiervoor zijn in principe twee mogelijkheden:

Uit is het bekend dat voor het toepassen van een stroomcriterium in HARAP, twee mogelijkheden ter beschikking staan, nl.:

- aan de hand van een maximaal toelaatbare dwarsstroomsnelheid in het kritieke gebied rechtstreeks uit de voor de verschillende condities verkregen stroombeelden de nieuwe dwarsstroombeperkingen bepalen (paragraaf 8.4.1),
- simulaties uitvoeren met als invoer de verkregen stroombeelden, en hieruit de tijden bepalen dat passage Lage Licht onmogelijk is. Deze vervolgens als dwarsstroombeperkingen invoeren in HARAP (paragraaf 8.4.2).

In paragraaf 8.4.3 wordt aan de hand van een aantal punten aangegeven welke de meest geschikte methode is.

8.4.1 Rechtstreeks stroombeelden invoeren in HARAP

Uit stroomberekeningen volgen tabellen met de u- en v-waarden van de stroomsnelheid voor alle punten op de grid en voor alle tijdstippen. Uit deze tabellen kunnen voor een aantal maatgevende locaties in het kritieke gebied stroomkrommen worden bepaald met daarin de volgende waarden:

- resulterende stroomsnelheid en -richting,
- dwarsstroomsnelheid; dit is de stroom die haaks op de vaarrichting van het schip staat, en kan worden berekend door de resulterende stroomsnelheid te vermenigvuldigen met de sinus van het verschil tussen de hoek van de vaarrichting en de hoek van de resulterende stroomrichting.

Bij een gegeven maximale waarde voor de dwarsstroom kunnen uit de stroomkrommen voor de verschillende condities de perioden van uitsluiting bepaald worden, welke vervolgens omgezet kunnen worden naar een dwarsstroombeperking uitgedrukt in een passeer verbod van het Lage Licht t.o.v. hoogwater Hoek van Holland.

Vervolgens kunnen nieuwe tijpoortberekeningen worden uitgevoerd, waarbij de gevonden verschillende dwarsstroombeperkingen worden gebruikt in plaats van de huidige vaste dwarsstroombeperking, wat resulteert in tijpoorten die naast de astro-, meteo-, scheeps- en golfklasse, tevens afhangen van de windklasse.

Opmerkingen bij deze methode:

- als enig criterium voor wel of niet mogen opvaren geldt de maximale opstuurhoek van 18° welke bij een vaart van 3,5 m/s over de grond (2,75 m/s door het water) een maximaal toelaatbare dwarsstroomsnelheid geeft van 0,85 m/s. Bij een iets hogere maximale snelheid van het schip en een maximale opstuurhoek van bijvoorbeeld 20° kan de waarde voor de maximaal toelaatbare



dwarsstroomsnelheid al snel oplopen. Met real-time simulaties kan eventueel onderzocht worden in hoeverre het mogelijk is om met een grotere snelheid van het schip en/of opstuurhoek de opvaart uit te voeren.

- de invloed van (wind)golven wordt buiten beschouwing gelaten; de maximaal toelaatbare waarde voor de dwarsstroom is onafhankelijk van de windgolven.
- het aanbrengen van een onderscheid tussen verschillende scheepsklassen is een moeilijke, zo niet onmogelijke zaak; de maximaal toelaatbare dwarsstroomsnelheid welke als criterium geldt is onafhankelijk van de scheepsklasse.
- het aantal tijpoortberekeningen zal fors toenemen; in plaats van één vaste dwarsstroombeperking zullen berekeningen gemaakt moeten worden voor verschillende dwarsstroombeperkingen, welke afhangen van het optredende stroombeeld. Deze stroombeelden zijn op hun beurt weer afhankelijk van de voorspellingen van astroklasse en windklasse.
- In HARAP zit de mogelijkheid (zie paragraaf 3.1) om het stroomcriterium toe te passen op een wijze zoals in deze paragraaf behandeld, nl. door in plaats van het opgeven van dwarsstroombeperking in de vorm van een periode van uitsluiting, dit te doen door het opgeven van een maximaal toelaatbare waarde voor de stroomsnelheid. De toetsing van de maximale waarde geschiedt via stroomkrommen voor verschillende locaties welke in HARAP zijn ingevoerd in zogenaamde .ast bestanden.
In het huidige HARAP zijn voor elke locatie slechts stroomkrommen ingevoerd voor de verschillende astroklassen. Indien de stroomkrommen ook afhankelijk gemaakt worden van de voorspelde windklasse, moet HARAP aangepast worden, zodanig dat in de berekeningen van de tijpoorten deze extra klasse wordt betrokken.

8.4.2 Simulaties uitvoeren

De tweede mogelijkheid is om simulaties uit te voeren waarbij de met RIJMAMO verkregen stroombeelden worden gebruikt als invoer voor simulaties. Voor elke combinatie van astroklasse en windklasse (en eventueel scheepsklasse) worden simulaties gedaan voor verschillende opvaartijdstippen. Uit de resultaten van de verschillende simulaties kan per combinatie van astro- en windklasse (en eventueel scheepsklasse) worden bepaald wat de perioden van uitsluiting zijn.

Vervolgens worden ter verkrijgen van tijpoorten simulaties met HARAP uitgevoerd waarbij de verschillende perioden van uitsluiting (voor de verschillende combinaties van astro- en windklasse) worden gebruikt als dwarsstroombeperkingen in plaats van de nu gebruikte vaste dwarsstroombeperking van hoogwater tot 2,5 uur na hoogwater bij Hoek van Holland.

Op deze wijze ontstaan tijpoorten die naast de astro-, meteo-, scheeps- en golfklasse, tevens afhangen van de windklasse.

Mogelijkheden uitvoeren simulaties

Hieronder zal iets worden gezegd over de verschillende methoden om simulaties uit te voeren, wat de voor- en nadelen zijn van de methode die is gebruikt voor dit onderzoek, alsook wat eventuele alternatieve methoden zijn.



Voor dit onderzoek zijn de simulaties uitgevoerd met het fast-time simulatie programma SHIPMA. Het voordeel van dit programma is dat in korte tijd een groot aantal simulaties kan worden uitgevoerd, en dat de simulaties door een willekeurig persoon kunnen worden uitgevoerd.

Een nadeel is dat de uitkomsten van simulaties met SHIPMA alleen iets zeggen over de fysische haalbaarheid. SHIPMA (en andere fast-time simulatie programma's) wordt dan ook hoofdzakelijk gebruikt bij het doen van een vooronderzoek.

Een ander nadeel is dat de stroming slechts als statische stroombeeld kan worden ingevoerd. Dit houdt in dat een simulatie run welke in werkelijkheid een periode van drie kwartier bestrijkt, uitgevoerd wordt voor een stroombeeld van één tijdstip. Dit stemt niet overeen met de werkelijkheid, daar de stroming verandert in de loop van de tijd (zie paragraaf 4.3.3.1).

Het alternatief van het uitvoeren van simulaties met een fast-time simulatie programma is het gebruiken van een real-time simulator. Voordelen zijn dat de besturing geschiedt door een vakbekwaam persoon en niet door een stuurautomaat, waardoor aan de uitkomsten van deze simulaties meer waarde kan worden gehecht dan aan die van een fast-time simulatie programma. Ook wordt rekening gehouden met het dynamische karakter van de stroming.

Nadelen zijn dat de simulaties door een nautisch expert moeten worden uitgevoerd, en dat de kosten erg hoog zijn. Tevens neemt het uitvoeren van een simulatie op een real-time simulator veel tijd in beslag (Gesimuleerde tijd : simulatie tijd = 1 : 1).

8.4.3 Vergelijking methoden directe invoer stroombeelden $\Leftrightarrow$ simulaties

De methodes welke boven zijn beschreven om de stroombeelden te koppelen aan een aangepaste horizontale toelatingsregeling zijn zeer verschillend van elkaar. Hieronder wordt aan de hand van een aantal punten beide methodes met elkaar vergeleken, waarna wordt geconcludeerd is wat de meest geschikte methode is.

Invloed windgolven

Bij de methode van de simulaties kan de invloed van windgolven worden betrokken in de simulaties. Bij een zekere windrichting en -snelheid zal een golf voorkomen, welke aan de hand van golfhoogte en periode als invoer wordt gebruikt in de simulaties.

Bij de methode van de directe koppeling hebben windgolven geen invloed; de maximaal toelaatbare dwarsstroomsnelheid is een vaste waarde voor het bepalen van de dwarsstroombeperking uit de stroomkrommen, en is onafhankelijk van invloed van golven.

Verschillende scheepsklassen

Een onderscheid tussen verschillende scheepsklassen is bij de methode van de simulaties niet moeilijk te maken; de stroombeelden en bijbehorende windgolven blijven gelijk, slechts de eigenschappen van het schip veranderen. Het is dus goed mogelijk om de simulaties uit te voeren voor verschillende scheepsklassen.

Dit is moeilijker te realiseren bij de methode van de directe koppeling; aangezien slechts kan worden aangegeven wat de maximaal toelaatbare dwarsstroom is, is het zo goed als onmogelijk om hier de invloed van verschillende scheepstypen in te verwerken. De maximale opstuurhoek, waaruit de maximaal toelaatbare dwarsstroom wordt bepaald, is onafhankelijk van het type schip.



Kosten

Het verschil tussen de twee methoden zit in het wel of niet uitvoeren van een aantal simulaties met een real-time simulator. Het uitvoeren van simulaties op een real-time simulator kost veel geld. Deze kosten worden bespaard bij het toepassen van de methode van de directe koppeling.

Tijd

Ook hier geldt dat het grote verschil tussen de twee methoden het wel of niet uitvoeren van simulaties is. Uitvoeren van simulaties op een real-time simulator kost veel tijd. Deze tijd wordt bespaard bij het toepassen van de methode van de directe koppeling.

Stroomgradiënt

In het geval van het direct koppelen wordt slechts rekening gehouden met de maximaal optredende waarde voor de dwarsstroom, en totaal niet met de stroomgradiënt, terwijl dit een zeer belangrijke factor is; een schip kan midden op zee met gemak met een zeer grote dwarsstroom varen, mits deze constant is. Bij een sterke verandering van de dwarsstroom over een kort traject, zal het schip moeilijkheden krijgen. Bij het doen van simulaties wordt gebruik gemaakt van het complete stroombeeld in de Maasmond, en zal een eventueel optredende stroomgradiënt van invloed zijn op de resultaten van de simulaties.

Opvaren met hogere toerentallen

Indien voor verschillende stroombeelden simulaties worden uitgevoerd, zal het voor verscheidene combinaties van astro-, wind- en golfklasse best mogelijk zijn om met een hogere snelheid naar binnen te varen dan gebruikelijk is. Deze hogere snelheid leidt er toe dat bij gelijk blijvende maximale opstuurhoek de maximale dwarsstroom hoger kan zijn (zie paragraaf 7.5.1 en paragraaf 7.5.2, waar voor gelijke omstandigheden runs zijn uitgevoerd met hogere snelheden).

Dit onderscheid kan niet worden gemaakt bij de methode van de directe koppeling.

Conclusie

De methode van de directe koppeling is niet erg flexibel; er wordt een aantal stroomkrommen ingevoerd, en aan de hand van een maximale waarde voor de stroomsnelheid, welke altijd gelijk is, wordt bepaald welke tijden van uitsluiting hiermee overeenkomen.

Indien de methode van het uitvoeren van simulaties wordt toegepast, kan ingespeeld worden op de verschillende omstandigheden; bij wind uit oostelijke richtingen bijvoorbeeld zal de stroomsnelheid van het water t.o.v. de grond in de Nieuwe Waterweg kleiner zijn dan bij een ZW-wind. Dit resulteert bij gelijke snelheid van het schip t.o.v. de grond in een hogere snelheid van het schip t.o.v. het water. Deze hogere snelheid leidt er toe dat bij gelijk blijvende maximale opstuurhoek de maximale dwarsstroom hoger kan zijn.

Uit bovenstaande is duidelijk dat de methode van het uitvoeren van simulaties de voorkeur verdient boven de methode van directe koppeling.

8.5 Aanpassen HARAP

In HARAP wordt de vaste dwarsstroombeperking vervangen door een variabele dwarsstroombeperking, welke afhankelijk is van het optredende stroombeeld in de Maasmond. Voor deze situatie zullen nieuwe tijpoortberekeningen uitgevoerd moeten worden.

De berekeningen kunnen worden uitgevoerd op de huidige manier, wat inhoudt dat in het programma de vaste dwarsstroombeperking van 0 tot 2,5 uur na hoogwater, wordt vervangen door de dwarsstroombeperkingen welke zijn behoren bij de verschillende stroombeelden. De uitkomsten van al deze berekeningen worden verzameld in tabellen, waaruit later voor een zekere astro-, meteo-, scheeps-, golf- en windklasse kan worden opgezocht wat de bijbehorende tijpoort is.

Zoals eerder in de vorige paragraaf genoemd, zorgt dit voor een forse toename van het aantal tijpoorttabellen. Een eventuele alternatieve methode voor het verkrijgen van resulterende tijpoorten wordt hieronder gegeven.

Uitvoeren en presentatie van berekeningen

In het huidige HARAP wordt in eerste instantie gekeken welke tijdstippen kunnen worden uitgesloten i.v.m. waterstandsverloop en stroomcriterium. Het vaste stroomcriterium (0 tot 2,5 uur na hoogwater bij Hoek van Holland) wordt dus in een zeer vroeg stadium gebruikt om de perioden waarvoor berekeningen voor de verticale toelatingsregeling moeten worden uitgevoerd, uit te sluiten.

Het stroomcriterium is in de aangepaste versie geen constante waarde meer, maar een variabele waarde afhankelijk van astro- en windklasse (en eventueel scheepsklasse).

Het toevoegen van de voorspelling van de windklasse aan de bepaling van de tijpoort, zorgt voor een grote toename van het aantal tijpoortberekeningen; uit paragraaf 8.3.1 is bekend dat een indeling naar windklassen kan bestaan uit een groot aantal verschillende combinaties van windrichtingen en snelheden. Voor al deze verschillende combinaties worden simulaties uitgevoerd, waaruit dwarsstroombeperkingen volgen.

Het is aannemelijk dat niet al deze combinaties verschillende dwarsstroombeperkingen te zien geven, aangezien de dwarsstroombeperkingen worden afgerond op hele kwartieren. Zo kan een dwarsstroombeperking van -0:45 uur tot -0:15 uur bijvoorbeeld worden gevonden voor windklasse ZW1, ZW2 en NW4. Dit geeft weer een besparing van het aantal te berekenen tijpoorten.

Samenhangend met het aantal tijpoortberekeningen is de presentatie van de tijpoorten. Op dit moment gebeurt dit in één rapport, waar in tabellen de tijpoorten worden gegeven voor de verschillende astro-, meteo-, scheeps- en golfklasse. Toevoeging van een groot aantal windklassen zal zorgen voor een grote toename van het aantal tabellen.

Alternatieve mogelijkheid voor bepalen resulterende tijpoort

Uit het oogpunt van het aantal berekeningen en de presentatie van de tijpoorten zou het veel handiger zijn om de verticale en de horizontale tijpoorten apart te berekenen en als volgt weer te geven:

- tabellen met alleen verticale tijpoorten als functie van astro-, meteo-, en golf-, en scheepsklasse,



- tabellen met alleen horizontale tijpoorten (dwarsstroombeperkingen) als functie van de voorspelde astro- en windklasse.

De tijpoorten voor het verticale beleid worden verkregen door tijpoort berekeningen uit te voeren waarbij de dwarsstroombeperking op nul is gezet. De tijpoorten voor het horizontale beleid volgen uit de simulaties voor de verschillende stroombeelden, en worden in één tabel gegeven als functie van de voorspelde astro- en windklasse.

Bij een voorspelling van de astro-, meteo-, scheeps-, golf- en windklasse worden door de loods apart de verticale en horizontale tijpoort (dwarsstroombeperking) bepaald, waarna hij deze combineert tot één resulterende tijpoort.

Het verschil met de in het begin van paragraaf 8.4.2 besproken methode is dat bij deze alternatieve methode in het begin van de berekeningen met HARAP geen tijdstippen worden uitgesloten als gevolg van de dwarsstroombeperking, maar bij pas bij het combineren van de verticale en horizontale tijpoorten.

Dit houdt in dat HARAP voor alle tijdstippen (ook die welke later worden uitgesloten als gevolg van de dwarsstroombeperking) berekeningen gaat uitvoeren en eventueel kansen van bodemberoering toe gaat kennen. De kans bestaat dus dat er kansen van bodemberoering worden toegekend aan opvaartijdstippen welke later geschrapt worden. Dit zorgt ervoor dat niet meer wordt voldaan aan het meerjarig criterium.

Bij de eerder genoemde methode wordt direct in het begin de periode van de dwarsstroombeperking uitgesloten voor de verdere berekeningen, waardoor aan opvaartijdstippen die in deze periode vallen ook geen kansen van bodemberoering worden toegekend.

Deze alternatieve methode kan dus niet worden gebruikt voor het berekenen van de resulterende tijpoorten. Een eventuele dwarsstroombeperking moet in HARAP in beginsel worden ingevoerd zodat deze kan worden betrokken in de berekeningen, en kan niet later worden toegevoegd teneinde horizontale en verticale tijpoorten te combineren.



8.6 Aangepaste tijpoorten voor gesimuleerde condities

8.6.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt een voorbeeld gegeven van een berekening met behulp van de aangepaste toelatingsregeling. Het voorbeeld is geldig voor de situaties waarvoor fast-time simulaties zijn uitgevoerd in dit onderzoek.

In de paragrafen 8.2 t/m 8.4 worden verschillende mogelijkheden gegeven waarop de stroombeelden worden verkregen, hoe de koppeling wordt gelegd tussen het optredende stroombeeld en voorspellingen en hoe dit wordt geïmplementeerd in HARAP. Voor dit voorbeeld wordt gebruik gemaakt van de volgende mogelijkheden:

- verkrijgen stroombeelden : via berekeningen met RIJMAMO,
- koppeling stroombeelden aan voorspellingen : via indeling in windklassen,
- implementatie in HARAP : via uitvoeren van simulaties.

Hoewel in paragraaf 8.4.2 is bepaald dat voor het aanpassen van de toelatingsregeling de simulaties uitgevoerd dienen te worden met een real-time simulator, is (bij gebrek aan real-time simulatie gegevens) voor de vaststelling van de nieuwe dwarsstroombeperkingen uitgegaan van de resultaten van de fast-time simulaties. Gebruik is gemaakt van de resultaten van de simulaties die zijn uitgevoerd met een normaal snelheidsregime.

Allereerst zullen in paragraaf 8.6.2 de klassen worden vast gesteld. Hierna wordt in paragraaf 8.6.3 aan de hand van de astroklasse en de windklasse bepaald welke dwarsstroombeperking wordt gebruikt voor de berekening van de tijpoorten. Vervolgens zullen voor deze dwarsstroombeperkingen daadwerkelijk de tijpoorten worden berekend voor gesimuleerde condities, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de situatie met NW-wind, 9 Bf. en die met ZW-wind, 8 Bf.

De resultaten van deze berekeningen zijn tijpoorten voor Eurogeul km 57. Deze zijn in met behulp van de bekende vaartijden omgezet naar tijpoorten voor het Lage Licht, en worden gepresenteerd in paragraaf 8.6.4. Naast de tijpoorten zelf wordt door HARAP ook het overligpercentage en de downtime berekend, welke in een tabel worden weergegeven.

Tenslotte worden in paragraaf 8.6.5 opmerkingen gemaakt over de verschillen tussen de huidige tijpoorten (en de daarbij behorende overligpercentage en downtime) en de tijpoorten welke zijn berekend voor de gesimuleerde condities.



8.6.2 Vaststelling klassen

In paragraaf 4.4 zijn de verschillende klassen voor de verticale regeling reeds vastgesteld. Nieuw zijn de windklassen, welke als volgt bepaald worden: de stroommodelleringsen zijn geldig voor NW-wind, 9 Bf. en ZW-wind, 8 Bf. Volgens *tabel 8-1* en *tabel 8-2* in paragraaf 8.3.1 komen deze windcondities overeen met de volgende windklassen:

- NW-wind, 9 Bf. komt overeen met windklasse NW4
- ZW-wind, 8 Bf. komt overeen met windklasse ZW4

Een overzicht van de verschillende klassen is dan als volgt:

astroklasse : 3
 meteoklasse : I
 scheepsklasse : B15 / B19
 golfklasse : niet bepaald
 windklasse : NW4 / ZW4

8.6.3 Dwarsstroombeperkingen

Uit *tabel 7-4*, paragraaf 7.5.2, volgt dat voor de combinatie van astroklasse 3 en windklasse ZW4 opvaart onmogelijk is voor gesimuleerde omstandigheden op stap 32 en 33, in verband met een te grote dwarsstroom in het kritieke gebied. Deze stappen komen overeen met 1 uur en 10 minuten respectievelijk 55 minuten vóór hoogwater Hoek van Holland. Met inbegrip van een half uur vaartijd van Maasvlakte Noord naar Lage Licht geeft dit - uitgedrukt in passage Lage Licht - tijdstippen van 40 respectievelijk 25 minuten vóór hoogwater. Aangezien de simulaties voor stap 31 en 34 kritieke runs te zien gaven, wordt voor windklasse ZW4 een dwarsstroombeperking vastgesteld van 1 uur vóór hoogwater tot een kwartier vóór hoogwater.

Uit de resultaten van de runs voor de combinatie van astroklasse 3 en windklasse NW4 (zie *tabel 7-2*, paragraaf 7.5.1) volgde dat uit het oogpunt van dwarsstroom opvaart te allen tijde mogelijk is.

De dwarsstroombeperkingen voor de gesimuleerde condities zien er dan als volgt uit:

astroklasse	windrichting	windsterkte	windklasse	tijpoort sluiten	tijpoort open
3	Noordwest	9 Bf.	NW4	0:00	0:00
3	Zuidwest	8 Bf.	ZW4	-1:00	-0:15

tabel 8-4 : Dwarsstroombeperkingen voor gesimuleerde condities



8.6.4 Resulterende tijpoorten

Voor uitleg over tijpoorten, en hiermee samenhangend de begrippen overligpercentage en downtime wordt verwezen naar paragraaf 3.2.

8.6.4.1 Tijpoorten voor astro 3, meteo 1, scheepsklasse B15 / B19 en windklasse NW4

Uit berekeningen welke met HARAP zijn uitgevoerd voor de in de titel van deze paragraaf omschreven omstandigheden, met een op nul gezette dwarsstroombeperking, volgen de volgende tijpoorten:

Snelle vaart

SCHEEPSKLASSE B15		
H _{E10}	open	sluit
1	-01:30	3:00
2	-01:30	3:00
3	-01:30	3:00
4	-01:30	3:00
5	-01:00	3:00
6	0:15	3:00
7	1:45	3:00
8		
9		
10		

SCHEEPSKLASSE B19		
H _{E10}	open	sluit
1	-00:30	2:00
2	-00:45	2:00
3	-00:30	2:00
4	0:00	2:00
5	0:15	2:00
6	1:00	2:00
7		
8		
9		
10		

tabel 8-5 : Resulterende tijpoorten voor gesimuleerde condities van NW-wind (snelle vaart)

Gemiddelde vaart

SCHEEPSKLASSE B15		
H _{E10}	open	sluit
1	-01:30	3:00
2	-01:30	3:00
3	-01:30	3:00
4	-01:30	3:00
5	-01:30	3:00
6	0:15	3:00
7	1:45	3:00
8		
9		
10		

SCHEEPSKLASSE B19		
H _{E10}	open	sluit
1	-00:45	2:00
2	-00:45	2:00
3	-00:45	2:00
4	0:00	2:00
5	0:15	2:00
6	1:00	2:00
7		
8		
9		
10		

tabel 8-6 : Resulterende tijpoorten voor gesimuleerde condities van NW-wind (gemiddelde vaart)



Langzame vaart

SCHEEPSKLASSE B15		
H _{E10}	open	sluit
1	-01:30	3:00
2	-01:30	3:00
3	-01:30	3:00
4	-01:30	3:00
5	-01:30	3:00
6	0:00	3:00
7	2:00	3:00
8		
9		
10		

SCHEEPSKLASSE B19		
H _{E10}	open	sluit
1	-00:45	2:00
2	-00:45	2:00
3	-00:45	2:00
4	-00:45	2:00
5	0:15	2:00
6	1:00	2:00
7		
8		
9		
10		

tabel 8-7 : Resulterende tijpoorten voor gesimuleerde condities van NW-wind (langzame vaart)

In tabel 8-8 wordt het overligpercentage en de downtime gegeven (in procenten), behorend bij bovenstaande tijpoorten voor de situatie met NW-wind, welke volgen uit de berekeningen met HARAP. Onderscheid wordt gemaakt naar de verschillende scheepsklassen en de verschillende vaarsnelheden.

scheepsklasse / vaarsnelheid		overlig percentage	downtime
B15	snel	1,46	71,83
	gemiddeld	1,44	71,33
	langzaam	1,41	71,29
B19	snel	26,67	90,62
	gemiddeld	19,73	89,54
	langzaam	12,62	89,23

tabel 8-8 : Overligpercentage en downtime in procenten

8.6.4.2 Tijpoorten voor astro 3, meteo 1, scheepsklasse B15 / B19 en windklasse ZW4

Uit berekeningen welke met HARAP zijn uitgevoerd voor de in de titel van deze paragraaf omschreven omstandigheden, met een dwarsstroombeperking voor passage Lage Licht van één uur tot een kwartier vóór hoogwater bij Hoek van Holland, volgen de volgende tijpoorten:

Snelle vaart

SCHEEPSKLASSE B15				
H _{E10}	open	sluit	open	sluit
1	-1:30	-1:15	0:15	3:00
2	-1:30	-1:15	0:15	3:00
3	-1:30	-1:15	0:15	3:00
4	-1:30	-1:15	0:15	3:00
5			0:15	3:00
6			0:15	3:00
7			1:45	3:00
8				
9				
10				

SCHEEPSKLASSE B19		
H _{E10}	open	sluit
1	0:15	2:00
2	0:15	2:00
3	0:15	2:00
4	0:15	2:00
5	0:15	2:00
6	1:00	2:00
7		
8		
9		
10		

tabel 8-9 : Resulterende tijpoorten voor gesimuleerde condities van ZW-wind (snelle vaart)

Gemiddelde vaart

SCHEEPSKLASSE B15				
H _{E10}	open	sluit	open	sluit
1	-1:30	-1:15	0:15	3:00
2	-1:30	-1:15	0:15	3:00
3	-1:30	-1:15	0:15	3:00
4	-1:30	-1:15	0:15	3:00
5	-1:30	-1:15	0:15	3:00
6			0:15	3:00
7			1:45	3:00
8				
9				
10				

SCHEEPSKLASSE B19		
H _{E10}	open	sluit
1	0:15	2:00
2	0:15	2:00
3	0:15	2:00
4	0:15	2:00
5	0:15	2:00
6	1:00	2:00
7		
8		
9		
10		

tabel 8-10 : Resulterende tijpoorten voor gesimuleerde condities van ZW-wind (gemiddelde vaart)



Langzame vaart

SCHEEPSKLASSE B15				
H _{E10}	open	sluit	open	sluit
1	-1:30	-1:15	0:15	3:00
2	-1:30	-1:15	0:15	3:00
3	-1:30	-1:15	0:15	3:00
4	-1:30	-1:15	0:15	3:00
5	-1:30	-1:15	0:15	3:00
6			0:15	3:00
7			2:00	3:00
8				
9				
10				

SCHEEPSKLASSE B19		
H _{E10}	open	sluit
1	0:15	2:00
2	0:15	2:00
3	0:15	2:00
4	0:15	2:00
5	0:15	2:00
6	1:00	2:00
7		
8		
9		
10		

tabel 8-11 : Resultierende tijpoorten voor gesimuleerde condities van ZW-wind (langzame vaart)

In tabel 8-12 wordt het overligpercentage en de downtime gegeven (in procenten), behorend bij bovenstaande tijpoorten voor de situatie met ZW-wind, welke volgen uit de berekeningen met HARAP. Onderscheid wordt gemaakt naar de verschillende scheepsklassen en de verschillende vaarsnelheden.

scheepsklasse / vaarsnelheid		overlig percentage	downtime
B15	snel	1,46	71,83
	gemiddeld	1,44	71,33
	langzaam	1,41	71,29
B19	snel	26,67	90,62
	gemiddeld	34,05	89,54
	langzaam	26,93	89,23

tabel 8-12 : Overligpercentage en downtime in procenten

8.6.5 Vergelijking tussen huidige en aangepaste tijpoorten

Om de waarden voor de overligpercentages en downtime, welke in deze paragraaf zijn gevonden te kunnen vergelijken met die welke berekend zijn voor het huidige beleid (zie paragraaf 4.4) zijn alle waarden in *tabel 8-13* naast elkaar uitgezet.

scheepsklasse / vaarsnelheid		overligpercentages in %			downtime in %		
		huidig	aangepast		huidig	aangepast	
			NW-wind	ZW-wind		NW-wind	ZW-wind
B15	snel	2,65	1,46	1,46	91,00	71,83	81,20
	gemiddeld	2,14	1,44	1,44	90,52	71,33	81,19
	langzaam	2,03	1,41	1,41	90,48	71,29	81,19
B19	snel	36,62	26,67	26,67	97,53	90,62	93,31
	gemiddeld	35,55	19,73	34,05	97,57	89,54	93,59
	langzaam	36,62	12,62	26,93	97,70	89,23	93,31

tabel 8-13 : Overzicht overligpercentage en downtime volgens huidig en aangepast beleid

Uit een vergelijking van de tijpoorten welke zijn berekend met de aangepaste dwarsstroombeperkingen (deze paragraaf), en die welke zijn berekend met de huidige regeling (paragraaf 4.4), alsook uit *tabel 8-13*, blijkt dat de tijpoorten langer worden, en dat er tijpoorten bijkomen, ofwel;

- het overligpercentage gaat omlaag. Hierbij valt het volgende op:
 - voor scheepsklasse B19 wordt een behoorlijke spreiding in overligpercentages gevonden, zowel voor NW-wind als voor ZW-wind. Deze spreiding komt nauwelijks voor bij de huidige overligpercentages,
 - voor scheepsklasse B19 gemiddeld is in geval van de ZW-wind de winst zeer klein in verhouding met de winst die geboekt wordt bij de overige klassen.
- de downtime gaat omlaag. Hierbij valt het volgende op:
 - voor scheepsklasse B15 wordt meer winst in downtime geboekt dan in geval van scheepsklasse B19.

In paragraaf 4.4 bleek er een vreemd verschijnsel in de tijpoorten voor te komen, nl. dat de tijpoort voor golfklasse 2 ruimer is dan die voor golfklasse 1 en 3 voor scheepsklasse B19, in het geval van gemiddelde vaart. Ook bij de nieuwe tijpoort berekeningen komt dit verschijnsel weer voor, nl. voor de situatie met NW-wind, met dit verschil dat het nu optreedt voor de snelle vaart, in plaats van de gemiddelde vaart.

Zoals eerder in paragraaf 4.4 genoemd is in dit onderzoek geen verklaring gevonden voor dit verschijnsel, maar zal het als aandachtspunt worden meegenomen in een in de toekomst uit te voeren studie met als doel het verbeteren en gebruikersvriendelijker maken van HARAP.



9. FINANCIËLE ASPECTEN

9.1 Inleiding

Uit het voorgaande is gebleken dat de dwarsstroombeperking zoals deze wordt gebruikt voor de berekening van de huidige tijpoorten zeer aan de veilige kant is; als de dwarsstroombeperking afhankelijk wordt gemaakt van het optredende stroombeeld via voorspellingen van astroklasse en windklasse kan een variabele dwarsstroombeperking ingevoerd worden. Met de verkregen variabele dwarsstroombeperking kunnen nieuwe tijpoortberekeningen worden gemaakt.

Dit heeft het volgende tot gevolg (zie paragraaf 8.6):

- overligpercentage gaat omlaag,
- downtime gaat omlaag.

Bovenstaande punten zorgen ervoor dat de toegankelijkheid van de haven van Rotterdam wordt vergroot. Het belangrijkste gevolg van het omlaag gaan van het overligpercentage en de downtime is dat schepen minder vaak een getij moeten overliggen, omdat er geen tijpoort beschikbaar is, of omdat ze niet binnen de beschikbare tijpoort kunnen binnen komen. Het zal duidelijk zijn dat er financieel voordeel wordt behaald als schepen direct kunnen binnen varen, in plaats van dat ze een getij moeten overliggen. Hierbij wordt opgemerkt dat overliggen niet alleen voorkomt uit het feit dat er geen tijpoort wordt uitgegeven, maar dat het ook gebeurt dat schepen moeten wachten omdat ze nog niet gelost kunnen worden.

In dit hoofdstuk wordt getracht aan te geven hoeveel geld de rederijen ongeveer besparen in het geval van aanpassen van de horizontale toelatingsregeling. Het is vanzelfsprekend niet mogelijk om precies aan te geven hoeveel geld per jaar bespaard kan worden, aangezien niet van tevoren bekend is welke omstandigheden op zullen treden, en welke schepen op welke tijdstippen opvaren. Het is echter wel mogelijk om voor een maatgevend schip aan te geven wat ongeveer de kosten zijn voor de reder voor het geval dat een schip een getij moet overliggen.

In paragraaf 9.2 wordt dan ook een berekening gemaakt van de kosten die worden gemaakt als een schip zoals de Berge Stahl een getij moet overliggen.



9.2 Kosten Berge Stahl voor getij overliggen

De kosten welke gemaakt worden om een schip te laten varen kunnen worden onderverdeeld in vier hoofd categorieën, te weten:

- *vaste kosten* hieronder worden verstaan afschrijving van het schip over zijn economische levensduur, en rente betalingen over het geleende bedrag,
- *operationele kosten* deze worden gedefinieerd als de vaste kosten die worden gemaakt om het schip te laten varen, zoals loonkosten, onderhoud en reparatie, voorraden en smeermiddelen, verzekeringen, enz,
- *reis kosten* dit zijn de variabele kosten om het varen van een schip mogelijk te maken, zoals brandstofkosten, havengelden, kosten voor beloodsing, enz,
- *overslag kosten* de kosten welke gemaakt worden om lading over te slaan.

Directe kosten

Het zal duidelijk zijn dat in het geval van overliggen van een schip de vaste kosten voor aflossing en rente betalingen niet zullen toenemen. De operationele en de reis kosten spelen hierbij echter wel een rol. Deze kosten worden ook wel de directe kosten genoemd. Volgens de heer Deelen van het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam kan voor deze beide categorieën het volgende worden aangenomen:

directe kosten : fl. 5000,= per uur

Indirecte kosten

Naast de directe kosten kunnen ook indirecte kosten gemaakt worden in het geval dat een schip een getij moet overliggen. Onder indirecte kosten kan worden verstaan de kosten welke aan de wal gemaakt worden door een verlate toevoer van het product.

Over de hoogte van de indirecte kosten is zeer weinig te zeggen; het is mogelijk dat deze niet gemaakt worden, maar het kan ook dat deze het tweevoudige van de directe kosten bedragen. In geld uitgedrukt ziet dit er dan als volgt uit:

indirecte kosten : variërend van fl. 0,= tot fl. 10.000,= per uur

De lading van een bulk carrier als de Berge Stahl is dermate laagwaardig, dat in het geval van één getij overliggen, het rente verlies van de waarde van de lading, volgens de heer Deelen verwaarloosbaar is in vergelijking met de andere kosten.

Optelling van de directe en de indirecte kosten geeft de totale kosten per uur, en is:

totale kosten per uur : variërend van fl. 5000,= tot fl. 15.000,= per uur



In de wetenschap dat een getijcyclus twaalf en een half uur duurt, worden de kosten voor het geval dat het schip één getij moet overliggen:

totale kosten voor één getij : variërend van fl. 62.500,= tot fl. 187.500,=

Dit bedrag wordt dus bespaard als een schip een getij eerder kan binnen lopen.

Bij bovenstaande bedragen worden de volgende opmerkingen geplaatst:

- de kosten welke worden gemaakt in het geval dat een schip een getij moet overliggen lopen zeer uiteen als gevolg van de onzekerheid over het optreden van indirecte kosten,
- de bedragen zijn richtlijnen, welke door het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam in een onderzoek van een aantal jaren geleden zijn gevonden.

Conclusie

Indien de toelatingsregeling wordt aangepast, waarbij de waarden voor overligpercentage en downtime aanzienlijk naar beneden gaan, zal het vaker dan één keer per jaar voorkomen dat schepen die in de huidige toelatingsregeling een getij moeten overliggen, bij toepassing van een aangepaste (en verbeterde) toelatingsregeling direct de haven binnen kunnen varen. De kosten die de rederijen op deze manier besparen, kunnen dan behoorlijk oplopen, hoewel ze moeilijk precies zijn in te schatten.



10. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk zullen naast conclusies over de uitkomsten van de simulaties conclusies worden getrokken over het gebruikte simulatie programma, alsook over RIJMAMO, het model waarmee de stroomberekeningen zijn uitgevoerd. Tevens worden aanbevelingen gedaan.

10.1 Conclusies

Conclusies over SHIPMA

SHIPMA is een gebruikersvriendelijk fast-time simulatie programma, wat bij toepassing in vooronderzoeken zeer geschikt is. Uit de resultaten van simulaties met SHIPMA is echter enkel iets over de fysische haalbaarheid te zeggen. Bij het uitvoeren van simulaties waaruit een aanpassing van de horizontale toelatingsregeling volgt, zal dan ook gebruik gemaakt moeten worden van een real-time simulator, waarmee tevens de manoeuvre van het aankoppelen van sleepboten en het (eventueel) maken van de bocht naar het Beerkanaal wordt gesimuleerd.

Conclusies over RIJMAMO

RIJMAMO is een geschikt model om stroombeelden te berekenen waarmee simulaties kunnen worden uitgevoerd. Belangrijk hierbij is dat RIJMAMO de berekeningen uitvoert voor (o.a.) een gegeven windsnelheid en windrichting, factoren die van grote invloed zijn op het stroombeeld in de Maasmond.

Uit vergelijkingen met bestaande stroomkrommen (zie paragraaf 5.6), welke volgen uit metingen, en uit beoordelingen van deskundigen op het gebied van stroming in de Maasmond, is op te maken dat de stroombeelden welke volgen uit de RIJMAMO berekeningen, een realistisch karakter hebben.

Modelleringen die met RIJMAMO worden uitgevoerd nemen veel tijd in beslag, waardoor dit een kostbare methode is om aan stroombeelden te komen.

Conclusies over de resultaten van de simulaties

Allereerst zullen in het kader van de duidelijkheid de belangrijkste resultaten van het onderzoek worden herhaald, waarna de conclusies gegeven worden.

De dwarsstroombeperkingen welke zijn gevonden voor de gesimuleerde condities zijn als volgt:

situatie met NW-wind, 9 Bf. en springtij :	bepanking van	0:00	tot	0:00
situatie met ZW-wind, 8 Bf. en springtij :	bepanking van	-1:00	tot	-0:15
huidige situatie voor alle condities :	bepanking van	0:00	tot	2:30



De tijden geven de perioden aan ten opzichte van hoogwater bij Hoek van Holland dat passage Lage Licht is uitgesloten. Te zien is dat in de gesimuleerde situatie met noordwest 9 en springtij geen dwarsstroombeperking meer heeft, maar onder gesimuleerde omstandigheden op alle tijdstippen kan opvaren.

De belangrijkste conclusie is dan ook dat de uit de simulaties resulterende dwarsstroombeperkingen geheel **niet** overeen komen met de huidige dwarsstroombeperking, welke stelt dat passage Lage Licht tussen 0 en 2,5 uur ná hoogwater bij Hoek van Holland is uitgesloten.

Een gevolg van deze conclusie is dat kan worden gesteld dat het betrekken van stroombeelden voor verschillende condities in de bepaling van de dwarsstroombeperking aanzienlijke verruiming van de tijpoorten oplevert, als gevolg van het dalen van het overligpercentage en de downtime. Deze verruiming van de tijpoorten komt de toegankelijkheid van de Rotterdamse Haven ten goede, en levert financiële voordelen op voor de rederijen, welke in de trend liggen van fl. 62.500,= tot fl.187.500,= per schip dat direct kan opvaren in plaats van dat het een getij moet overliggen.

In het onderzoek zijn ook nog andere zaken naar voren gekomen, welke reeds zijn genoemd in de betreffende hoofdstukken, maar hier volledigheidshalve nogmaals worden gegeven:

- in geval van dood en gemiddeld getij zijn de dwarsstroombeperkingen kleiner, als gevolg van kleinere stroomsnelheden,
- de simulaties met schip 1 (diepgang 22,10 m) en schip 2 (diepgang 22,65 m) geven amper verschillen in resultaten te zien,
- de simulaties voor de verschillende windrichtingen laten aanzienlijke verschillen zien,
- runs waarbij met hogere toerentallen wordt gevaren tot aan de Havenlichten, kunnen met behoorlijk minder inspanning worden uitgevoerd. Dit resulteert weer in kortere dwarsstroombeperkingen,



10.2 Aanbevelingen

Gezien het feit dat de in dit onderzoek gesimuleerde condities extreme omstandigheden zijn, verdient het zeker aanbeveling om verder onderzoek te doen naar het aanpassen van het horizontale beleid in HARAP. In hoofdstuk 8 is reeds aangegeven wat de geschikte methode is om een dergelijk onderzoek uit te voeren. Hieronder zullen nog kort de hoofdlijnen van dit onderzoek worden aangegeven:

Aan de hand van stroombeelden voor verschillende astroklassen, windsnelheden en -richtingen worden, eventueel voor verschillende scheepsklassen, simulaties uitgevoerd op een real-time simulator. Uit deze simulaties volgt voor ieder stroombeeld een dwarsstroombeperking. Deze dwarsstroombeperking komt in HARAP voor in de vorm van een tabel, waarin voor elke combinatie van astroklasse en windklasse (klasse waarmee de windsnelheid en de richting wordt aangegeven) staat vermeld wat de periode is dat passage Lage Licht verboden is. Voor een bepaalde conditie wordt de betreffende dwarsstroombeperking opgeteld bij de tijpoort voor het verticale beleid.

De stroombeelden worden berekend met het RIJMAMO-model. De mate van uitgebreidheid kan worden gevarieerd door voor meer of minder verschillende condities stroommodelleringen uit te voeren; het aantal windrichtingen kan variëren, evenals het aantal windsnelheden. Dit geeft een variatie in windklassen. Tevens kan variatie van de Rijnafoer worden betrokken in de modelleringen, wat een verdere nauwkeurigheid geeft.

Alvorens dit onderzoek uit te voeren wordt aanbevolen in een vooronderzoek nauwkeurig de financiële voordelen te bepalen van een dergelijke aanpassing van het horizontale beleid.



LITERATUUR

- [1] Stroomatlas Europoort

Dienst der Hydrografie, m.m.v. RWS, DGW, ZL, NZ

- [2] Informatie voor de vaart met diepstekende schepen naar de haven van Rotterdam 1995

Rijkswaterstaat Directie Noordzee
Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam
Regionale Loodsencorporatie Rotterdam-Rijnmond

- [3] De representativiteit v/e niet-geul gebonden locatie voor de stroming in de Maasgeul

Rapportage van het RIKZ i.o.v. Gem. Havenbedr. R'dam jan. 1994

- [4] Verbetering horizontaal toelatingsbeleid voor zeeschepen in de haven van Rotterdam

Literatuurstudie A. van der Hoek maart 1997

- [5] Calibratie, validatie en berekeningen Rijmamo 3D t.b.v. Mer Beheer Haringvlietsluizen

Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor kust en zee (RIKZ)
Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland
Svasek (Waterbouwkundig Adviesbureau) november 1996

- [6] Fast-time vaarbaanonderzoek Maasvlakte2

door MSR in opdracht van Projectorganisatie Maasvlakte2 juli 1997

- [7] Toelatingsregeling Euro- en Maasgeul verslagen eerste fase project "evaluatie 74-voets geul"

Regionale Loodsencorporatie Rotterdam-Rijnmond
Directie Noordzee
Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Rijksdienst voor Kust en Zee
Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam december 1994

Verbetering horizontaal toelatingsbeleid voor zeeschepen in de haven van Rotterdam

Bijlagen Eindrapport

**Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Afdeling Scheepvaart
A. van der Hoek
november 1997**



OVERZICHT BIJLAGEN A t/m K

Bijlage A : Huidige toelatingsregeling

Bijlage B : Beschrijving fast-time simulatie programma SHIPMA

Bijlage C : Beschrijving van de gesimuleerde schepen

Bijlage D : SHIPMA grid

Bijlage E : Tabel met parameters t.b.v. korte golf berekeningen

Bijlage F : Dwarsprofielen t.b.v. bepalen oeverzuiging

Bijlage G : Roosters voor verschillende stroommodellen

Bijlage H : Parameterinstellingen RIJMAMO

Bijlage I : Totaal overzicht simulatie runs

Bijlage J : Flowplots

Bijlage J-I : Flowplots voor NW-wind, springtij, stap 30 t/m 4 l

Bijlage J-II : Flowplots voor ZW-wind, springtij, stap 30 t/m 4 l

Bijlage K : Trackplots

Bijlage K-I : Trackplots voor NW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 4 l

Bijlage K-II : Trackplots voor NW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 4 l

Bijlage K-III : Trackplots voor ZW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 4 l

Bijlage K-IV : Trackplots voor ZW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 4 l



Bijlage A

Huidige toelatingsregeling

HUIDIGE TOELATINGSREGELING

A.1 Huidig beleid

De toelatingsregeling voor de Haven van Rotterdam wordt bepaald uit een combinatie van het verticale en horizontale beleid. Voor de berekeningen van de hieruit resulterende tijpoorten wordt het PC-programmapakket HARAP gebruikt. In deze berekeningen wordt door het gebruik van probabilistische rekenmethoden de toelatingsregeling gebaseerd op de verticale beweging reeds nauwkeurig beschreven aan de hand van voorspelde astro-, meteo-, golf- en scheepsklasse, terwijl de toelatingsregeling gebaseerd op de horizontale bewegingen (dwarsstroombeperking) als gevolg van een gebrek aan gegevens en de moeilijkheid van het voorspellen van windeffecten nog zeer globaal is. De dwarsstroombeperking komt bij de berekeningen met HARAP voor in de vorm van een stroomcriterium.

In paragraaf 2 wordt het probabilistische geuldiepte-ontwerp beschreven, waarbij in paragraaf 2 (veiligheidscriteria) het stroomcriterium wordt behandeld. In paragraaf 3 wordt een overzicht gegeven van de klasse-indelingen, zoals deze gebruikt worden voor de berekeningen voor het verticale beleid. In paragraaf 4 tenslotte wordt allerlei informatie gegeven over de resulterende tijpoorten.

A.2 Het probabilistische geuldiepte-ontwerp

A.2.1 Algemeen

Vanaf 1 januari 1985 is de toelatingsregeling voor 72 voet schepen ingevoerd. Voor de tijgebonden schepen wordt dan gewerkt met een gedifferentieerde toelatingsregeling. Dit wil zeggen dat per schip dat zich aandient wordt gekeken binnen welke tijpoort dit schip de geulreis mag uitvoeren, waarbij de tijpoort afhankelijk is van scheepsgrootte (draagvermogen), scheepstype (ladingsoort) en -diepgang en van de verwachte golf- en waterstandscondities tijdens de getijreis. Begin 1987 is de regeling voor schepen tot en met 74 voet ingevoerd. De toelatingsregeling, in de vorm van tijpoorten, is geoptimaliseerd met behulp van een (semi-) probabilistische ontwerp-methode, waarbij binnen alle denkbare golf- en waterstandscondities voor verschillende scheepsklassen zo ruim mogelijke tijpoorten zijn berekend, met inachtneming van vooraf gestelde veiligheidscriteria.

Bij de uitvoering van een volgens de probabilistische methode bepaalde toelatingsregeling is het een vereiste dat de golf- en waterstandscondities, zoals die zich tijdens een geulpassage zullen voordoen, voldoende betrouwbaar kunnen worden verwacht. De betrouwbaarheid van deze verwachtingen wordt ook meegenomen in het probabilistische rekenproces.

Naar aanleiding van de evaluatie van de toelatingsregeling is met ingang van 1 mei 1995 een aangepaste toelatingsregeling ingevoerd. De evaluatie heeft ertoe geleid dat er nieuwe klasse-indelingen van de randvoorwaarden tot stand zijn gekomen. De nieuwe klasse-indelingen hebben betrekking op het astronomische getij, het meteo-effect en de golfhoogte. Ook heeft zich een wijziging voorgedaan in de procedurele vaststelling van deze klassen om de tijpoort te kunnen berekenen. Het snelheidsregime voor de schepen t/m 72 voet is gelijk gebleven, maar voor de 72⁺-schepen is het snelheidsregime aangepast (langzame, gemiddelde en snelle vaart). Voor alle scheepsklassen zijn de tijpoorttabellen opnieuw samengesteld.

A.2.2 Veiligheidscriteria

Een groot voordeel van het probabilistische ontwerp-proces is dat de veiligheid per geulvaart berekend kan worden. Door middel van een toelatingsregeling worden de meest onveilige vaarten uitgesloten. Om deze onveilige vaarten te kunnen onderscheiden worden enkele veiligheidscriteria gebruikt. Dit betekent dat vooraf een te accepteren kans op bodemberoering moet worden vastgesteld, die uiteraard zeer klein is.

Bij het vaststellen van de maximaal acceptabele kans op bodemberoering moet een idee bestaan van de ernst van de gevolgen van een bodemberoering. Zou een bodemberoering bijvoorbeeld direct tot olieverlies of geulblokkade leiden, dan zal de kans een extra lage waarde moeten krijgen (immers risico = kans * gevolg).

Aan de gevolgen van een bodemberoering is door TNO een speciaal onderzoek gewijd. Uit sterkteberekeningen is gebleken dat een schip enkele decimeters in een harde zandbodem kan dringen, voordat de beplating gaat vervormen. De kans op scheuren of breuk is daarbij nog vrijwel nihil. Dit resultaat heeft een belangrijke rol gespeeld bij het vaststellen van de veiligheidscriteria waaraan de geulvaarten moeten voldoen.

Bij de vaststelling van de veiligheidscriteria is een vergelijking met andere nautische faalkansen gemaakt (kans op aanvaring, kans op stranding e.d.). In die zin is de geulvaart een activiteit, die een relatief laag risico met zich meedraagt.

De uiteindelijke veiligheidscriteria zijn als volgt geformuleerd (zie volgende pagina):

Meerjarig criterium

De tijpoorten die gepresenteerd worden garanderen een meerjarig veiligheids criterium, dat stelt dat een bodemberoering met maximaal lichte schade niet meer dan één keer per 235 jaar plaatsvindt.

Individuele vaartcriterium

In de in het bovengenoemde meerjarige criterium vastgestelde maximale gemiddelde kans op bodemberoering is ook de kans van voorkomen van de bijbehorende golf- en waterstandsconditie meegewogen. Een individuele vaart, dit is een vaart waarbij geen rekening gehouden is met de kansen van die golf- en waterstandscondities, kan bijvoorbeeld een kans op bodemberoering hebben van 5 %, maar toch aan het meerjarig criterium voldoen als de kans van voorkomen van de condities waaronder de vaart plaatsvindt maar klein genoeg is. Dit is probabilistisch gezien geheel juist.

Toch is besloten om nog een bovengrens te stellen aan de kans op bodemberoering tijdens een individuele vaart, ook al voldoet een vaart aan het meerjarig criterium.

De kans op bodemberoering is tijdens een individuele vaart niet meer dan 1 %.

Manoeuvremarge

Om voldoende manoeuvreerbaarheid te behouden, moet er minimaal 1 m netto kielspeling onder het varende schip aanwezig zijn, ook in het geval dat de scheepsbewegingen nihil zijn (vrijwel vlak water: geen zeegang en/of deining, dit geldt voor ongeveer 80 % van de vaarten).

Een situatie met deze minimale kielspeling zal zich ten hoogste over een klein deel van het traject voordoen en dan nog sporadisch. In zeldzame gevallen kunnen onnauwkeurigheden in waterstand en diepgang ongunstig samenvallen. Het manoeuvreercriterium kan dus niet in 100 % van de gevallen gegarandeerd worden. De tijpoorten zijn zodanig berekend dat in de praktijk in het Binnengebied in minder dan 1 % van de vaarten de 1 meter onderschreden zal worden en in minder dan ca. 0,1 % de 0,8 m.

Stroomcriterium

Op basis van in 1987 en 1988 voor het maken van de stroomatlas uitgevoerde stroommetingen in de Maasgeul en de door de loodsen aangegeven maximale opstuurhoeken van 18 à 20 °, waarbij een veilige opvaart in de meeste gevallen mogelijk is, is het horizontale toelatingsbeleid als volgt vastgesteld: Voor 72⁺-schepen is passage van het Lage Licht van hoogwater tot 2,5 uur na hoogwater te Hoek van Holland uitgesloten in verband met te hoge dwarsstroomsnelheden vlak voor het passeren van de havenhoofden. Voor schepen met een diepgang die kleiner is dan 72 voet, geldt geen dwarsstroombeperking.

In HARAP is het mogelijk bepaalde delen van een geul uit te sluiten volgens de volgende methoden:

- als de stroomsnelheid een bepaalde waarde overschrijdt; in een bestand kunnen bepaalde delen van een geul worden uitgesloten als de stroomsnelheid een bepaalde waarde overschrijdt. In dit bestand wordt de snelheid opgegeven waarboven een schip niet meer mag varen in een geultraject, en dus in het geheel niet mag opvaren voor het opvaartijdstip waarop dit voorvalt. Voor de toetsing van deze maximale waarde worden de .ast bestanden gebruikt (komen voor in de HARAP database), waarin de waarden van de stroomsnelheden staan uitgezet tegen de tijd,
- het gebruik uit te sluiten gedurende een bepaald tijdsinterval; het is ook mogelijk een schip te verbieden op een bepaald deel van de geul te varen gedurende een bepaald tijdsdeel. De tijdstippen van opening en sluiting worden opgegeven t.o.v. hoogwater bij Hoek van Holland.

Beide uitsluitvormen zijn in het bestand UITSLUIT opgenomen.

A.2.3 Probabilistische geulontwerp-methodiek

Bij een op probabilistische wijze ontworpen geul wordt rekening gehouden met de tijdens een vaart te verwachten golfomstandigheden. Er wordt een zogenaamde gedifferentieerde toelatingsregeling gevoerd.

De term gedifferentieerd verwijst naar de eigenschap dat bij elke denkbare combinatie van verwachte omgevingscondities (waterstand en hoeveelheid laagfrequente golfenergie uitgedrukt in de golfhoogte maat H_{E10}), scheepsdiepgang en -type vooraf berekend is of en zo ja binnen welke tijpoort een veilige vaart door de geul mogelijk is. Veilig betekent hier dat de kans op bodemberoering tijdens de vaart aan vooraf gestelde veiligheidscriteria voldoet.

Het probabilistische van deze ontwerp-methode bestaat eruit dat de kans op bodemberoering die berekend wordt voor een vaart tijdens een bepaalde combinatie van omgevingscondities ook wordt gewogen met de kans van voorkomen van die combinatie. De som hiervan geeft een totale meerjarige kans op bodemberoering; een combinatie van omgevingscondities die vaak voorkomt telt zwaarder mee dan een zeldzame combinatie.

Een probabilistisch ontwerp is alleen dan uitvoerbaar als er betrouwbare kansverdelingen van het waterstands- en golfklimaat en het scheepsaanbod beschikbaar zijn. Om de berekeningen en de toelatingsregeling uitvoerbaar te maken moet elke kansverdeling in klassen, met elk een kans van voorkomen, worden verdeeld.

Het optimale geuldiepteverloop wordt als volgt bepaald.

Bij een bepaald geuldiepteverloop kunnen voor alle mogelijke combinaties van opvaartijdstippen, golf-, waterstands- en scheepsklassen, geulvaarten worden gesimuleerd.

In eerste instantie wordt op basis van het waterstandsverloop en het stroomcriterium bepaald voor welke opvaartijdstippen gedurende de hele geulpassage de manoeuvreermarge aanwezig is. Op grond van dit criterium valt een aantal opvaartijdstippen af. De invloed van de golfhoogtemaat H_{E10} wordt in dit stadium nog buiten beschouwing gelaten.

Voor de overblijvende opvaartijdstippen wordt - voor alle astro-, meteo- én golfklassen - berekend wat de kans op bodemberoering is, indien op het betreffende tijdstip een geulvaart wordt begonnen. Deze kans wordt vergeleken met het individuele vaart criterium (paragraaf 2). Als de kans groter is dan het criterium, wordt het opvaartijdstip geschrapt. Vervolgens worden voor alle combinaties van astro-, meteo- en golfklassen bepaald wat de opvaartijdstippen zijn met de kleinste kans op bodemberoering. De twee opeenvolgende tijdstippen die samen - voor de betreffende combinatie van omstandigheden - de kleinste kans op bodemberoering geven noemen we de optimale tijpoort. De kansen op bodemberoering van al deze optimale tijpoorten worden bij elkaar opgeteld en vergeleken met het meerjarig criterium. Als de gesommeerde kans meer is dan het criterium, worden er zoveel optimale tijpoorten geschrapt, tot er wel aan het criterium wordt voldaan.

Het Binnengebied kan hierbij wegens de afwezigheid van golfenergie verder buiten beschouwing worden gelaten.

Met de nu resterende opvaarmogelijkheden is het overligpercentage bekend. Dit is het percentage van de aan het begin van de Eurogeul arriverende schepen dat tenminste 1 getij (12,5 uur) moet wachten voordat een geulvaart mogelijk is.

Het overligpercentage kan opgesplitst worden in een deel veroorzaakt door golfomstandigheden, de golfstremming, en een deel veroorzaakt door waterstandsinvloeden, de tijstremming.

Met als uitgangspunt de tijpoorten met de maximale H_{E10} , waarbij opvaart nog nét mogelijk is, vindt vervolgens een tijpoortoptimalisatie plaats; de tijpoorten voor de lagere golfklassen worden, rekening houdend met het meerjarige veiligheids criterium, zo ver mogelijk opgerekt teneinde een zo laag mogelijke downtime te verkrijgen.

De downtime is het percentage van de tijd dat er geen opvaart mogelijk is. Uitgedrukt als deel van de lengte van een getijcyclus geeft dit percentage, gedeeld door twee, de gemiddelde wachttijd per getijcyclus aan. Het complementaire percentage komt overeen met de gemiddelde lengte van de tijpoort.

Het resultaat is een, bij het betreffende geuldiepteverloop behorende, toelatingsregeling in de vorm van tijpoorten.

Als de toelatingsregeling op de juiste wijze wordt uitgevoerd en nagevolgd, zal het geulgebruik aan de opgelegde veiligheidscriteria voldoen met een bijbehorend overligpercentage en downtime.

Alle factoren die in het probabilistische ontwerp worden meegenomen hebben een bepaalde onnauwkeurigheid. De belangrijkste onnauwkeurigheden worden veroorzaakt door:

- afwijkingen van de verwachte H_{E10} ,
- afwijkende scheepsbewegingskarakteristieken,
- de gebruikte schematisering van de verschillende randvoorwaarden in een beperkt aantal klassen (bijv. het met drie astroklassen geschematiseerde astronomische getij),
- afwijkingen van de opgegeven scheepsdiepgang,
- afwijkingen van de verwachte waterstand,
- variaties in scheepssnelheden en dus ook in de squat,
- zoet-zout-effecten in het Binnengebied,
- afwijkingen scheepsbewegingen t.p.v. zandgolven.

Deze onzekerheden zijn zo veel mogelijk probabilistisch (met een kansverdeling) in de berekeningen meegenomen. De hierbij gemaakte keuzes zijn altijd vanuit een conservatief - veilig - oogpunt gemaakt. Onzekerheden waarvoor een probabilistische benadering niet mogelijk was zijn in de vorm van - conservatieve - toeslagen in rekening gebracht.

A.3 De klasse-indelingen

Om de juiste tijkpoort uit de tijkpoorttabellen af te kunnen lezen dienen hiertoe eerst de verschillende klassen te worden "vastgesteld". Het betreft de scheepsklasse, de astroklasse, de meteoklasse en de golfklasse.

Deze klassen worden vastgesteld aan de hand van het type, het draagvermogen en de aangemelde diepgang van het schip en aan de hand van de gedurende de geplande vaarperiode in de Euro- en Maasgeul verwachte golf- en waterstandsomstandigheden.

A.3.1 Scheepsklassen

Uit de praktijk is bekend dat elk schip een eigen bewegingsgedrag heeft. Het bewegen onder invloed van golven hangt, naast de waterdiepte, golfomstandigheden, vaarrichting en vaart, af van het type schip (soort lading), de diepgang en het draagvermogen. Volgens deze laatstgenoemde eigenschappen zijn de scheepsklassen ingedeeld. De scheepsklassen worden in tabel A-1 weergegeven.

De schepen tot en met 21,95 m zijn in twee draagvermogenklassen ingedeeld. Binnen deze klassen is een onderscheid naar diepgang aangebracht in stappen van 0,30 m (1 voet). Voor schepen met een diepgang groter dan 21,95 m wordt geen onderscheid gemaakt naar draagvermogen en is de stapgrootte van de diepgangsklassen 0,15 m (0,5 voet).

draagvermogen DWT * 1000	diepgang (m) van....t/m....	diepgang (voet/inch) van....t/m....	scheepsklasse	
			tanker	bulk
200 t/m 250	20,00 - 20,30	65' 7" - 66' 6"	A1	B1
	20,31 - 20,60	66' 7" - 67' 6"	A2	B2
	20,61 - 20,90	67' 7" - 68' 6"	A3	B3
	20,91 - 21,20	68' 7" - 69' 6"	A4	B4
	21,21 - 21,50	69' 7" - 70' 6"	A5	B5
	21,51 - 21,80	70' 7" - 71' 6"	A6	B6
	21,81 - 21,95	71' 7" - 72' 0"	A7	B7
> 250	20,00 - 20,30	65' 7" - 66' 6"	A8	B8
	20,31 - 20,60	66' 7" - 67' 6"	A9	B9
	20,61 - 20,90	67' 7" - 68' 6"	A10	B10
	20,91 - 21,20	68' 7" - 69' 6"	A11	B11
	21,21 - 21,50	69' 7" - 70' 6"	A12	B12
	21,51 - 21,80	70' 7" - 71' 6"	A13	B13
	21,81 - 21,95	71' 7" - 72' 0"	A14	B14
alle draag- vermogens	21,96 - 22,10	72' 1" - 72' 5"	A22	B15
	22,11 - 22,25	72' 6" - 73' 0"	A23	B16
	22,26 - 22,40	73' 1" - 73' 5"	A24	B17
	22,41 - 22,55	73' 6" - 74' 0"	A25	B18
	22,56 - 22,70	74' 1" - 74' 5"		B19
	22,71 - 22,90	74' 6" - 75' 0"		B20

tabel A-1 : Indeling scheepsklassen

A.3.2 Waterstandsklassen

Zoals bij de oude toelatingsregeling wordt het verticale getij opgesplitst in de astronomische waterstand en een meteo(rologisch)-effect. Beide delen worden in klassen verdeeld: astro- en meteoklassen.

A.3.2.1 Astroklassen

Alle mogelijke astronomische waterstandskrommen zijn ingedeeld in 3 astroklassen. In de nieuwe toelatingsregeling wordt de astroklasse niet meer zoals voorheen bepaald door de astronomische hoogwaterstand bij Hoek van Holland en Europlatform. De astroklasse wordt voortaan bepaald door de getijslag bij Hoek van Holland (het astronomische getij bij Europlatform speelt dus geen rol meer bij de bepaling van de astroklasse).

De getijslag is gedefinieerd als het verschil in waterstand tussen het astronomische hoogwater en het daarvoorafgaande astronomische laagwater bij Hoek van Holland. De astronomische hoog- en laagwaterstanden zijn te vinden in de getijtafels. De astroklasse-indeling is in *tabel A-2* weergegeven. De frequentie van voorkomen van de astroklassen is zodanig bepaald dat de spreiding binnen de verschillende astroklassen nagenoeg gelijk is.

Astroklasse	frequentie van voorkomen	getijslag
1	25 %	< 1,56
2	50 %	1,56 - 1,92
3	25 %	> 1,92

tabel A-2 : Indeling van astroklassen

A.3.2.2 Meteoklassen

De meteoklasse wordt bepaald bij Europlatform en Hoek van Holland. In de nieuwe toelatingsregeling wordt de meteoklasse bepaald door de som van het meteo-effect en het slagmidden. Het meteo-effect is het verschil tussen de verwachte hoogwaterstand en de astronomische hoogwaterstand, zoals die wordt veroorzaakt door wind- en luchtdrukeffecten. Het slagmidden is het rekenkundige gemiddelde van het astronomische hoogwater en het voorafgaande astronomische laagwater.

Het slagmidden bij Hoek van Holland is gemiddeld circa 28 cm en varieert tussen -5 en +60 cm (ten opzichte van het middenstandsvlak). Het slagmidden bij Europlatform is gemiddeld circa 16 cm lager dan bij Hoek van Holland. De indeling van de meteoklassen naar frequentie staat in *tabel A-3* gegeven. Zoals in deze tabel weergegeven wordt een indeling in vijf meteoklassen gebruikt.

De indeling van de meteoklassen met bijbehorende klassegrenzen wordt gegeven in *tabel A-4*.

Meteoklasse	omschrijving	frequentie
1	veel opwaai	5 %
2	matige opwaai	52 %
3	weinig op- / afwaai	30,7 %
4	matige afwaai	2,2 %
5	veel afwaai	0,1 %

tabel A-3 : Indeling van meteoklassen naar frequentie

meteoklasse	klassebereik				
	Eurolatform	Km 32,7	Maas Center	Havenhoofd	Binnengebied
1	≥ 37	≥ 40	≥ 45	≥ 48	≥ 49
2	$\geq 6 < 37$	$\geq 12 < 40$	$\geq 19 < 45$	$\geq 17 < 48$	$\geq 15 < 49$
3	$\geq -28 < 6$	$\geq -19 < 12$	$\geq -9 < 19$	$\geq -17 < 17$	$\geq -19 < 15$
4	$\geq -61 < -28$	$\geq -62 < -19$	$\geq -38 < -9$	$\geq -48 < -17$	$\geq -51 < -19$
5	< -61	< -62	< -38	< -48	< -51

tabel A-4 : Indeling meteoklassen naar klassegrenzen

Voor de toelatingsregeling is het hoogste nummer van de meteoklasse bij Hoek van Holland en Eurolatform maatgevend.

A.3.2.3 Golfklassen

Tot nog toe werd voor de bepaling van de golfklasse uitgegaan van de E_{10} (de laagfrequente golfenergie in de golfperiodeband van 10 tot 33 seconden). Omdat het moeilijk is zich bij een golfenergie iets voor te stellen, is overgegaan op de golfhoogtemaat H_{E10} . Deze maat voor laagfrequente golfhoogte laat zich gemakkelijker voorstellen.

De H_{E10} is gedefinieerd als:

$$H_{E10} = 4\sqrt{E_{10}}$$

In tabel A-5 worden de 10 golfklassen van de nieuwe toelatingsregeling weergegeven. De golfklasse wordt bepaald door de tijdens de geplande vaart verwachte H_{E10} .

golfklasse	klassegrenzen (H_{E10})
1	0 cm t/m 25 cm
2	26 cm t/m 40 cm
3	41 cm t/m 55 cm
4	56 cm t/m 70 cm
5	71 cm t/m 85 cm
6	86 cm t/m 100 cm
7	101 cm t/m 115 cm
8	116 cm t/m 130 cm
9	131 cm t/m 145 cm
10	> 145 cm

tabel A-5 : Golfklassen met bijbehorende grenzen

A.4 Het tijpoortadvies

A.4.1 Algemeen

Vanuit haar verantwoordelijkheid als technisch vaargeulbeheerder stelt de directie Noordzee van Rijkswaterstaat tijpoortadviezen op. Deze adviezen worden opgesteld door het Hydro-Meteo centrum Rijnmond (HMR) te Hoek van Holland. Een tijpoortadvies, in de vorm van openings- en sluitingstijden voor Eurogeul 57 km, Maas Center (alleen voor 72⁺) en Lage Licht, wordt naast de overige informatie op het tijpoortformulier doorgegeven aan de nautisch beheerder: het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam. Het advies wordt door de Havenautoriteiten als een randvoorwaarde gehanteerd bij het opstellen van het plan van binnenkomst (opgesteld door de verkeersleider in samenspraak met de loodsdienstleider) en het vaarplan (opgesteld door de loods).

Aan elk tijgebonden schip (diepgang groter dan 20,00 m = 65,5 voet), dat zich voor de vaart naar de haven van Rotterdam aanmeldt, wordt een tijpoortadvies verstrekt. Indien een tijgebonden schip zich aanmeldt, wordt de tijpoortinformatie ongeveer 6 uur voor passage Eurogeul 57 km door middel van het tijpoortformulier uitgegeven. Het HMR bewaakt de voor de tijpoortinformatie gebruikte verwachtingen en levert nieuwe tijpoortinformatie indien veranderende omstandigheden hiertoe aanleiding geven. Tijdens de aanloop kan tot één uur voor passage Eurogeul 57 km aan de hand van de laatste tijpoortinformatie worden besloten of de geplande geulvaart wordt doorgezet of afgebroken. Als er zich tijdens de geulvaart een onvoorziene verandering van de (verwachte) omstandigheden voordoet, dan wordt ook tijdens de geulvaart aanvullende tijpoortinformatie verstrekt.

De informatie voor het tijpoortadvies is afkomstig uit tijpoorttabellen. Deze tijpoorttabellen (als losse bijlage bij het "Groene Boekje" verstrekt) zijn berekend door de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

De in de tijpoorttabellen vermelde openings- en sluitingstijdstippen gelden ten opzichte van het verwachte tijdstip van hoogwater bij Hoek van Holland (voorheen was dit het astronomische tijdstip).

De tijpoorten voor schepen t/m 72 voet gelden voor zowel de langzame als de snelle vaart. Voor de 72⁺-tijpoorten geldt dat wordt gewerkt met snelheidsafhankelijke tijpoorten. Om te voorkomen dat schepen in de Maasgeul buiten hun tijpoort raken is een tussentijpoort bij Maas Center ingevoerd.

Omdat de 72⁺-tijpoorten niet meer voor zowel de langzame als de snelle vaart gelden, zal de loods een goede inschatting moeten maken van de mogelijke vaarsnelheden van het betreffende schip, voordat definitief wordt besloten op welk tijdstip bij Eurogeul 57 km wordt opgevaren. Deze inschatting is de verantwoordelijkheid van de loods en de gezagvoerder.

De tijpoortinformatie (uit de tijpoorttabellen) hangt af van de scheepsklasse, de astroklasse, de meteoklasse en de golfklasse (voor 72⁺-schepen ook van de gekozen vaarsnelheid). Deze klassen worden als volgt bepaald:

- de scheepsklasse is afhankelijk van ladingsoort, draagvermogen en opgegeven diepgang,
- de astroklasse wordt bepaald door de getijslag bij Hoek van Holland. De getijslag is het getijverschil tussen het astronomische hoogwater (van binnenkomst) en het voorafgaande astronomische laagwater,
- de meteoklasse wordt bepaald door de maatgevende meteoklasse (hoogste klassennummer) van de meteoklassen van Hoek van Holland en Europlatform. De meteoklasse wordt bepaald door de som van het verwachte meteo-effect en het astronomische slagmidden van de betreffende locatie. Het slagmidden is het rekenkundige gemiddelde van de (astronomische) getijslag, van het hoog- en het voorafgaande laagwater

- de golfklasse wordt bepaald door de verwachte H_{E10} . De H_{E10} is een maat voor de laagfrequente golfhoogte.

In het vervolg van deze paragraaf wordt in paragraaf 2 eerst de inhoud van het tijpoortformulier besproken, waarna in paragraaf 3 en 4 uiteengezet wordt hoe de tijpoorten voor schepen t/m 72 voet respectievelijk 72⁺-schepen tot stand komen. In de paragrafen 5 t/m 7 worden de procedures voor bijzondere situaties besproken.

A.4.2 Het tijpoortformulier

Het tijpoortformulier bevat alle tijpoortinformatie en de daaraan ten grondslag liggende informatie. De belangrijkste informatie die het tijpoortformulier geeft is:

- datum en tijd van uitgifte,
- scheepsnaam, ladingsoort, draagvermogen in dwt, opgegeven diepgang in m en scheepsklasse,
- datum en verwacht tijdstip van hoogwater Hoek van Holland,
- getijslag in cm en astroklasse voor Hoek van Holland,
- slagmidden in cm voor Hoek van Holland en Europlatform,
- verwacht meteo-effect in cm van Hoek van Holland en Europlatform,
- meteoklassen van Hoek van Holland en Europlatform,
- maatgevende meteoklasse; maatgevend is het hoogste klassennummer van de meteoklassen van Hoek van Holland en Europlatform,
- golfklasse,
- voor de schepen t/m 72 voet: openings- en sluitingstijdstippen in lokale datum en tijd van de tijpoorten bij Eurogeul 57 km en bij het Lage Licht,
- voor de 72⁺-vaart: openings- en sluitingstijdstippen in lokale datum en tijd van de tijpoorten bij Eurogeul 57 km, bij Maas Center en bij het Lage Licht, bij Maas Center en het Lage Licht worden drie openingstijdstippen gepresenteerd voor de snelle, gemiddelde en langzame vaart.
- datum en sluitingstijdstip Haven in lokale tijd (ligplaatsafhankelijk),
- in geval van verondiepingen wordt op het tijpoortformulier vermeld dat gebruik is gemaakt van aangepaste tijpoortinformatie,
- een bijlage geeft de verwachte en astronomische waterstandskrommen bij Europlatform en bij Hoek van Holland met de tijdstippen en waarden van de astronomische en verwachte hoog- en laagwaterstanden.

Het tijdstip “haven sluiten” wordt in paragraaf 1 apart behandeld. Daarna wordt in paragraaf 2 aandacht besteed aan de vrije ruimte. Dit is een maat die voorheen wel, maar met ingang van de nieuwe tijpoortregeling niet meer op het tijpoortformulier wordt vermeld.

A.4.2.1 Tijdstip “haven sluiten”

De tijpoort bij het Lage Licht geeft aan tussen welke tijdstippen het schip dit punt mag passeren. Daarna moet het schip echter nog afmeren in één van de pockets voor diepstekende schepen. Uitgaande van de scheepsdiepgang, de bodemdiepte in de pockets en het verwachte, meestal dalende, waterstandsverloop in het havenbekken kan, rekening houdend met de minimaal vereiste 1,0 m water onder de kiel bepaald worden op welk tijdstip het schip uiterlijk afgemeerd moet zijn. Dit is het tijdstip, dat wordt vermeld op het

tijpoortformulier bij "haven sluiten". "haven sluiten" geldt voor die ligplaatsen, waarvoor een diepte van 23,65 m geldt. Het tijdstip haven sluiten is dus ligplaatsafhankelijk en kan van toepassing zijn voor zowel schepen t/m 72 voet als de 72⁺ vaart.

A.4.2.2 De vrije ruimte

Voorheen werd in de tijpoorttabellen de vrije ruimte genoteerd. De vrije ruimte is gedefinieerd als de minimale ruimte onder de kiel, ter plaatse van Eurogeul 57 km, rekening houdend met een squat bij een vaarsnelheid van 11 knopen. In de nieuwe situatie (tijpoorttabellen vanaf 1 mei 1995) wordt de vrije ruimte niet meer in de tijpoorttabellen genoteerd. De reden hiervoor is dat de door het probabilistische rekenprogramma bepaalde vrije ruimte die bij een tijpoort hoort, een statistisch gemiddelde is. Het programma heeft wel rekening gehouden met de spreiding rond dit gemiddelde, maar kan niet per situatie de werkelijke vrije ruimte aangeven.

In de nieuwe situatie kan de vrije ruimte bij Eurogeul 57 km afgeleid worden uit de verwachte waterstand bij Europlatform, de diepgang van het schip en de uit de vaarsnelheid af te leiden squat. Op dezelfde manier kan de vrije ruimte ter hoogte van de Maasmond worden afgeleid, met de verwachte waterstand bij Hoek van Holland en de vaarsnelheid ter plaatse.

Bij de bepaling van de vrije ruimte moet rekening worden gehouden met de verwachtingsnauwkeurigheid van de waterstand. Grofweg kan worden gezegd dat in 15 % van de gevallen de werkelijke waterstand meer dan 10 cm lager zal zijn en in ongeveer 3 % van de gevallen meer dan 20 cm lager. Deze waarden gelden in de Eurogeul voor de gehele waterstandskromme. Dichter bij de kust ontstaat echter door ondiepwatereffecten een agger tijdens laag water die door meteo-invloeden aanzienlijk kan veranderen. Dit heeft consequenties voor de verwachtingsnauwkeurigheid van de waterstand bij Hoek van Holland. Tijdens de laagwaterperiode kunnen de maximale afwijkingen daarom enkele centimeters groter zijn.

A.4.3 Tijpoorten voor schepen t/m 72 voet

In deze paragraaf wordt uiteengezet hoe de tijpoorten voor schepen t/m 72 voet tot stand komen. Voor schepen t/m 72 voet geldt als voorheen dat elke tijpoort bruikbaar is voor zowel de langzame als de snelle vaart.

Uit de tijpoorttabellen voor schepen t/m 72 voet volgen openings- en sluitingstijdstippen bij Eurogeul 57 km. De tijdstippen zijn afgerond op hele of halve uurswaarden. Deze tijdstippen zijn relatief ten opzichte van het verwachte tijdstip van hoogwater bij Hoek van Holland. Als dit verwachte tijdstip bekend is, kunnen deze relatieve tijdstippen uit de tijpoorttabellen worden omgerekend naar tijdstippen in lokale tijd.

Het uitgangspunt voor schepen t/m 72 voet is dat de tijpoorten voor zowel de langzame vaart als voor de snelle vaart bruikbaar zijn. De voor de langzame en de snelle vaart gehanteerde vaarsnelheden en vaartijden staan in *tabel A-6*.

	Langzame vaart	Snelle vaart
Eurogeul	8 knoop	11 knoop
Maasgeul	6,5 knoop	8,5 knoop
Vaartijd Eurogeul 57 km - Lage Licht	4:20	3:20

tabel A-6 : Vaartijden voor schepen t/m 72 voet

Met behulp van deze vaartijden en het uitgangspunt dat elke tijpoort zowel voor de snelle als de langzame vaart geldt, kunnen de tijpoorten bij het Lage Licht als volgt worden bepaald (zie tabel A-7):

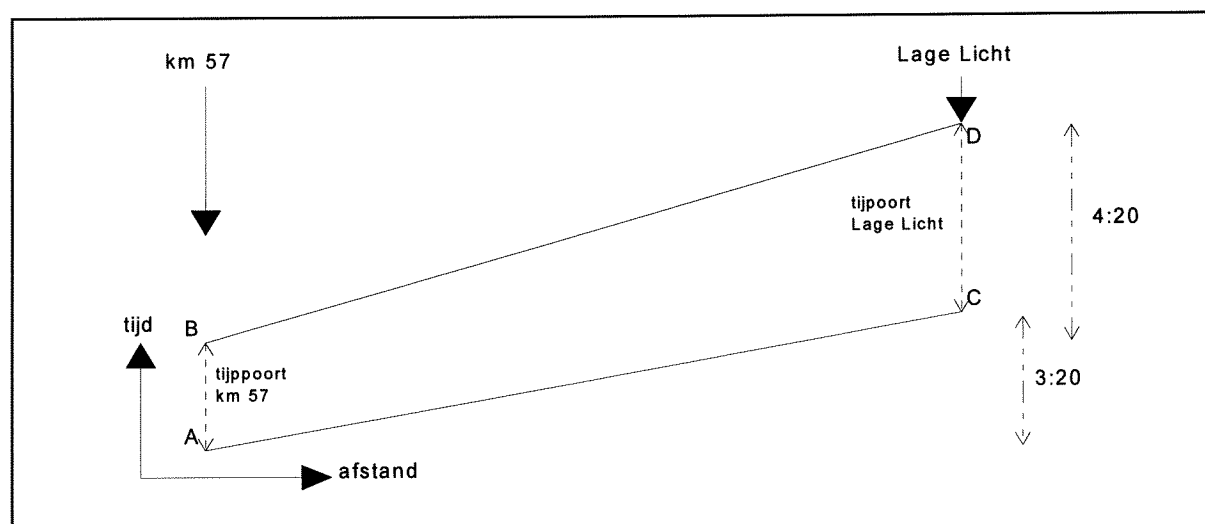
- Het openingstijdstip bij het Lage Licht ligt 3:20 (snelle vaartduur) na het openingstijdstip bij Eurogeul 57 km.
- Het sluitingstijdstip bij het Lage Licht ligt 4:20 (langzame vaartduur) na het sluitingstijdstip bij Eurogeul 57 km.

Eurogeul 57 km		Lage Licht	
Openen	Sluiten	Openen	Sluiten
A	B	$C = A + 3:20$	$D = B + 4:20$

tabel A-7 : Algemene vorm tijpoortinformatie voor schepen t/m 72 voet

Gebruik makend van deze tijpoortinformatie kan een snel schip dat zo vroeg mogelijk bij 57 km opvaart niet te vroeg het Lage Licht aankomen en kan een langzaam schip dat van de laatste opvaarmogelijkheid bij 57 km gebruik maakt, niet te laat bij het Lage Licht aankomen.

Door het verschil in vaartijd tussen de snelle en de langzame vaart is de tijpoort bij het Lage Licht 1 uur ruimer dan die bij Eurogeul 57 km. Er is dus sprake van divergerende (breder wordende) tijpoorten (zie figuur A-1).



figuur A-1 : Schematische weergave divergerende tijpoort (schepen t/m 72 voet)

In verband met de squat wordt in het tijpoortformulier de volgende noot opgenomen:

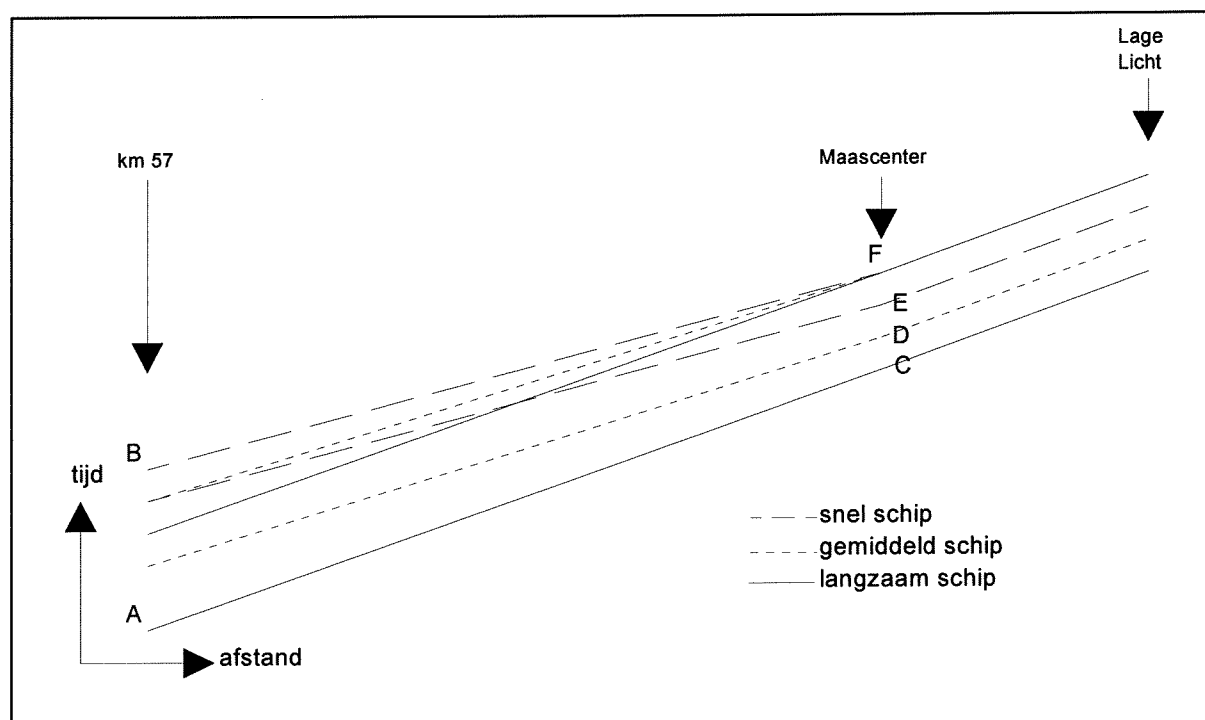
Noot: In de Eurogeul geldt i.v.m. de diepgangsvermeerdering door squat een maximum vaarsnelheid over de grond van 11 knoop.

A.4.4 Tijpoorten voor 72⁺-schepen

Voor de 72⁺-vaart is afgestapt van het principe dat elke tijpoort voor zowel de langzame als de snelle vaart geldt. Dit principe beperkt namelijk in combinatie niet het een uur naar voren verschoven stroomvenster de toegankelijkheid. Omdat het openingstijdstip bij Eurogeul 57 km door de langzame vaart wordt gedicteerd, kunnen snelle schepen, in de oude situatie, namelijk niet door later op te varen gebruik maken van de hogere waterstanden op de stijgende flank van het getij (divergerend tijpoort).

Dit probleem is opgelost, in de nieuwe situatie door snelheidsafhankelijke tijpoorten in te voeren voor een snelle, een gemiddelde en een langzame vaart. Deze vaarsnelheden zijn zodanig onderling op elkaar afgestemd dat de tijpoorten bij Eurogeul 57 km op elkaar aansluiten. Hiermee wordt een convergerende (smaller wordende) tijpoort verkregen, zie *figuur A-2*.

In de Maasgeul en in het Binnengebied wordt geen onderscheid gemaakt naar snelle of langzame vaart. Om te voorkomen dat schepen buiten hun tijpoorten terecht kunnen komen is een tussentijpoort bij Maas Center ingevoerd.



figuur A-2 : Schematische weergave convergerende tijpoort (72⁺-schepen)

Uit de 72⁺-tijpoorttabellen volgen openings- en sluitingstijdstippen bij Eurogeul 57 km voor de snelle, de gemiddelde en de langzame vaart. De tijdstippen zijn afgerond op kwartierwaarden. Deze tijdstippen gelden relatief ten opzichte van het verwachte tijdstip van hoogwater bij Hoek van Holland. Met dit verwachte tijdstip kunnen de relatieve tijdstippen uit de tijpoorttabellen worden omgerekend naar tijdstippen in lokale tijd.

Met de openings- en sluitingstijden voor Eurogeul 57 km kunnen nu de tijpoorten voor de snelle, de gemiddelde en de langzame vaart bij Maas Center worden berekend, rekening houdend met de vaartijden van de verschillende snelheidscategorieën. Deze vaartijden, met de bijbehorende gemiddelde vaarsnelheden staan in *tabel A-8*.

	Snelle vaart	Gemiddelde vaart	Langzame vaart
Vaarsnelheid in kn	10,1	9,1	8,4
Vaartijd Eurogeul 57 km - Maas Center	2:26	2:41	2:56

tabel A-8 : Vaartijden en gemiddelde snelheden voor 72⁺-schepen

De tijpoorten bij het Lage Licht kunnen vanuit de tijpoorten bij Maas Center worden berekend met een zowel voor de snelle, de gemiddelde als de langzame vaart geldende vaartijd van Maas Center tot het Lage Licht van 64 minuten. Na berekening van de tijpoorten bij Maas Center en het Lage Licht wordt de tijpoortinformatie op de in tabel A-9 weergegeven vorm in het tijpoortformulier opgenomen:

Eurogeul 57 km		Maas Center			Lage Licht	
Openen	Sluiten	Bij gemid vaart over de grond	Openen	Sluiten	Openen	Sluiten
A	B	11,1 knoop	C	F	C + 64 min	F + 64 min
		10,1 knoop	D		D + 64 min	
		9,1 knoop	E		E + 64 min	

tabel A-9 : Algemene vorm tijpoortinformatie Eurogeul 57 km, MC en LL voor 72⁺-schepen

Met:

- A = openingstijdstip Eurogeul 57 km langzame tijpoort
- B = sluitingstijdstip Eurogeul 57 km "snelst beschikbare" tijpoort
- C = openingstijdstip Maas Center snelle tijpoort (= snelle openingstijdstip km 57 + 2:26)
- D = openingstijdstip Maas Center gemiddelde tijpoort (= gemiddelde openingstijdstip km 57 + 2:41)
- E = openingstijdstip Maas Center langzame tijpoort (= langzame openingstijdstip km 57 + 2:56)
- F = sluitingstijdstip Maas Center "snelst beschikbare" tijpoort

De sluitingstijdstippen bij het Lage Licht zijn voor alle vaarsnelheden gelijk omdat deze worden opgelegd door het stroomvenster. Omdat er geen tijpoorten beschikbaar zijn voor een passage van het Lage Licht na 2,5 uur na hoogwater, sluiten alle 72⁺-tijpoorten bij het Lage Licht precies op het (verwachte) tijdstip van hoogwater Hoek van Holland.

Vanwege de vaste vaartijd van 64 minuten van Maas Center tot het Lage Licht, sluiten ook bij Maas Center de tijpoorten voor alle vaarsnelheden (in de Eurogeul) op hetzelfde tijdstip (64 minuten voor hoogwater).

Bij Eurogeul 57 km worden alleen het openingstijdstip van de langzame tijpoort en het sluitingstijdstip van het snelst beschikbare tijpoort vermeld. Gegeven de maximum gemiddelde vaarsnelheden, volgen de bij Eurogeul 57 km mogelijke opvaartijdstippen voor de verschillende vaarsnelheden direct uit de tijpoorten bij Maas Center. Om dit te benadrukken worden op het tijpoortformulier standaard de volgende noot toegevoegd:

Noot 1: In de Eurogeul gelden maximum snelheden die samenhangen met het gekozen openingstijdstip Maas Center; i.v.m. de diepgangsvermeerdering door squat is het uit veiligheidsoogpunt niet mogelijk een hogere snelheid aan te houden.

Omdat er ook een door de tijpoorten opgelegde minimumsnelheid geldt, wordt aan het tijpoortformulier standaard de volgende noot toegevoegd:

Noot 2: Er bestaat een minimum te behouden vaart over de grond; deze wordt bepaald door openings-tijdstip Eurogeul 57 kilometer en sluitingstijdstip Maas Center, rekening houdend met sluitingstijdstip Lage Licht.

A.4.5 Tijpoortprocedure bij een verondieping

In het geval dat er een verondieping in de Eurogeul, Maasgeul of in het Binnengebied aanwezig is, wordt de volgende procedure gevolgd:

- De verondieping wordt in het Tijpoort Informatie Systeem (TIS) van het HMR ingevoerd.
- Met deze nieuwe bodemgegevens in het betreffende geultraject wordt een probabilistische tijpoortberekening uitgevoerd.
- Met de berekende aangepaste tijpoorttabel wordt voor het aangemelde schip, met de bijbehorende astro-, meteo- en golfklasse, volgens de gebruikelijke manier een tijpoortformulier opge maakt.
- Op het tijpoortformulier wordt de verondieping vermeld.
- Er worden twee tijpoortadviezen gegeven: een advies zonder verondieping en een advies met een verondieping.

A.4.6 Procedure bij extreme waterstandsverlaging

Bij de berekening van de tijpoorten is in meteoklasse 5 rekening gehouden met een maximale verlaging van de waterstand van 90 cm (Let op: deze maximale verlaging is de som van het verwachte meteo-effect en het slagmidden). In zeer zeldzame gevallen kan de som van de verwachte verlaging en het slagmidden nog groter zijn dan de maximale verlaging.

In zulke extreme gevallen wordt een aangepaste tijpoort uitgegeven, volgens de procedure van paragraaf 5, waarbij de geul in zijn geheel is verondiept met de mate van onderschrijding van de waarde -90 cm.

A.4.7 Uitgaande vaart

Een enkele keer komt het voor dat een vol- of gedeeltelijk beladen tijgebonden schip de haven van Rotterdam verlaat.

Besloten is om voor deze uitgaande schepen de tijpoort op te stellen volgens de oude methode, dus afhankelijk van de diepgang van het schip, waarbij in de Maasgeul een bruto kielspeling van 15 % en in de Eurogeul tot Eurogeul 57 km een bruto kielspeling van 20% wordt aangehouden, bij een maximale laagfrequente golfenergie.

Behalve de tijpoort is in dit geval mede de stroomsituatie vóór de havenmond bepalend voor het tijdstip van vertrek.

De tijdspanne van de benodigde tijpoort tussen opening Hoek van Holland en sluiting Eurogeul 57 km bedraagt minstens 4 uur. Indien een 68 voets (20,72 m) schip Rotterdam wil verlaten wordt de passagetijd "Havenlichten" als volgt bepaald:

- 68 voet = 20,73 m; de keel clearance in de Maasgeul bedraagt 15 % d.i. 3,11 m.
- De benodigde waterdiepte in de Maasgeul bedraagt $20,73 + 3,11 = 23,84$ m.
- De Maasgeul heeft een nautisch gegarandeerde diepte van 24,30 m t.o.v. het middenstandsvlak. Het verschil van de nautisch gegarandeerde diepte (24,30 m) en de benodigde waterdiepte (23,84 m) geeft de benodigde waterstand van -0,46 m t.o.v. het middenstandsvlak.
- Deze benodigde waterstand wordt uitgezet in de verwachte getijkromme van Hoek van Holland, waarna de passagetijd voor de "havenlichten" kan worden afgelezen.

De laatste passage voor Eurogeul 57 km wordt als volgt bepaald:

- in de Eurogeul bedraagt de keel clearance 20 % d.i. 4,15 m voor een 68 voets schip.
- De benodigde waterdiepte in de Eurogeul bedraagt dan $20,73 + 4,15 = 24,88$ m
- De nautisch gegarandeerde diepte in de Eurogeul is 25,40 m t.o.v. het middenstandsvlak. Het verschil van de nautisch gegarandeerde diepte (25,40 m) en de benodigde waterdiepte (24,88 m) geeft een benodigde waterstand van -0,52 m.
- Deze benodigde waterstand wordt uitgezet in de verwachte getijkromme voor Europlatform en geeft de laatste passagetijd (sluiting) voor Eurogeul 57 km.

Deze tijden worden in het tijpoortformulier opgegeven.

A.4.8 Voorbeeld tijpoorttabel

SCHEEPSKLASSE: A23

Type tanker : alle draagvermogens

Diepgang : 22.11 - 22.25 m.

ASTRO 2 (Snelle vaart)

H _{e10}	meteo 1		meteo 2	meteo 3	meteo 4	meteo 5	H _{e10}
	open	sluit					
1	-04:45	-03:30	-04:15 -03:30	-03:45 -03:30			1
2	-04:45	-03:30	-04:30 -03:30	-04:00 -03:30			2
3	-04:45	-03:30	-04:00 -03:30	-03:45 -03:30			3
4	-04:45	-03:30	-03:45 -03:30				4
5	-04:30	-03:30	-03:45 -03:30				5
6	-04:00	-03:30					6
7							7
8							8
9							9
10							10

tabel A-10 : Voorbeeld tijpoorttabel voor Eurogeul km 57



Bijlage B

Beschrijving fast-time simulatie programma SHIPMA

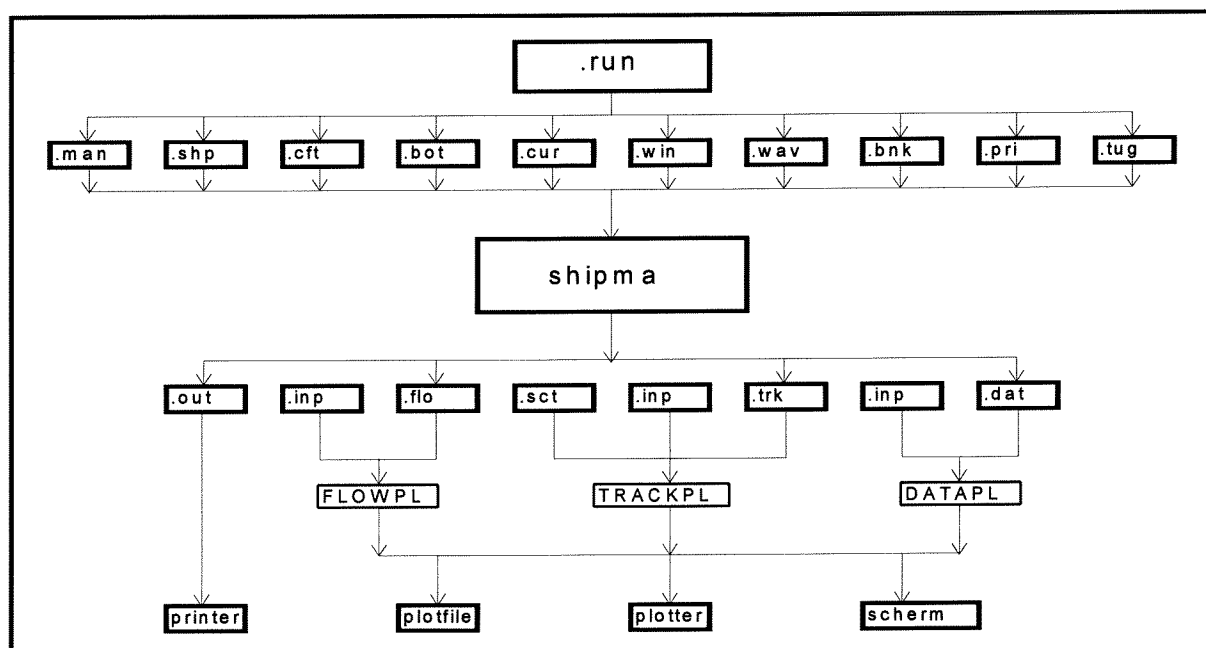
BESCHRIJVING FAST-TIME SIMULATIE PROGRAMMA SHIPMA

B.1 Inleiding

SHIPMA is een combinatie van mathematische beschrijvingen en uitgebreide series coëfficiënten, welke het mathematische scheepsmodel beschrijven. Eén van de kwaliteiten van SHIPMA is zijn flexibiliteit wat betreft het simuleren van het manoeuvreergedrag van verschillende schepen of scheepstypes, door eenvoudigweg de verlangde set manoeuvreer coëfficiënten in te voeren. SHIPMA bestaat uit vier modules, te weten : SHIPMA, FLOWPL, TRACKPL en DATAPL. Van deze is SHIPMA het programma dat het scheepsgedrag daadwerkelijk simuleert, en zijn de overige drie postprocessing modules voor de grafische presentatie van het stroombeeld (FLOWPL) en de resultaten van de berekeningen (TRACKPL en DATAPL, zie *figuur B-1*).

In SHIPMA zit tevens de mogelijkheid om sleepbootassistentie te verwerken. Sleepbootassistentie in SHIPMA is enkel bedoeld om de vaarbaan te houden, en niet voor afmeren of draaien. Sleepbootassistentie wordt daarom enkel geschematiseerd om wind- en golfkrachten te compenseren, en om de vaarbaan te volgen. Het resultaat daarvan is dat sleepboten alleen krachten kunnen overbrengen op het schip loodrecht op de middellijn van het schip.

Niettemin is de sleepautomaat een zeer gecompliceerd besturingsapparaat, dat rekening houdt met onder andere het toerental van de schroef, de scheepssnelheid, eventuele hulp van de schroef door het geven van toerenstoten, de scheepssnelheid afhankelijke anticipatie afstand en een vertraging in het opbouwen van sleepkrachten.



figuur B-1 : Stroomschema SHIPMA 4.30

De invloed van golven op de baan die het schip aflegt, wordt meegenomen door berekening van de tweede orde golfkrachten. De grootte van deze krachten is evenredig met het kwadraat van de golfhoogte.

Om de effecten van oeverzuiging te simuleren, heeft SHIPMA de positie nodig van de oevers langs de baan die afgelegd moet worden, en een serie oeverzuiging coëfficiënten. In de berekening wordt niet alleen de invloed van oeverzuiging meegenomen, maar ook het blokeffect als gevolg van een veranderend dwarsprofiel van de vaarweg.

Omdat de verschijnselen bij oeverzuiging behoorlijk gecompliceerd van schematisatie zijn, zit er slechts een standaard set coëfficiënten bij de mathematische scheepsmodellen.

Tegenwerkende oeverzuigeeffecten vragen in werkelijkheid om een gecompliceerde beheersing. Dit hangt grotendeels af van de vaardigheden en de ervaring van de loodsen. Dit is de reden dat SHIPMA alleen in de eerste ontwerp fase gebruikt zou moeten worden om problemen te signaleren als gevolg van oeverzuiging, waarna gedetailleerde studies uitgevoerd zouden moeten worden met behulp van een real-time simulator. Daar de grootste invloed van oeverzuiging op zal treden ter plaatse van discontinuïteiten, zal hier de grootste aandacht aan besteed moeten worden.

B.2 Configuratie

SHIPMA 4.30 software is geschreven in Fortran 77 en is uitvoerbaar op een computersysteem met de volgende specificaties :

- IBM of IBM-compatible Personal Computer, met 640 KB intern geheugen, hard disk, grafische kaart en een dos versie 3.* of hoger,
- Hewlett Packard plotter HP7475 of HP7550,
- printer.

B.3 Stuurautomaat

De roeruitslag wordt in SHIPMA berekend met behulp van de volgende vergelijking :

$$a \delta_d + b \delta'_d = c \Delta Y + d \Delta \psi + e r + f \Delta V_c + g r' + h$$

met :

a t/m h	=	coëfficiënten van de stuurautomaat, scheepstype afhankelijk
δ_d	=	gewenste roerhoek
δ'_d	=	roerhoeksnelheid
ΔY	=	afstand zwaartepunt schip (G) tot de gewenste baan (op Δs)
$\Delta \psi$	=	koersverschil tussen schip en baan (op Δs)
r	=	giersnelheid van het schip
ΔV_c	=	dwaarsstroomverschil tussen huidige positie en baan (op Δs)
r'	=	gierversnelling
Δs	=	anticipatielengte

Het is niet zo dat de stuurautomaat reageert op de momentane verschillen, maar een zekere afstand vooruit langs de baan kijkt. De waarden van ΔY , $\Delta \psi$ en ΔV_c worden berekend uit de actuele gegevens van het schip en de gewenste waarden als het schip Δs verder langs de baan is. De waarde van Δs is scheepsafhankelijk, dat wil zeggen afhankelijk van de reactietijd van het schip.

Bovenstaande vergelijking is eenvoudig en geeft een bruikbare stuurautomaat. De vergelijking heeft het nadeel dat niet altijd de gewenste baan wordt gevaren, terwijl dit in werkelijkheid goed mogelijk is. Dit is het geval als er geen moment wordt uitgeoefend op het schip en dus de roerhoek nul is. Bijvoorbeeld als het schip vaart in een stationaire dwarswind, -golven of -stroom is er altijd een opstuurhoek $\Delta \psi$. Is de toestand van het schip stationair, dan zijn δ_d , r en ΔV_c allen nul en maakt de opstuurhoek $\Delta \psi$ een afwijking van de baan ΔY noodzakelijk. Het schip vaart in zo'n geval constant naast zijn baan met opstuurhoek $\Delta \psi$. Dit is een consequentie van de stuurautomaat en heeft niets te maken met de moeilijkheid van de situatie.

B.4 Invoer

De invoer wordt opgeslagen in 10 invoer bestanden (zie *figuur B-1*). De belangrijkste gegevens kunnen worden onderverdeeld in drie categorieën:

1. Informatie over het schip zelf.
2. Algemene informatie en manoeuvreerstrategie, die beschrijft hoe de gewenste manoeuvre moet worden uitgevoerd aan de hand van een van te voren opgesteld plan, de omgevingseisen en beperkingen.
3. Informatie over externe invloeden op het schip, die het manoeuvreren beïnvloeden.

B.4.1 Scheepsafhankelijke gegevens

De scheepsafhankelijke gegevens, die nodig zijn om een simulatie uit te voeren (dimensies van het schip, windoppervlakten, windhoeken, wind coëfficiënten en hydrodynamische coëfficiënten van het schip), bestaan uit vier bestanden, nl. :

- 'Mathematisch' scheepsmodel.
- Beschrijving van de dimensies van het schip en andere scheepsafhankelijke gegevens, zoals windgegevens.
- Gegevens voor de bepaling van de golfkrachten.
- Gegevens voor de berekening van de oeverzuig krachten.

Mathematisch scheepsmodel

De bestanden die de manoeuvreer coëfficiënten bevatten worden opgeslagen als '.cft' bestanden. Een '.cft' bestand bevat twee sets coëfficiënten, elk voor een bepaalde h/T verhouding. Voor waarden tussen deze twee verhoudingen zal SHIPMA interpoleren, en bij een verhouding die niet binnen de twee waarden valt, zal SHIPMA de dichtstbijzijnde kiezen. Over de h/T verhoudingen kan nog het volgende gezegd worden:

- De minimaal toegepaste diepte onder de kiel is gewoonlijk 10 % , maar hoofdzakelijk afhankelijk van de beschikbare mathematische scheepsmodellen.

- Tot een waterdiepte van 5 maal de diepgang van het schip neemt de gevoeligheid van het manoeuvreergedrag voor de h/T verhouding af met toenemende waarde van h/T . Voor verhoudingen groter dan 5 kunnen de coëfficiënten voor $h/T = 5$ genomen worden. Boven deze waarde spreekt men van diep water.

B.4.2 Manoeuvrer strategie

De manoeuvreerstrategie beschrijft hoe de gewenste manoeuvre moet worden uitgevoerd aan de hand van een van te voren opgesteld plan, en de omgevingseisen en -beperkingen. De manoeuvreerstrategie is een onderdeel van de door de gebruiker gedefinieerde invoer, en bestaat uit het soort manoeuvre, de gewenste vaarbaan, stuurautomaat instellingen, de scheepssnelheid (als resultaat van het gewenste schroeftoerental) en de strategie voor de sleepbootassistentie.

Vanzelfsprekend is het van groot belang dat de manoeuvreerstrategie een realistische is. Daarvoor is het een vereiste dat de gebruiker van SHIPMA ruime kennis heeft van praktische nautische procedures, en bij voorkeur moeten de manoeuvreerstrategieën gebaseerd zijn op gesprekken met lokale loodsen. Een heel belangrijke zaak in de manoeuvreerstrategie is de snelheid van het schip in verhouding tot de beschikbare manoeuvreer ruimte. Dit komt omdat hoge snelheden fysisch correct kunnen zijn, maar niet realistisch omdat de menselijke bestuurder voldoende tijd wil hebben om stuurfouten te corrigeren. Dit zal resulteren in lagere snelheden in realiteit dan fysisch mogelijk is.

Daar SHIPMA gebruikt wordt om automatisch manoeuvres te simuleren die in realiteit worden uitgevoerd door een loods of schipper, moet er een besturingselement in het programma zitten, dat de menselijke bestuurder vervangt. De besturing in SHIPMA wordt gedaan door een stuurautomaat, welke verantwoordelijk is voor de roerhoek en het toerental, en bij SHIPMA tevens door een sleepautomaat die de gewenste sleepkrachten berekent. De stuurautomaat is de belangrijkste automaat. De sleepautomaat moet zich onderwerpen aan de strategie die door de stuurautomaat gevolgd wordt.

De stuurautomaat kan gebruikt worden voor situaties waarbij een vaarbaan aangehouden moet worden, alsook voor manoeuvreertesten (draaicirkels, stop manoeuvres, zig-zag manoeuvres, enz.). De manoeuvreertesten kunnen gebruikt worden om de manoeuvreercharacteristieken van het schip die voorgesteld worden door het mathematische model, te controleren. In de situatie van het volgen van de vaarbaan is de enige taak voor de stuurautomaat het zo nauwkeurig mogelijk volgen van de gewenste vaarbaan.

B.4.3 Externe invloeden

Onder externe invloeden worden zaken verstaan als :

- coëfficiënten voor golfveld en golfkracht
- schematisatie van de bodem
- windveld
- stroombeeld en waterstand
- positie van de oevers en coëfficiënten voor de oeverzuiging

Als een SHIPMA run gestart wordt, moet als eerste een naam worden gegeven van maximaal 8 karakters, welke voor elke run uniek is. De uitvoer bestanden krijgen automatisch door SHIPMA deze naam toegevoegd, ieder met een eigen extensie. Deze unieke naam heet de 'run identifier'.

Vervolgens moet de gebruiker de naam opgeven van het bestand met als extensie '.run'. In dit bestand komen de namen en paden voor van de onderstaande tien invoer bestanden (zie ook *figuur B-1*);

1. '.man' Algemene informatie over titel, baan, beginwaarden, tijdstap, soort manoeuvre, coëfficiënten van de stuurautomaat, toerental, enz.
2. '.shp' Alle scheepsafhankelijke gegevens behalve de hydrodynamische coëfficiënten, de coëfficiënten voor de golfkrachten en de oeverzuiging coëfficiënten, die in andere bestanden opgeslagen worden.
3. '.cft' De hydrodynamische coëfficiënten voor de bewegingsvergelijkingen (scheepsafhankelijk).
4. '.bot' Schematisatie van de bodem.
5. '.cur' Stroombeeld en waterstanden.
6. '.win' Windveld.
7. '.wav' Coëfficiënten voor de golfkrachten, en golfveld (scheepsafhankelijk).
8. '.bnk' Definitie van oevers en coëfficiënten voor de oeverzuiging.
9. '.tug' Beschrijving van de sleepbootconfiguratie.
10. '.pri' Uitvoer opties voor de 'run identifier'.

B.5 Uitvoer

Na een simulatierun, creëert SHIPMA 4 uitvoer bestanden. Eén uitvoer bestand als een ASCII-bestand die de relevante invoergegevens en de uitkomsten van de berekeningen bevat. De andere drie zijn binaire bestanden die gebruikt worden als invoer voor de drie postprocessing modules FLOWPLOT, TRACKPLOT EN DATAPLOT.

De namen van de uitvoer bestanden zijn het zelfde als die van de 'run identifier', en hebben vaste extensies. Deze uitvoerbestanden zijn:

1. '.out' Een ASCII tekst bestand die de relevante invoergegevens en de uitkomsten van de berekeningen bevat.
2. '.flo' Een binair bestand als invoer voor FLOWPL om het stroombeeld te plotten.
3. '.trk' Een binair bestand als invoer voor TRACKPL om de gewenste en afgelegde vaarbaan te plotten.
4. '.dat' Een binair bestand als invoer voor DATAPL om de geselecteerde uitvoer te plotten.

In *tabel B-I* worden de beschikbare uitvoer variabelen gegeven.

nr.	variabele	eenheid	nr.	variabele	eenheid
1	x_0 -positie van het zwaartepunt van het schip	m	23	langsstroom	m / s
2	y_0 -positie van het zwaartepunt van het schip	m	24	dwarssstroom	m / s
3	koers van het schip t.o.v. x_0 y_0 -assenstelsel	gr	25	stroomgradiënt	gr / s
4	koers van het schip t.o.v. het noorden	gr	26	sleeppootorders van de sleepautomaat	-
5	afstand tot de gewenste vaarbaan	m	27	sleeppootkracht in dwarsrichting	kN
6	koersafwijking	gr	28	moment t.g.v. sleeppootkrachten	kNm
7	langsnelheid	m / s	29	oeverzuig krachten in langsrichting	kN
8	dwarssnelheid	m / s	30	oeverzuig krachten in dwarsrichting	kN
9	draaisnelheid	gr / s	31	moment t.g.v. oeverzuiging	kNm
10	roerhoek	gr	32	hydrodynamische langskrachten	kN
11	schroeftoerental	l / s	33	hydrodynamische dwarskrachten	kN
12	waterdiepte	m	34	moment t.g.v. hydrodynamische krachten	kNm
13	windsnelheid	m / s	35	manoeuvreerkrachten in langsrichting	kN
14	windrichting	gr	36	manoeuvreerkrachten in dwarsrichting	kN
15	windlangskracht	kN	37	moment t.g.v. manoeuvreerkrachten	kNm
16	winddwarskracht	kN	38	roerhoeksnelheid	gr / s
17	windmoment	kNm	39	versnelling van het schip in langsrichting	m / s ²
18	significante golfhoogte	m	40	versnelling van het schip in dwarsrichting	m / s ²
19	golfrichting	gr	41	versnelling van het schip in draairichting	gr / s ²
20	golfkrachten in langsrichting	kN	42	stroomversnelling in langsrichting	m / s ²
21	golfkrachten in dwarsrichting	kN	43	stroomversnelling in dwarsrichting	m / s ²
22	moment t.g.v. golfkrachten	kNm	44	stroomgradiënt versnelling	gr / s ²

tabel B-I : Beschikbare uitvoer variabelen in SHIPMA 4.30



Bijlage C

Beschrijving van de gesimuleerde schepen

BESCHRIJVING VAN DE GESIMULEERDE SCHEPEN

SCHIP 1		
scheepstype		Bulk Carrier
overall lentge	[m]	342,0
lengte tussen de loodlijnen	[m]	328,0
breedte	[m]	63,5
hoogte tot vrijboord	[m]	30,2
diepgang midscheeps	[m]	22,10
diepgang voor	[m]	22,10
diepgang achter	[m]	22,10
waterverplaatsing	[ton]	442.000
laadvermogen	[ton]	365.000
maximale diepgang	[m]	22,10
type voortstuwing	[-]	diesel
vermogen	[kW]	17,800
max. toerental	[rpm]	71
kruissnelheid	[kn]	13,5
aantal schroeven	[-]	1
diameter van schroef	[m]	9,50
spoed	[-]	0,7
aantal roeren	[-]	1
frontaal windoppervlak	[m ²]	1065
lateraal windoppervlak	[m ²]	3400

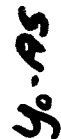
SCHIP 2		
scheepstype		Bulk Carrier
overall lentge	[m]	342,0
lengte tussen de loodlijnen	[m]	328,0
breedte	[m]	63,5
hoogte tot vrijboord	[m]	30,2
diepgang midscheeps	[m]	22,65
diepgang voor	[m]	22,65
diepgang achter	[m]	22,65
waterverplaatsing	[ton]	442.000
laadvermogen	[ton]	365.000
maximale diepgang	[m]	22,65
type voortstuwing	[-]	diesel
vermogen	[kW]	17,800
max. toerental	[rpm]	71
kruissnelheid	[kn]	13,5
aantal schroeven	[-]	1
diameter van schroef	[m]	9,50
spoed	[-]	0,7
aantal roeren	[-]	1
frontaal windoppervlak	[m ²]	1065
lateraal windoppervlak	[m ²]	3400



Bijlage D

SHIPMA-grid

194,25 H





Bijlage E

Tabel met parameters t.b.v. korte golf berekeningen

PARAMETERS T.B.V. KORTE GOLF BEREKENINGEN

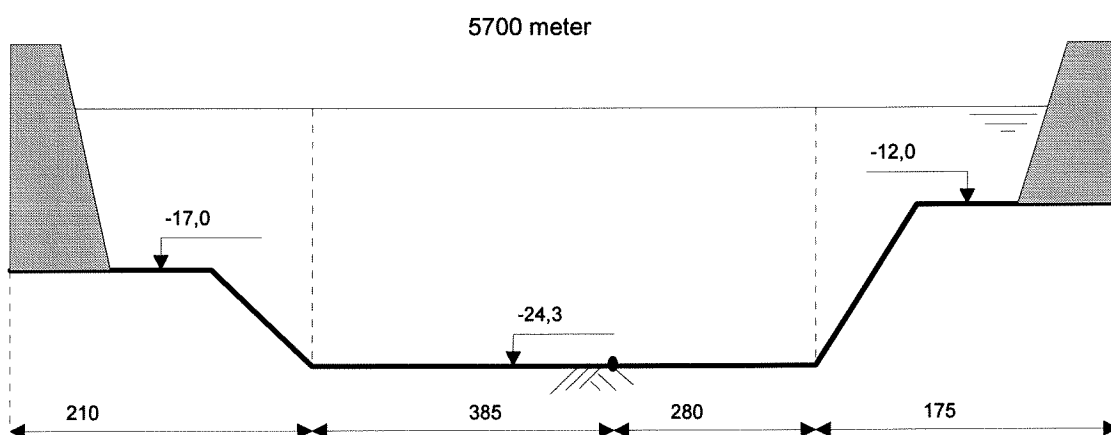
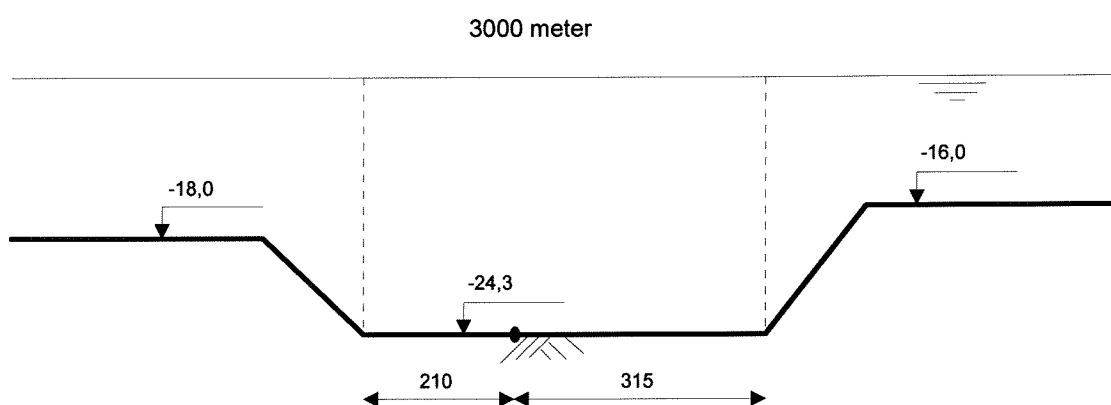
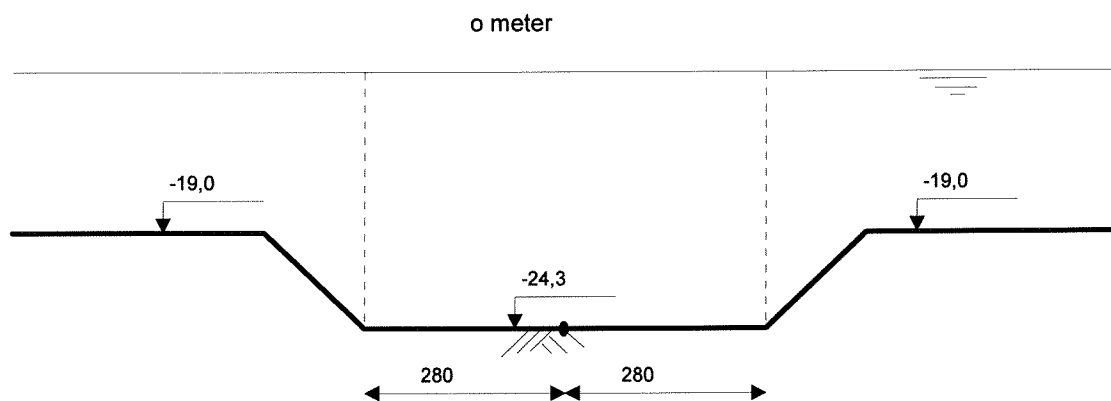
h/L_0	h/L	kh	$\tanh kh$	$\sinh kh$	$\cosh kh$	K_s
0	0	0	0	0	1	∞
.005	.02836	.1782	.1764	.1791	1.0159	1.692
.010	.04032	.2533	.2480	.2560	1.0322	1.435
.015	.04964	.3119	.3022	.3170	1.0490	1.307
.020	.05763	.3621	.3470	.3701	1.0663	1.226
.025	.06478	.4070	.3860	.4184	1.0840	1.168
.030	.07135	.4483	.4205	.4634	1.1021	1.125
.035	.07748	.4868	.4517	.5064	1.1209	1.092
.040	.08329	.5233	.4802	.5475	1.1401	1.064
.045	.08883	.5581	.5066	.5876	1.1599	1.042
.050	.09416	.5916	.5310	.6267	1.1802	1.023
.055	.09930	.6239	.5538	.6652	1.2011	1.007
.060	.1043	.6553	.5753	.7033	1.2225	.9932
.065	.1092	.6860	.5954	.7411	1.2447	.9815
.070	.1139	.7157	.6144	.7783	1.2672	.9713
.075	.1186	.7453	.6324	.8162	1.2908	.9624
.080	.1232	.7741	.6493	.8538	1.3149	.9548
.085	.1277	.8026	.6655	.8915	1.3397	.9481
.090	.1322	.8306	.6808	.9295	1.3653	.9422
.095	.1366	.8583	.6953	.9677	1.3917	.9371
.100	.1410	.8858	.7093	1.006	1.4187	.9327
.110	.1496	.9400	.7352	1.085	1.4752	.9257
.120	.1581	.9936	.7589	1.165	1.5356	.9204
.130	.1665	1.046	.7804	1.248	1.5990	.9169
.140	.1749	1.099	.8002	1.334	1.667	.9146
.150	.1833	1.152	.8183	1.424	1.740	.9133
.160	.1917	1.204	.8349	1.517	1.817	.9130
.170	.2000	1.257	.8501	1.614	1.899	.9134
.180	.2083	1.309	.8640	1.716	1.986	.9145
.190	.2167	1.362	.8767	1.823	2.079	.9161
.200	.2251	1.414	.8884	1.935	2.178	.9181
.210	.2336	1.468	.8991	2.055	2.285	.9205
.220	.2421	1.521	.9088	2.178	2.397	.9231
.230	.2506	1.575	.9178	2.311	2.518	.9261
.240	.2592	1.629	.9259	2.450	2.647	.9291
.250	.2679	1.683	.9332	2.599	2.784	.9323
.260	.2766	1.738	.9400	2.755	2.931	.9356
.270	.2854	1.793	.9461	2.921	3.088	.9390
.280	.2942	1.849	.9516	3.097	3.254	.9423
.290	.3031	1.905	.9567	3.284	3.433	.9456
.300	.3121	1.961	.9611	3.483	3.624	.9490
.320	.3302	2.075	.9690	3.919	4.045	.9553
.340	.3468	2.190	.9753	4.413	4.525	.9613
.360	.3672	2.307	.9804	4.974	5.072	.9667
.380	.3860	2.425	.9845	5.609	5.697	.9717
.400	.4050	2.544	.9877	6.329	6.407	.9761
.420	.4241	2.665	.9904	7.146	7.215	.9798
.440	.4434	2.786	.9924	8.075	8.136	.9832
.460	.4628	2.908	.9941	9.132	9.186	.9860
.480	.4822	3.030	.9953	10.32	10.37	.9885
.500	.5018	3.153	.9964	11.68	11.72	.9905

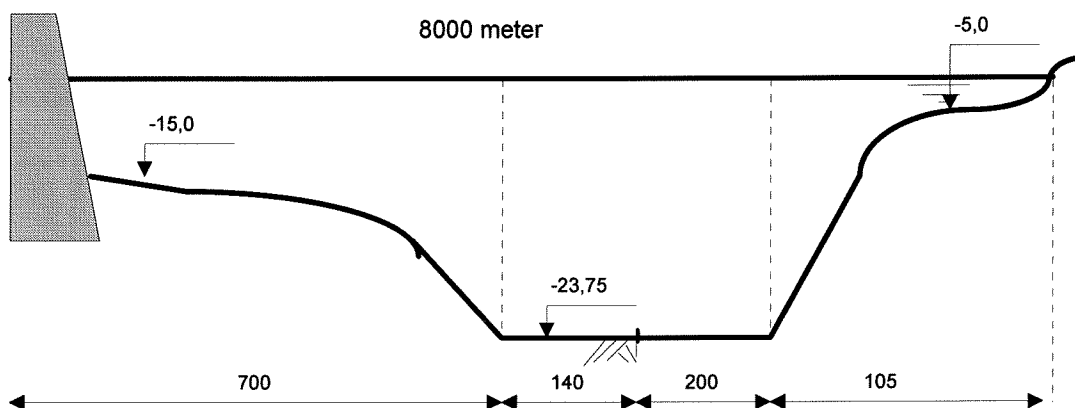
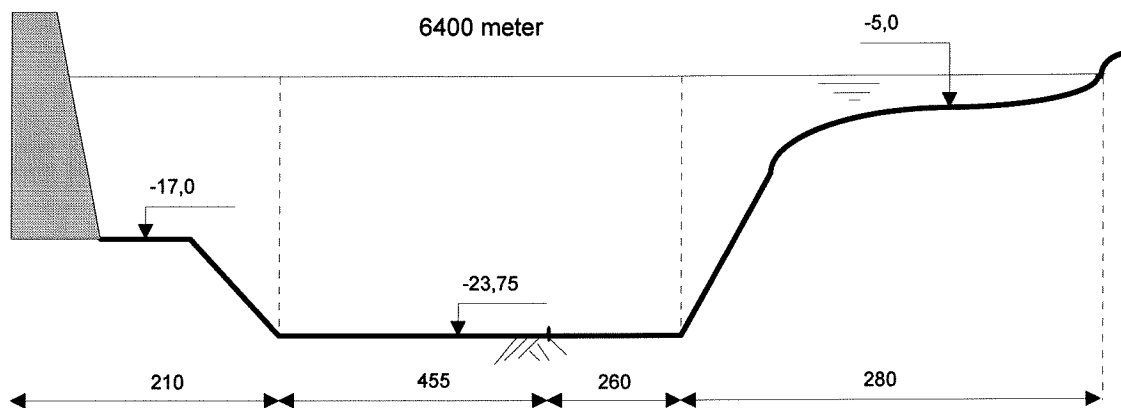


Bijlage F

Dwarsprofielen t.b.v. bepalen oeverszuiging

DWARSPROFIELEN T.B.V. BEPALEN OEVERZUIGING

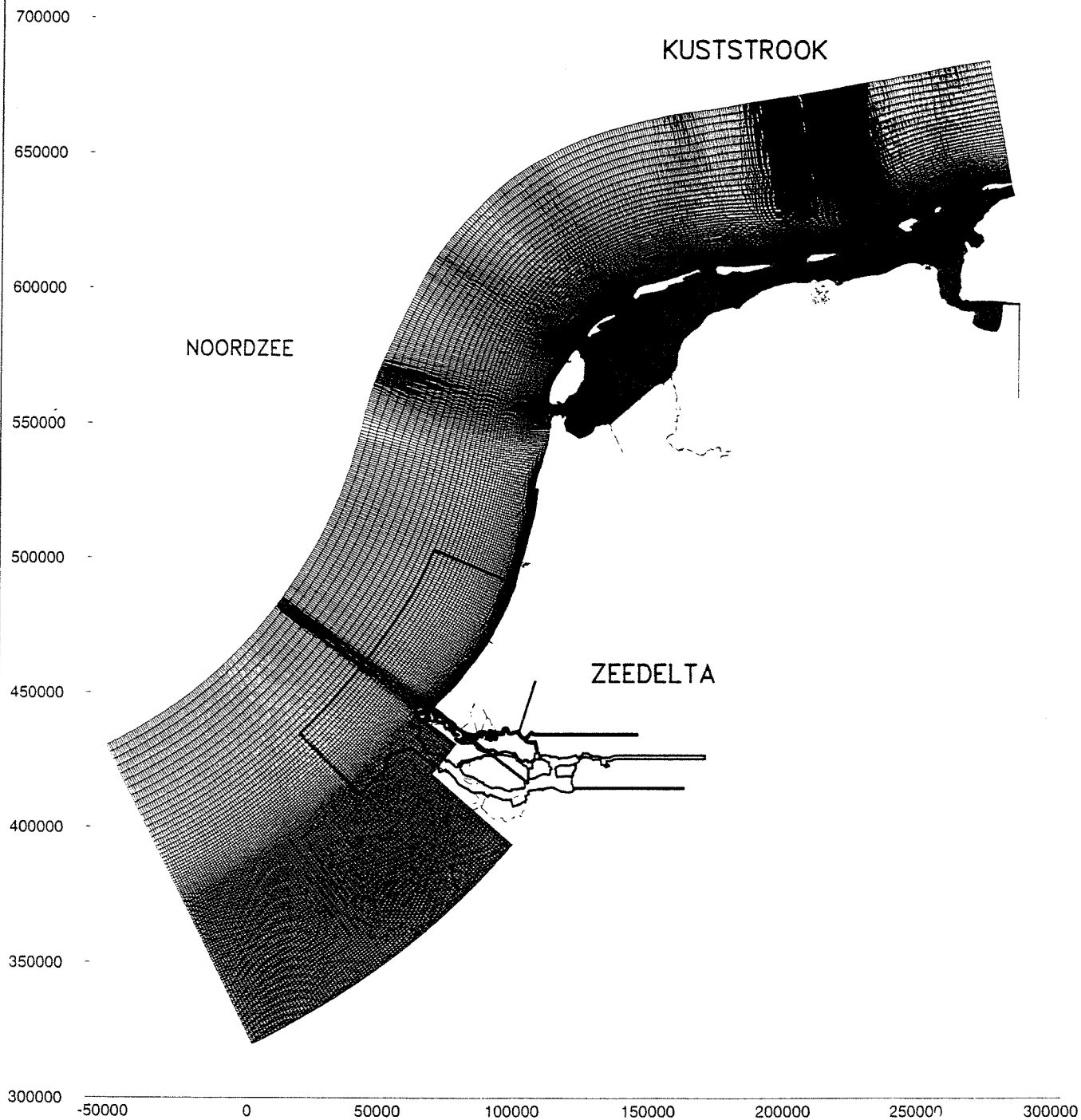






Bijlage G

Roosters voor verschillende stroommodellen



Roosters van bodempunten

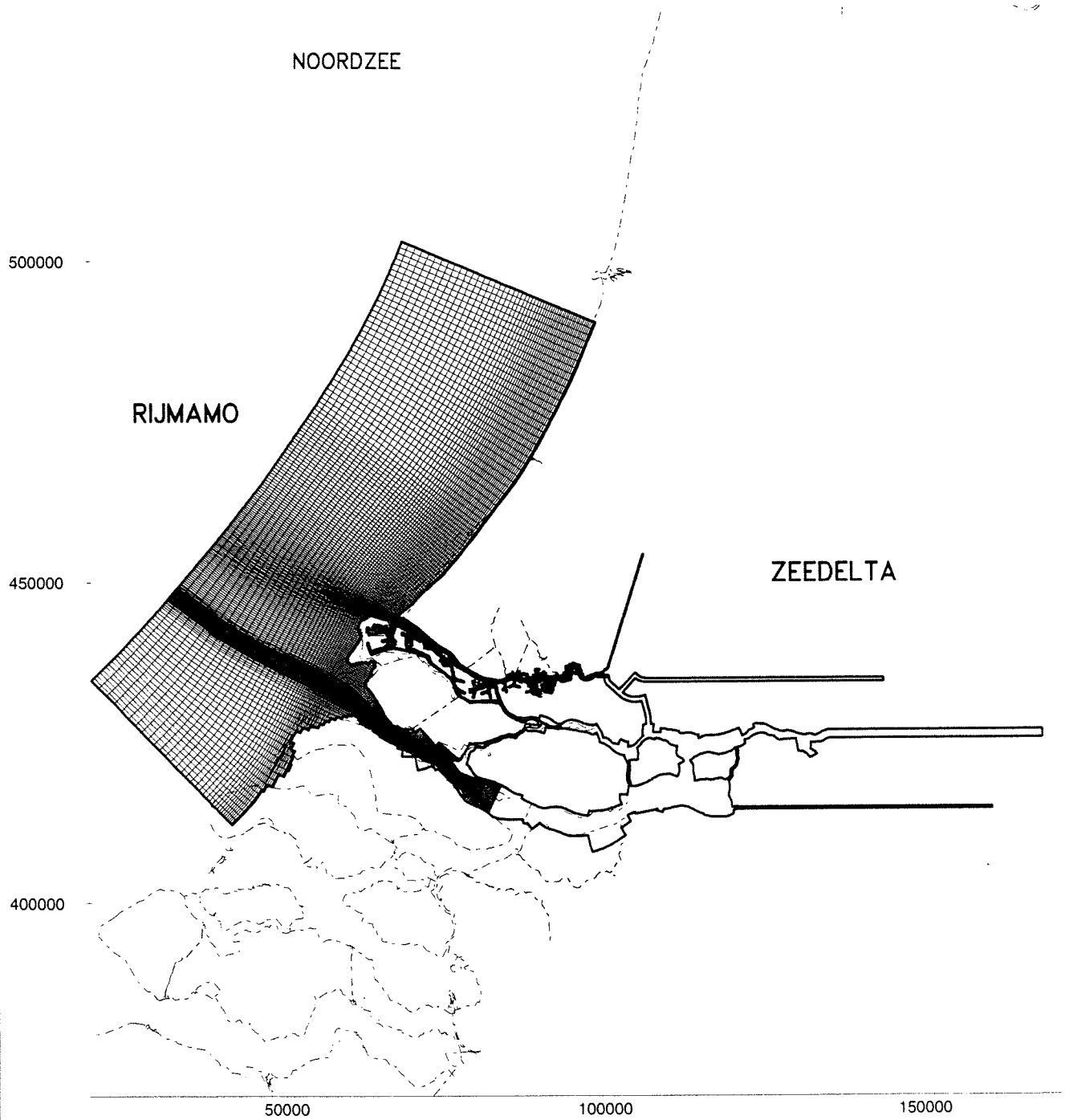
Nesting van ZEEDELTA binnen KUSTSTROOK

SVASEK B.V.

TRIWAQ

RIJMAMO 3D

7 juni 1997



Roosters van bodempunten

Nesting van RIJMAMO binnen ZEEDELTA

SVASEK B.V.

TRIWAQ

proj. nr. 1022

RIJMAMO 3D

7 juni 1997



Bijlage H

Parameterinstellingen RIJMAMO

PARAMETERINSTELLINGEN RIJMAMO

De belangrijkste parameters van het model zijn als volgt ingesteld:

- Er is in de verticaal gerekend met 8 equidistante sigma lagen.
- Er is gebruik gemaakt van het k-epsilon turbulentiemodel.
- De (Manning) ruwheid is constant in het gehele model en bedraagt $0,024 \text{ s/m}^3$. Intern in het programma TRIWAQ wordt gerekend met een 3-dimensionale ruwheid (C3d). Deze 3-dimensionale ruwheid wordt afgeleid uit de opgegeven 2-dimensionale ruwheid (hier gegeven in de vorm van een Manning ruwheid).
- De coëfficiënten voor de turbulente viscositeit en de (horizontale) diffusie zijn $1,0 \text{ m}^2/\text{s}$ (fysische waarden). Als gevolg van het gebruik van het k-epsilon turbulentiemodel hoeft niet tot nauwelijks meer rekening gehouden te worden met dispersieve effecten (de verticale diffusie wordt berekend). Om instabiliteit bij de westelijke punt van de splitsingsdam in de Nieuwe Waterweg te voorkomen, is daar lokaal de diffusie iets verhoogd tot $4 \text{ m}^2/\text{s}$ (tijdens inspelen gedurende korte tijd zelfs $25 \text{ m}^2/\text{s}$).
- De windschuifspanningscoëfficiënt is constant en bedraagt $0,0026 \text{ N/m}^2$.
- Voor de droogvalprocedure wordt het gemiddelde criterium gebruikt met een drempelwaarde van 0, 10 m.
- De gebruikte tijdstap is 45 seconden. Stabiliteitsproblemen, vooral tijdens de inspeelfase, dwingen tot een kleinere tijdstap van 30 seconden.
- De iteratieconstanten (continuïteits- en momentvergelijkingen) zijn beide 2. De afbreekwaarde is $5 * 10^{-5}$.
- De impliciteitsfactor wordt in principe zoveel mogelijk centraal ingesteld (hoge nauwkeurigheid):
 - voor de waterbeweging $\theta = 0,50$
 - voor het stoftransport (zout) $\theta = 0,55$In verband met stabiliteitsproblemen zijn deze waarden in de inspeelfase groter gekozen (1 en 0,8). Opgemerkt wordt dat voor de waterbeweging θ een schakelaar is. alleen de standen 0,5 en 1,0 zijn mogelijk.
- De constituent returntime (tijdsduur van stroomkentering tot aan het opnieuw gebruiken van de zout randvoorwaarden) bedraagt 3 uur.
- Voor de coëfficiënt voor zwak reflecterende randen is 100,0 aangehouden.
- Uit de 3 mogelijkheden van de (generieke) barrierformulering is het volgende gekozen op aanbeveling van het Waterloopkundig Laboratorium:
 - Voor de diepte ter plaatse van de barrier wordt de dorpelhoogte aangehouden.
 - De schuif sluit als een schotje een laag geheel af bij overschrijding van de helft van de laagdikte. Dit wil dus zeggen dat een laag of volledig open of volledig gesloten is. De advectieve termen zijn nul op de barrier roosterpunten.
- De (extra) energieverlies coëfficiënten voor de Haringvlietsluizen zijn als volgt ingesteld:
 - hefhogten onder NAP -2,0 m : 0,35
 - hefhogten tussen NAP -1,0 en 2,0 m : 0,10
 - hefhogten tussen NAP -2,0 m en + 10,0 m : van 0,1 tot 0,0In geheel geopende toestand is de verlies coëfficiënt dus nagenoeg 0,0 en bij kleine openingen 0,35.



Bijlage I

Totaal overzicht simulatie runs

TOTAAL OVERZICHT SIMULATIE RUNS

nr.	run id.	wind	stap	schip	getij
1	z30shp2s	ZW	30	2	spring
2	z31shp2s	ZW	31	2	spring
3	z32shp2s	ZW	32	2	spring
4	z33shp2s	ZW	33	2	spring
5	z34shp2s	ZW	34	2	spring
6	z35shp2s	ZW	35	2	spring
7	z36shp2s	ZW	36	2	spring
8	z37shp2s	ZW	37	2	spring
9	z38shp2s	ZW	38	2	spring
10	z39shp2s	ZW	39	2	spring
11	z40shp2s	ZW	40	2	spring
12	z41shp2s	ZW	41	2	spring
13	n30shp2s	NW	30	2	spring
14	n31shp2s	NW	31	2	spring
15	n32shp2s	NW	32	2	spring
16	n33shp2s	NW	33	2	spring
17	n34shp2s	NW	34	2	spring
18	n35shp2s	NW	35	2	spring
19	n36shp2s	NW	36	2	spring
20	n37shp2s	NW	37	2	spring
21	n38shp2s	NW	38	2	spring
22	n39shp2s	NW	39	2	spring
23	n40shp2s	NW	40	2	spring
24	n41shp2s	NW	41	2	spring
25	z30shp2g	ZW	30	2	gemid
26	z31shp2g	ZW	31	2	gemid
27	z32shp2g	ZW	32	2	gemid
28	z33shp2g	ZW	33	2	gemid
29	z34shp2g	ZW	34	2	gemid
30	z35shp2g	ZW	35	2	gemid
31	z36shp2g	ZW	36	2	gemid
32	z37shp2g	ZW	37	2	gemid
33	z38shp2g	ZW	38	2	gemid
34	z39shp2g	ZW	39	2	gemid
35	z40shp2g	ZW	40	2	gemid
36	z41shp2g	ZW	41	2	gemid
37	n30shp2g	NW	30	2	gemid
38	n31shp2g	NW	31	2	gemid
39	n32shp2g	NW	32	2	gemid
40	n33shp2g	NW	33	2	gemid
41	n34shp2g	NW	34	2	gemid
42	n35shp2g	NW	35	2	gemid
43	n36shp2g	NW	36	2	gemid
44	n37shp2g	NW	37	2	gemid
45	n38shp2g	NW	38	2	gemid

nr.	run id.	wind	stap	schip	getij
46	n39shp2g	NW	39	2	gemid
47	n40shp2g	NW	40	2	gemid
48	n41shp2g	NW	41	2	gemid
49	z30shp2d	ZW	30	2	dood
50	z31shp2d	ZW	31	2	dood
51	z32shp2d	ZW	32	2	dood
52	z33shp2d	ZW	33	2	dood
53	z34shp2d	ZW	34	2	dood
54	z35shp2d	ZW	35	2	dood
55	z36shp2d	ZW	36	2	dood
56	z37shp2d	ZW	37	2	dood
57	z38shp2d	ZW	38	2	dood
58	z39shp2d	ZW	39	2	dood
59	z40shp2d	ZW	40	2	dood
60	z41shp2d	ZW	41	2	dood
61	n30shp2d	NW	30	2	dood
62	n31shp2d	NW	31	2	dood
63	n32shp2d	NW	32	2	dood
64	n33shp2d	NW	33	2	dood
65	n34shp2d	NW	34	2	dood
66	n35shp2d	NW	35	2	dood
67	n36shp2d	NW	36	2	dood
68	n37shp2d	NW	37	2	dood
69	n38shp2d	NW	38	2	dood
70	n39shp2d	NW	39	2	dood
71	n40shp2d	NW	40	2	dood
72	n41shp2d	NW	41	2	dood
73	z30shp1s	ZW	30	1	spring
74	z31shp1s	ZW	31	1	spring
75	z32shp1s	ZW	32	1	spring
76	z33shp1s	ZW	33	1	spring
77	z34shp1s	ZW	34	1	spring
78	z35shp1s	ZW	35	1	spring
79	z36shp1s	ZW	36	1	spring
80	z37shp1s	ZW	37	1	spring
81	z38shp1s	ZW	38	1	spring
82	z39shp1s	ZW	39	1	spring
83	z40shp1s	ZW	40	1	spring
84	z41shp1s	ZW	41	1	spring
85	n30shp1s	NW	30	1	spring
86	n31shp1s	NW	31	1	spring
87	n32shp1s	NW	32	1	spring
88	n33shp1s	NW	33	1	spring
89	n34shp1s	NW	34	1	spring
90	n35shp1s	NW	35	1	spring

nr.	run id.	wind	stap	schip	getij
91	n36shp1s	NW	36	I	spring
92	n37shp1s	NW	37	I	spring
93	n38shp1s	NW	38	I	spring
94	n39shp1s	NW	39	I	spring
95	n40shp1s	NW	40	I	spring
96	n41shp1s	NW	41	I	spring
97	z30shp1g	ZW	30	I	gemid
98	z31shp1g	ZW	31	I	gemid
99	z32shp1g	ZW	32	I	gemid
100	z33shp1g	ZW	33	I	gemid
101	z34shp1g	ZW	34	I	gemid
102	z35shp1g	ZW	35	I	gemid
103	z36shp1g	ZW	36	I	gemid
104	z37shp1g	ZW	37	I	gemid
105	z38shp1g	ZW	38	I	gemid
106	z39shp1g	ZW	39	I	gemid
107	z40shp1g	ZW	40	I	gemid
108	z41shp1g	ZW	41	I	gemid
109	n30shp1g	NW	30	I	gemid
110	n31shp1g	NW	31	I	gemid
111	n32shp1g	NW	32	I	gemid
112	n33shp1g	NW	33	I	gemid
113	n34shp1g	NW	34	I	gemid
114	n35shp1g	NW	35	I	gemid
115	n36shp1g	NW	36	I	gemid
116	n37shp1g	NW	37	I	gemid
117	n38shp1g	NW	38	I	gemid

nr.	run id.	wind	stap	schip	getij
118	n39shp1g	NW	39	I	gemid
119	n40shp1g	NW	40	I	gemid
120	n41shp1g	NW	41	I	gemid
121	z30shp1d	ZW	30	I	dood
122	z31shp1d	ZW	31	I	dood
123	z32shp1d	ZW	32	I	dood
124	z33shp1d	ZW	33	I	dood
125	z34shp1d	ZW	34	I	dood
126	z35shp1d	ZW	35	I	dood
127	z36shp1d	ZW	36	I	dood
128	z37shp1d	ZW	37	I	dood
129	z38shp1d	ZW	38	I	dood
130	z39shp1d	ZW	39	I	dood
131	z40shp1d	ZW	40	I	dood
132	z41shp1d	ZW	41	I	dood
133	n30shp1d	NW	30	I	dood
134	n31shp1d	NW	31	I	dood
135	n32shp1d	NW	32	I	dood
136	n33shp1d	NW	33	I	dood
137	n34shp1d	NW	34	I	dood
138	n35shp1d	NW	35	I	dood
139	n36shp1d	NW	36	I	dood
140	n37shp1d	NW	37	I	dood
141	n38shp1d	NW	38	I	dood
142	n39shp1d	NW	39	I	dood
143	n40shp1d	NW	40	I	dood
144	n41shp1d	NW	41	I	dood



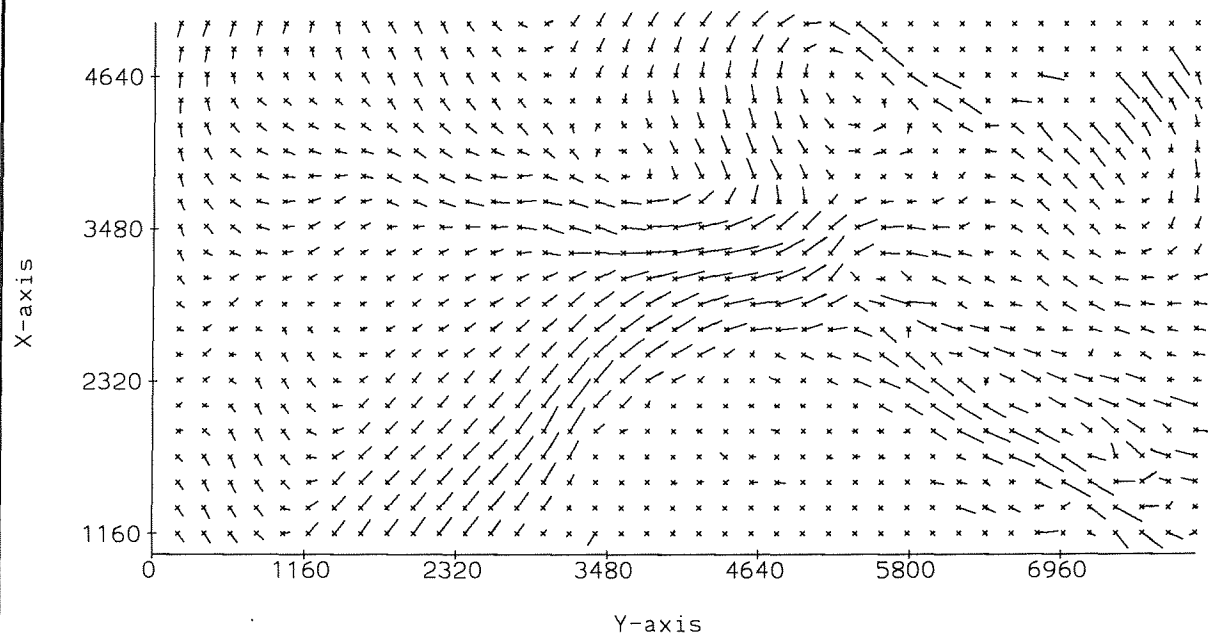
Bijlage J

Flowplots



Bijlage J-I

Flowplots voor NW-wind, springtij, stap 30 t/m 4 I



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

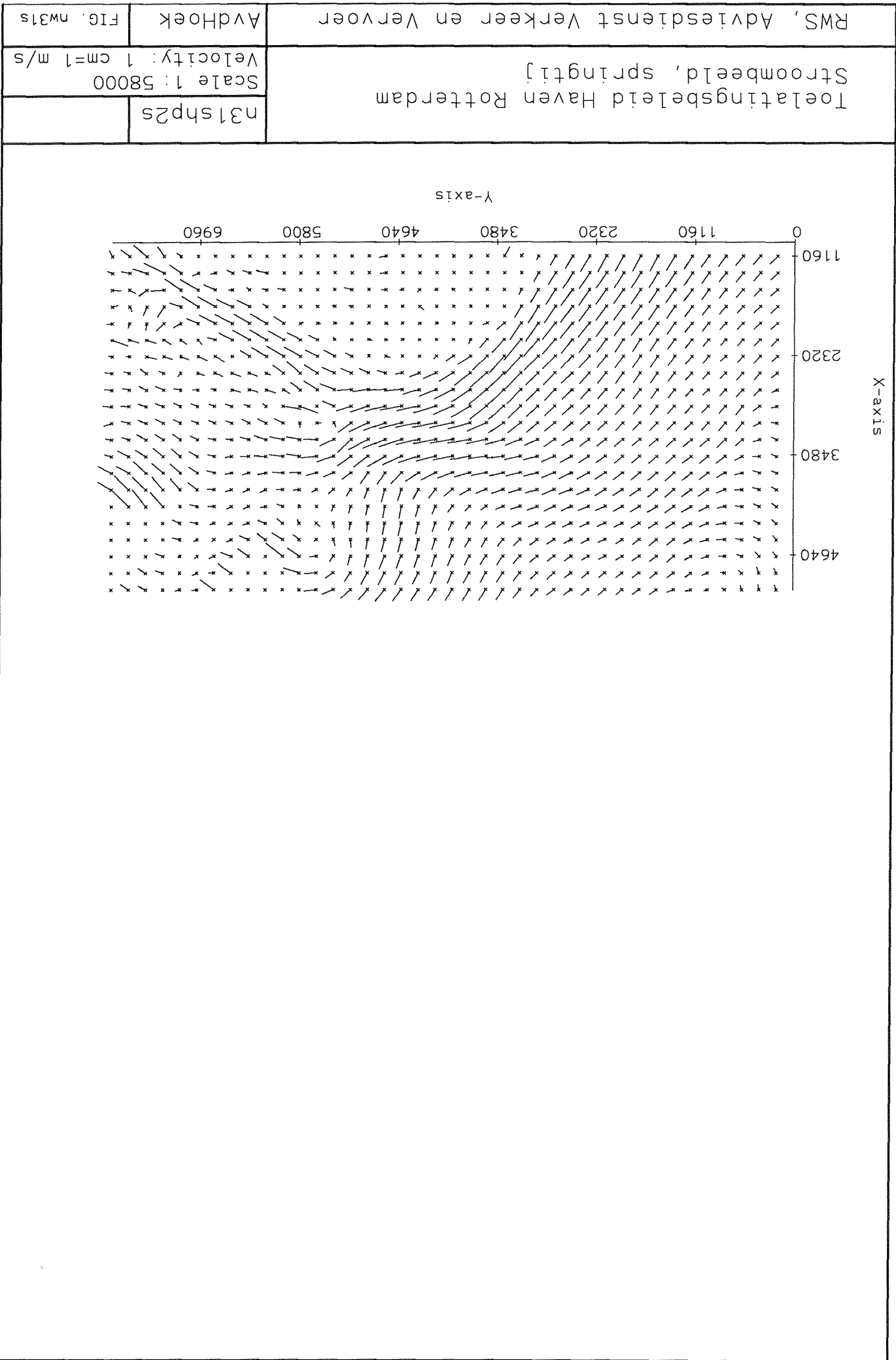
n30shp2s

Scale 1: 58000
Velocity: 1 cm=1 m/s

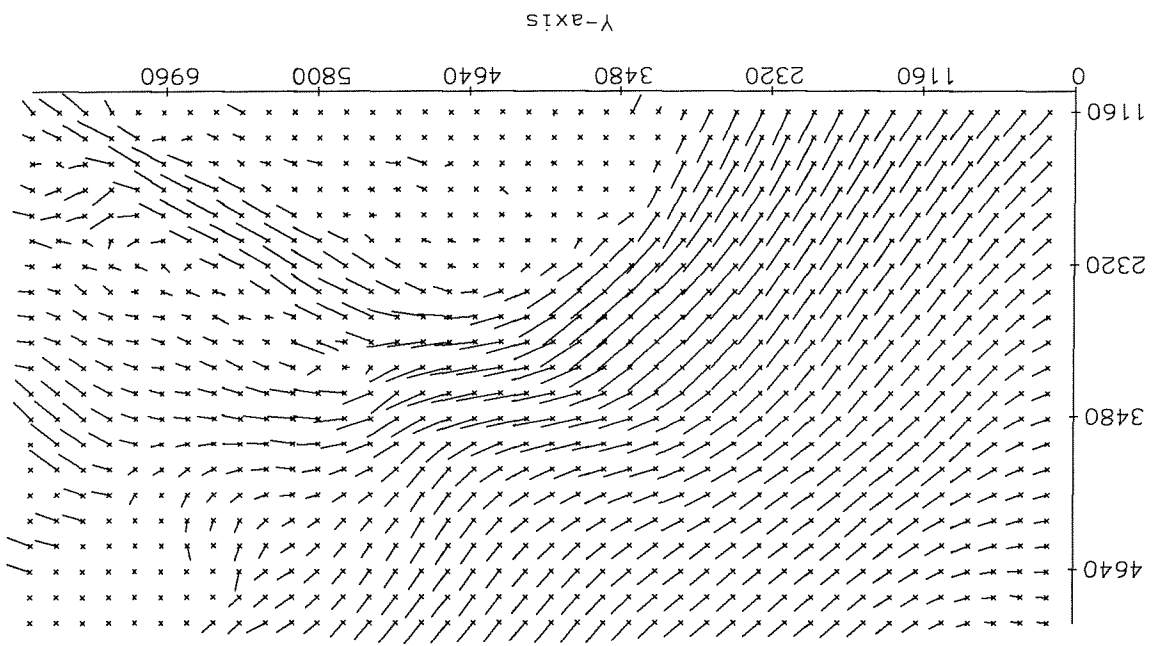
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. nw30s



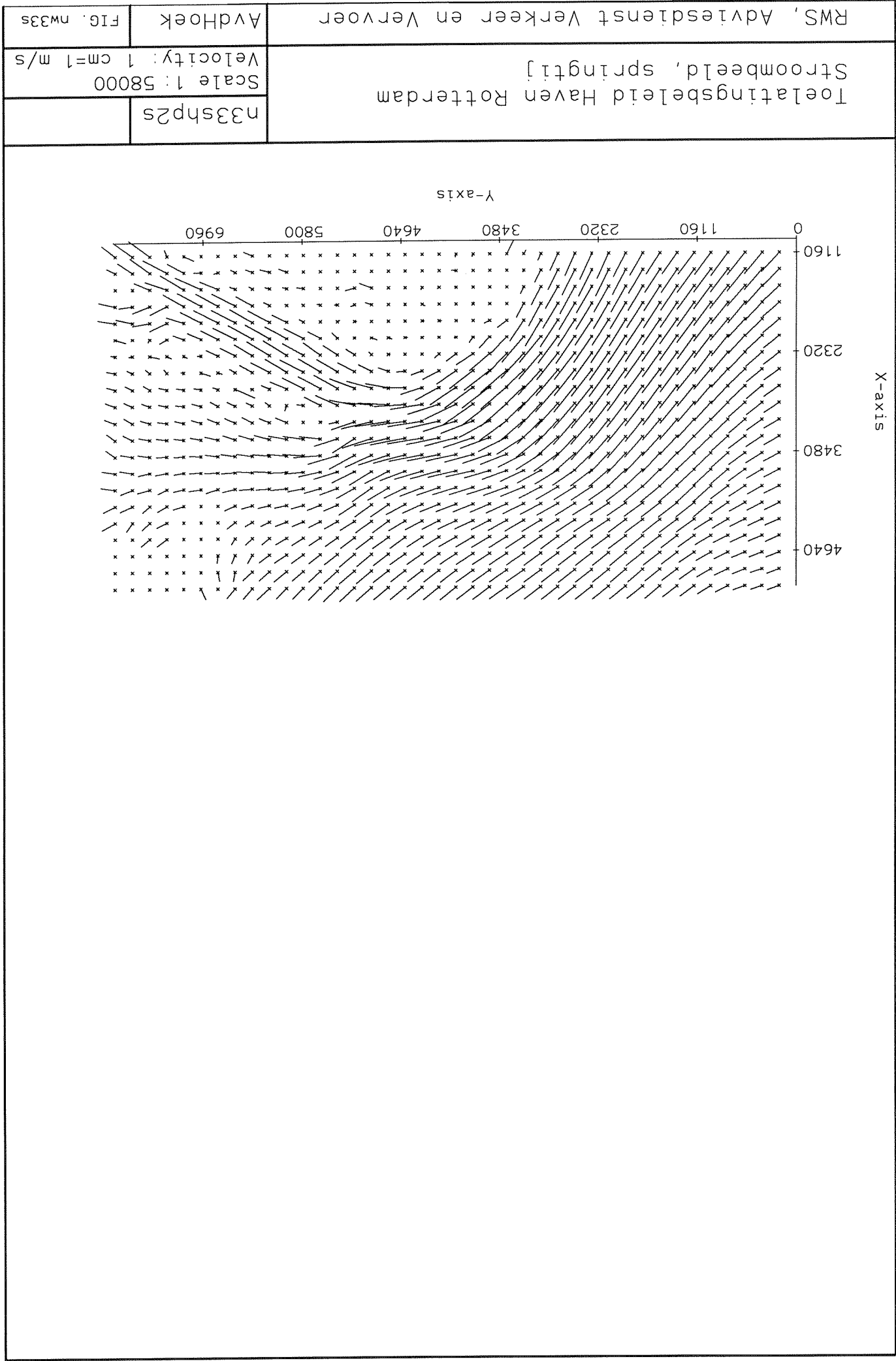
X-axis

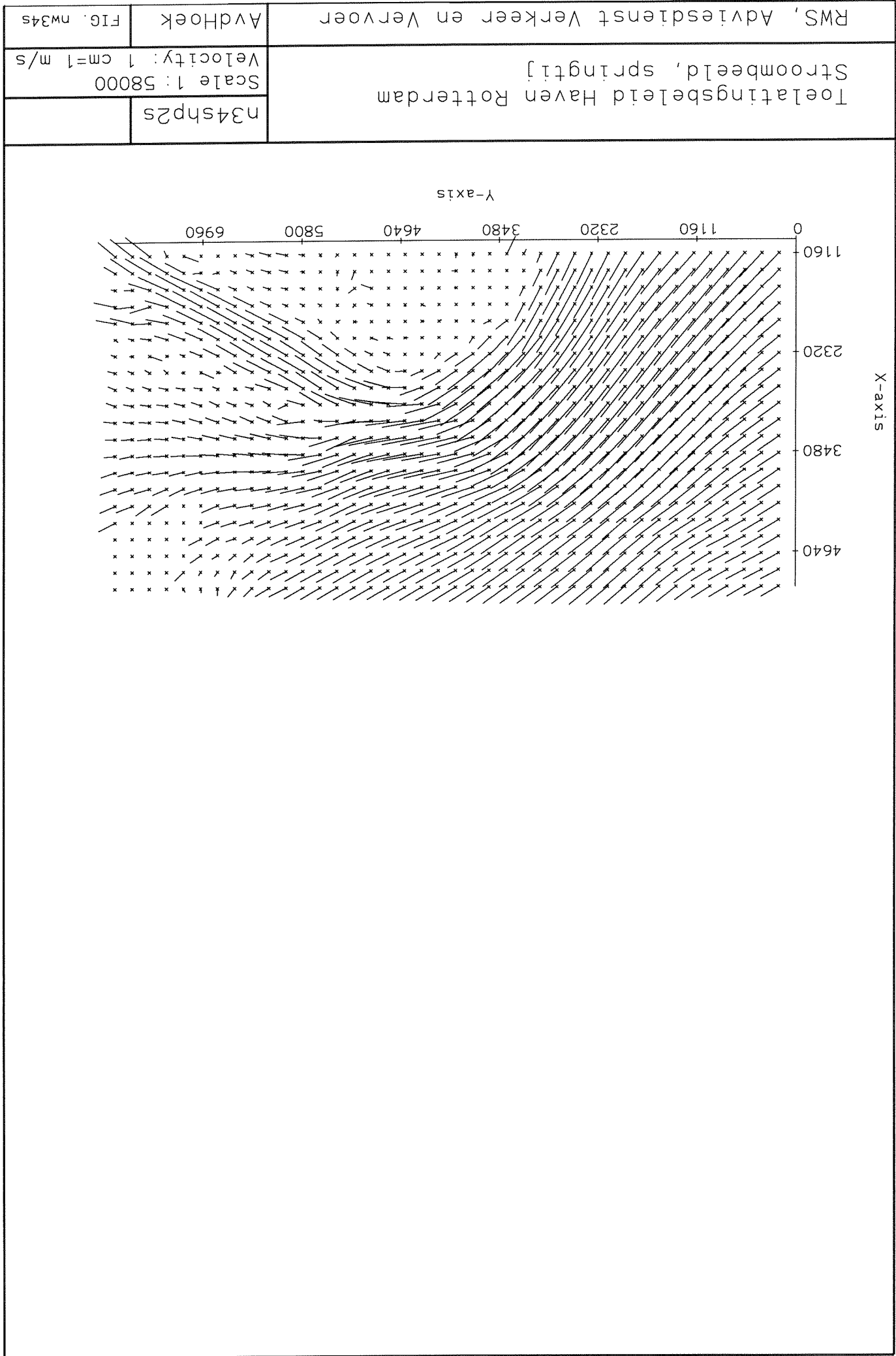


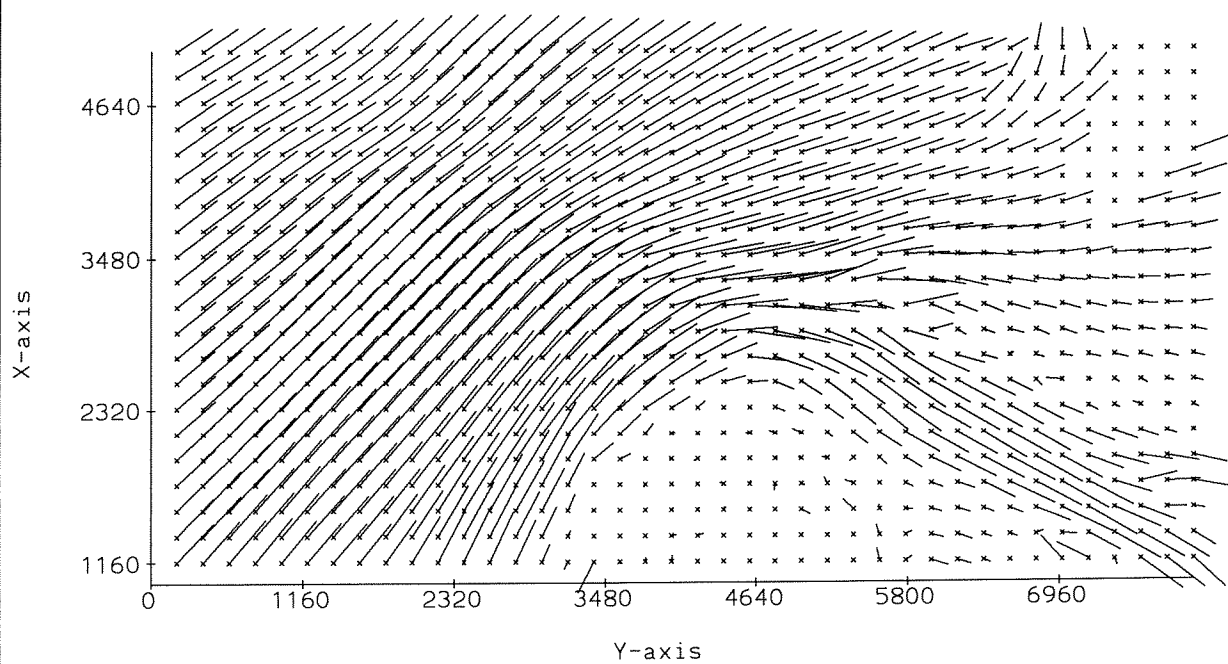
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

n32shp2s
Scale 1: 58000
Velocity: 1 cm=1 m/s
AvdHoek
FIG. nw32s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer







Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

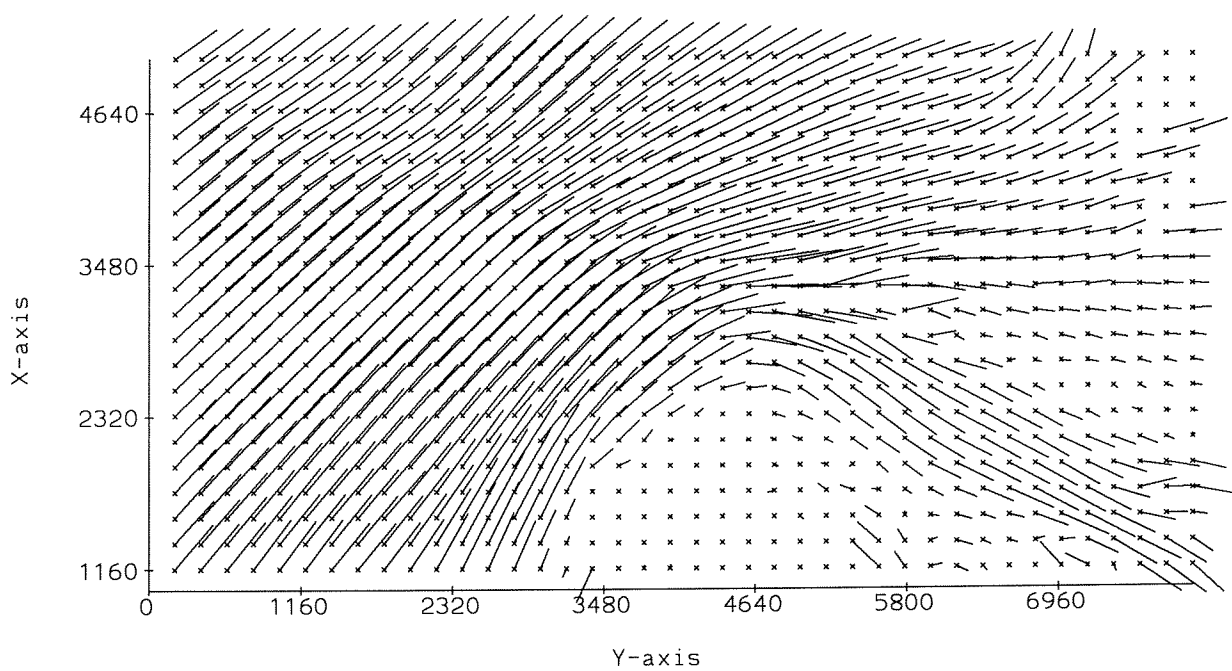
n35shp2s

Scale 1: 58000
Velocity: 1 cm=1 m/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. nw35s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

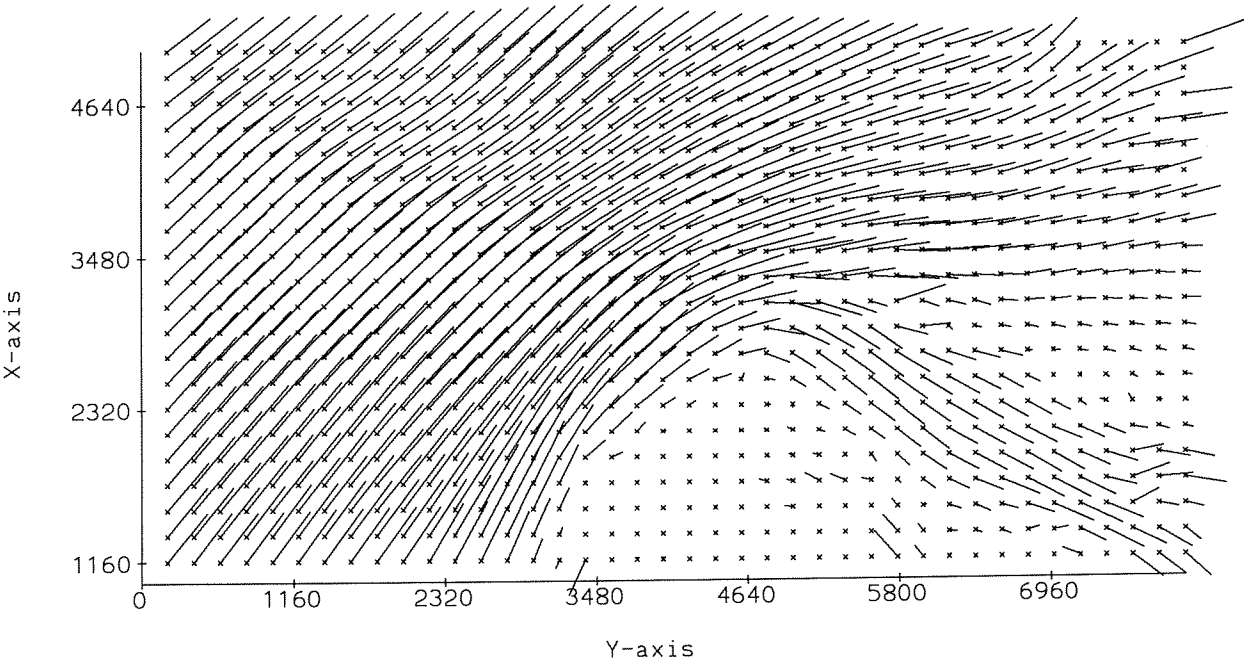
n36shp2s

Scale 1: 58000
Velocity: 1 cm=1 m/s

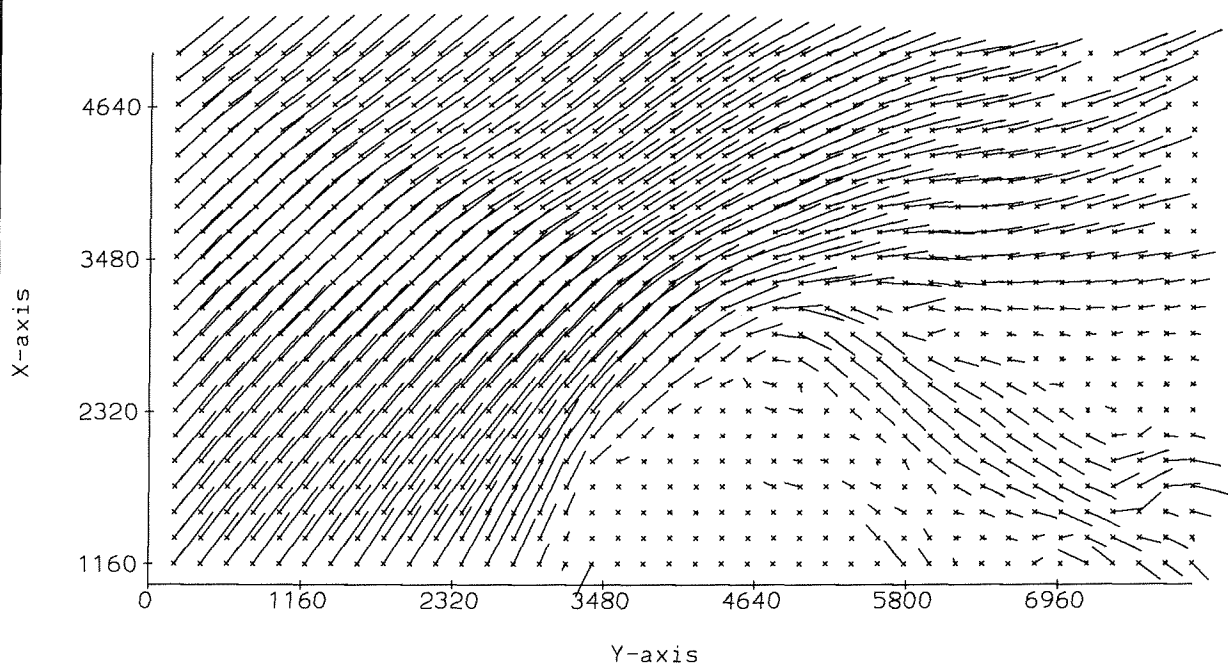
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

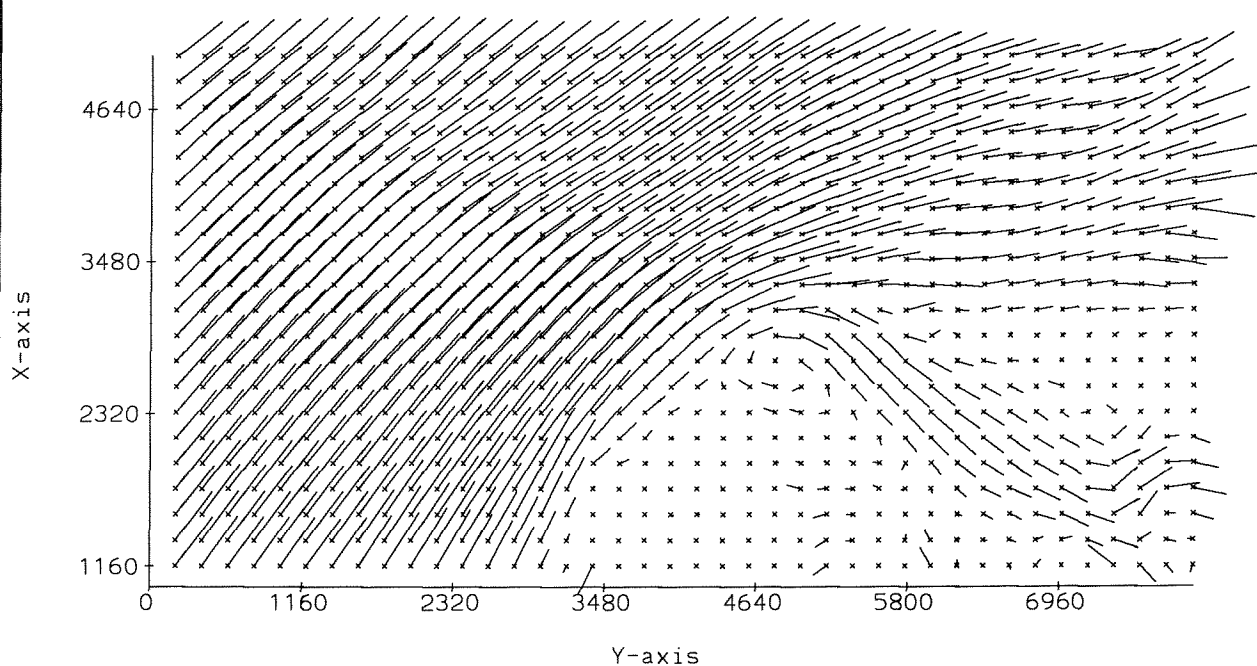
FIG. nw36s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Stroombeeld, springtij	n37shp2s	
	Scale 1: 58000 Velocity: 1 cm=1 m/s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. nw37s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Stroombeeld, springtij	n38shp2s	
	Scale 1: 58000 Velocity: 1 cm=1 m/s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. nw38s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

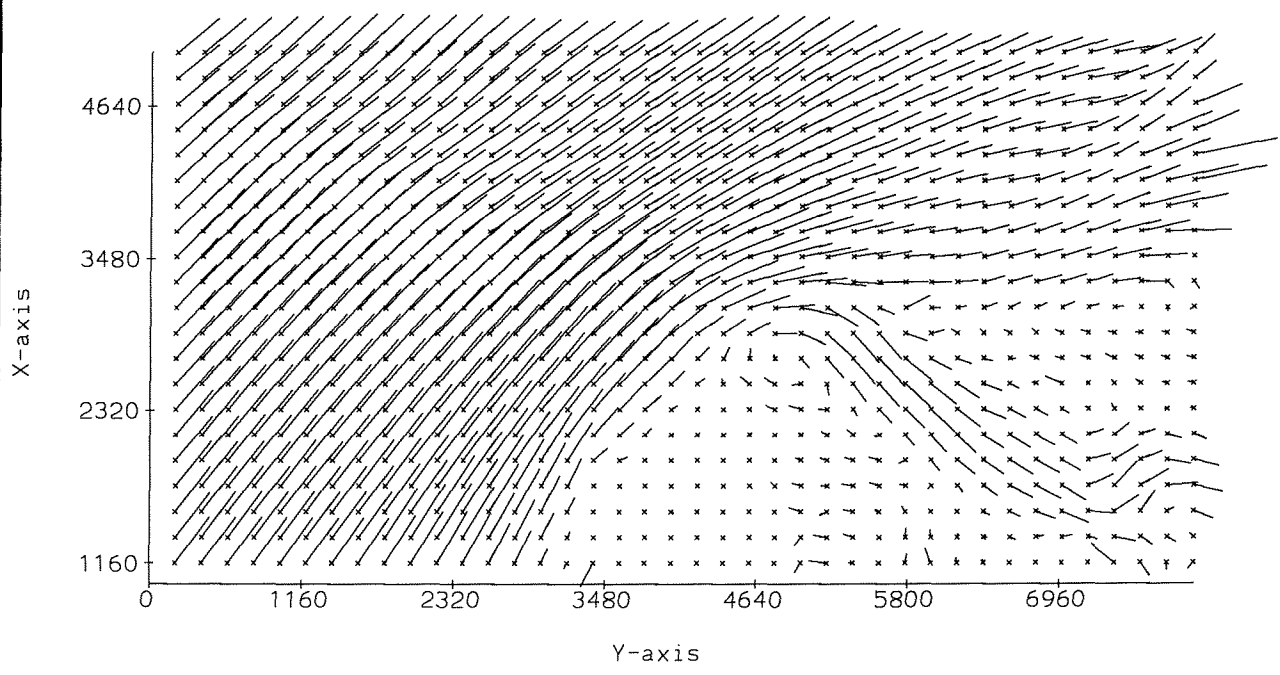
n39shp2s

Scale 1: 58000
Velocity: 1 cm=1 m/s

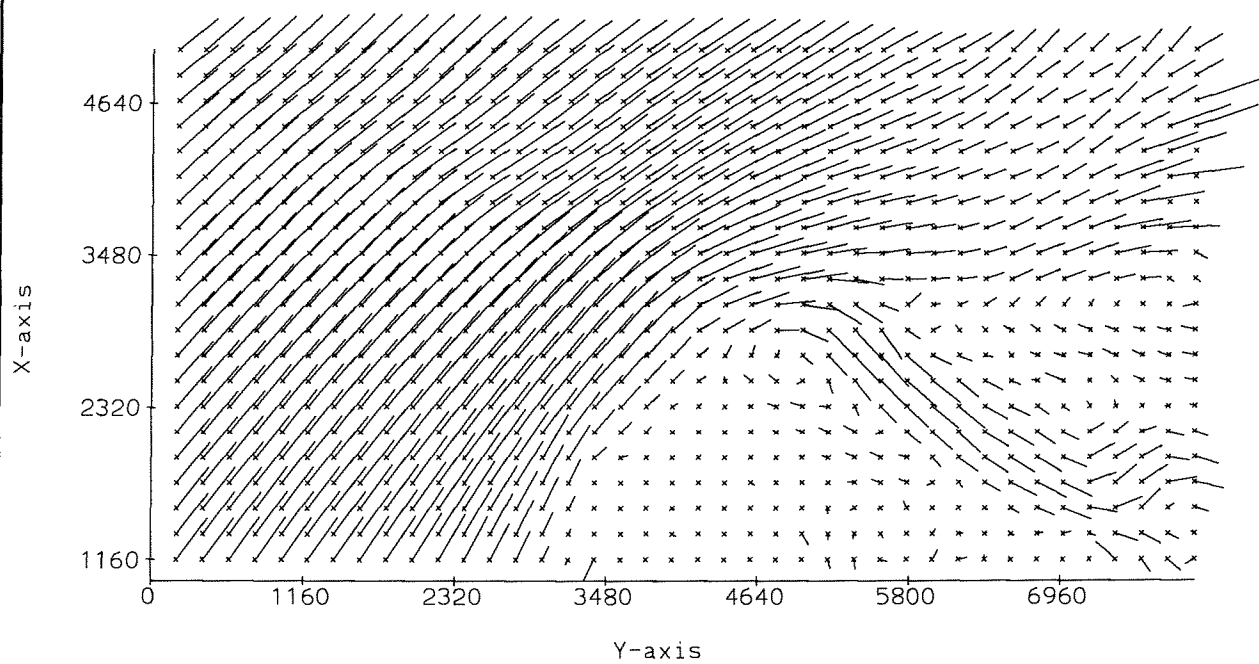
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. nw39s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Stroombeeld, springtij	n40shp2s	
	Scale 1: 58000 Velocity: 1 cm=1 m/s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. nw40s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

n41shp2s

Scale 1: 58000

Velocity: 1 cm=1 m/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

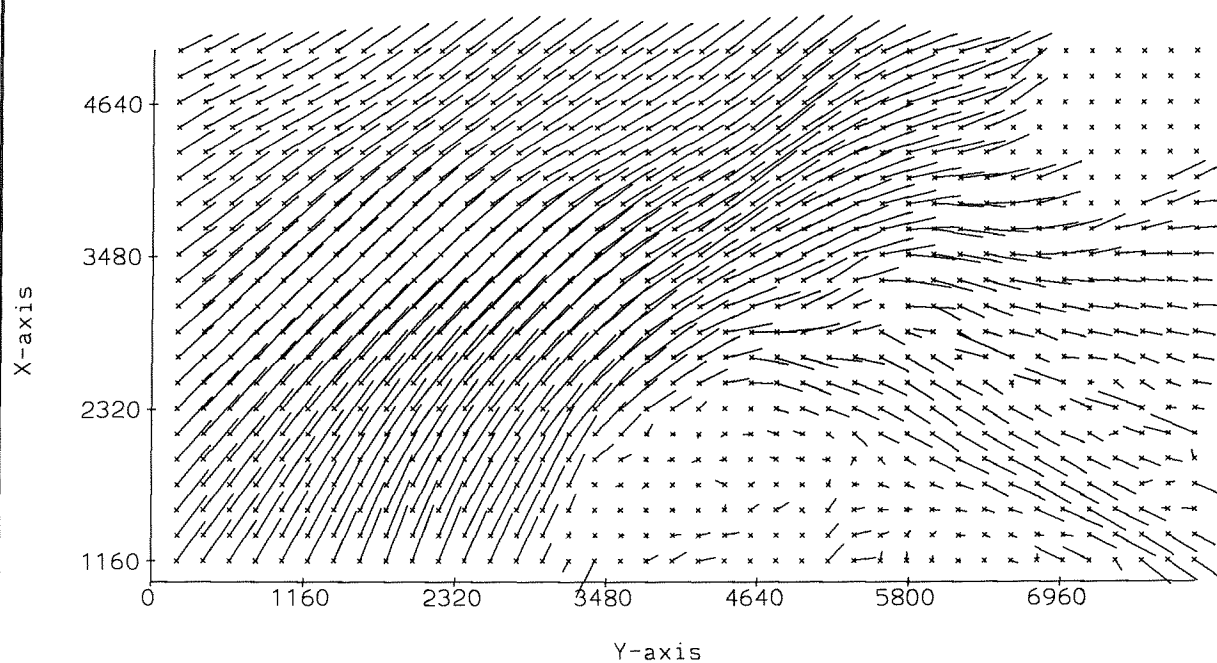
AvdHoek

FIG. nw41s



Bijlage J-II

Flowplots voor ZW-wind, springtij,
stap 30 t/m 4 l



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

z30shp2s

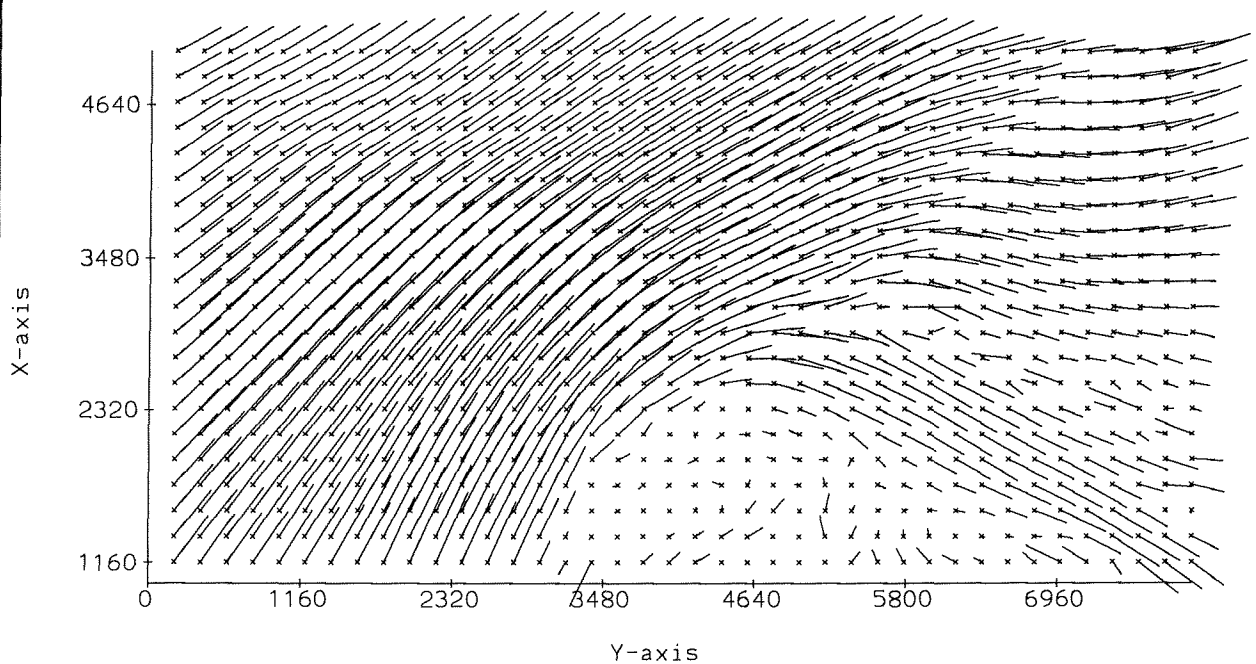
Scale 1: 58000

Velocity: 1 cm=1 m/s

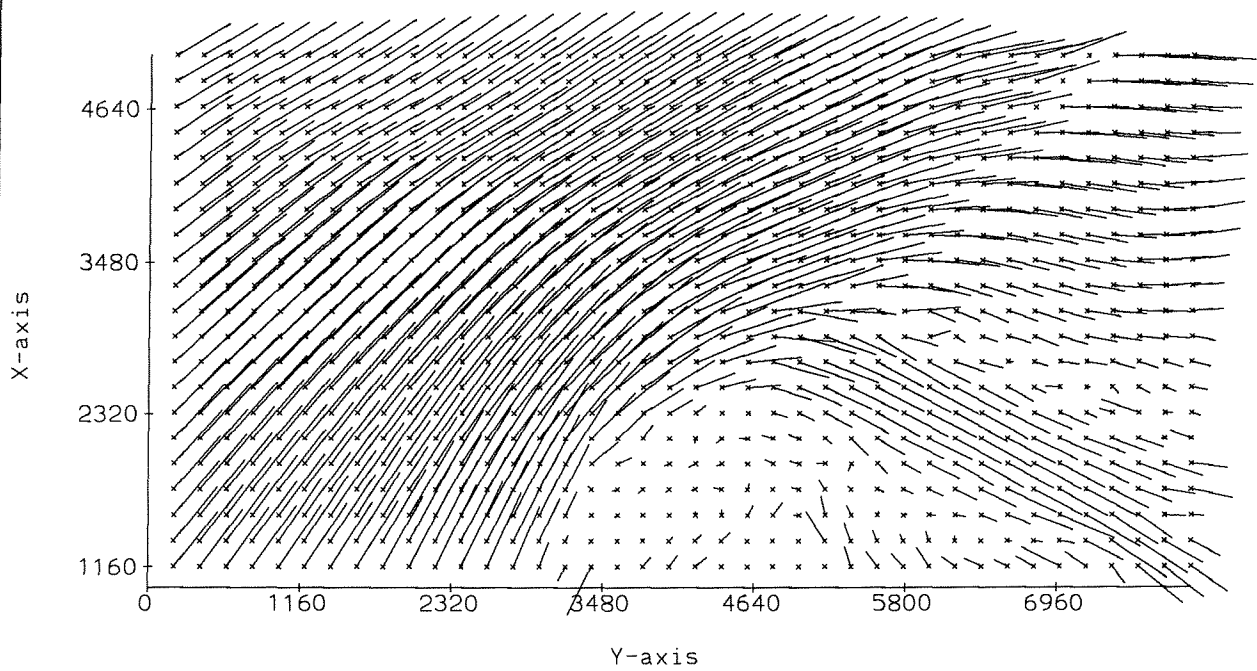
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

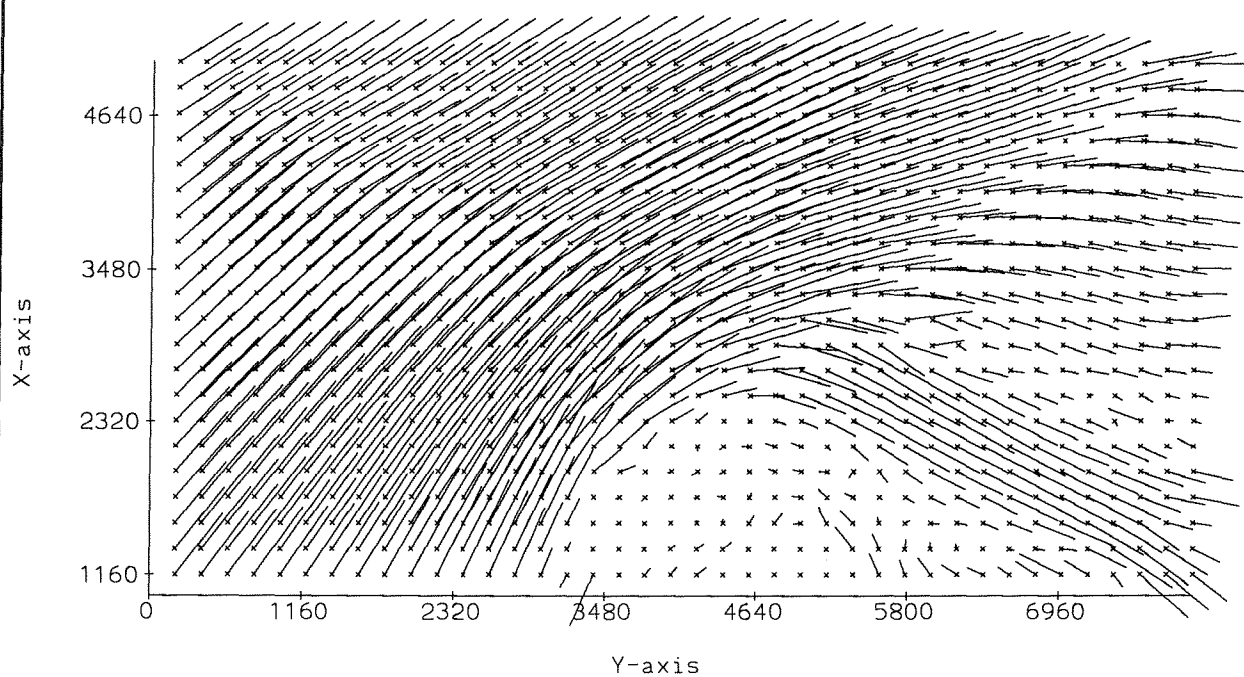
FIG. zw30s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Stroombeeld, springtij	z31shp2s	
	Scale 1: 58000 Velocity: 1 cm=1 m/s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. zw31s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Stroombeeld, springtij	z32shp2s	
	Scale 1: 58000 Velocity: 1 cm=1 m/s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. zw32s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

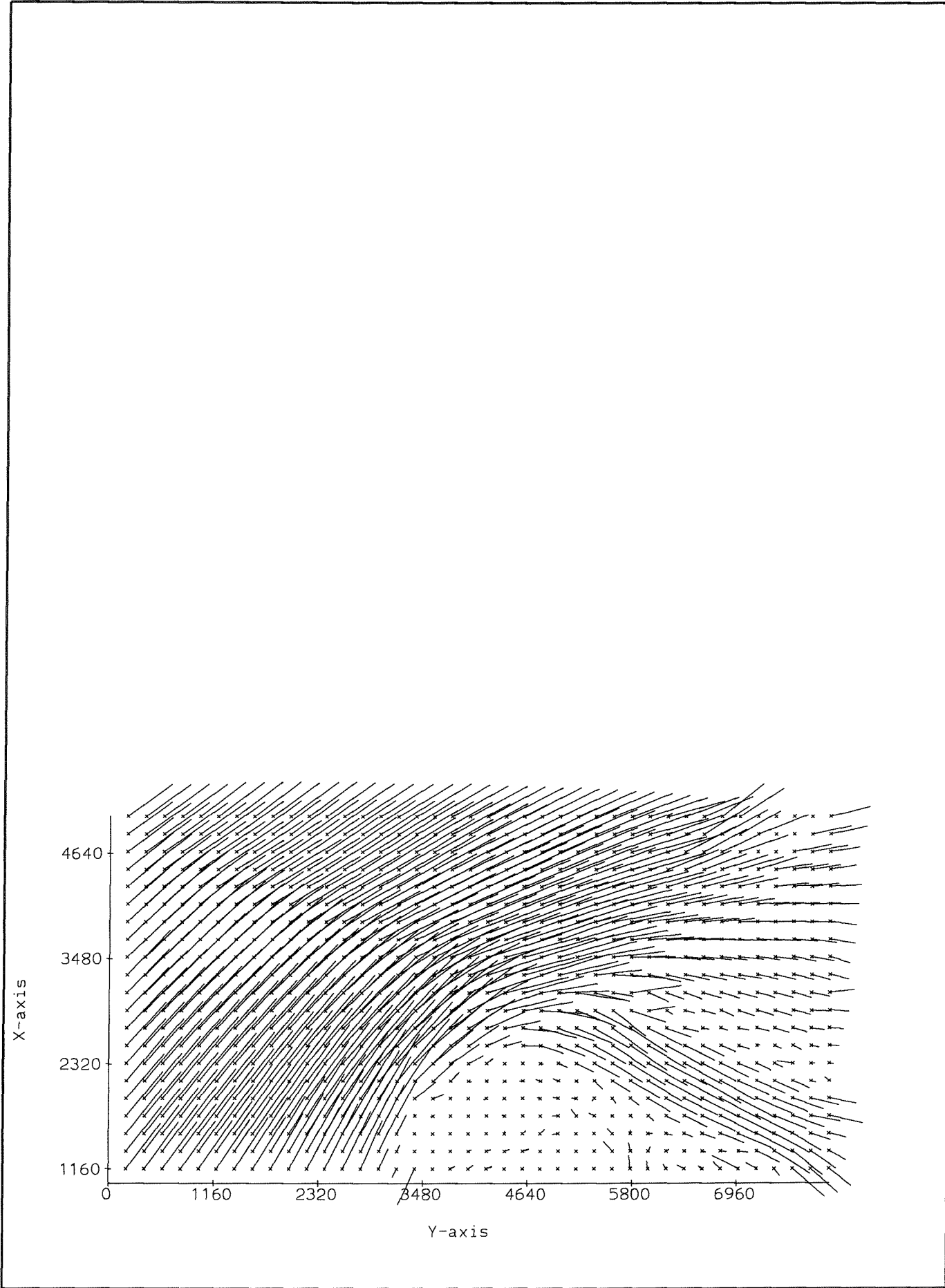
z33shp2s

Scale 1: 58000
Velocity: 1 cm=1 m/s

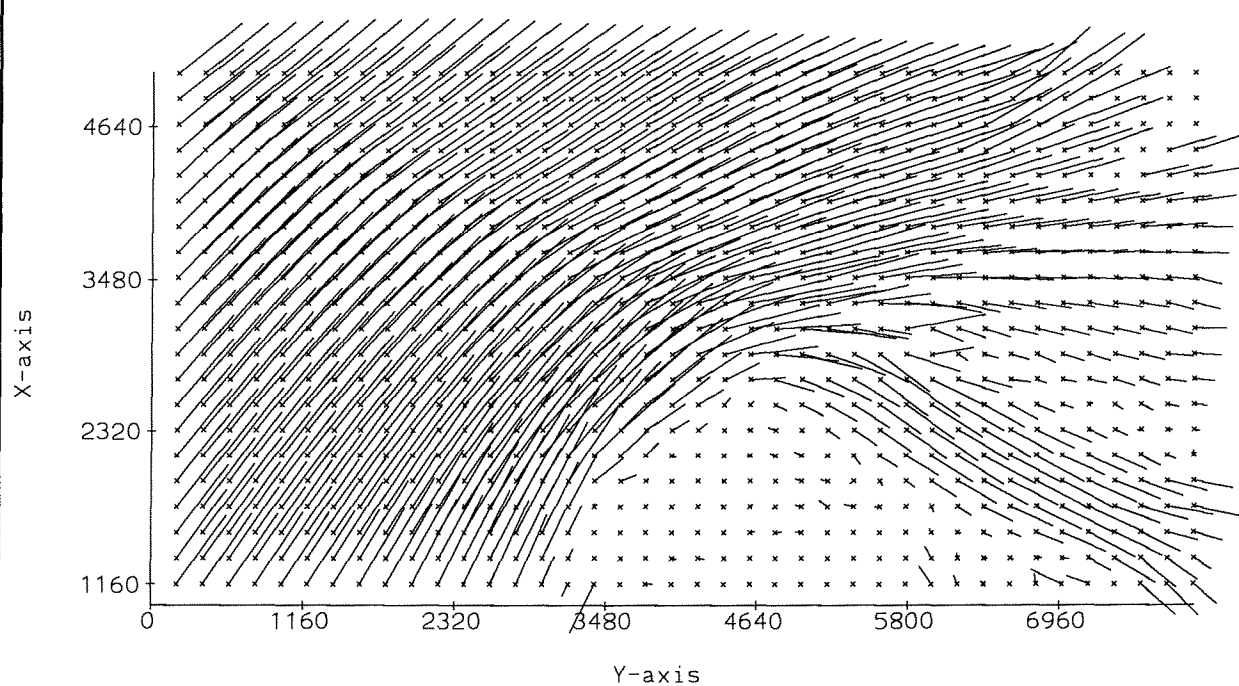
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. zw33s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Stroombeeld, springtij	z34shp2s	
	Scale 1: 58000 Velocity: 1 cm=1 m/s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. zw34s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

z35shp2s

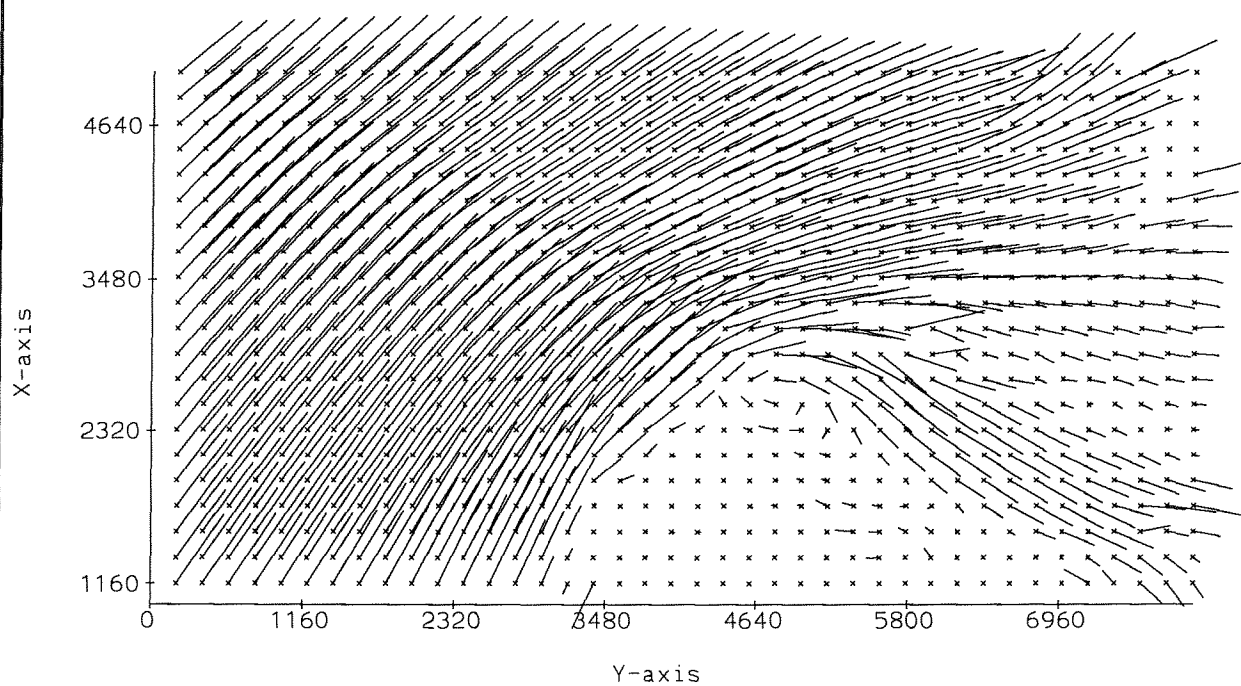
Scale 1: 58000

Velocity: 1 cm=1 m/s

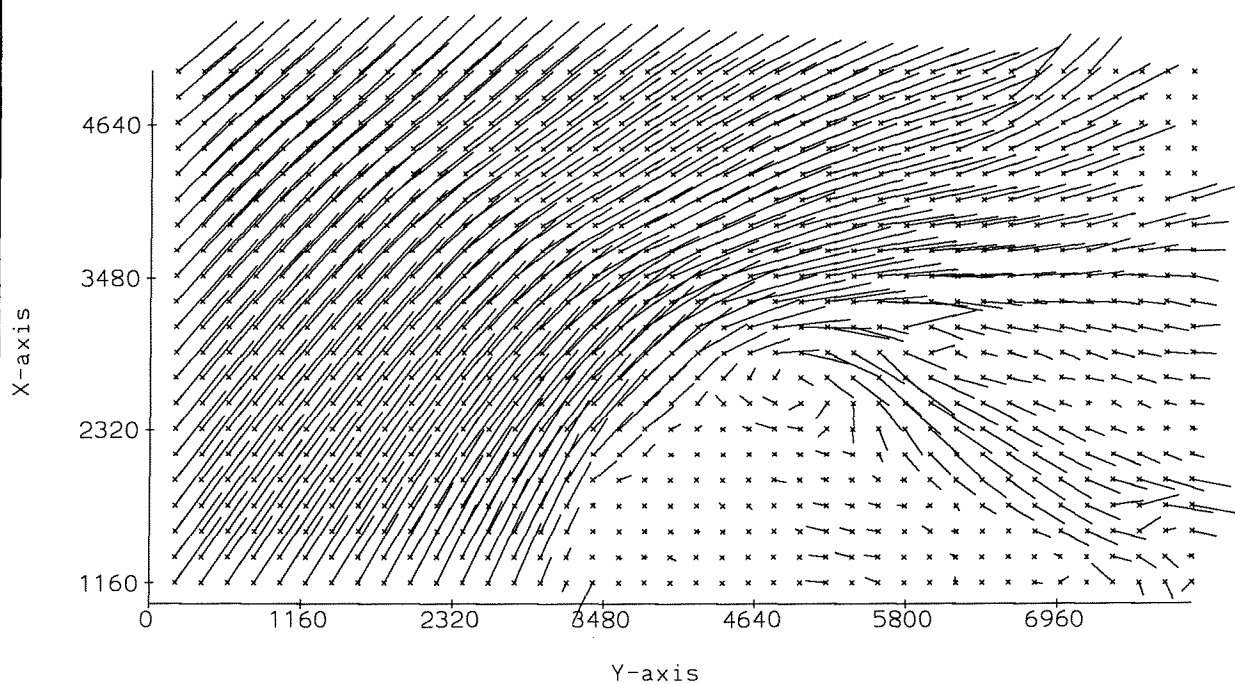
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. zw35s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Stroombeeld, springtij	z36shp2s	
	Scale 1: 58000 Velocity: 1 cm=1 m/s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. zw36s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

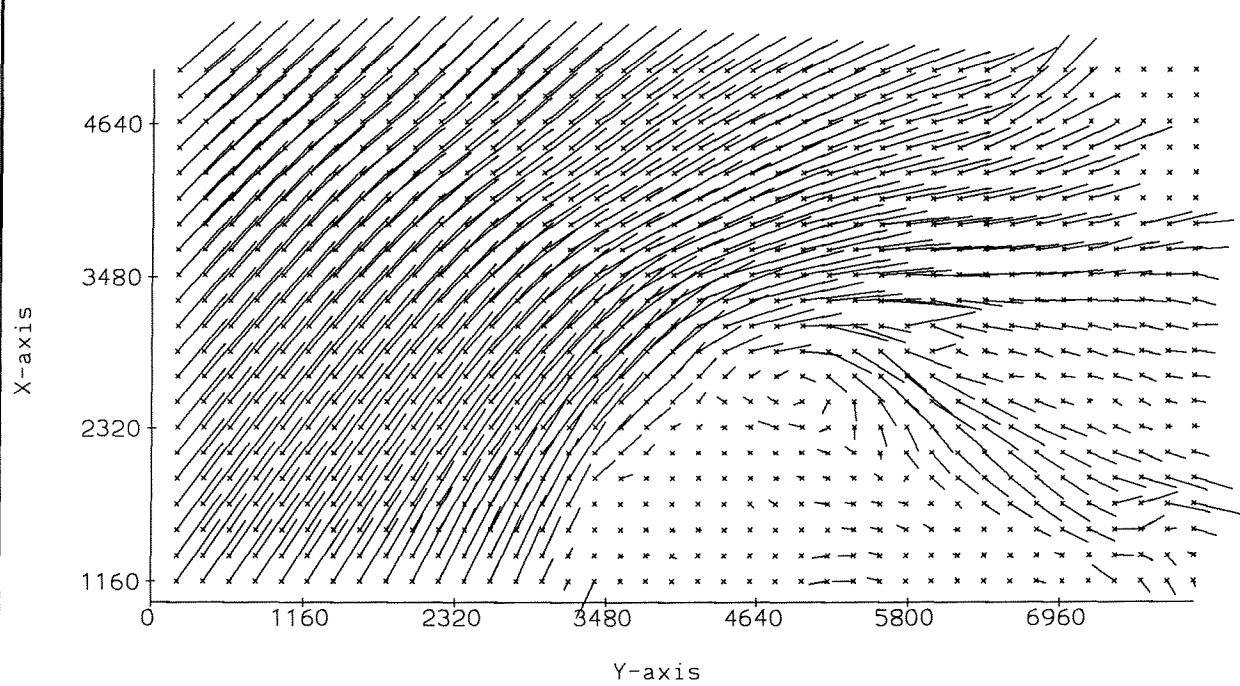
z37shp2s

Scale 1: 58000
Velocity: 1 cm=1 m/s

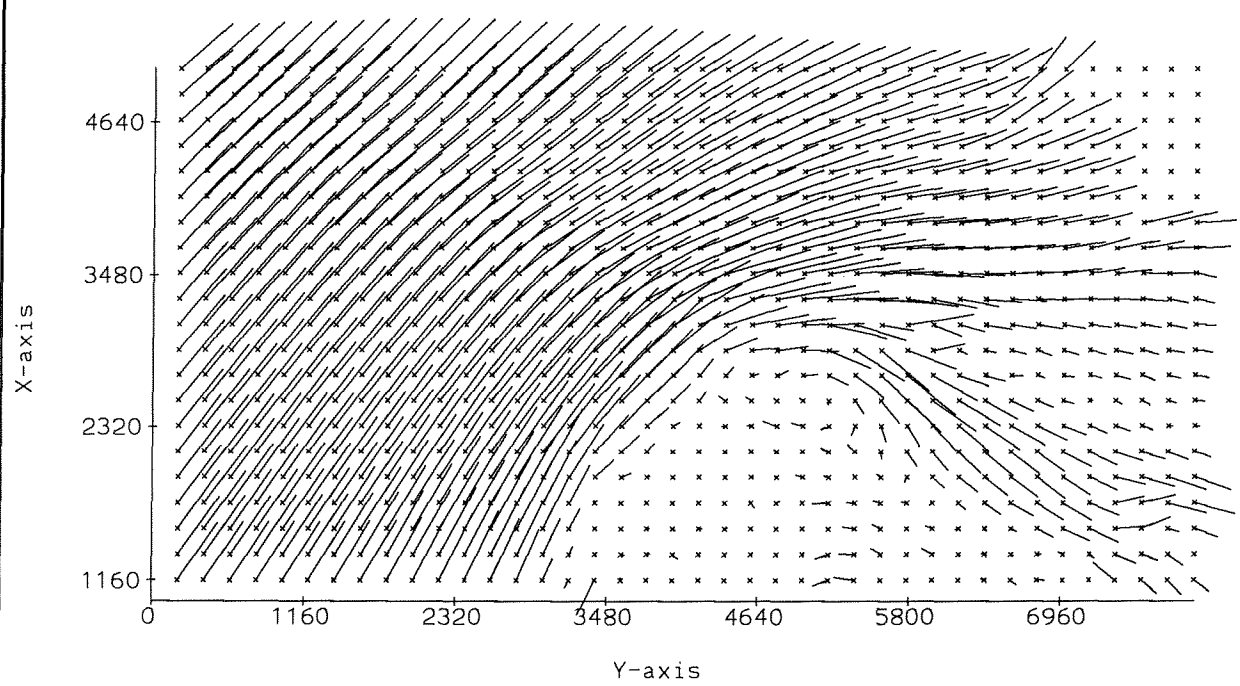
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. zw37s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Stroombeeld, springtij	z38shp2s	
	Scale 1: 58000 Velocity: 1 cm=1 m/s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. zw38s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

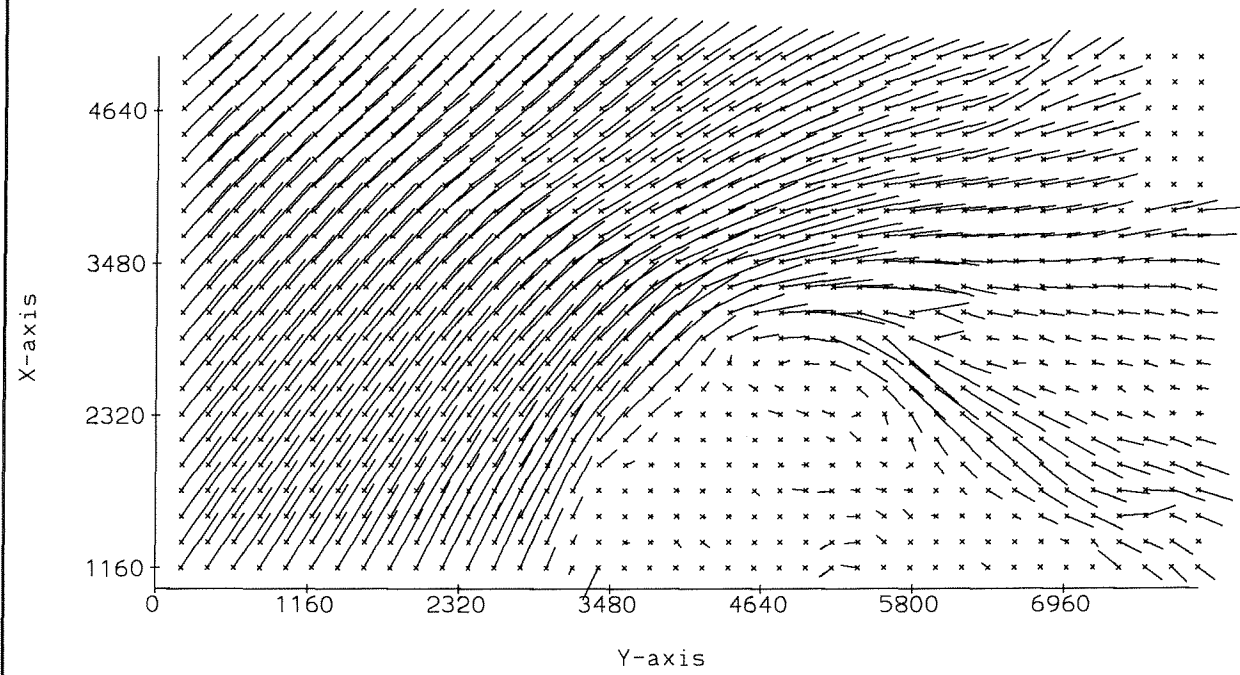
z39shp2s

Scale 1: 58000
Velocity: 1 cm=1 m/s

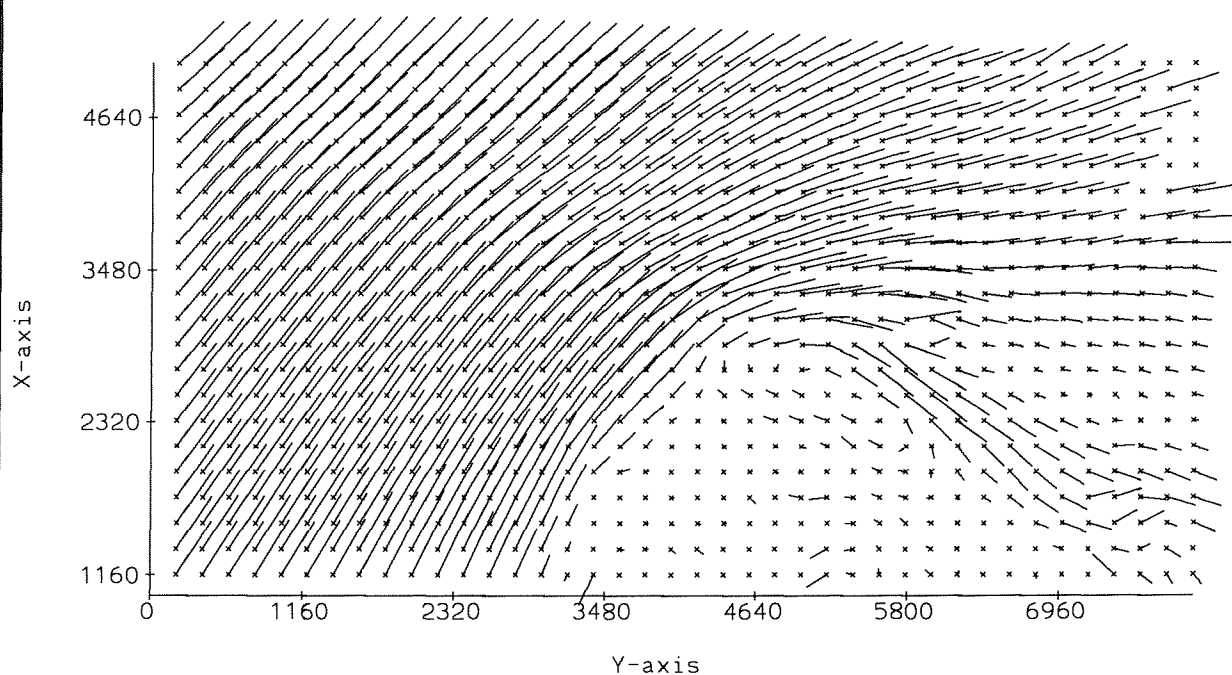
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. zw39s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Stroombeeld, springtij	z40shp2s	
	Scale 1: 58000 Velocity: 1 cm=1 m/s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. zw40s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Stroombeeld, springtij

z41shp2s

Scale 1: 58000

Velocity: 1 cm=1 m/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. zw41s



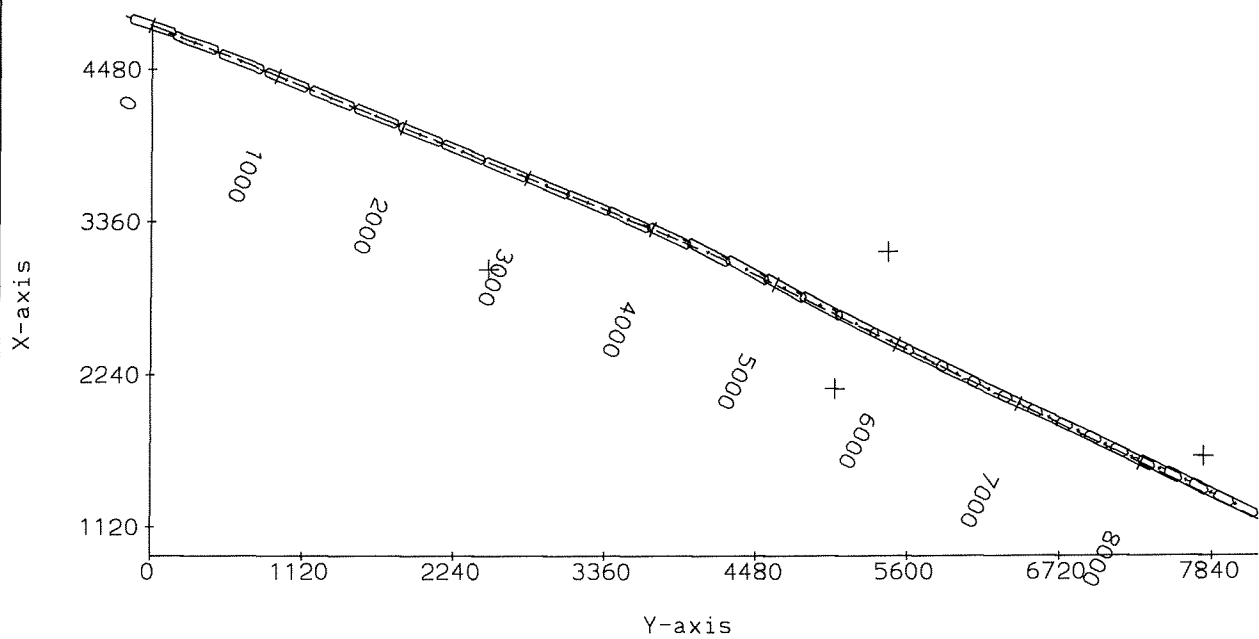
Bijlage K

Trackplots



Bijlage K-I

Trackplots voor NW-wind, schip I, springtij,
stap 30 t/m 4 I



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

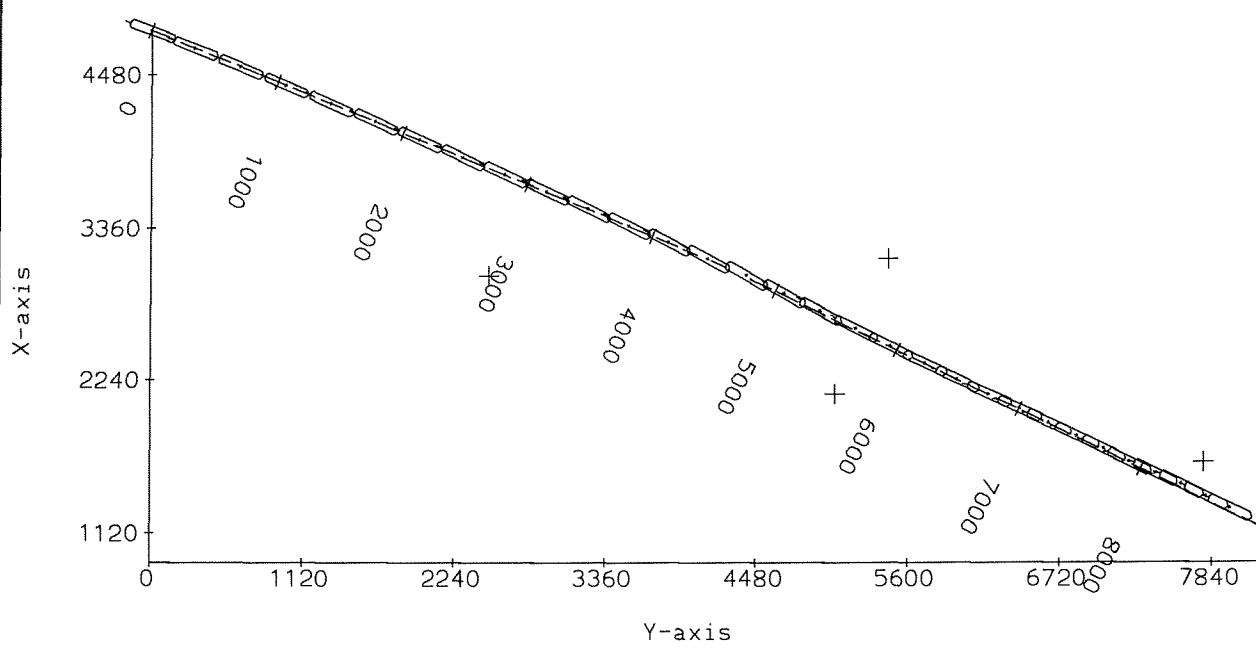
n30shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n30s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

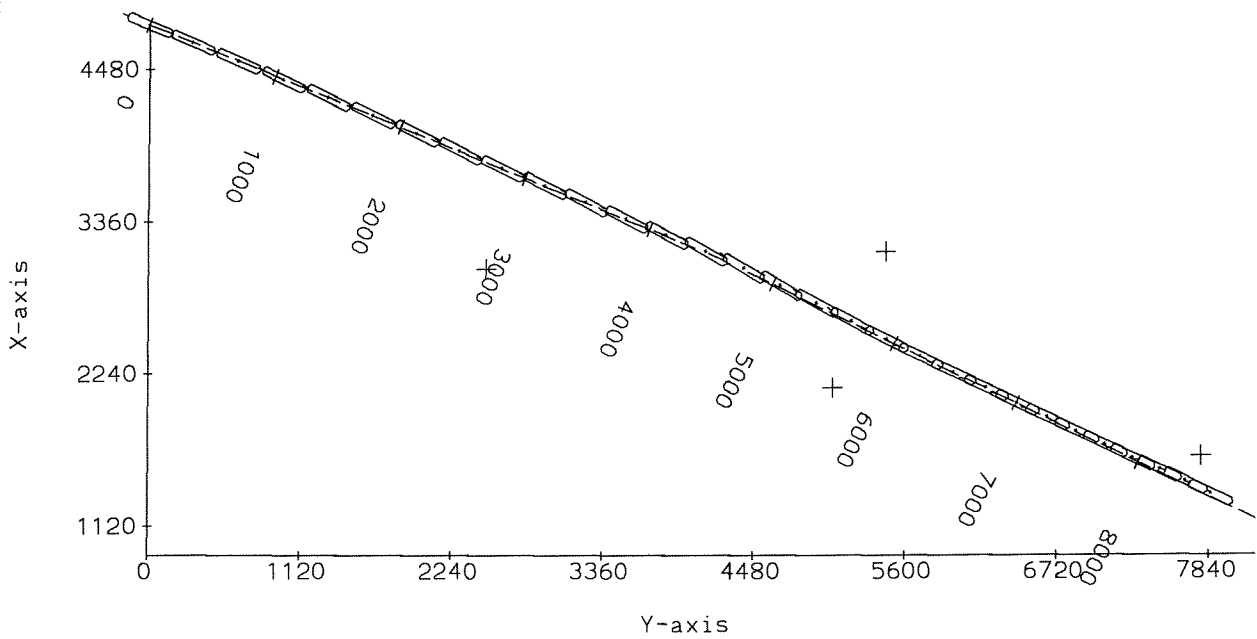
n31shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

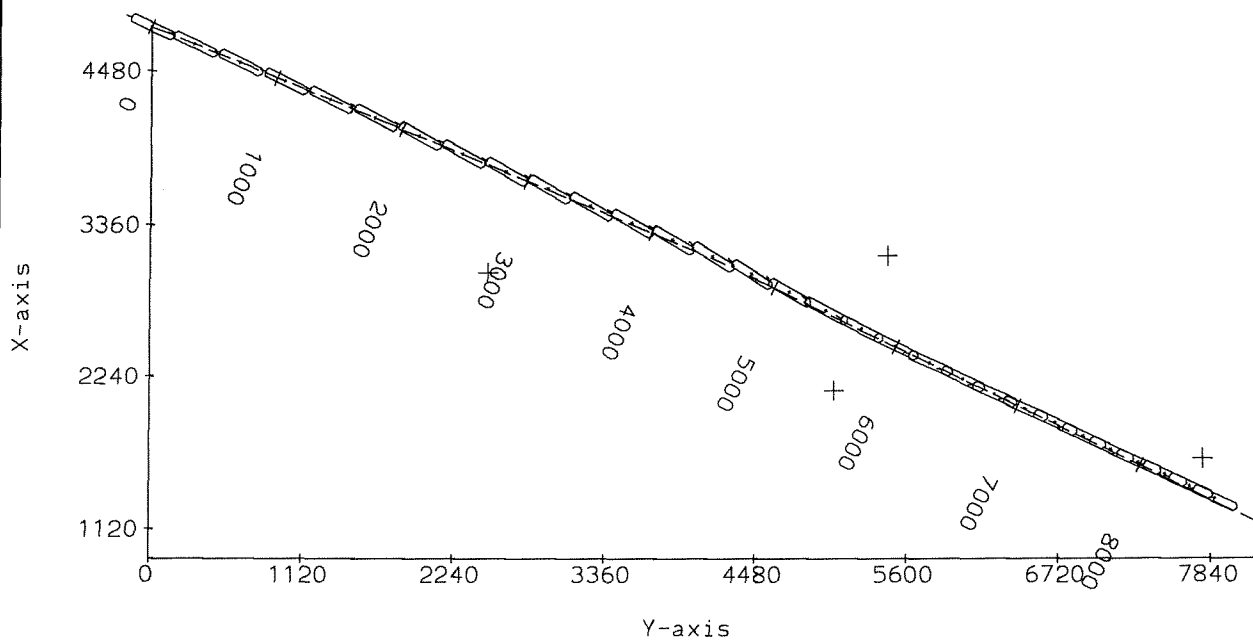
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n31s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n32shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n32s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

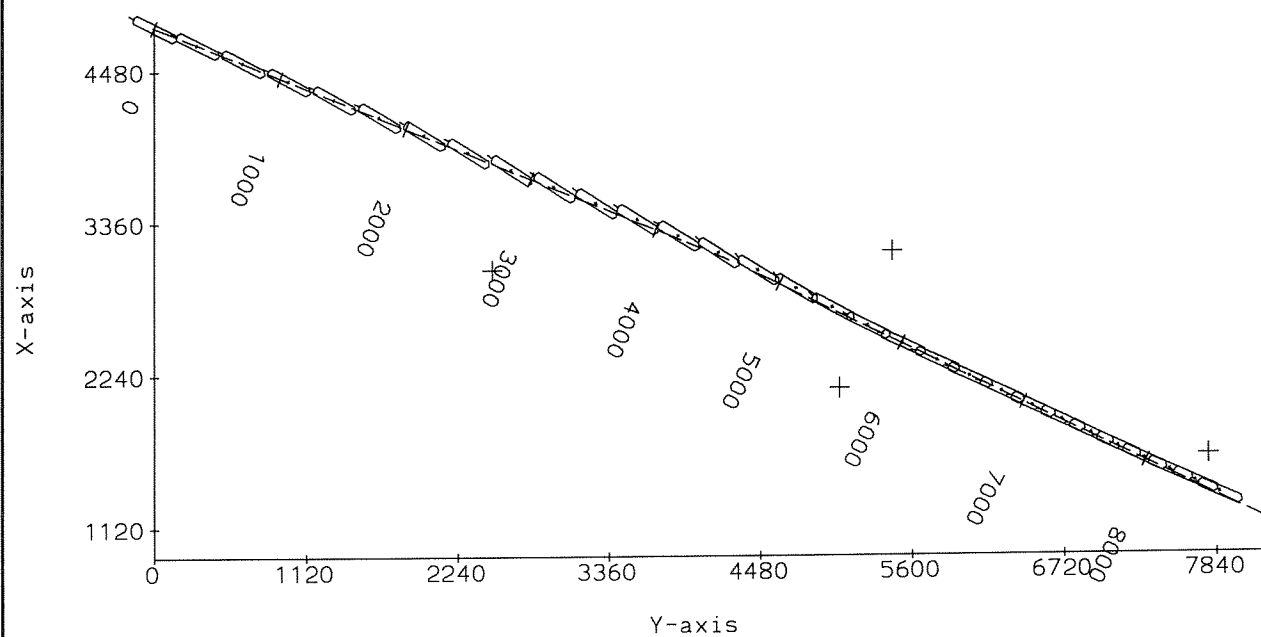
n33shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n33s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

n34shp1s

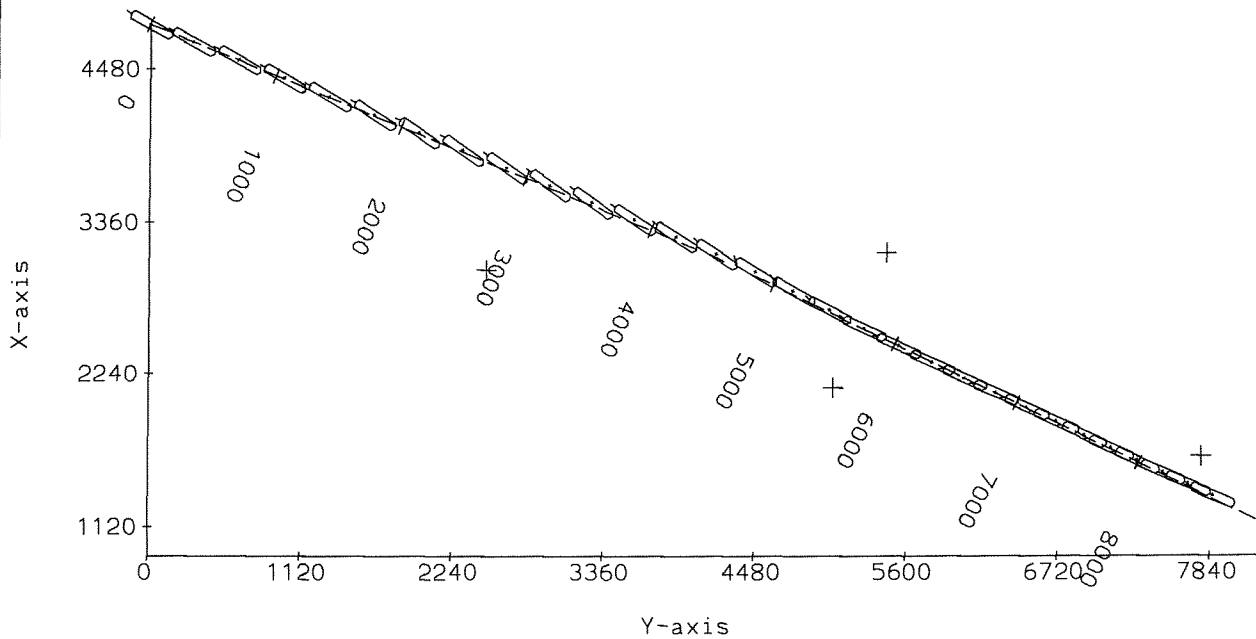
Scale 1: 56000

Plotinterval: 96.0 s

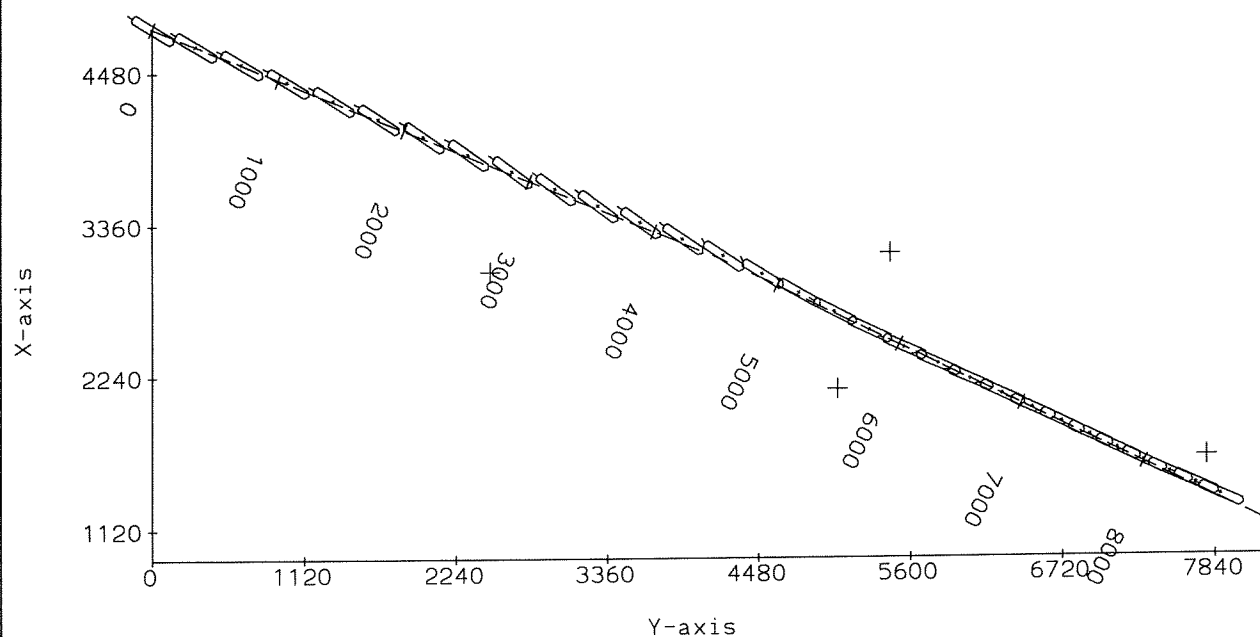
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n34s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n35shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n35s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

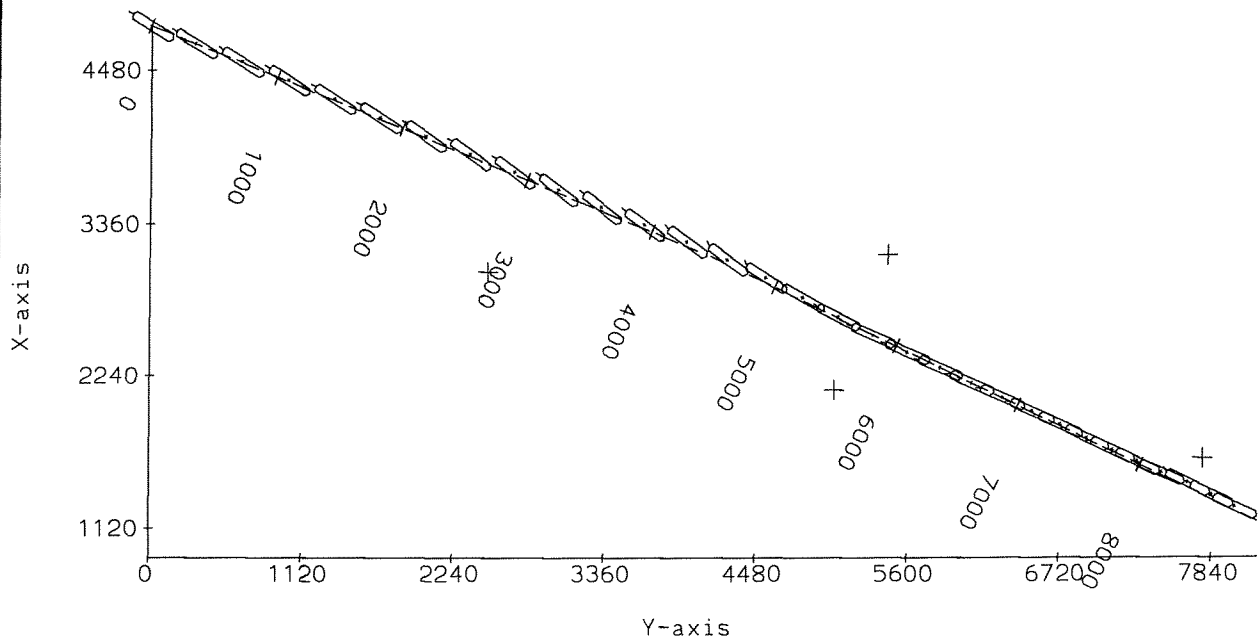
n36shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

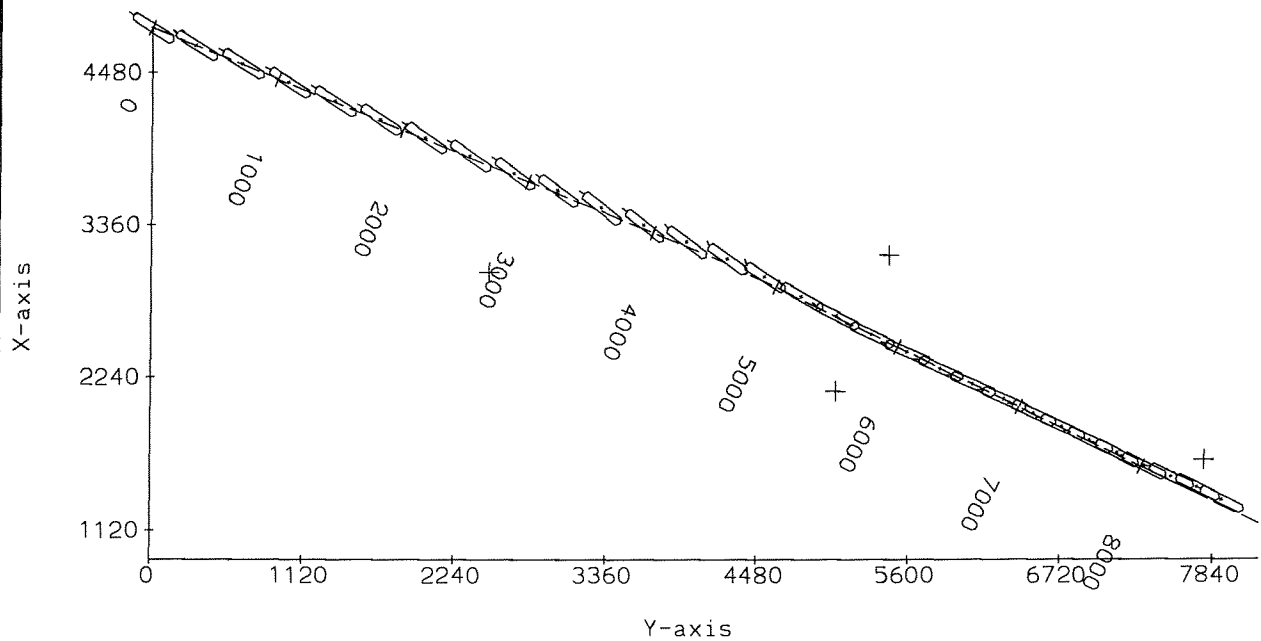
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n36s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n37shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n37s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

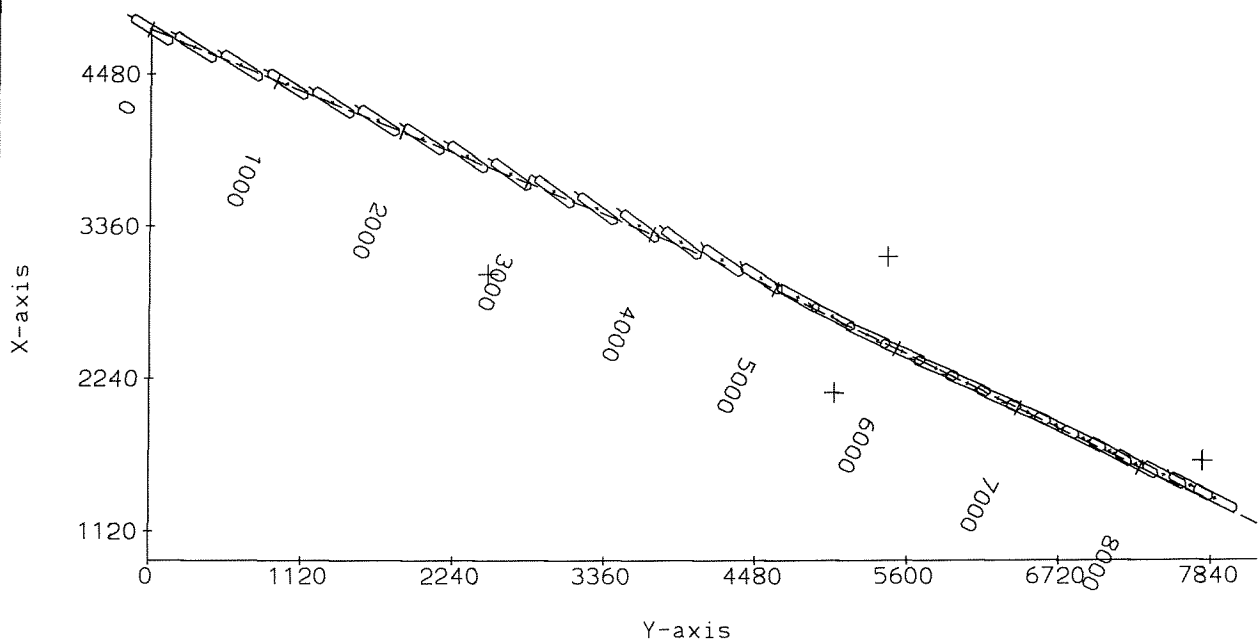
n38shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

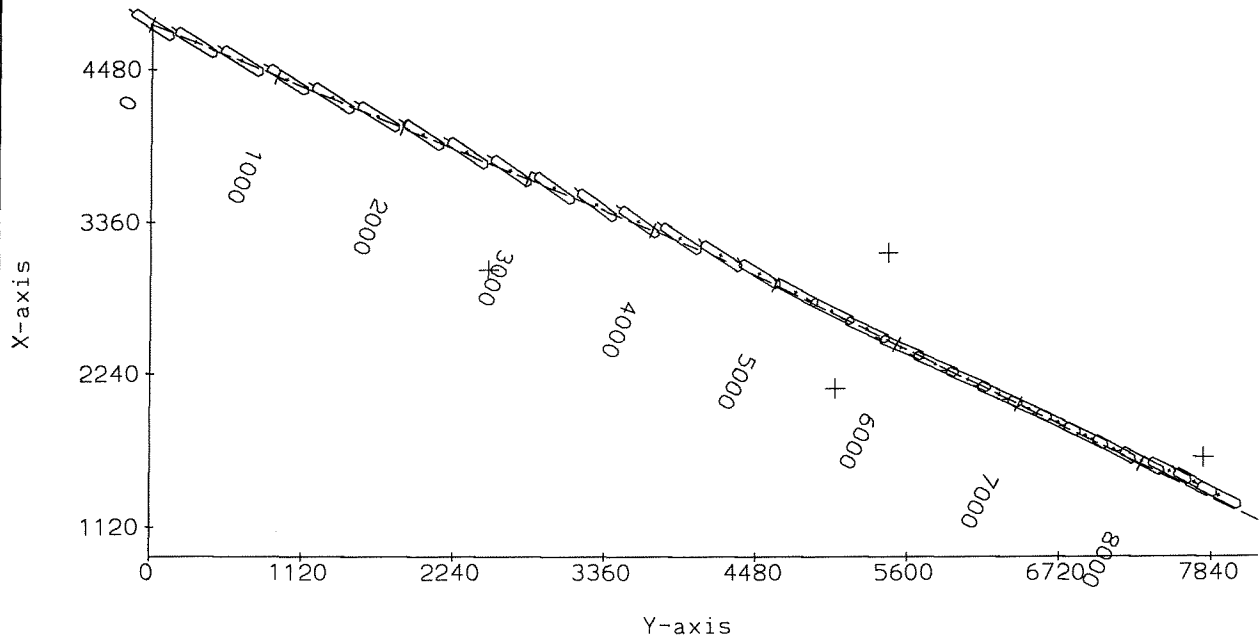
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

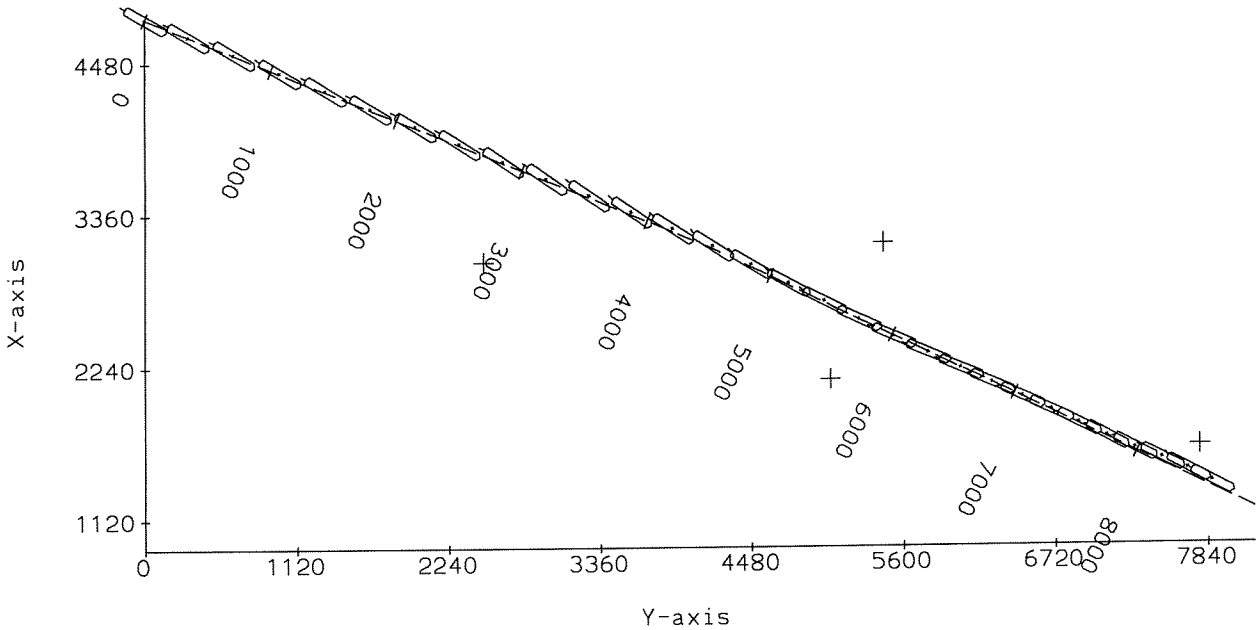
FIG. n38s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n39shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n39s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n40shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n40s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

n41shp1s
Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

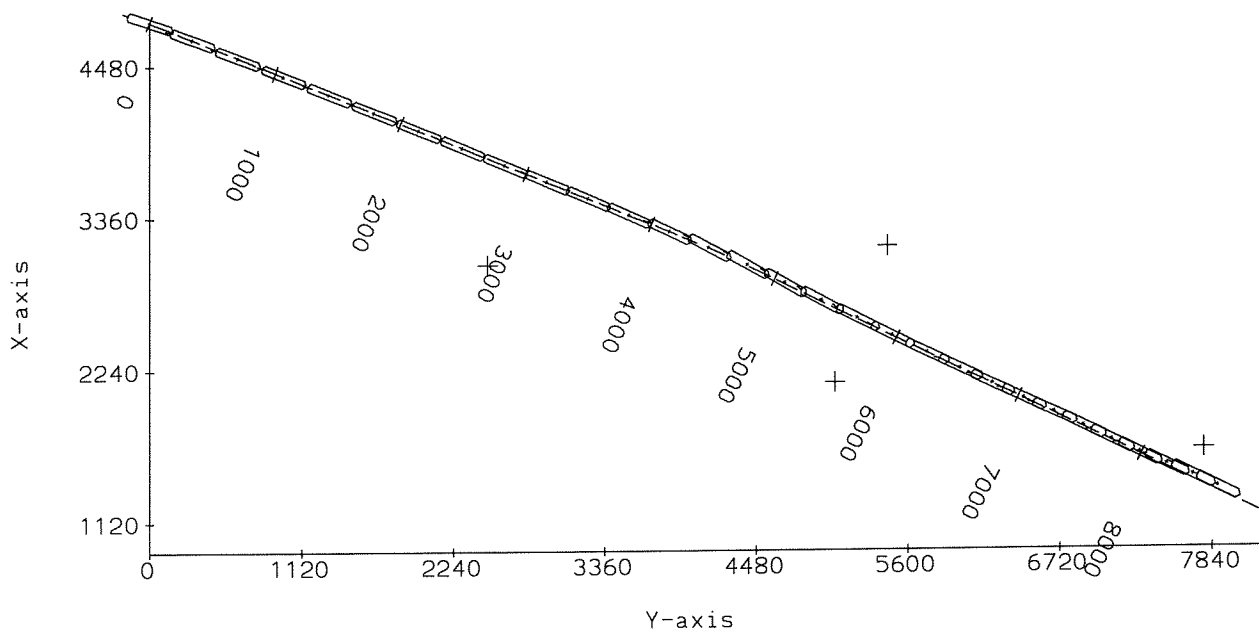
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek FIG. n41s1s

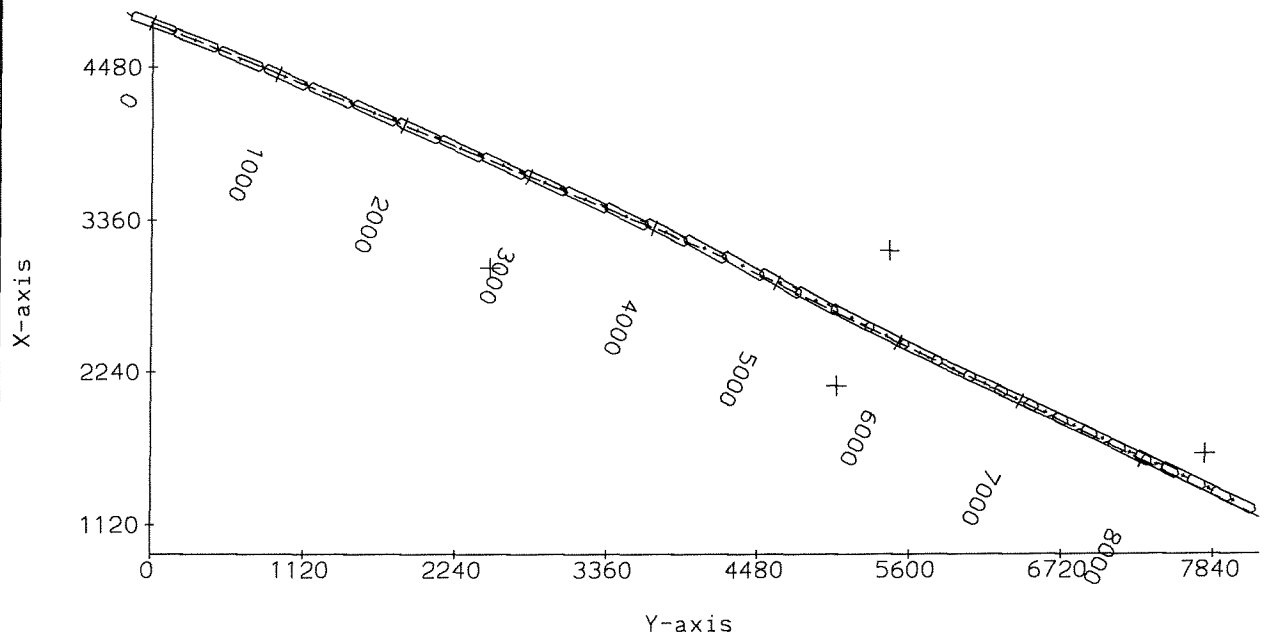


Bijlage K-2

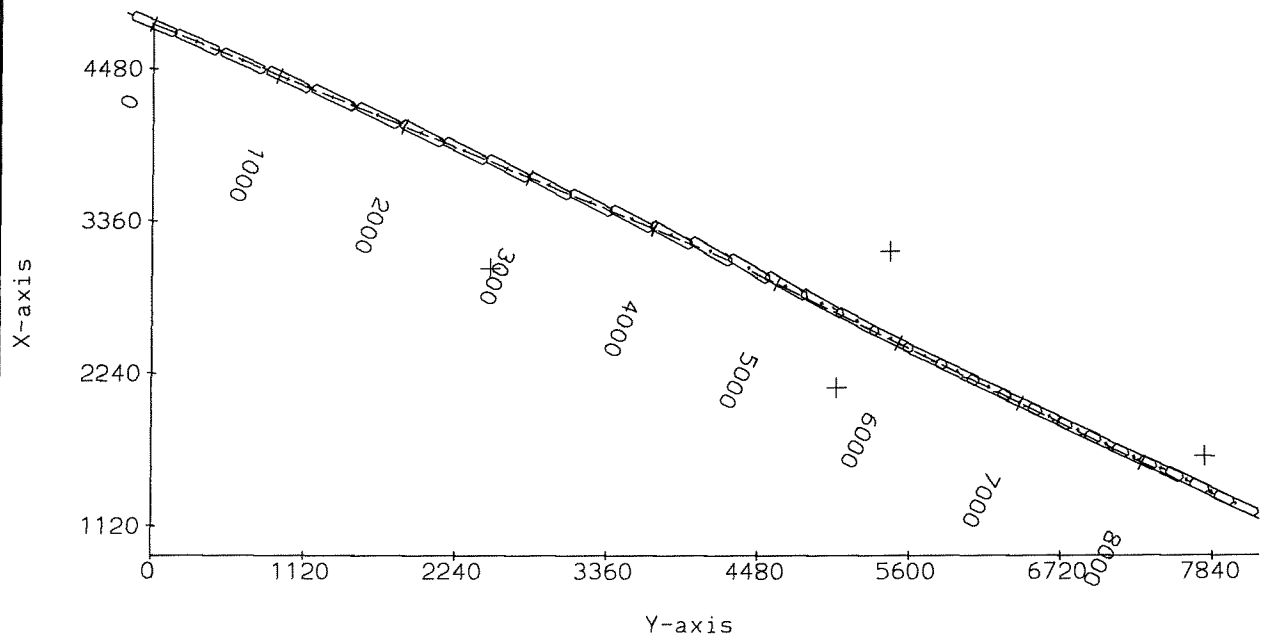
Trackplots voor NW-wind, schip 2, springtij,
stap 30 t/m 4 l



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n30shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n30s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n31shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n31s2s

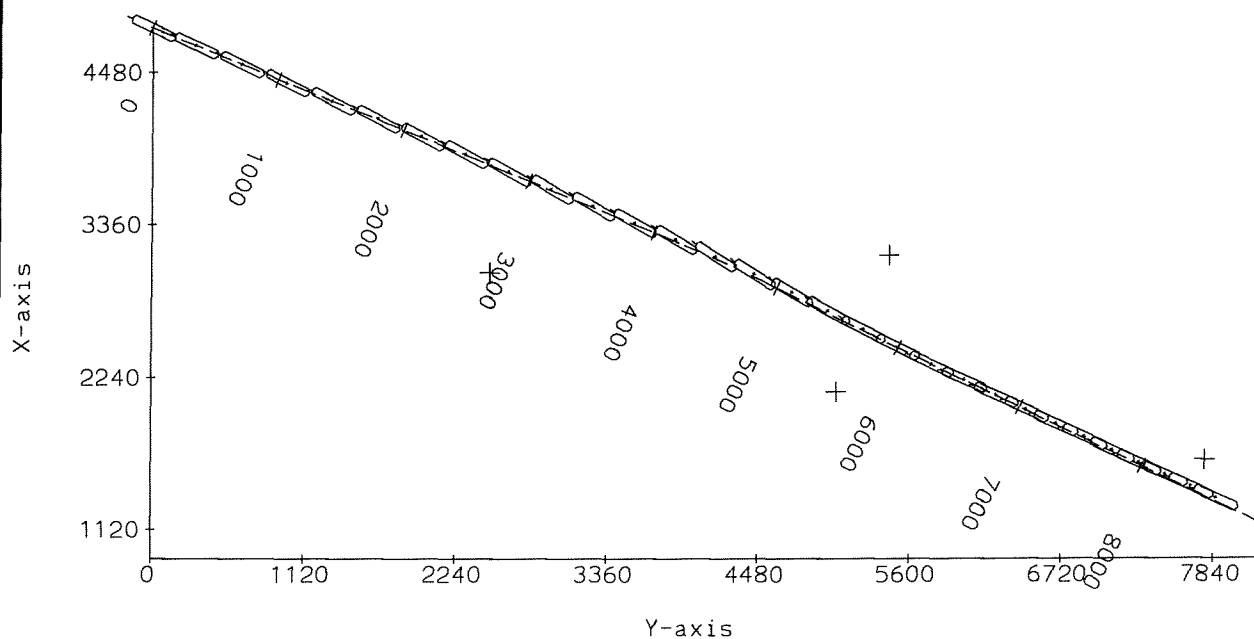


Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

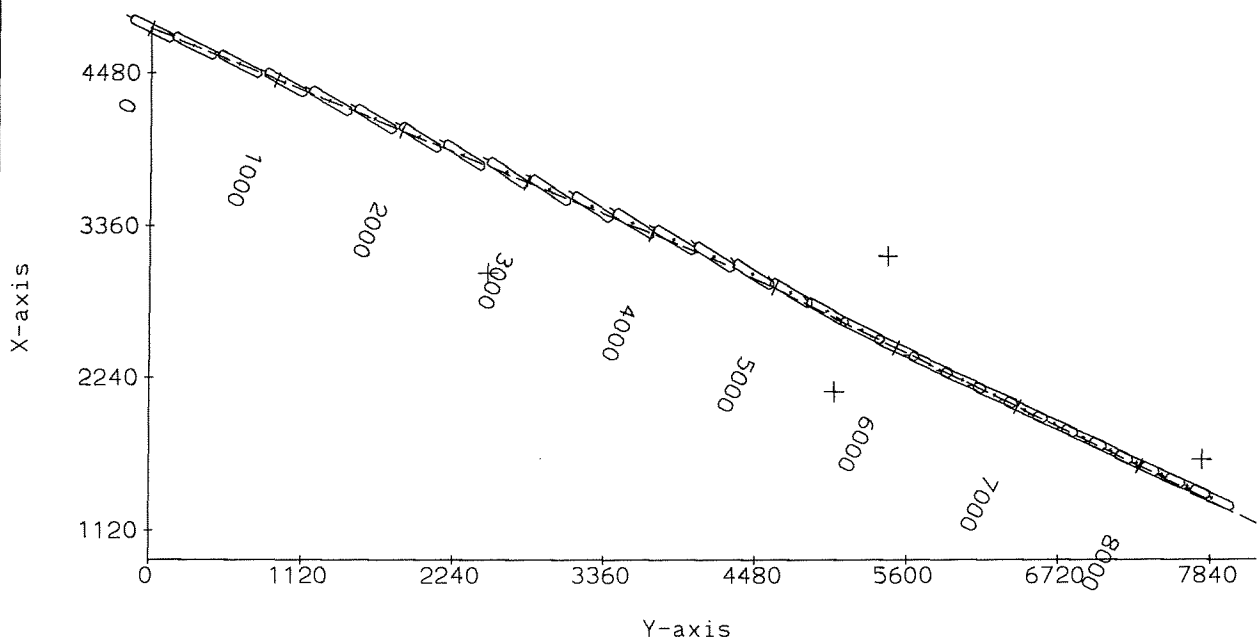
n32shp2s
Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek
FIG. n32s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n33shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n33s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

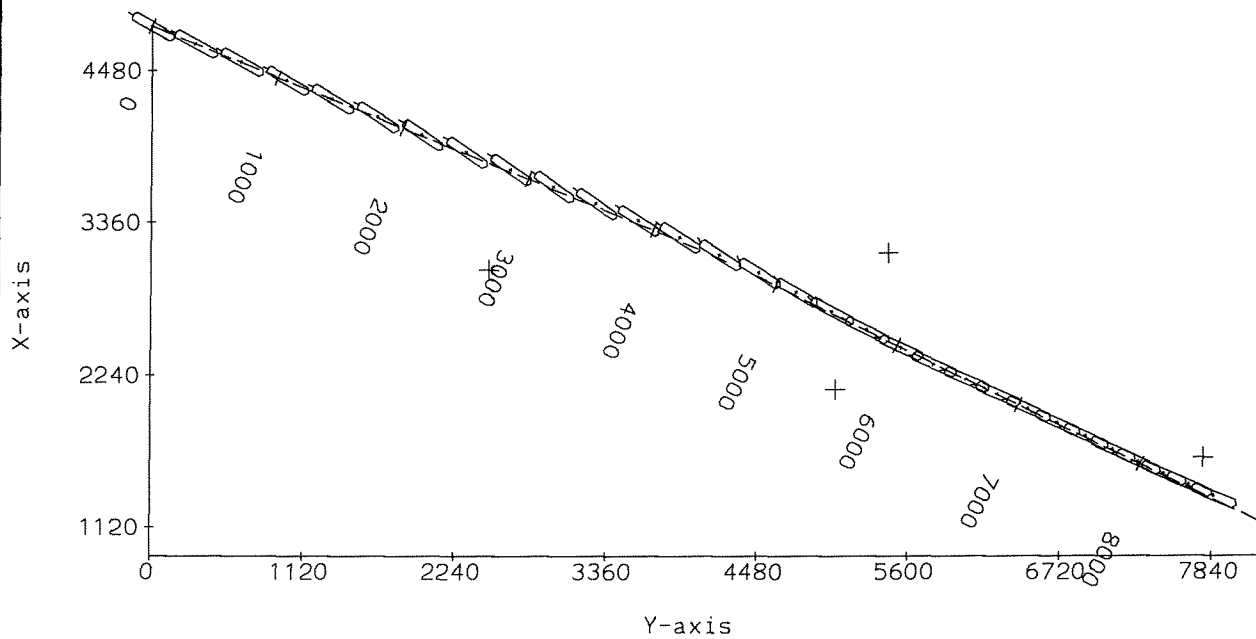
n34shp2s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

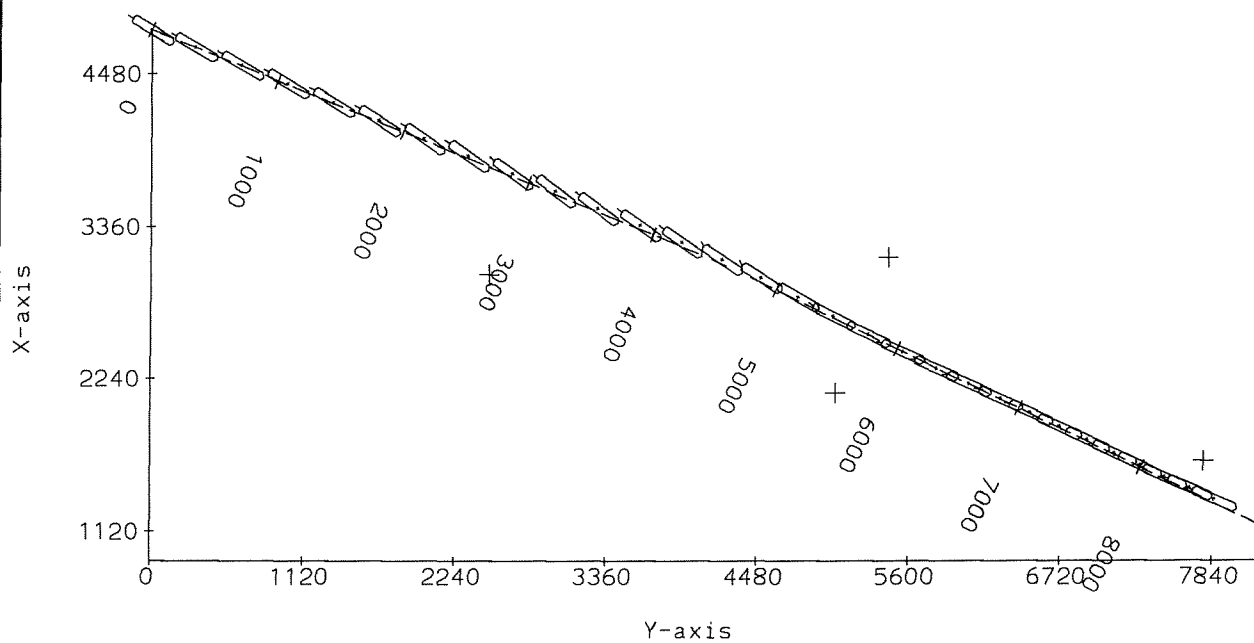
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n34s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n35shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n35s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

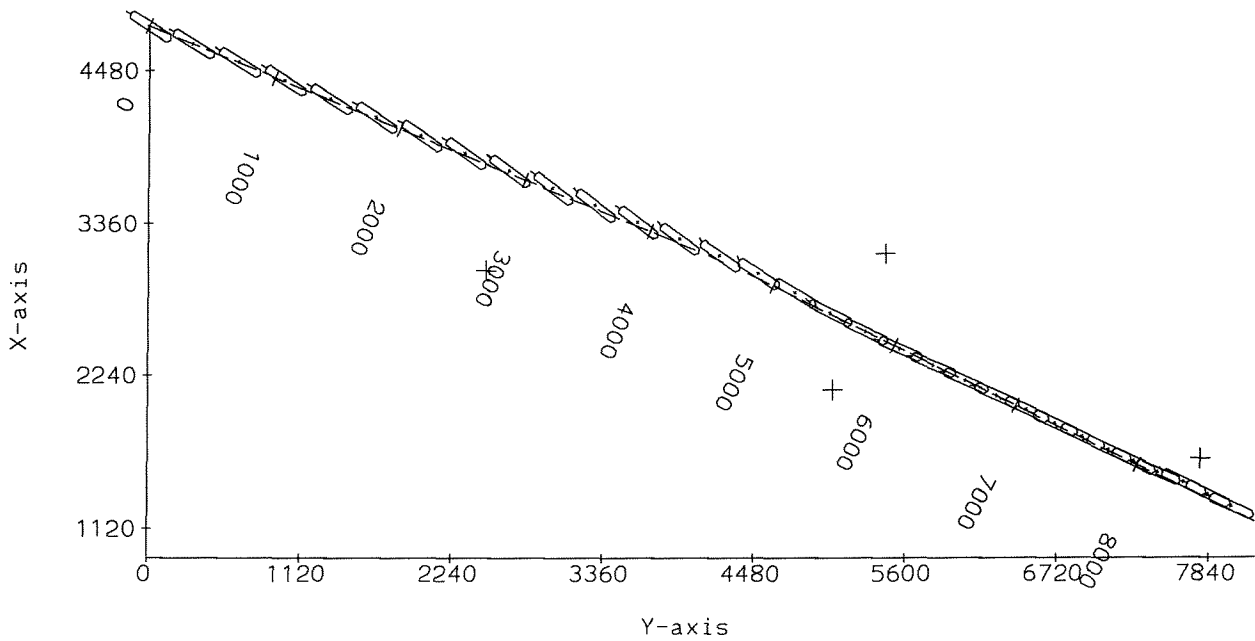
n36shp2s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

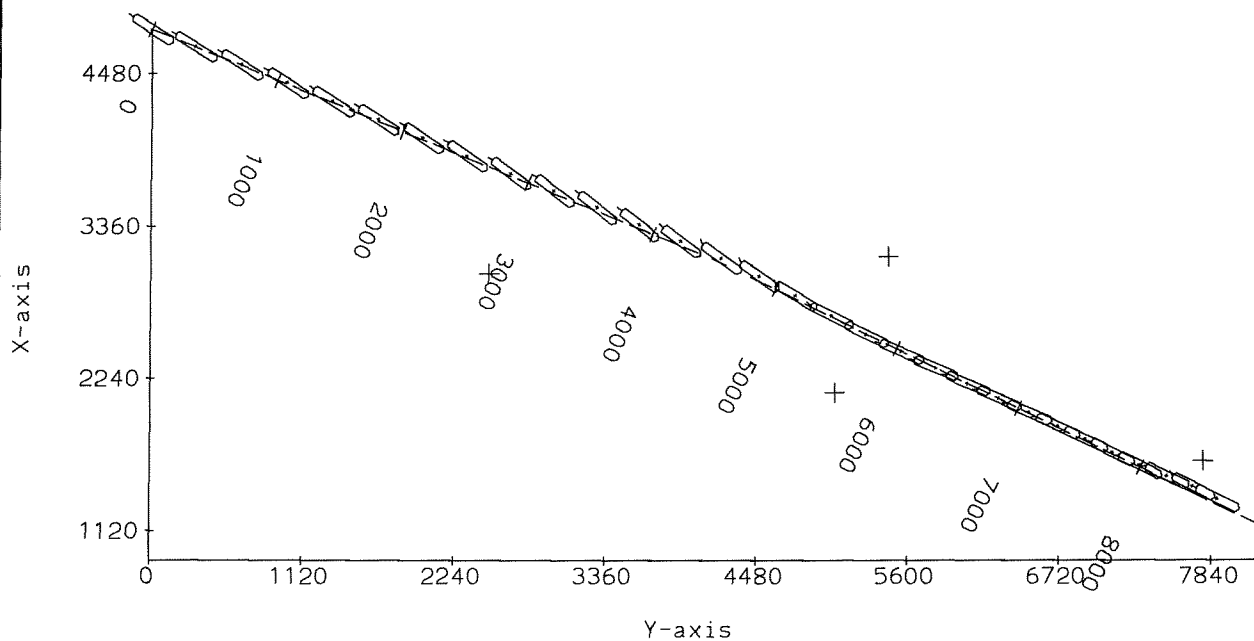
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

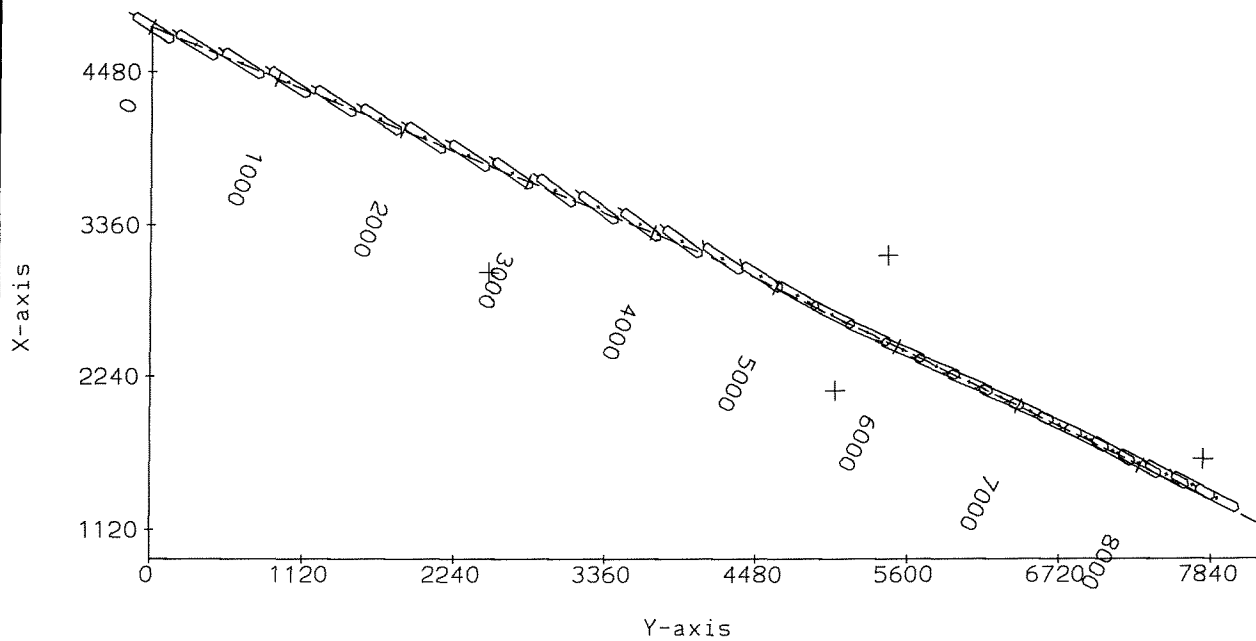
FIG. n36s2s



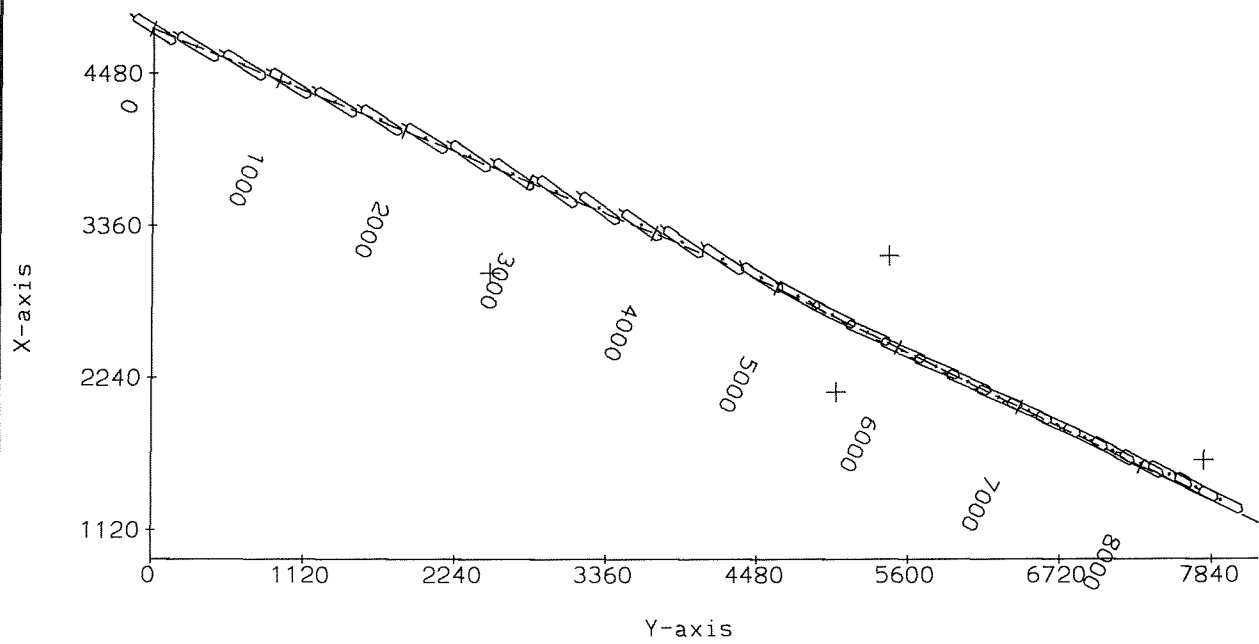
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n37shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n37s2s



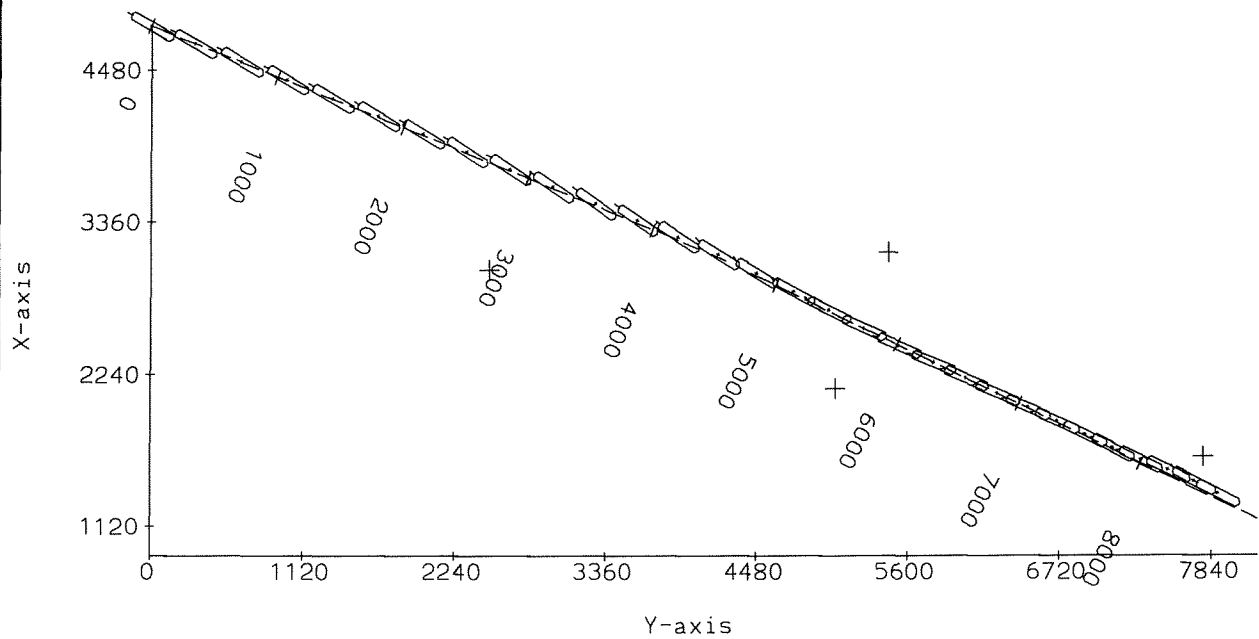
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n38shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n38s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n39shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n39s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n40shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n40s2s

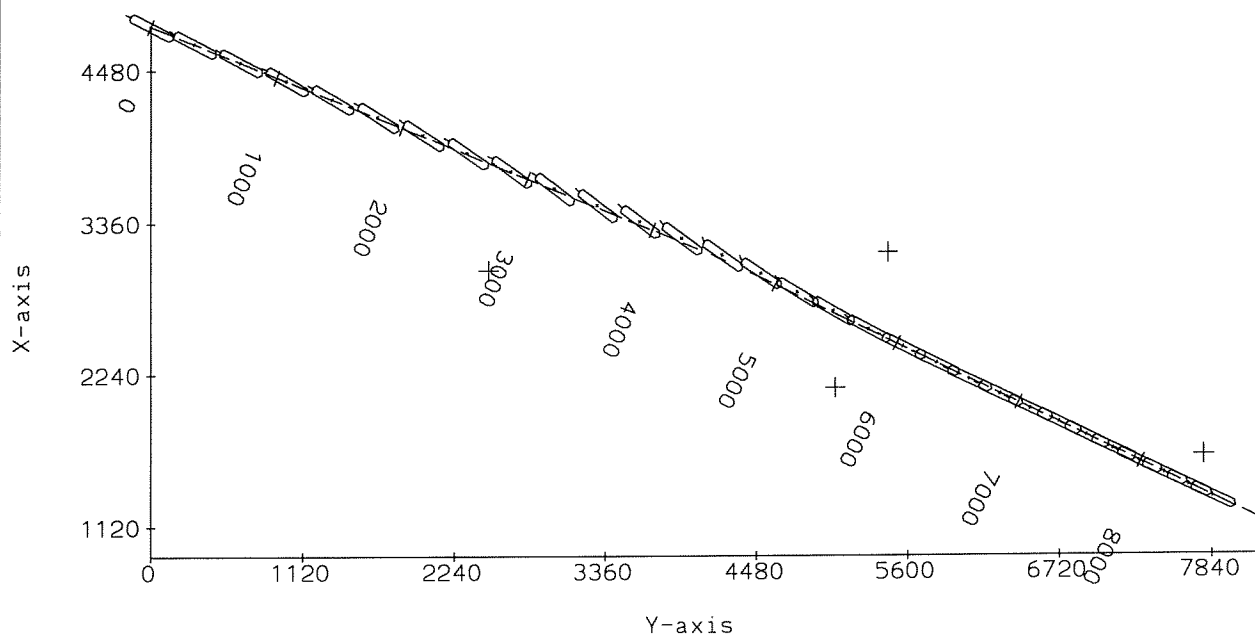


Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	n41shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n41s2s



Bijlage K-III

Trackplots voor ZW-wind, schip I, springtij,
stap 30 t/m 4 I



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

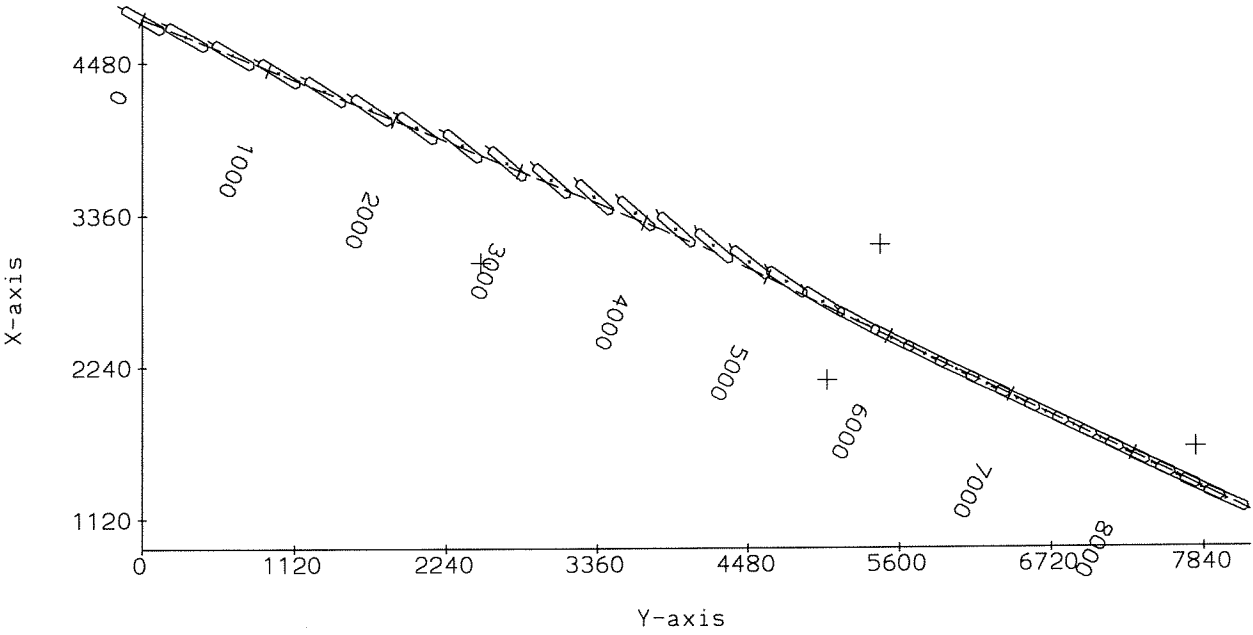
z30shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

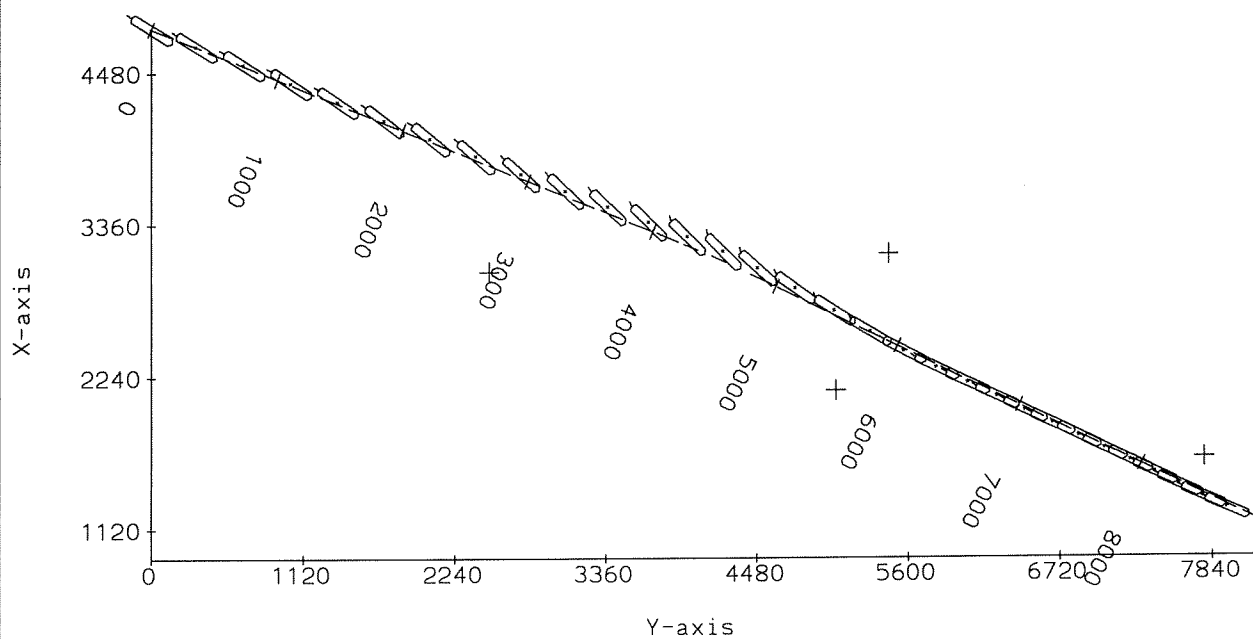
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z30s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z31shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z31s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

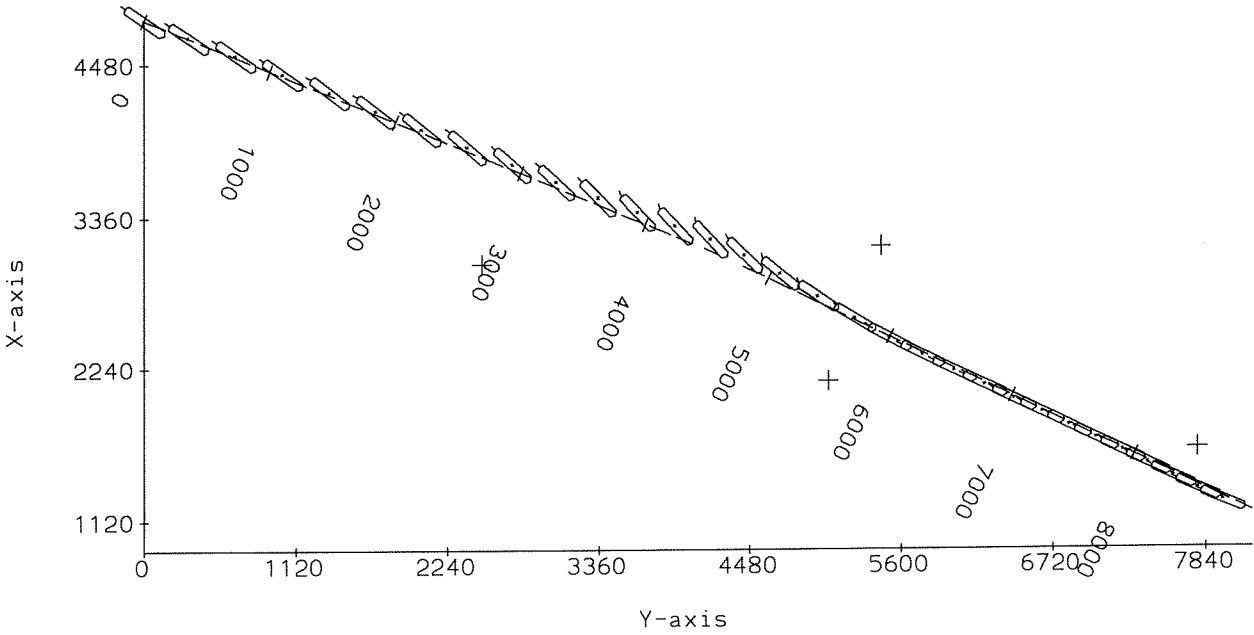
z32shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

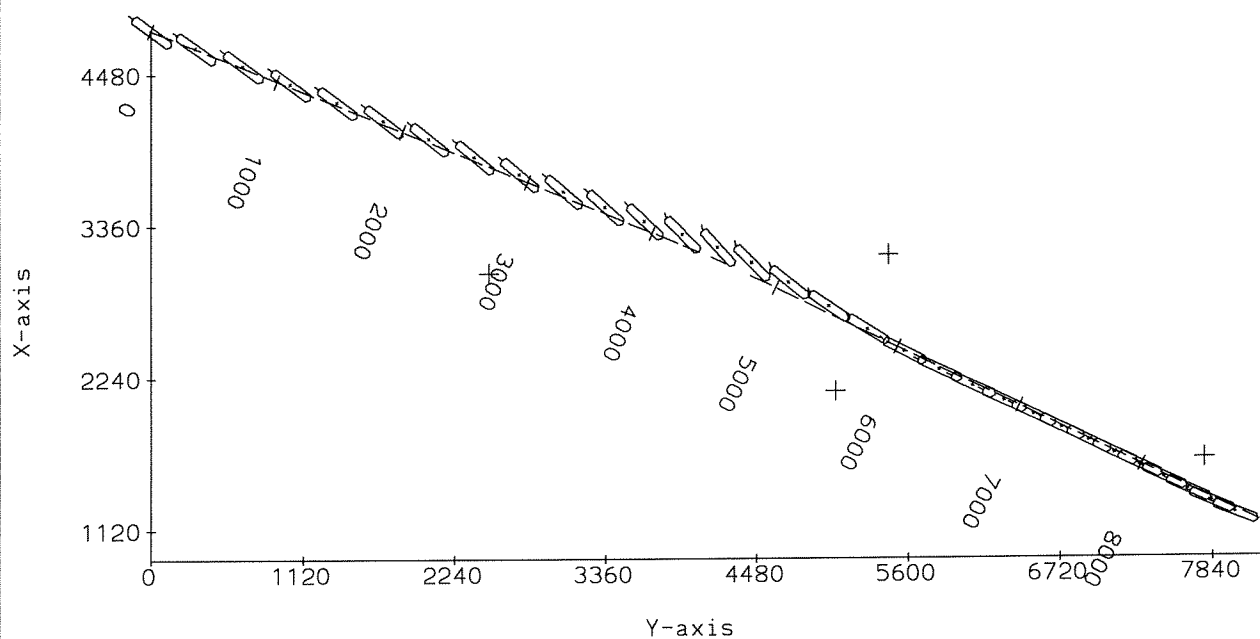
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z32s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z33shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z33s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

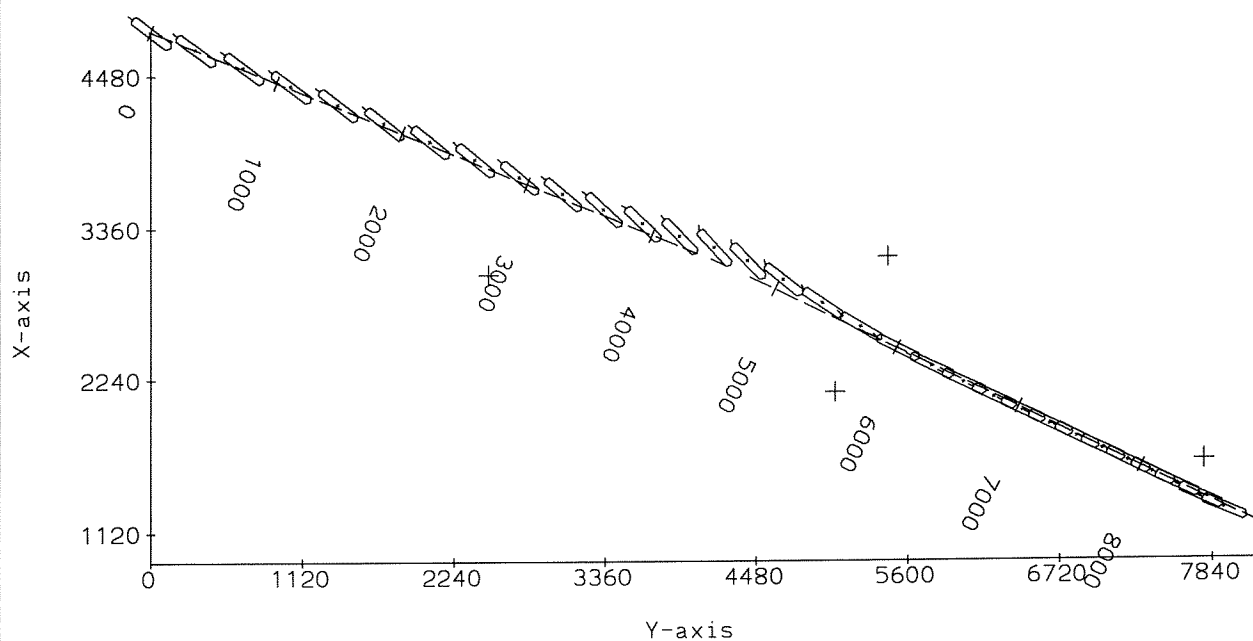
z34shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z34s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

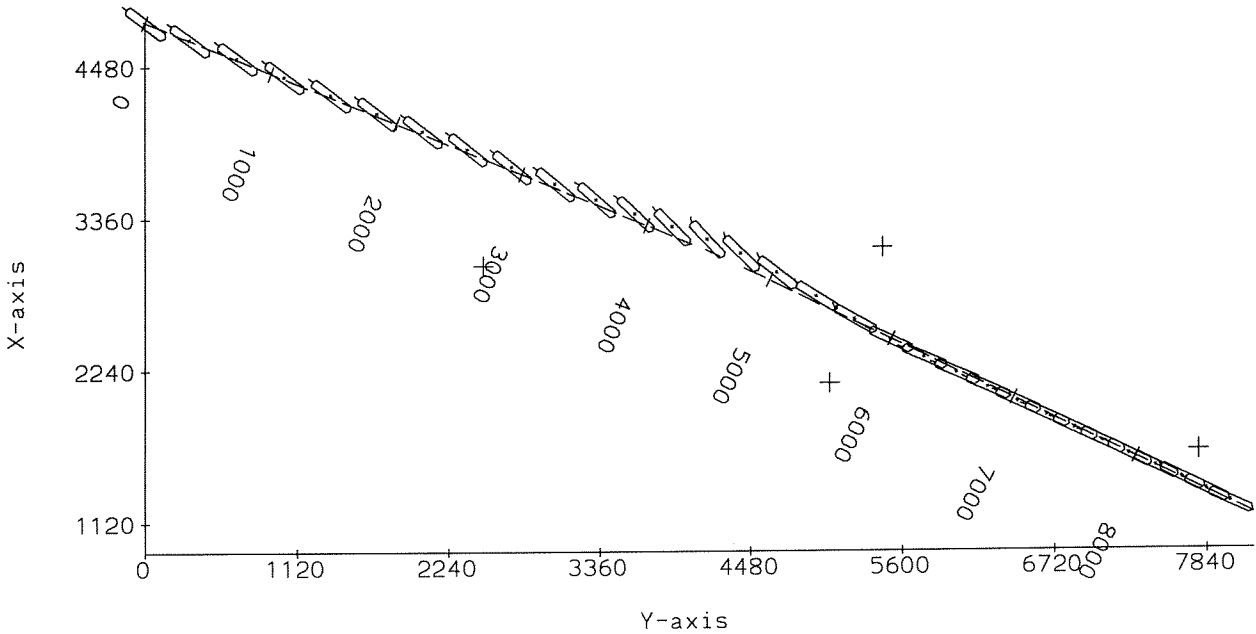
z35shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

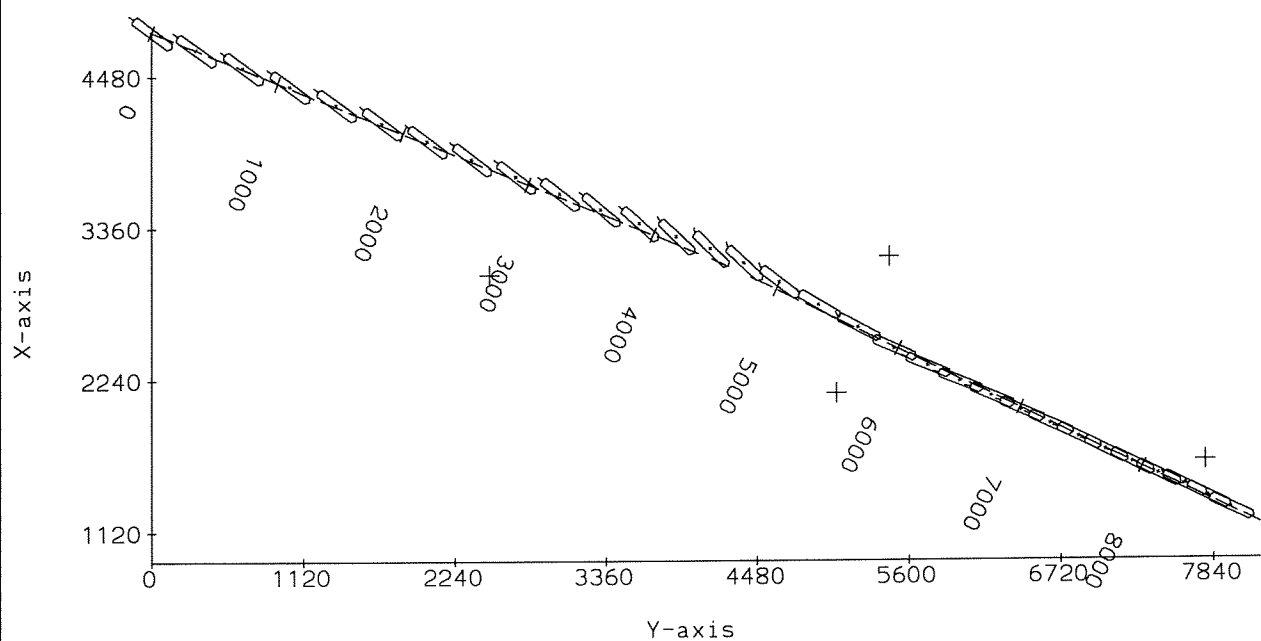
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z35s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z36shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z36s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

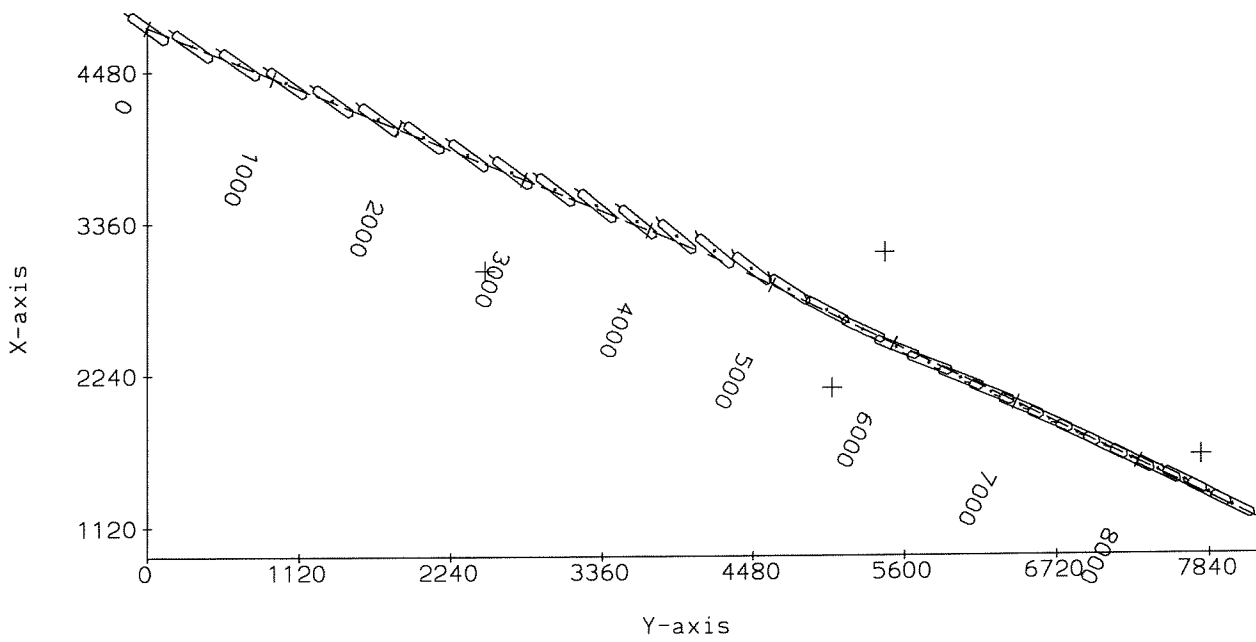
z37shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

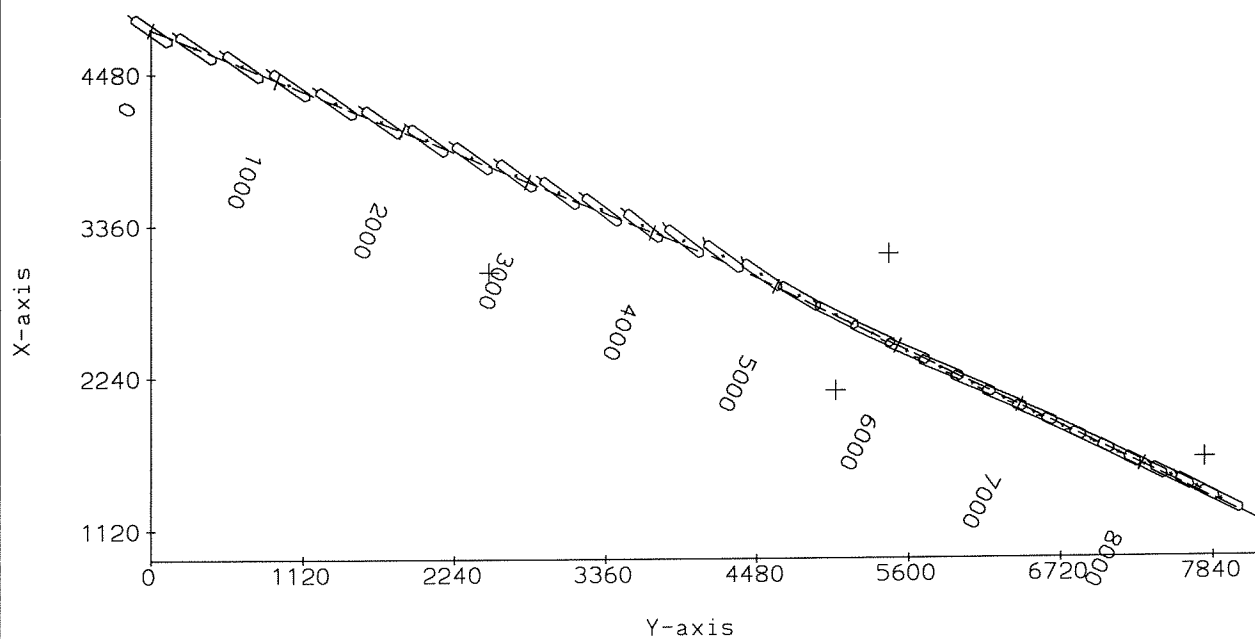
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z37s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z38shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z38s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

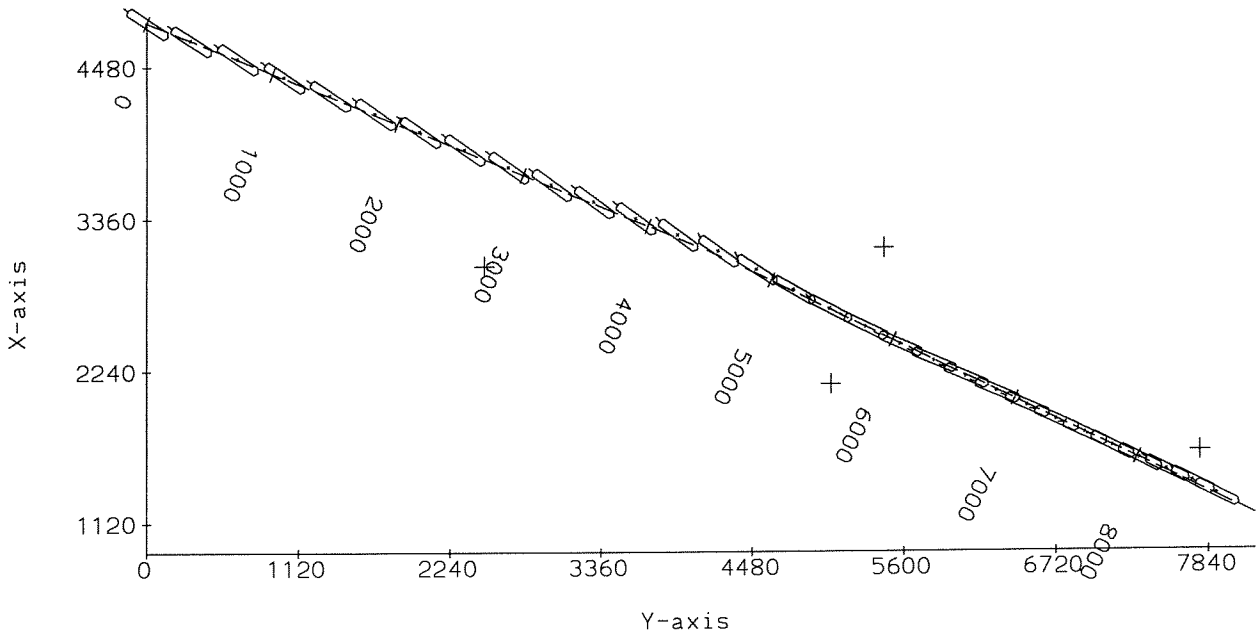
z39shp1s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

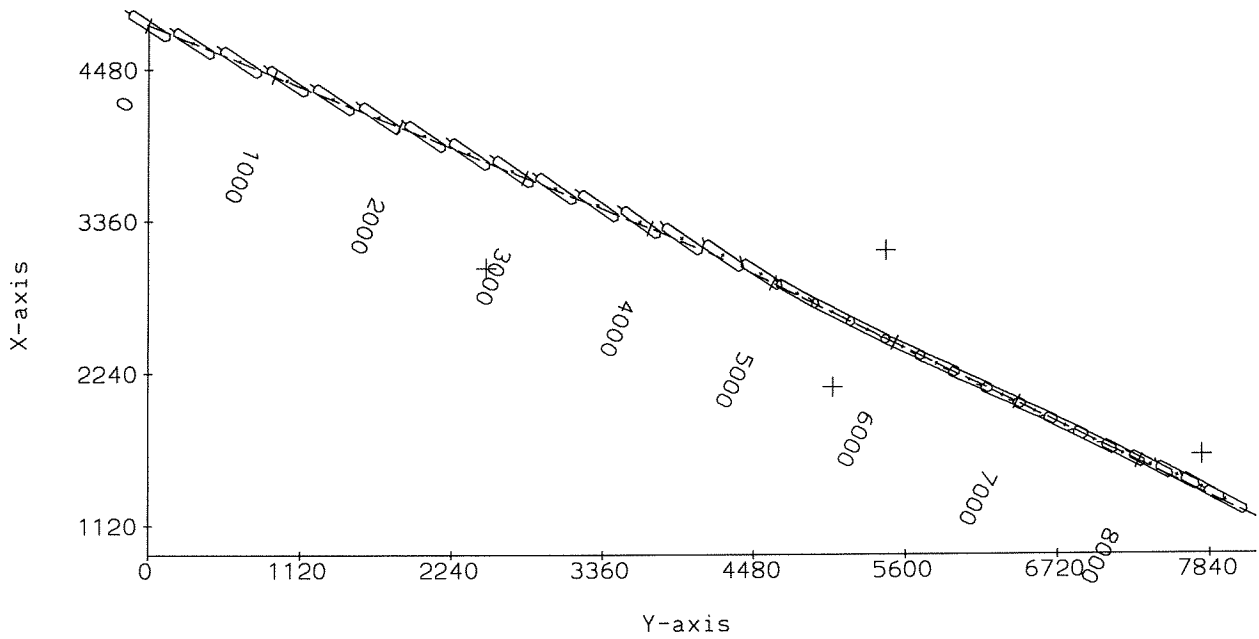
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z39s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z40shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z40s1s

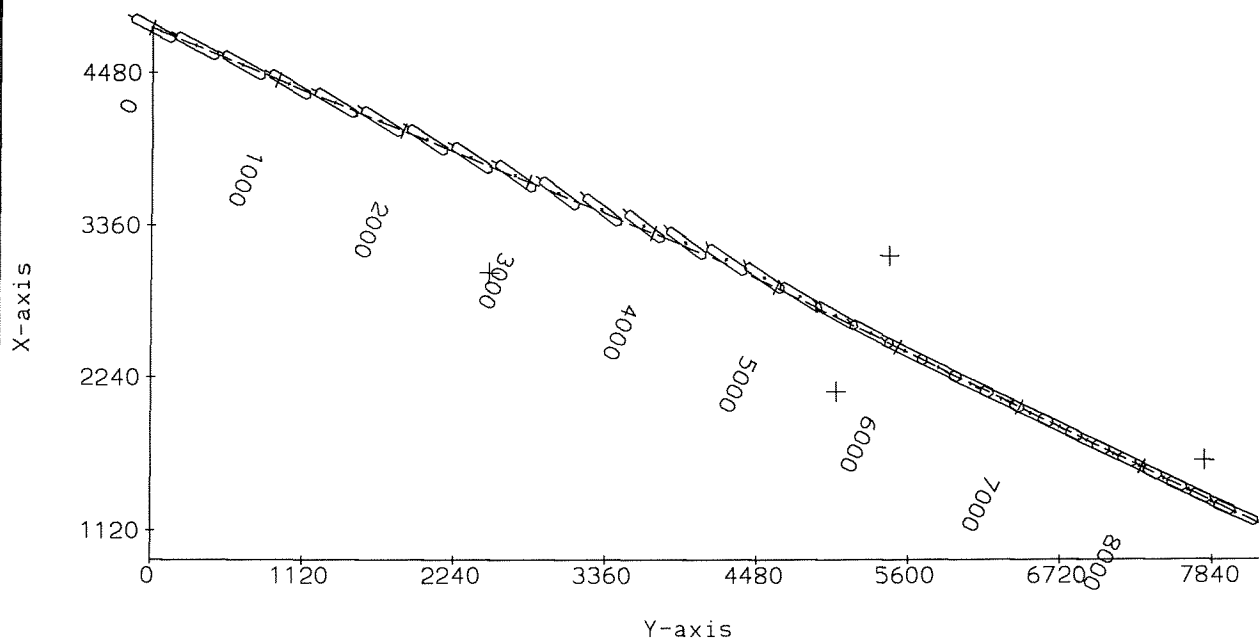


Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z41shp1s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z41s1s

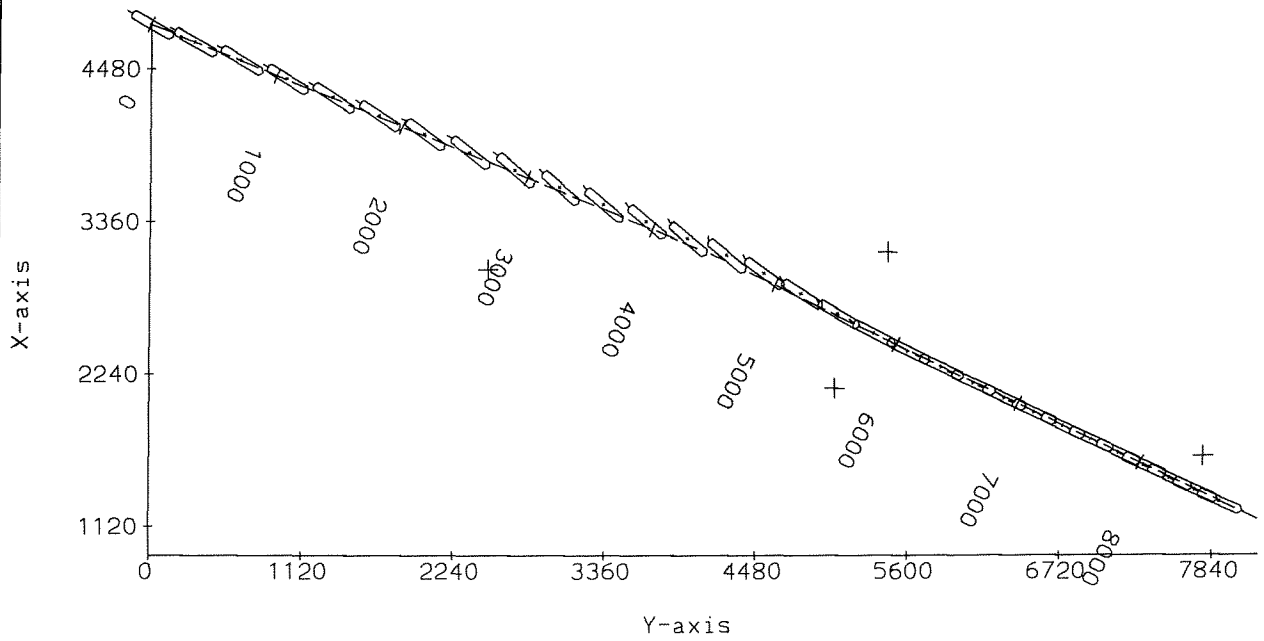


Bijlage K-IV

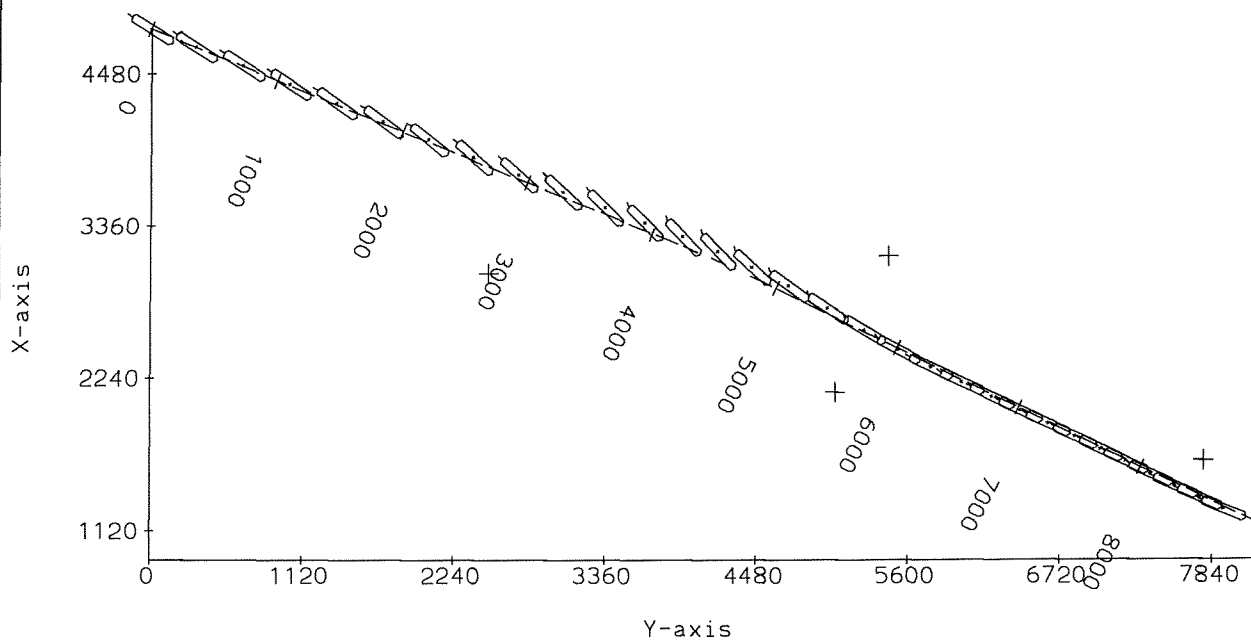
Trackplots voor ZW-wind, schip 2, springtij,
stap 30 t/m 4 l



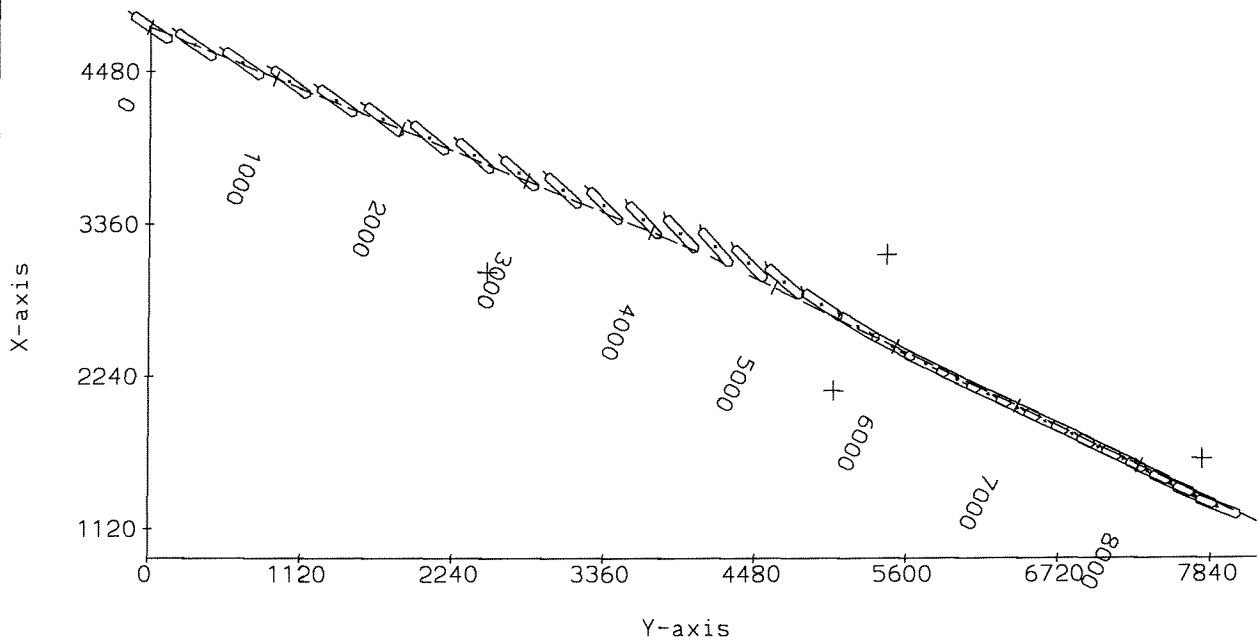
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z30shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z30s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z31shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z31s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z32shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z32s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

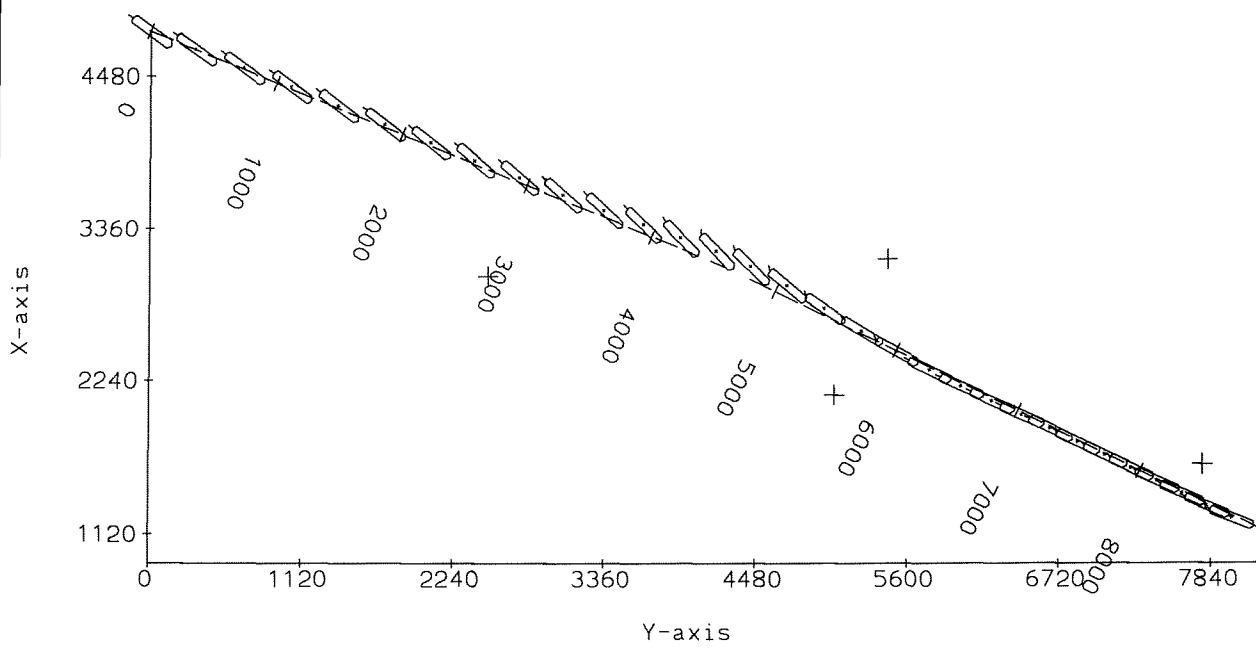
z33shp2s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

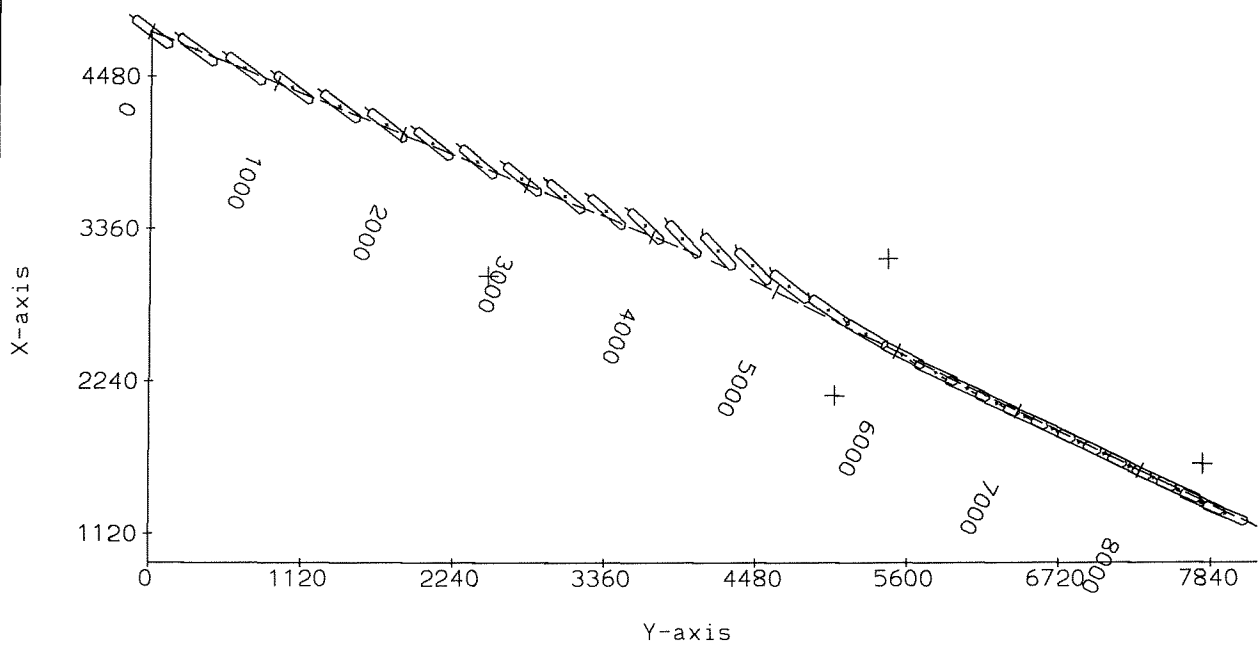
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

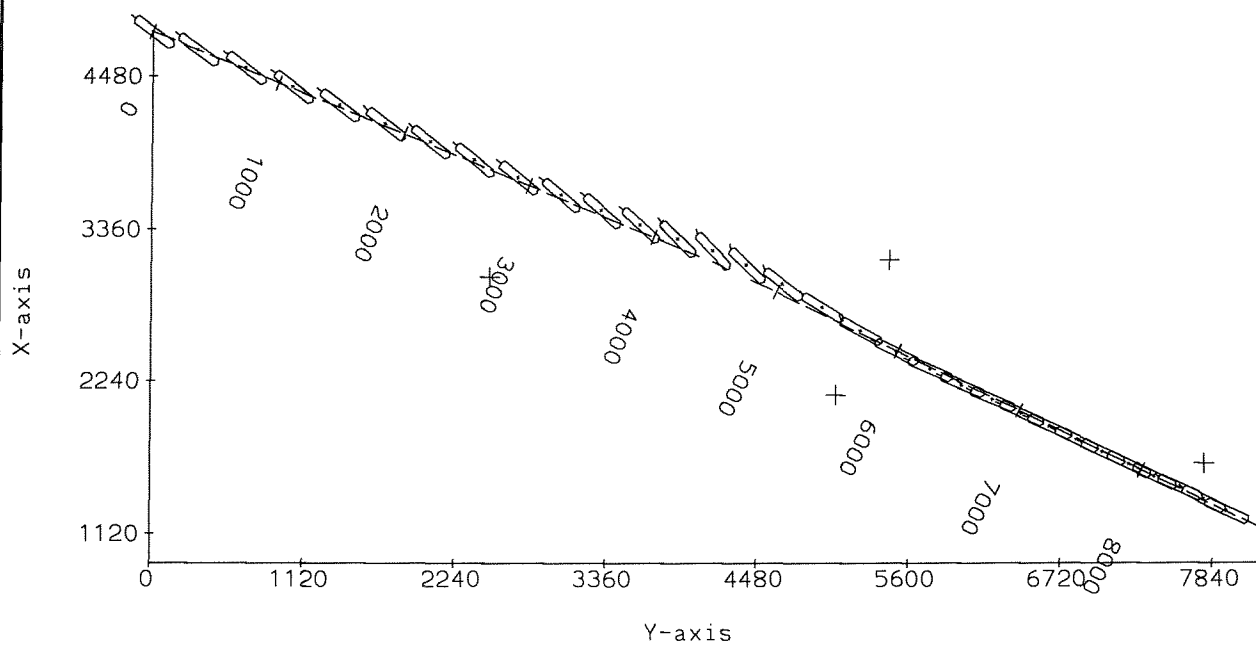
FIG. z33s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z34shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z34s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z35shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z35s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

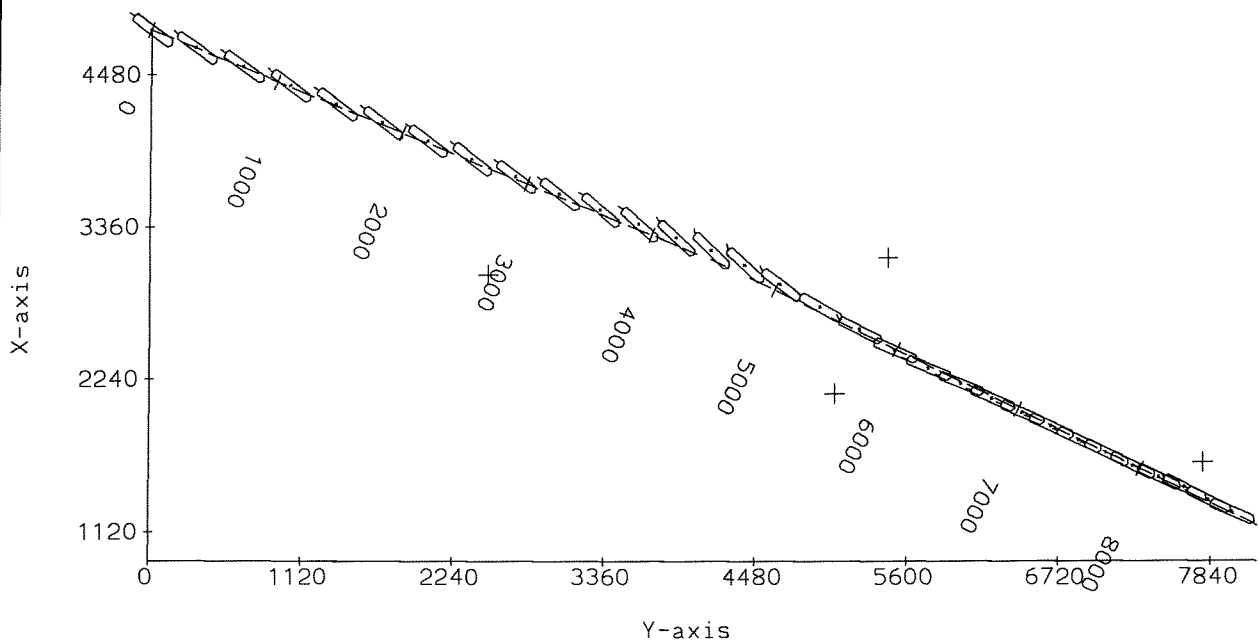
z36shp2s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z36s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

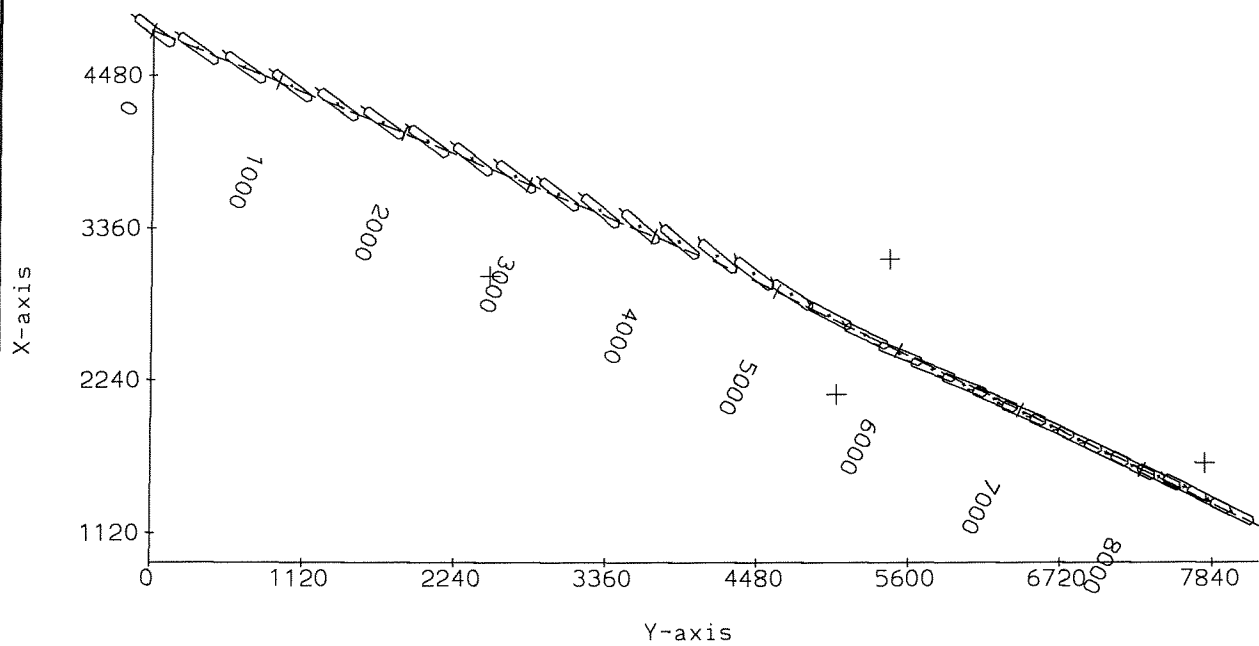
z37shp2s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

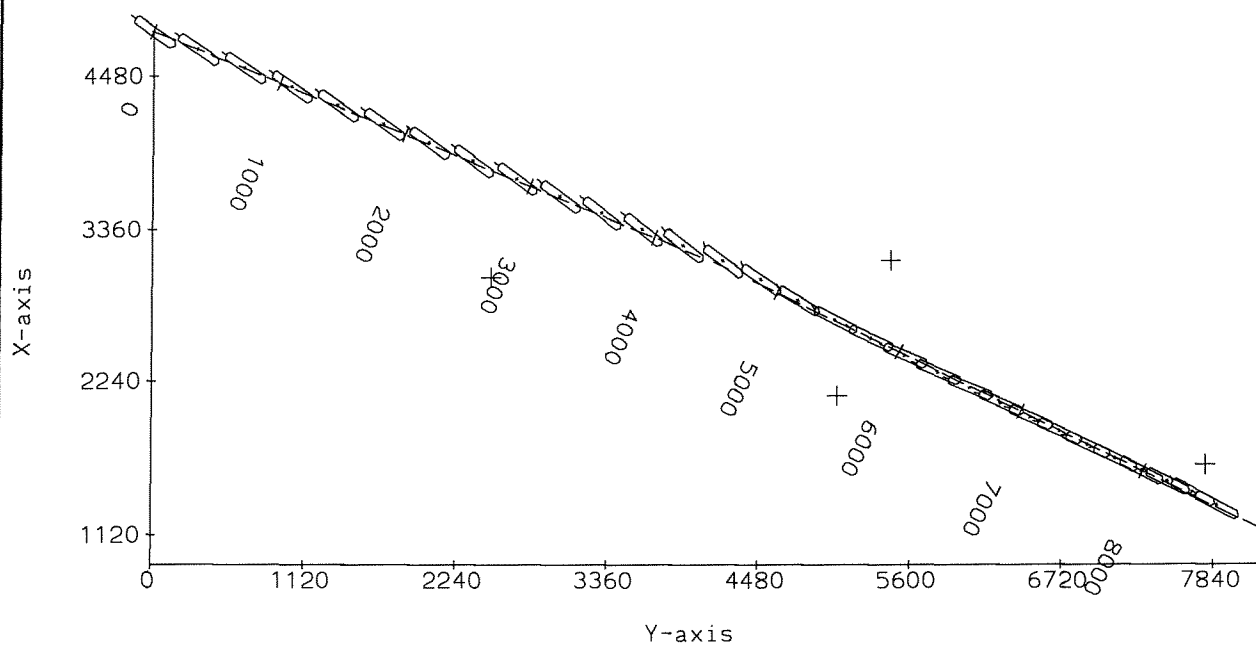
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z37s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z38shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z38s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Afgelegde vaarbaan met stroming

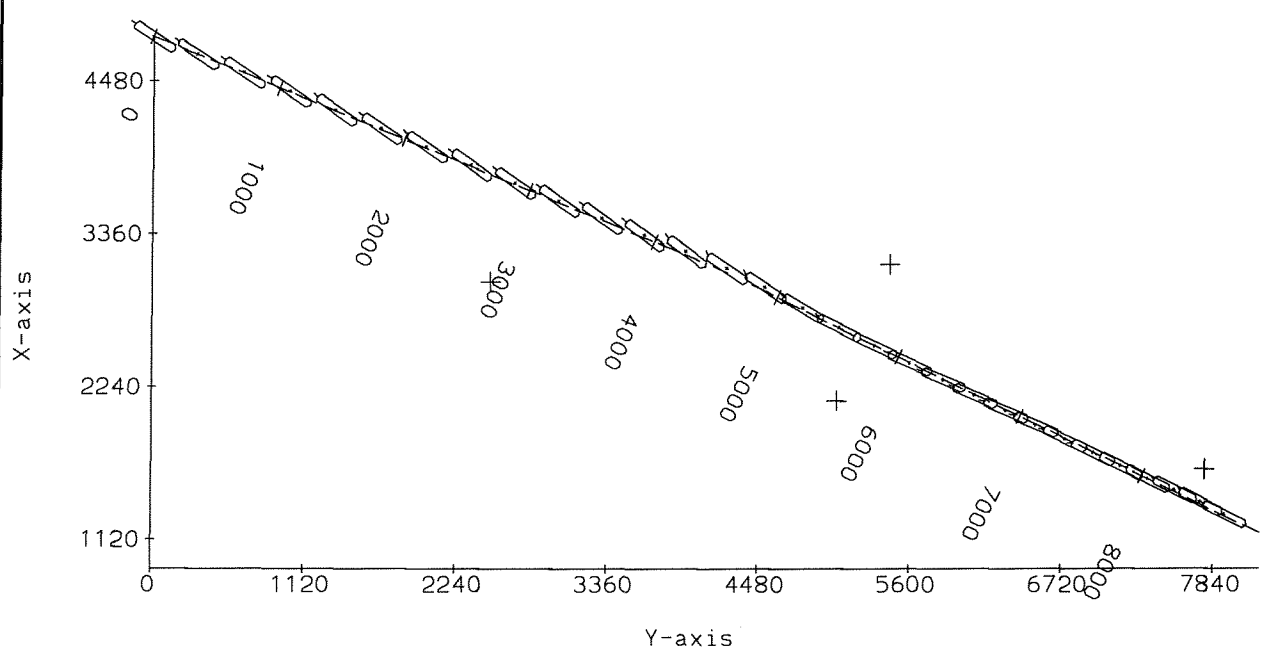
z39shp2s

Scale 1: 56000
Plotinterval: 96.0 s

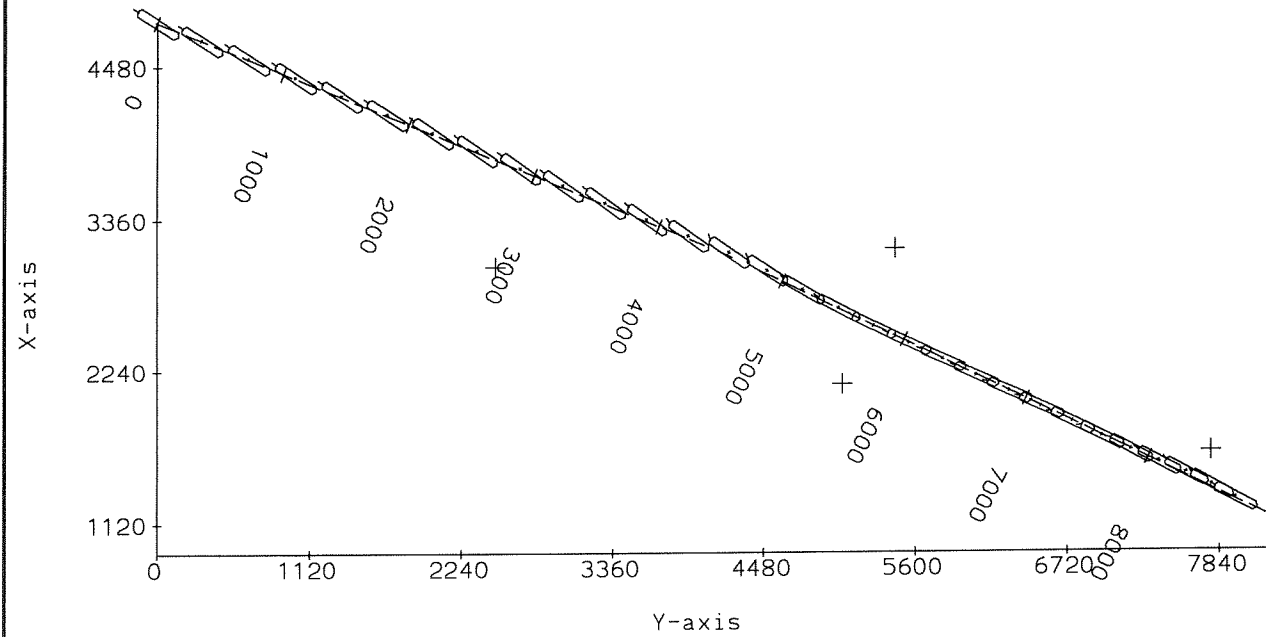
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z39s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z40shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z40s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Afgelegde vaarbaan met stroming	z41shp2s	
	Scale 1: 56000 Plotinterval: 96.0 s	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. z41s2s

Verbetering horizontaal toelatingsbeleid voor zeeschepen in de haven van Rotterdam

Bijlagen Eindrapport

**Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Afdeling Scheepvaart
A. van der Hoek
november 1997**



OVERZICHT BIJLAGEN L t/m O

Bijlage L : Dataplots van runs voor normaal snelheidsregime

- Bijlage L-I : Dataplots normaal snelheidsregime voor NW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 41
- Bijlage L-II : Dataplots normaal snelheidsregime voor NW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 41
- Bijlage L-III : Dataplots normaal snelheidsregime voor ZW-wind, schip 1, springtij, stap 30 t/m 41
- Bijlage L-IV : Dataplots normaal snelheidsregime voor ZW-wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 41

Bijlage M : Dataplots van runs voor hoog snelheidsregime

- Bijlage M-I : Dataplots hoog snelheidsregime voor NW-wind, schip 2, springtij, stap 36 t/m 39
- Bijlage M-II : Dataplots hoog snelheidsregime voor ZW-wind, schip 2, springtij, stap 33 t/m 39

Bijlage N : Dataplots vergelijkingsruns schip 1 en schip 2

- Bijlage N-I : Dataplots vergelijkingsruns schip 1 en 2 voor NW-wind, springtij, stap 30, 37 en 41
- Bijlage N-II : Dataplots vergelijkingsruns schip 1 en 2 voor ZW-wind, springtij, stap 30, 34 en 41

Bijlage O : Dataplots vergelijkingsruns dood, gemiddeld en springtij

- Bijlage O-I : Dataplots vgl. runs dood, gem. en springtij voor NW-wind, springtij, stap 30, 35 en 41
- Bijlage O-II : Dataplots vgl. runs dood, gem. en springtij voor ZW-wind, springtij, stap 30, 35 en 41



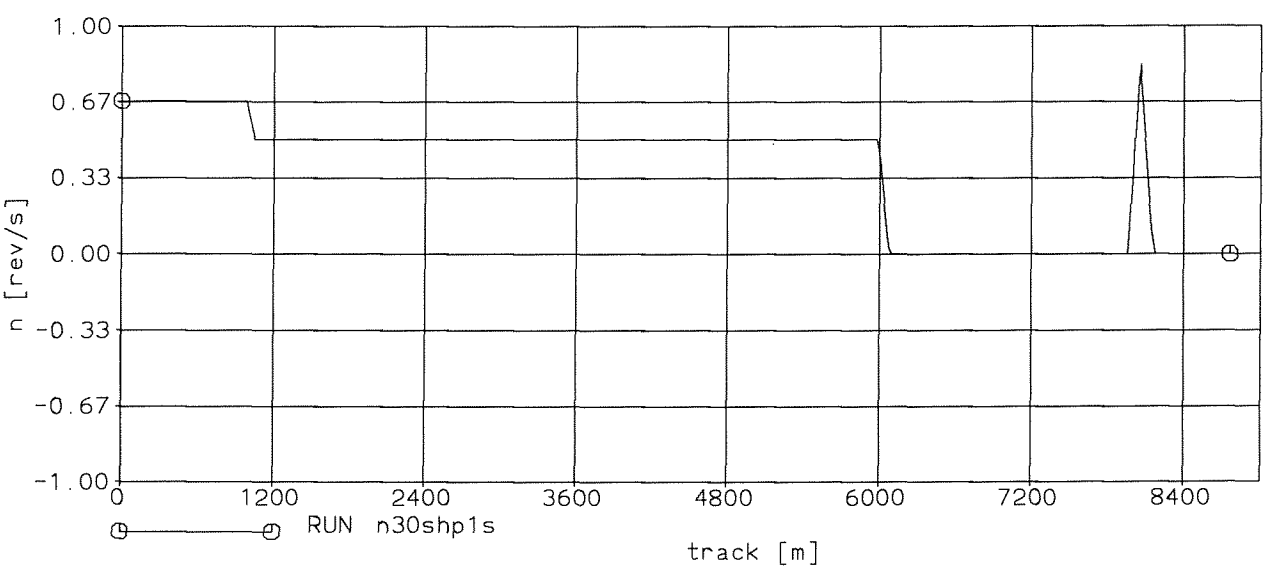
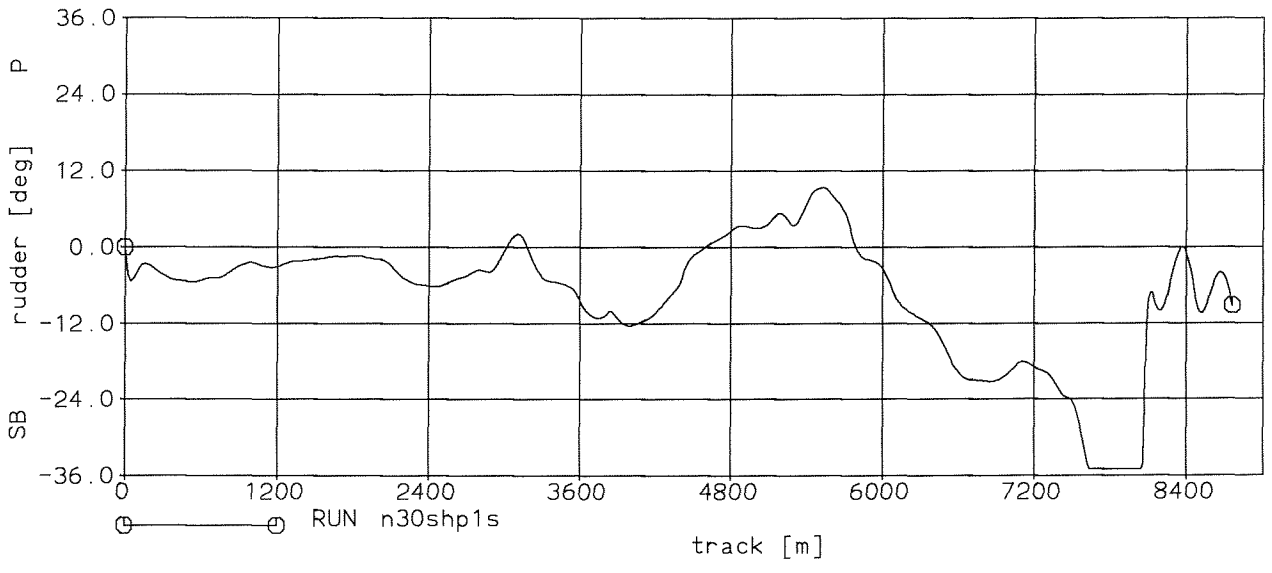
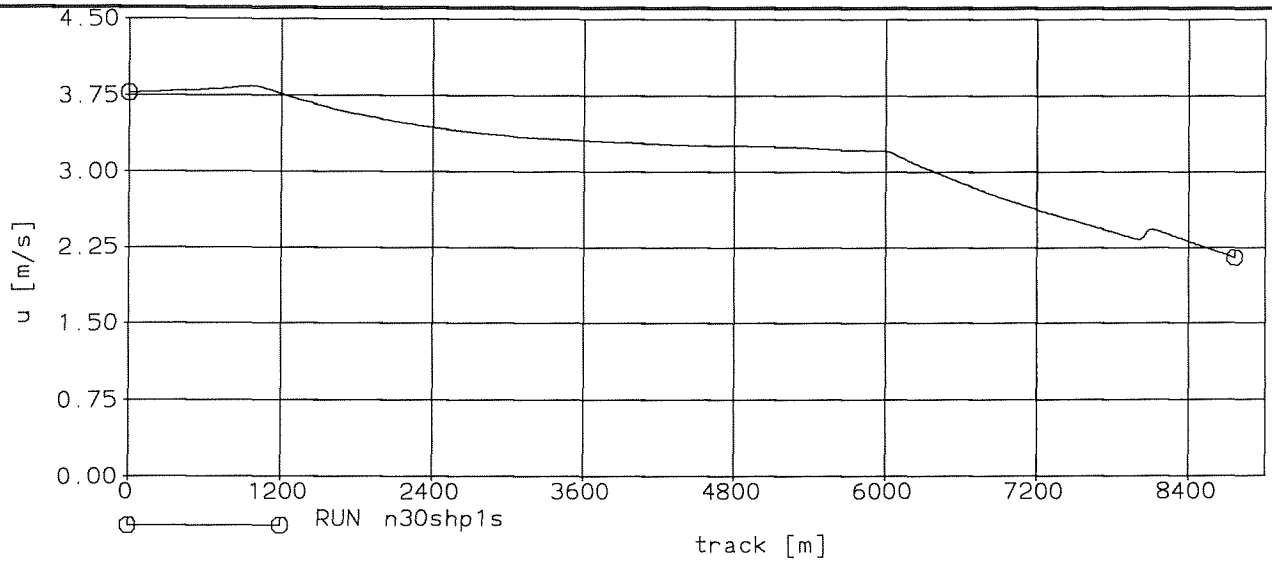
Bijlage L

Dataplots van runs voor normaal snelheidsregime



Bijlage L-I

**Dataplots normaal snelheidsregime voor NW-
wind, schip I, springtij, stap 30 t/m 4 I**



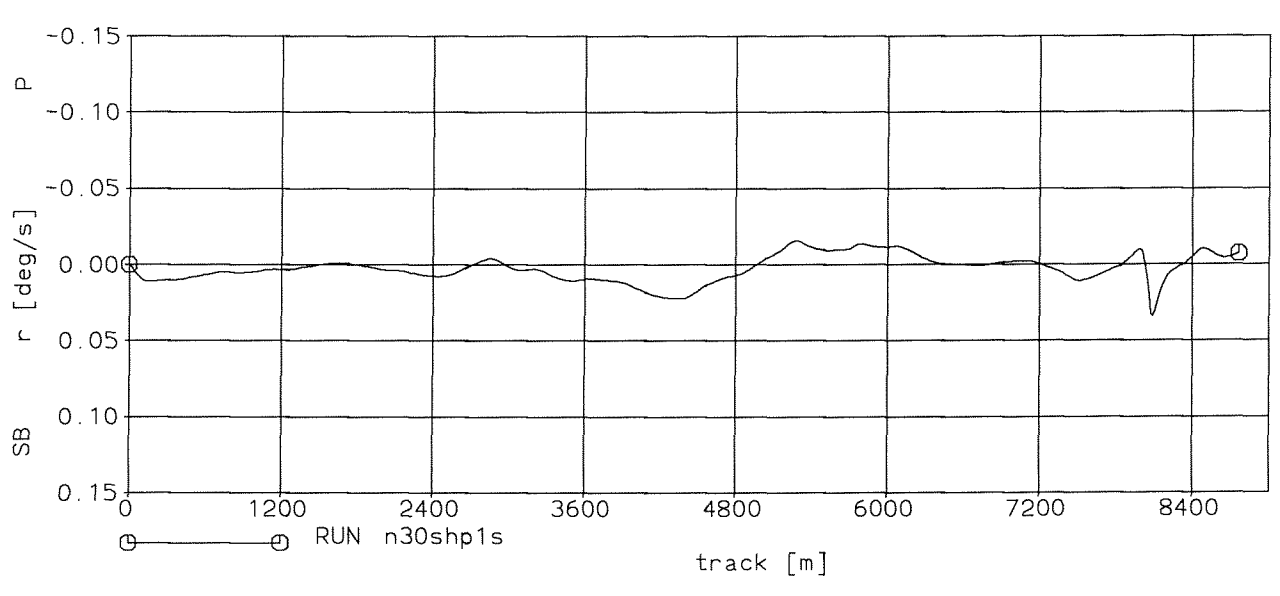
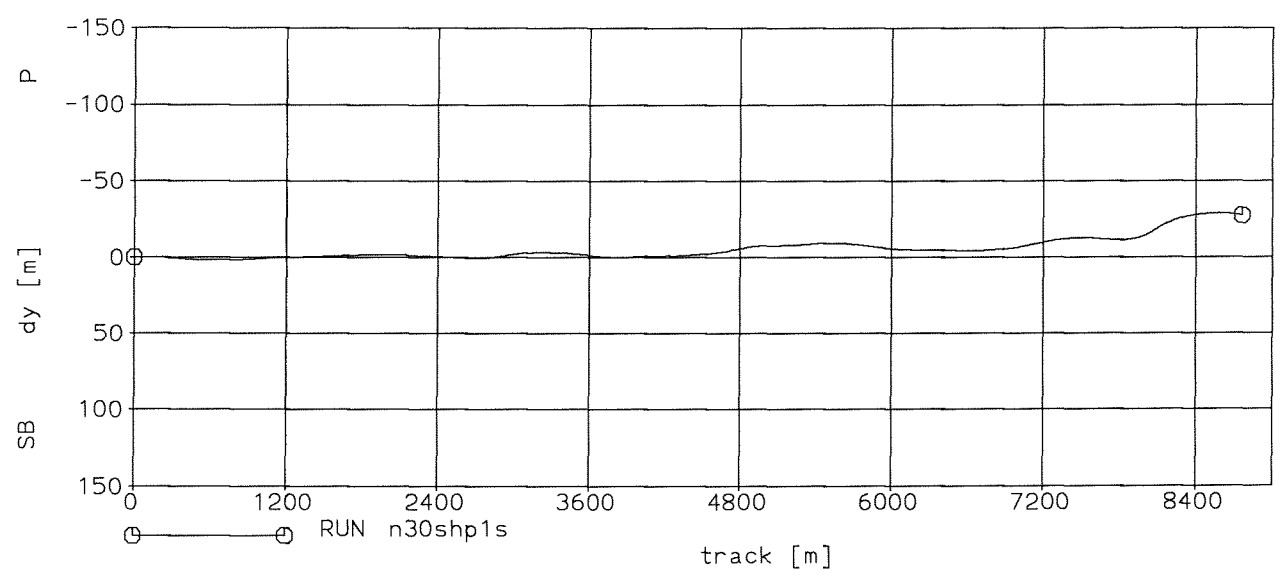
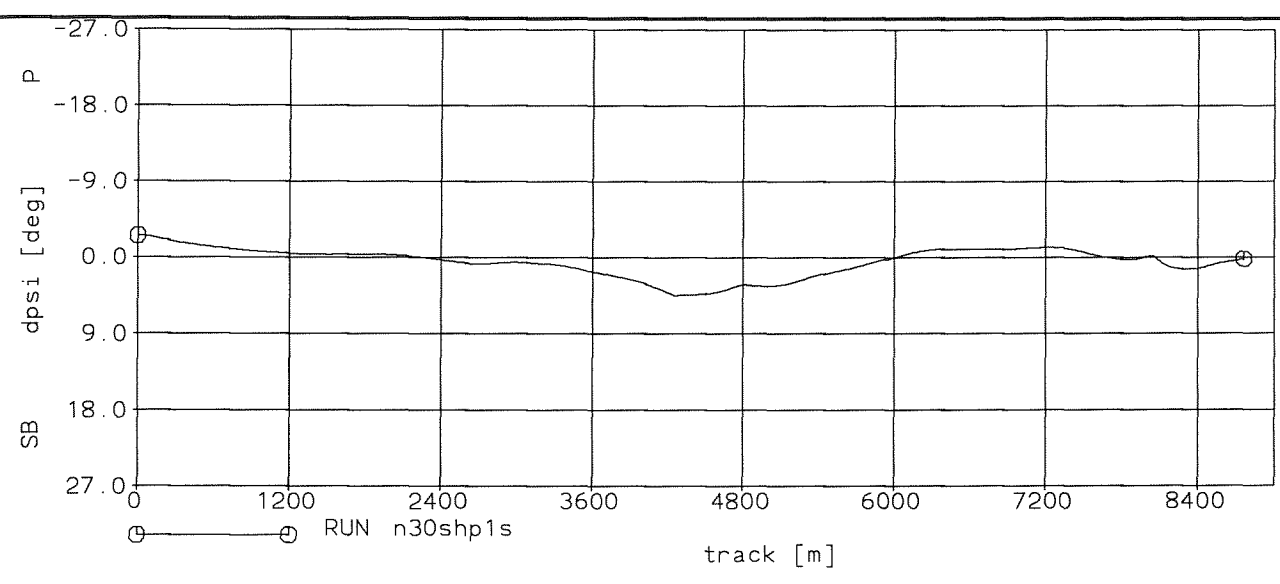
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n30/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n30s1s



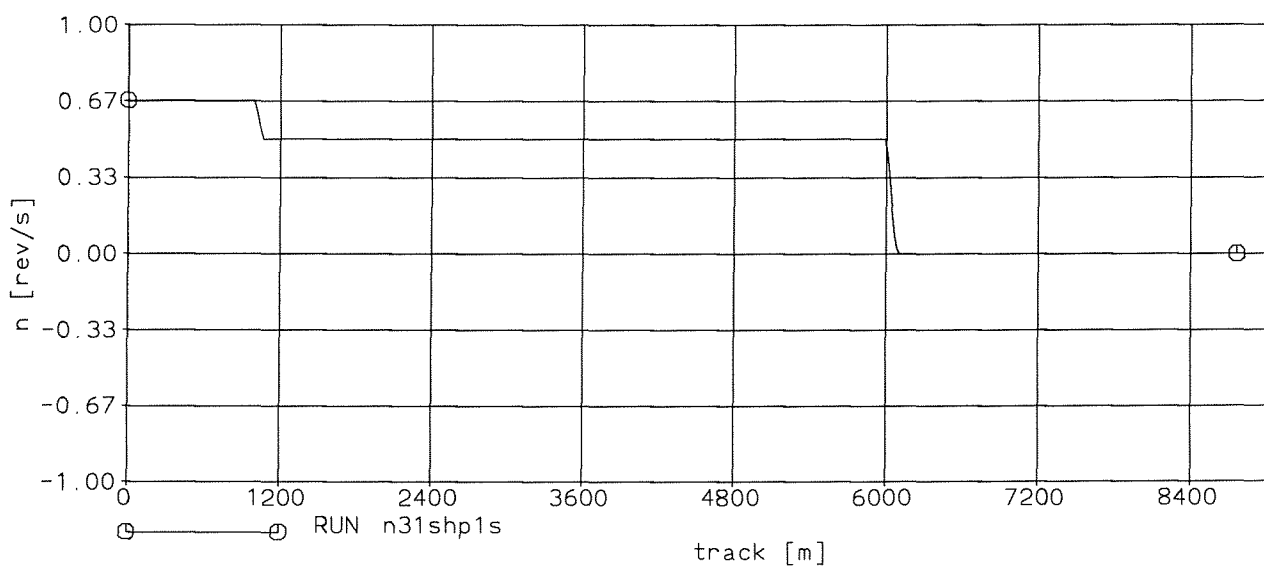
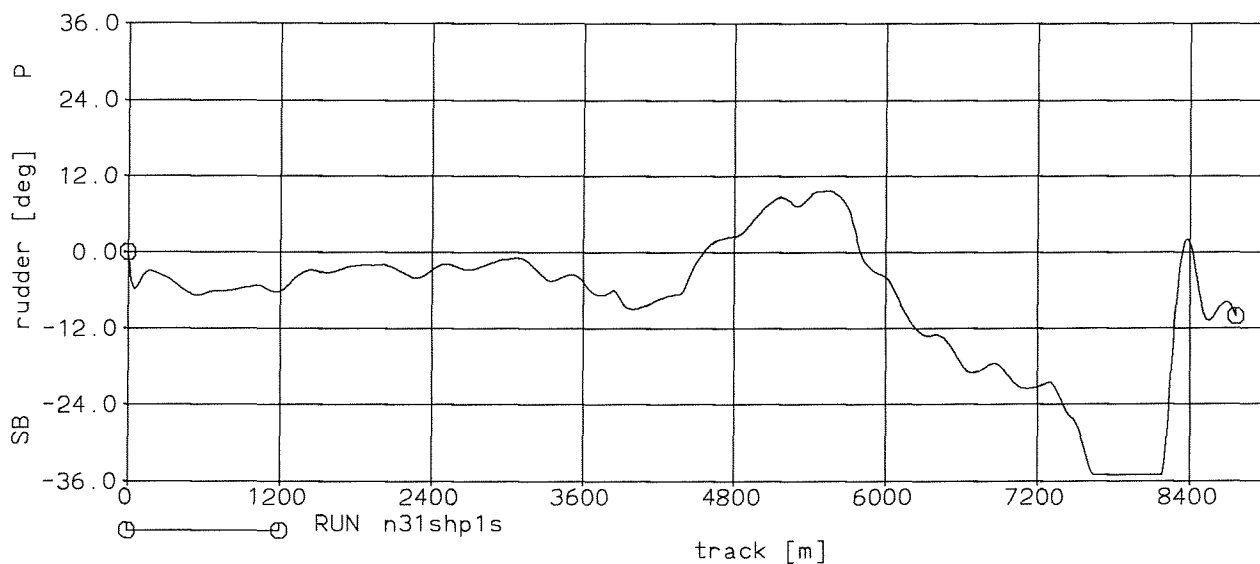
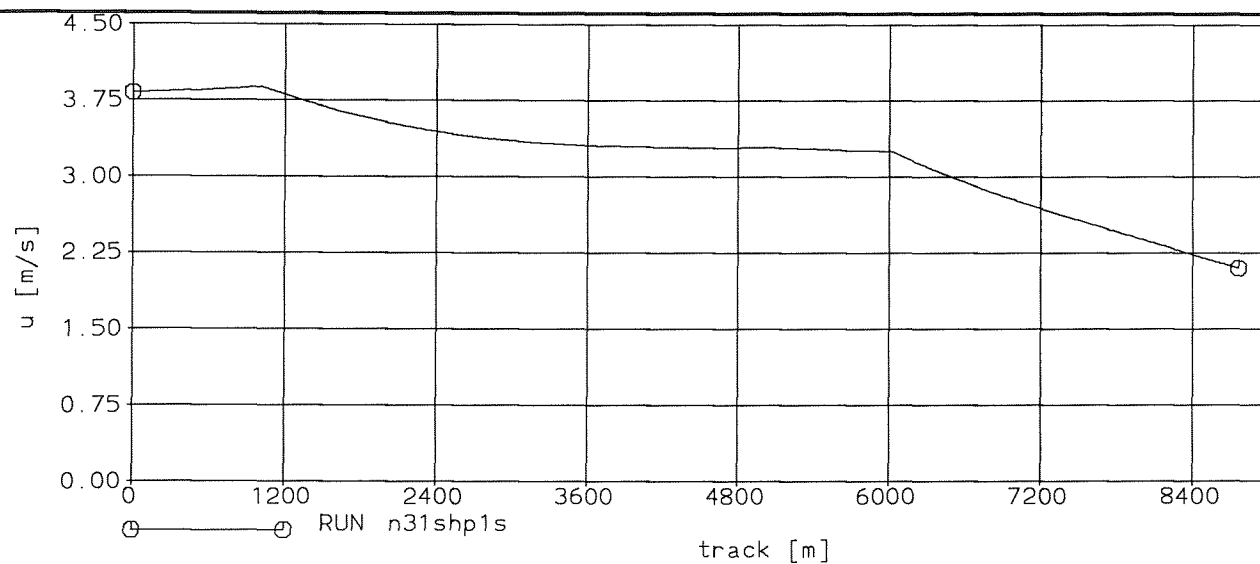
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n30/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n30s1s



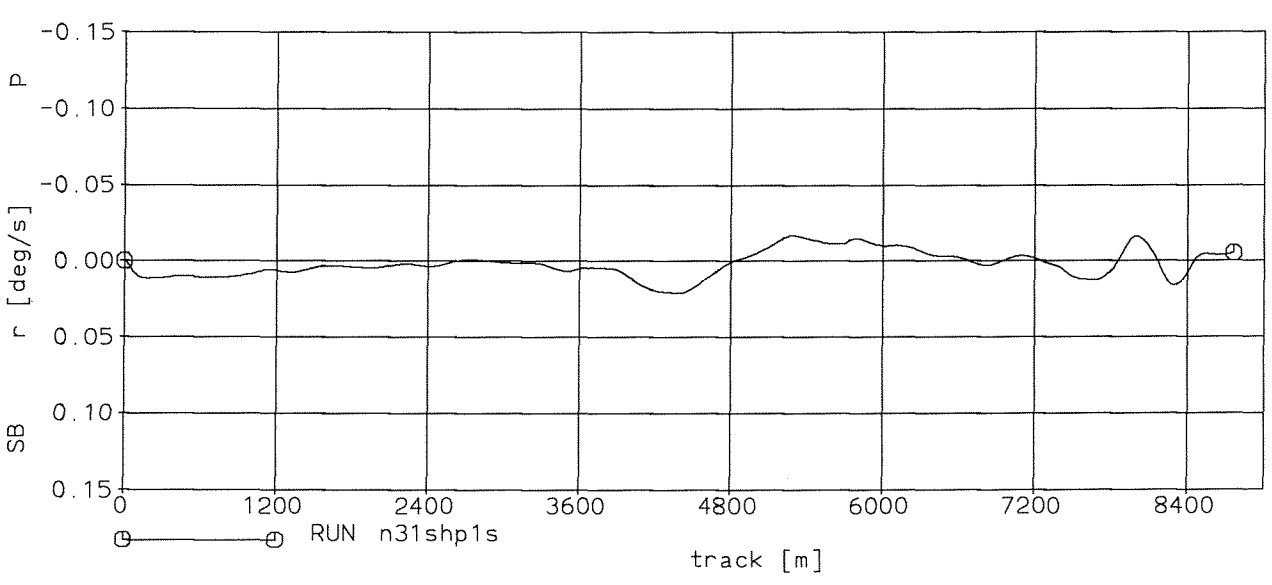
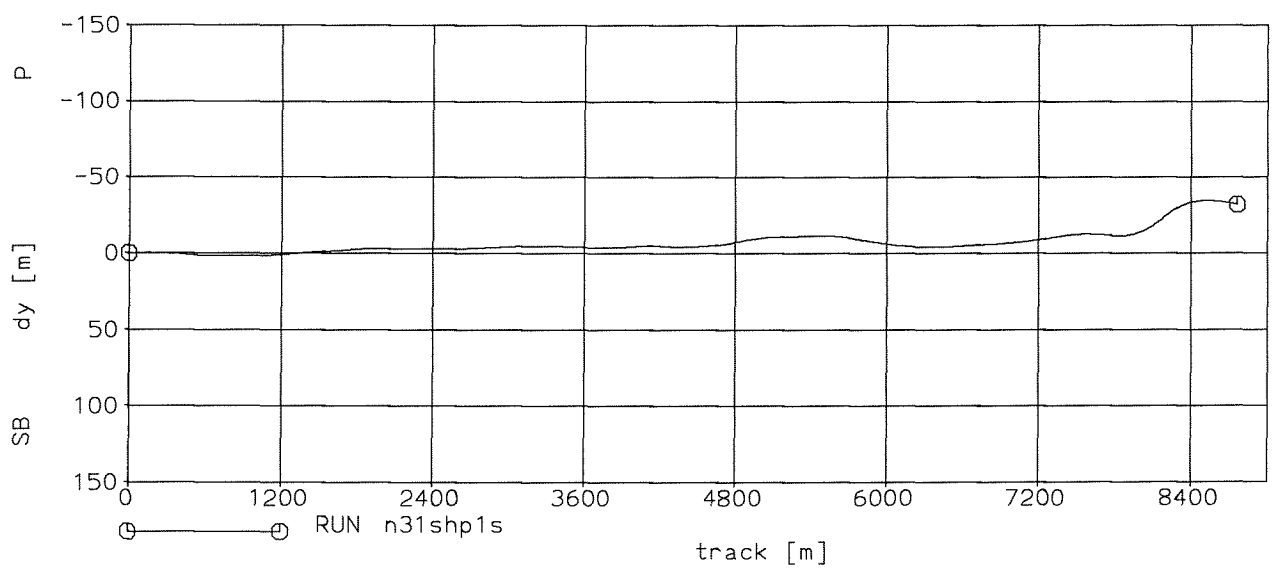
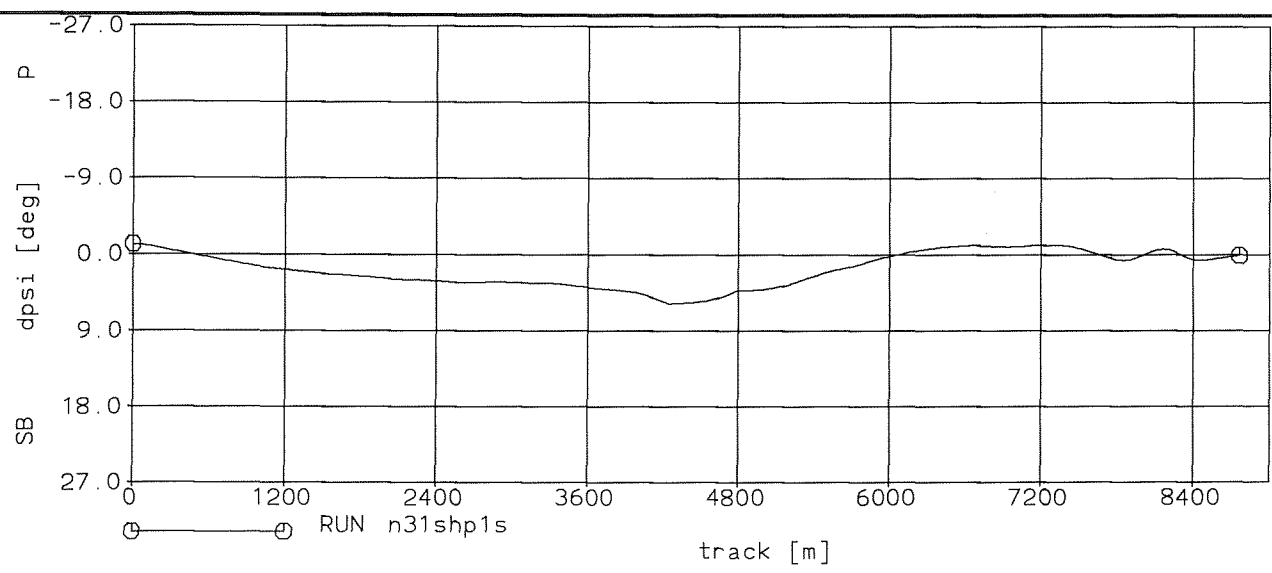
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n31/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n31s1s



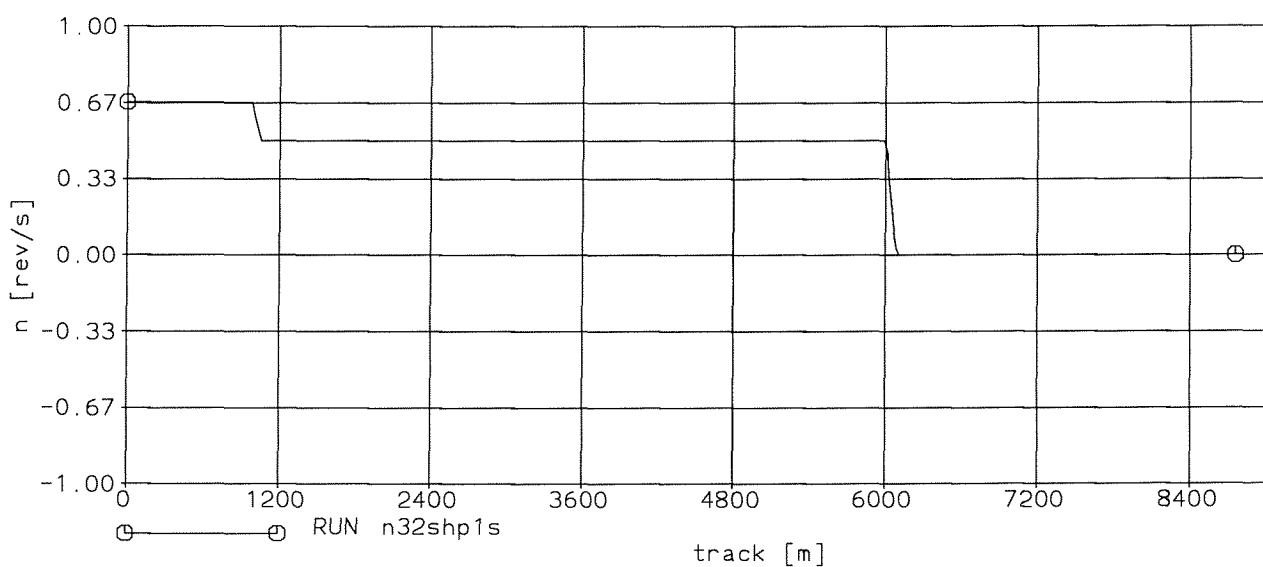
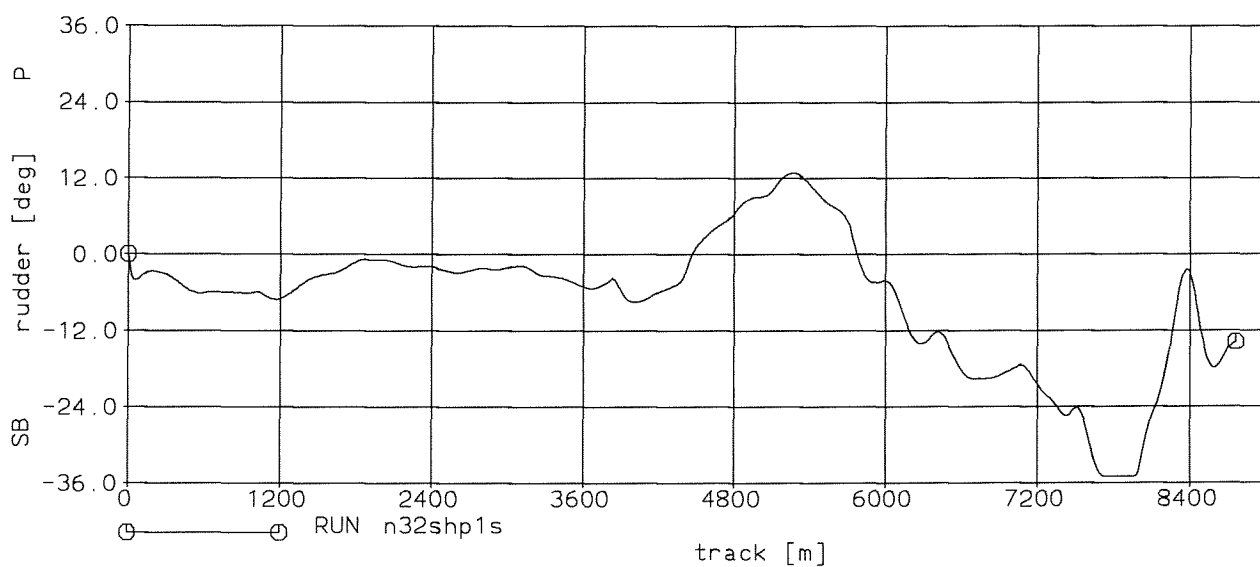
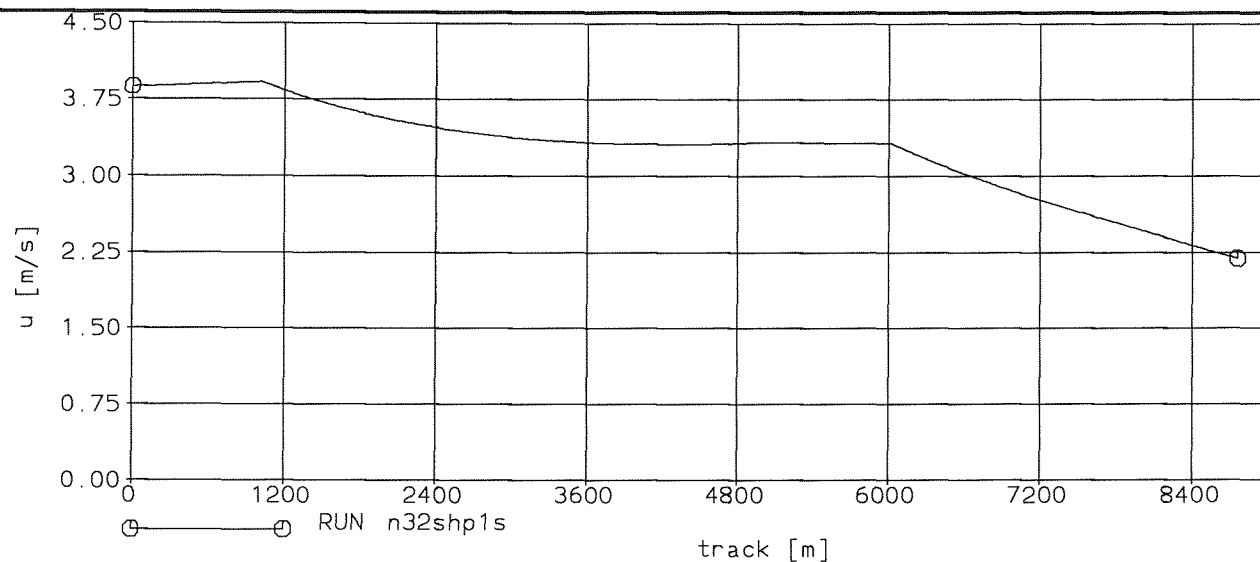
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n31/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n31s1s



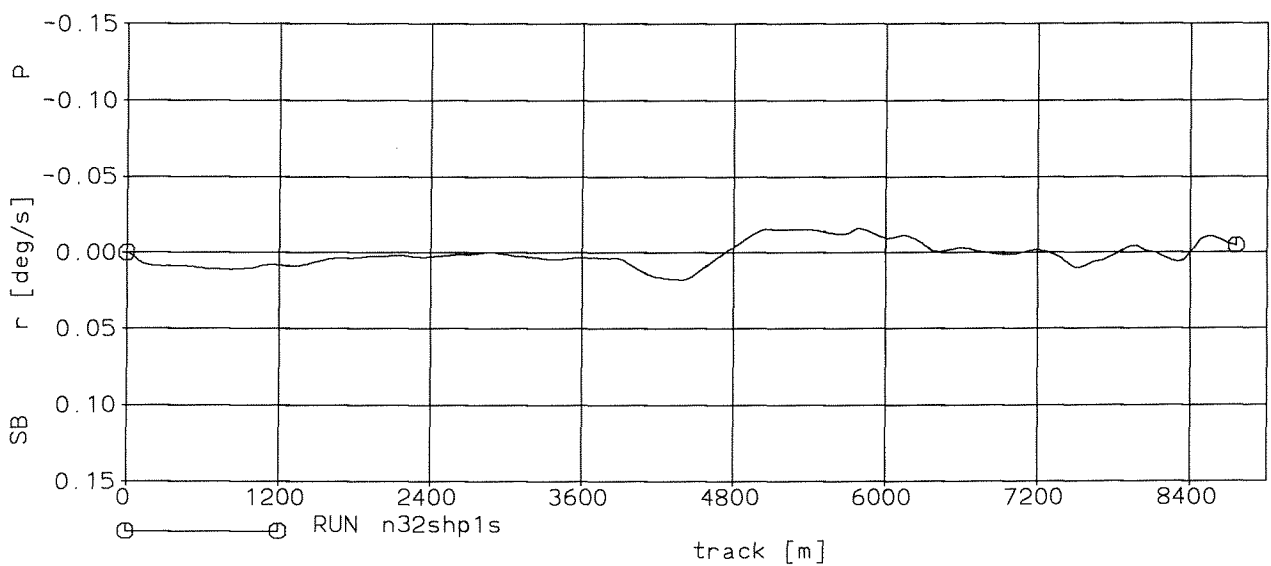
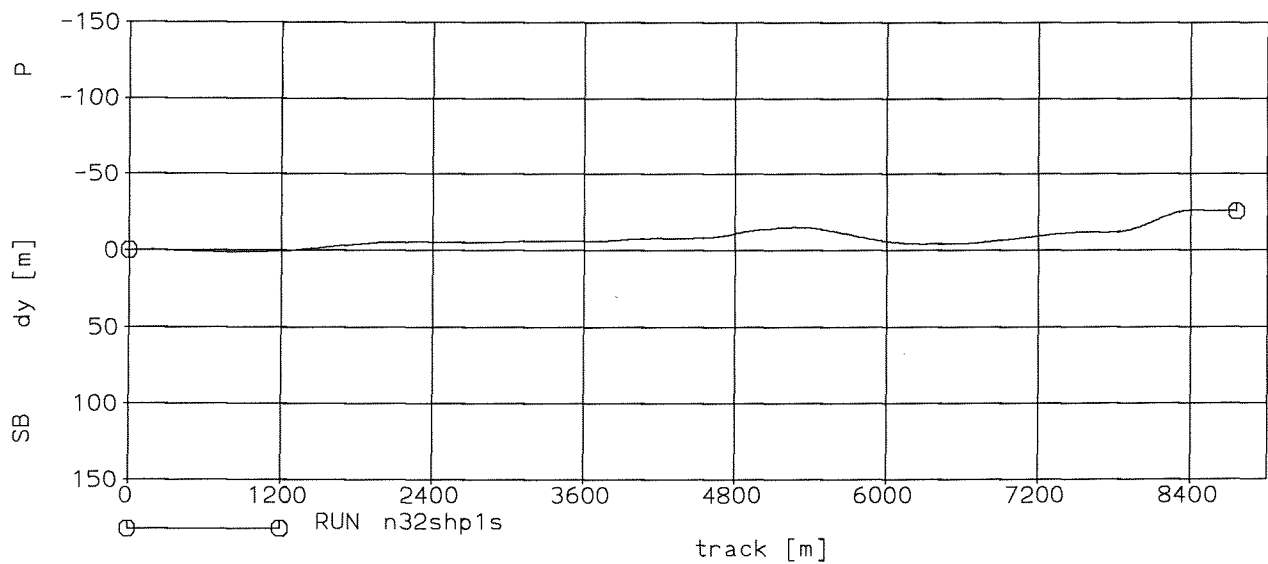
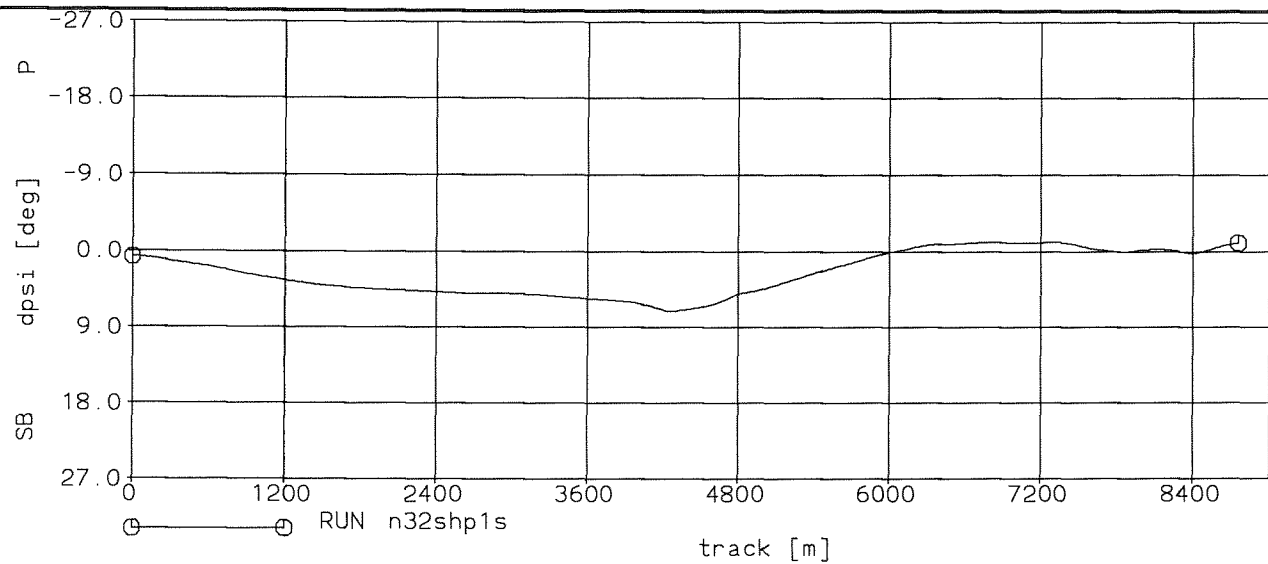
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n32/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n32s1s



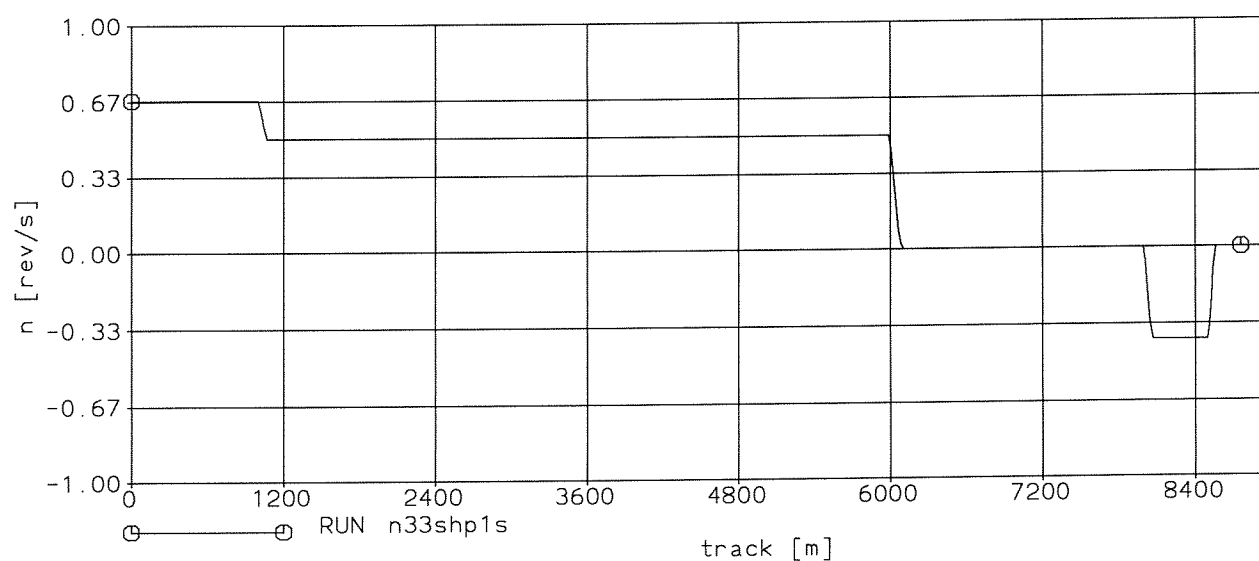
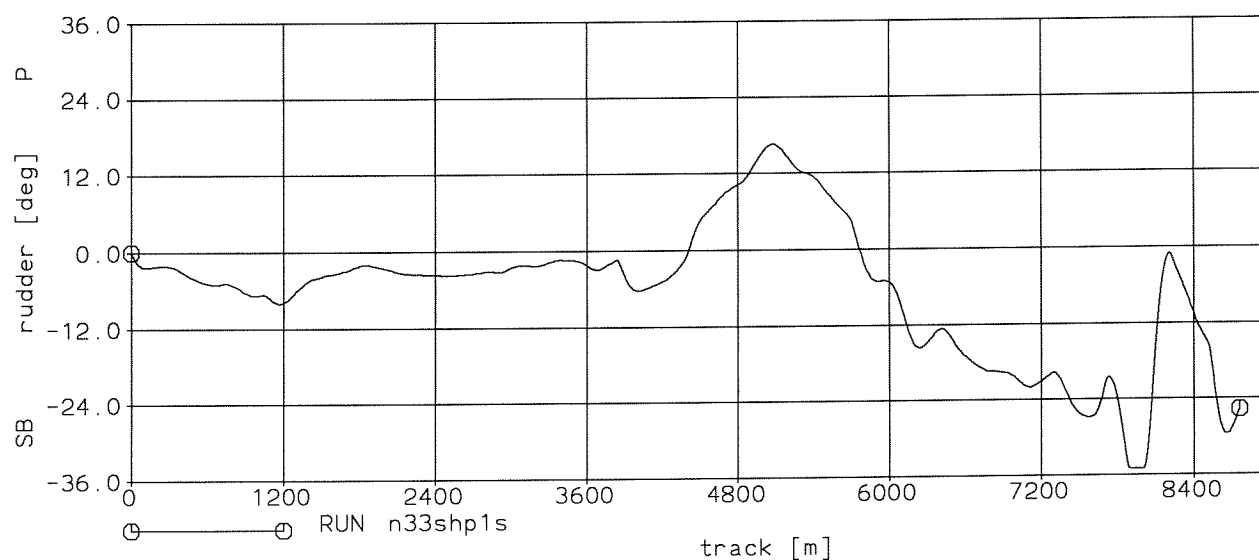
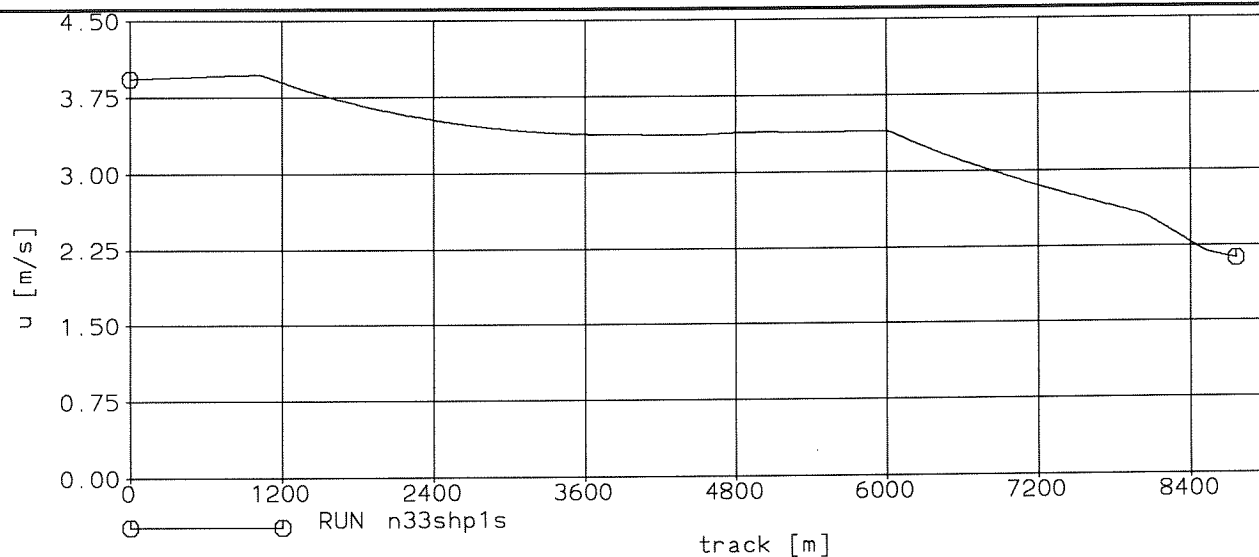
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n32/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n32s1s



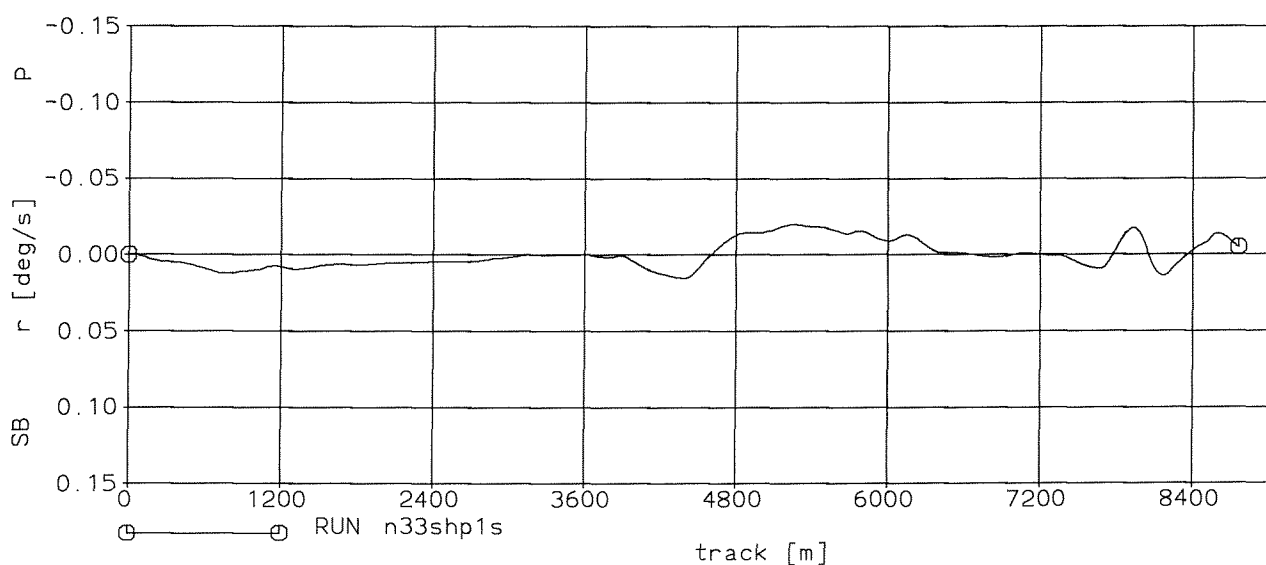
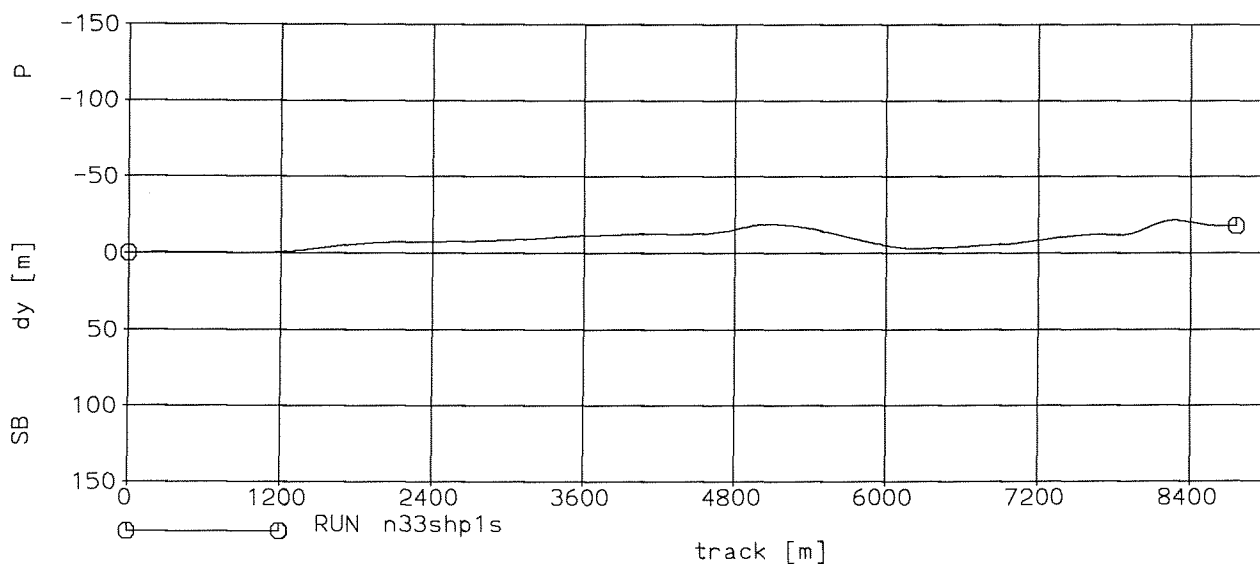
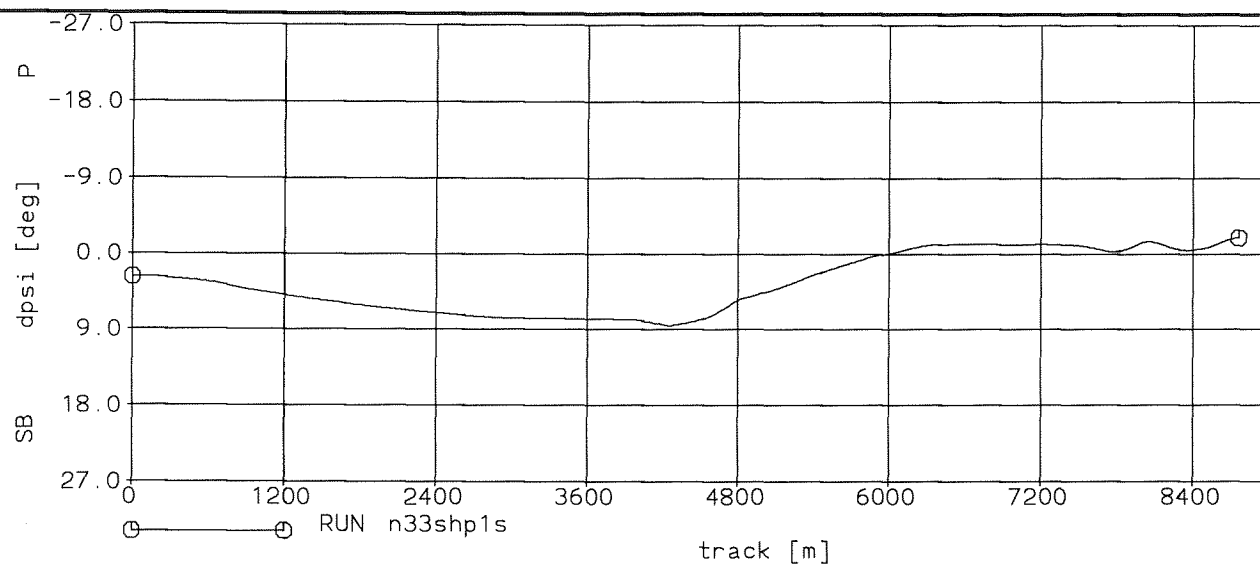
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n33/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n33s1s



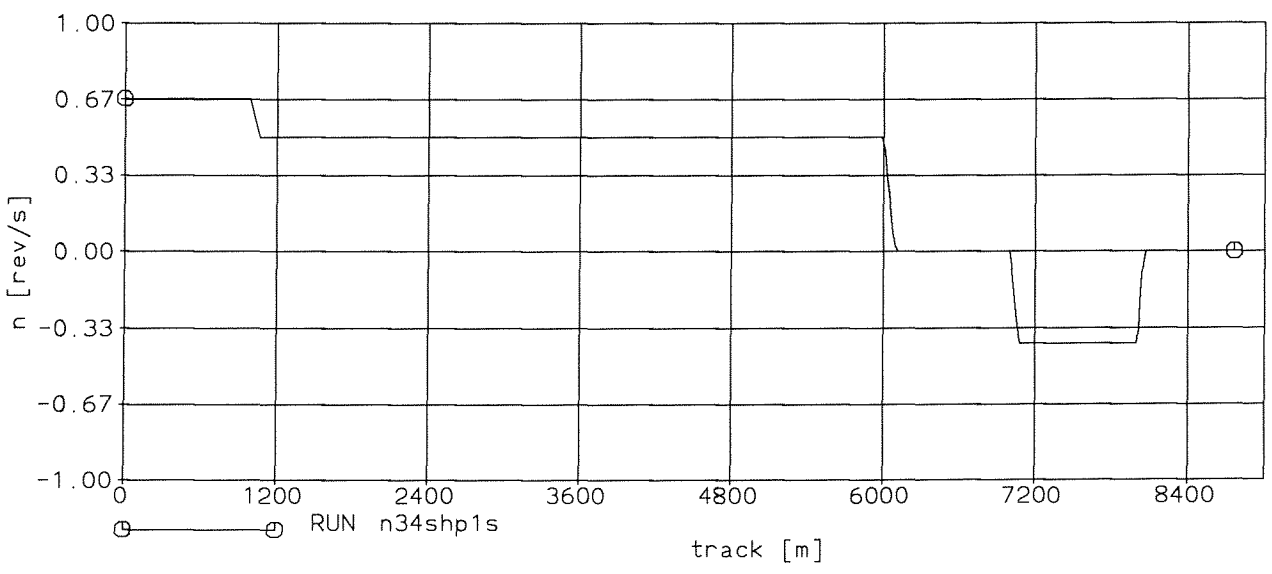
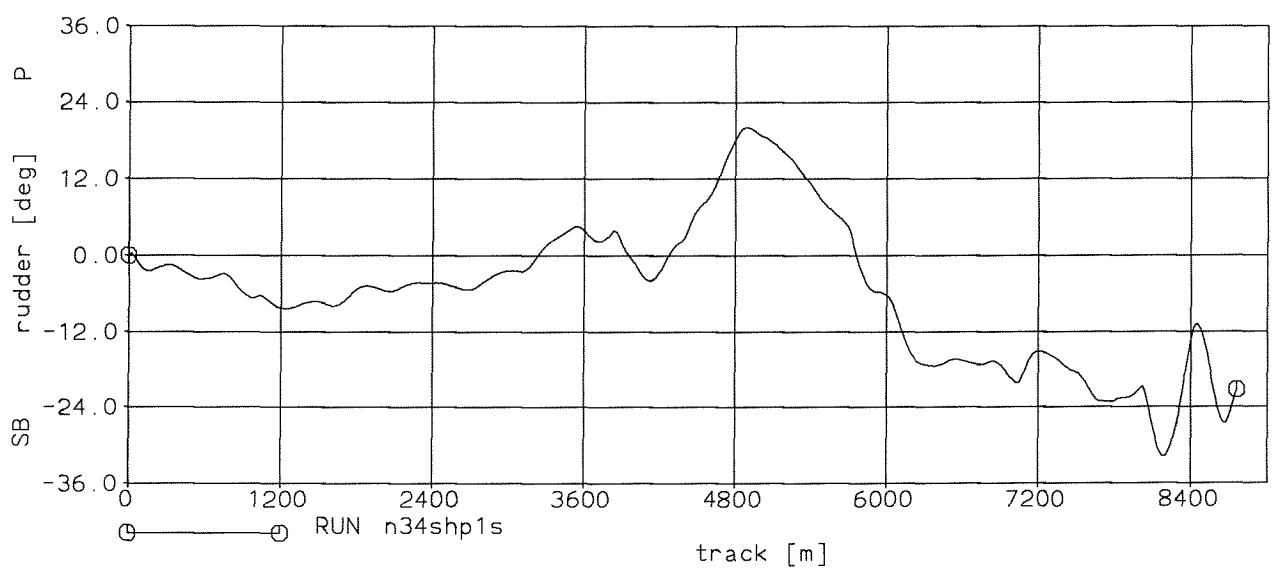
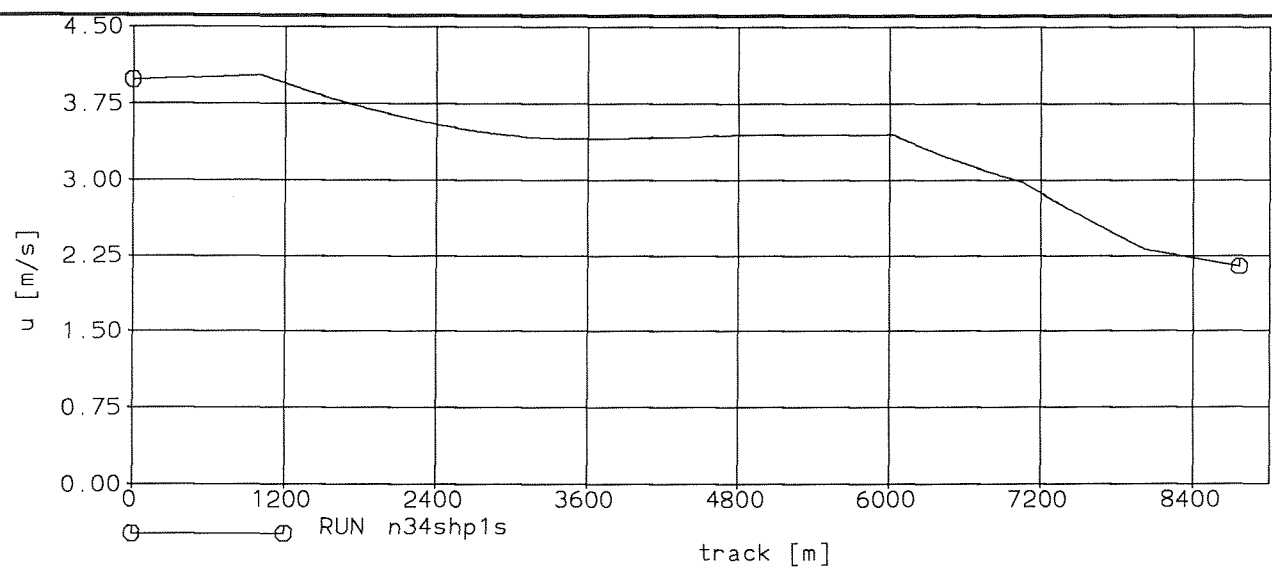
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n33/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n33s1s



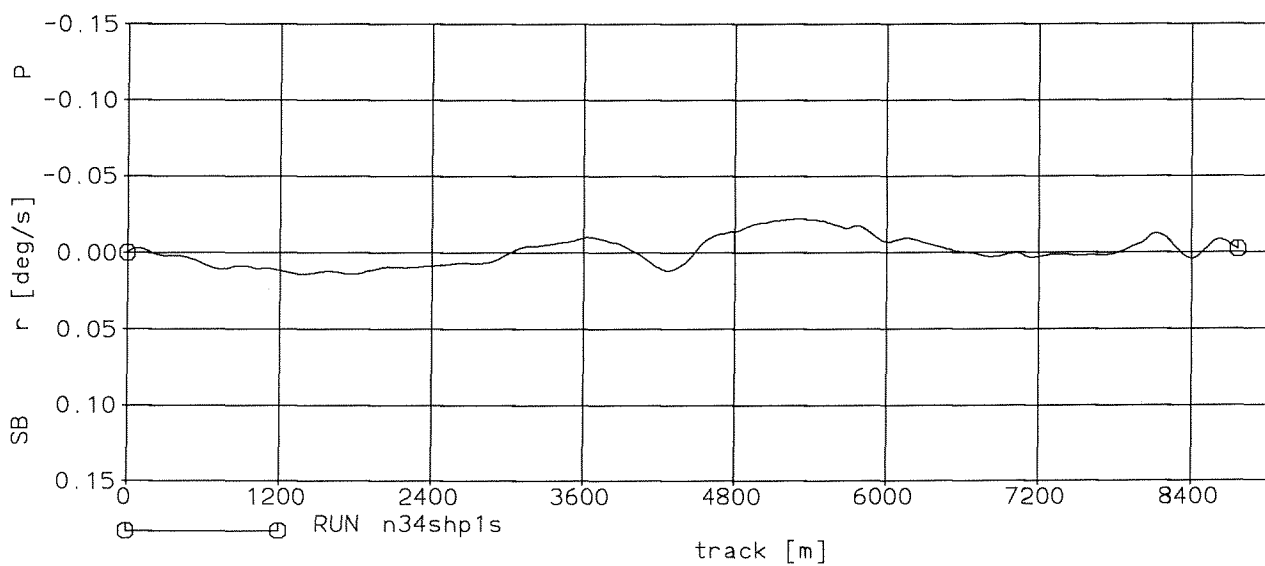
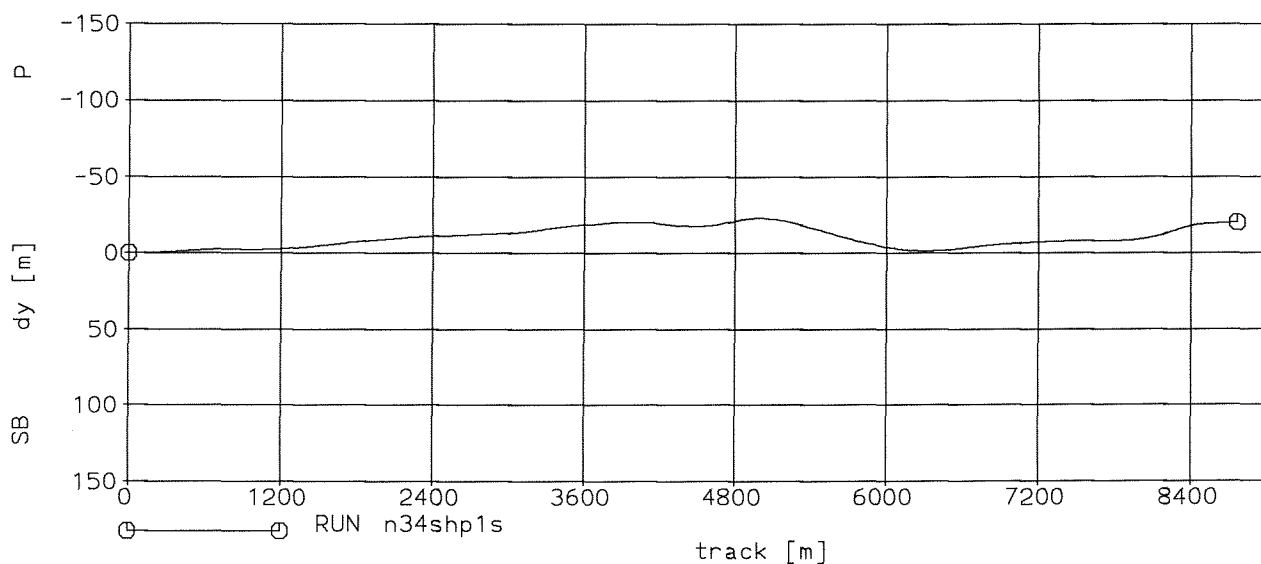
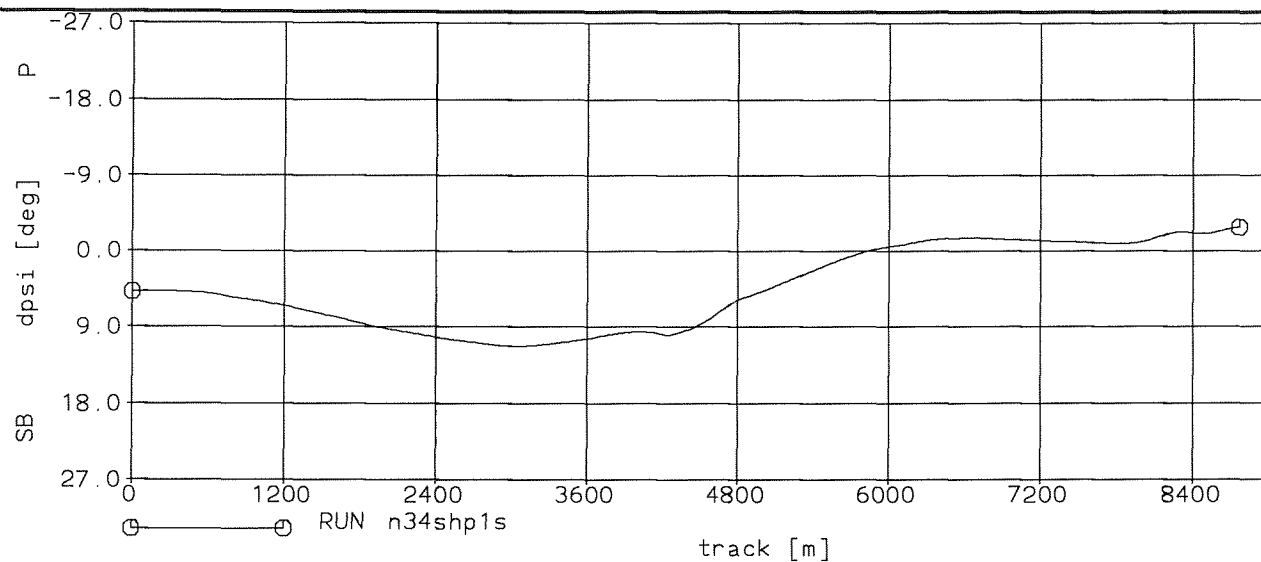
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n34/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n34s1s



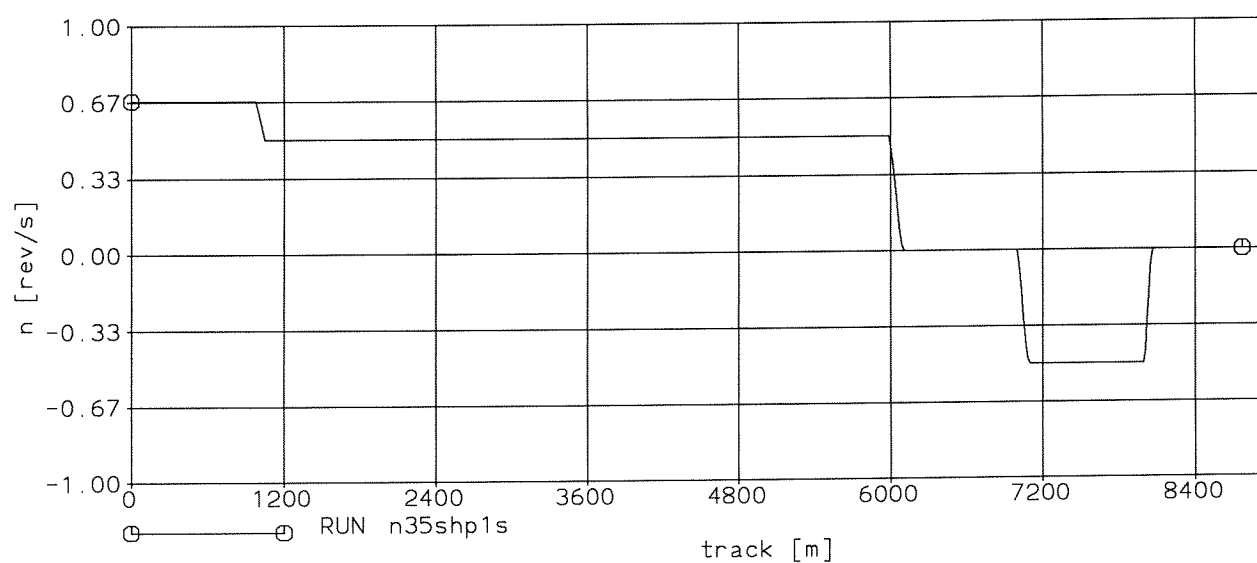
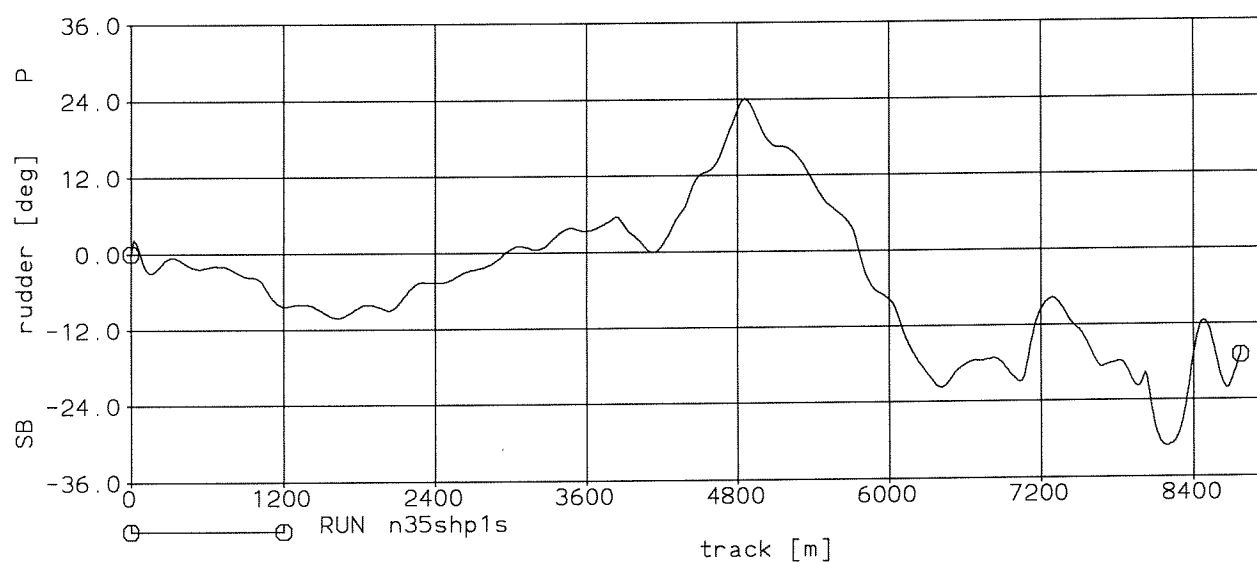
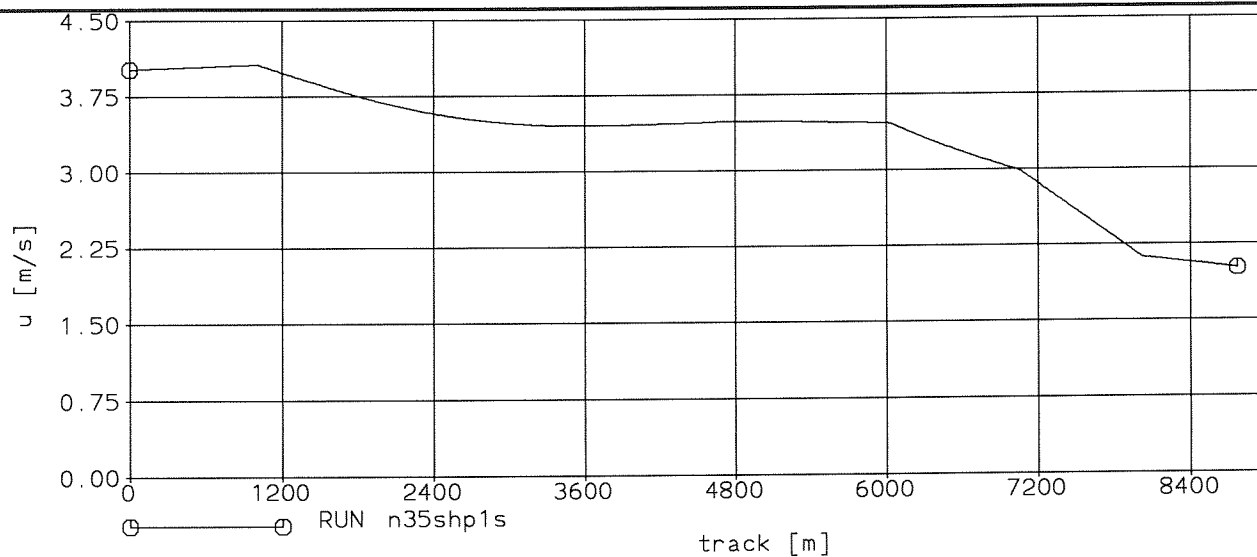
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n34/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n34s1s



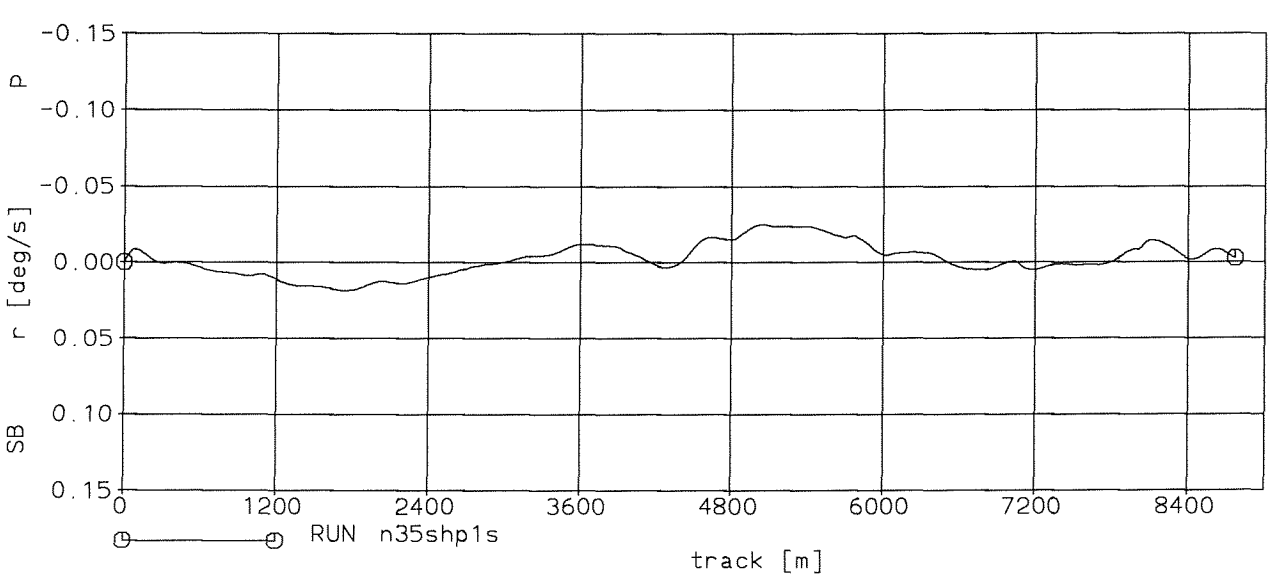
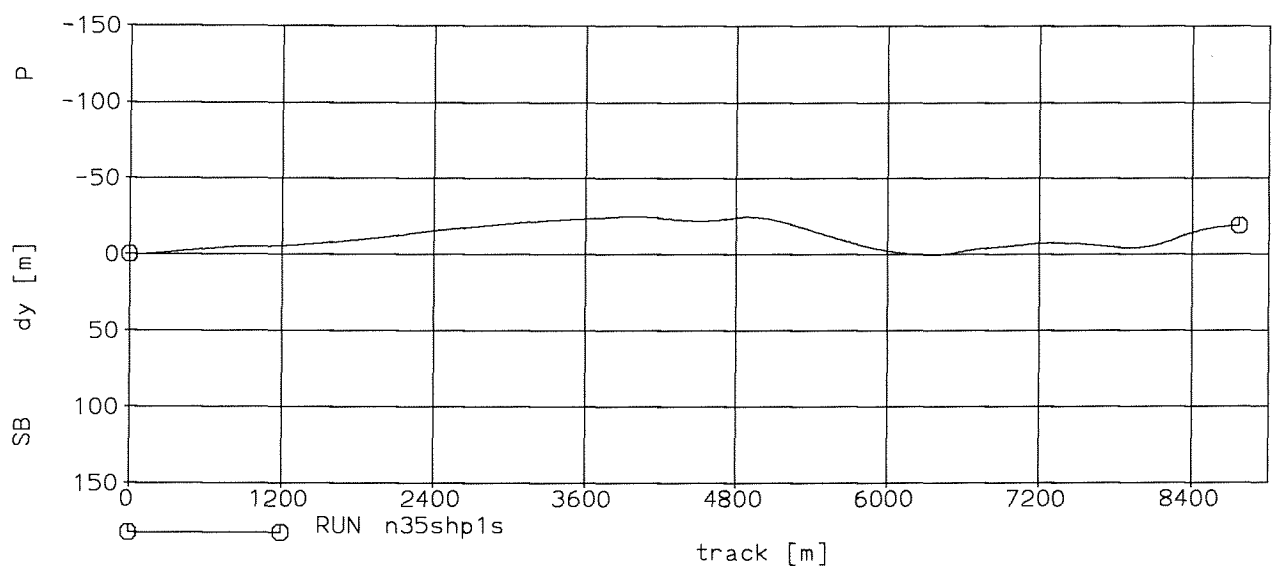
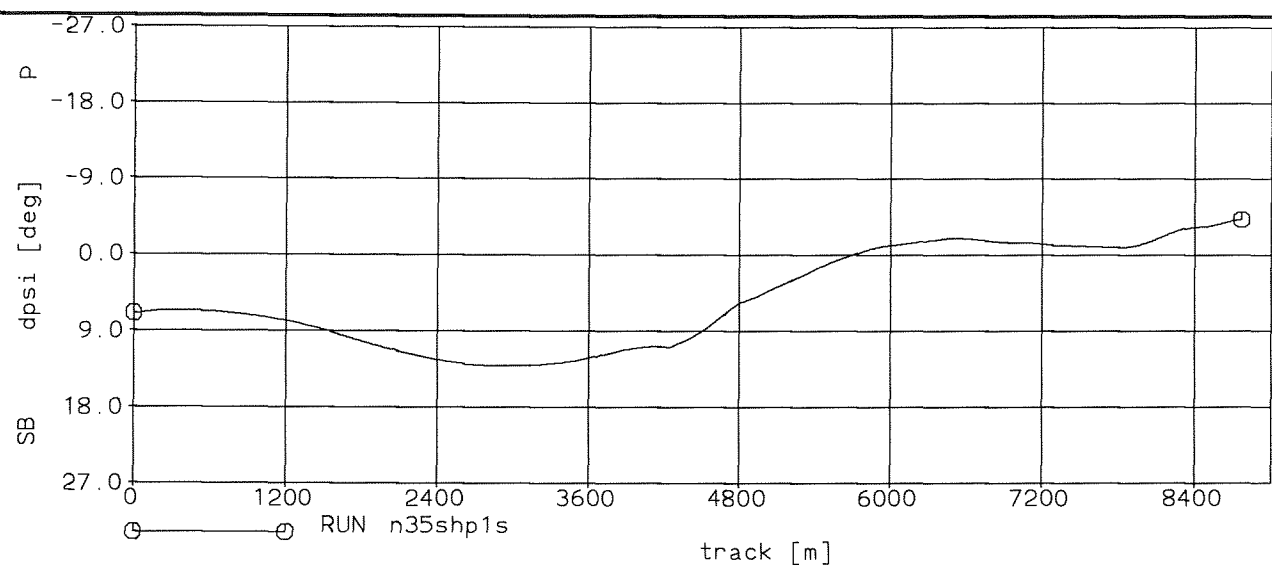
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n35/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n35s1s



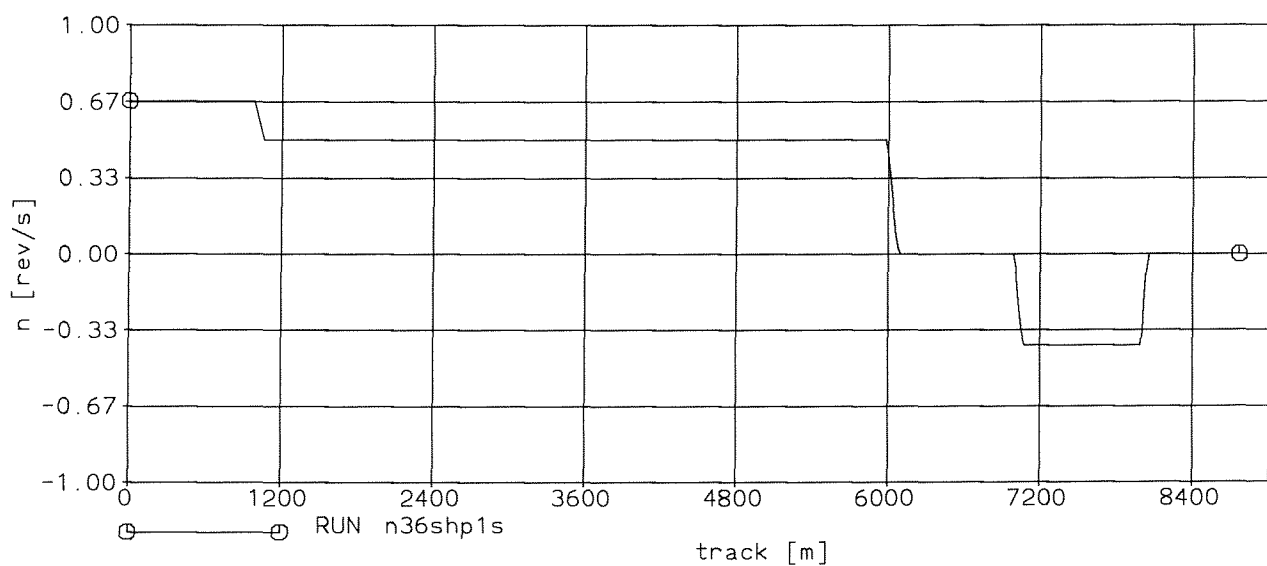
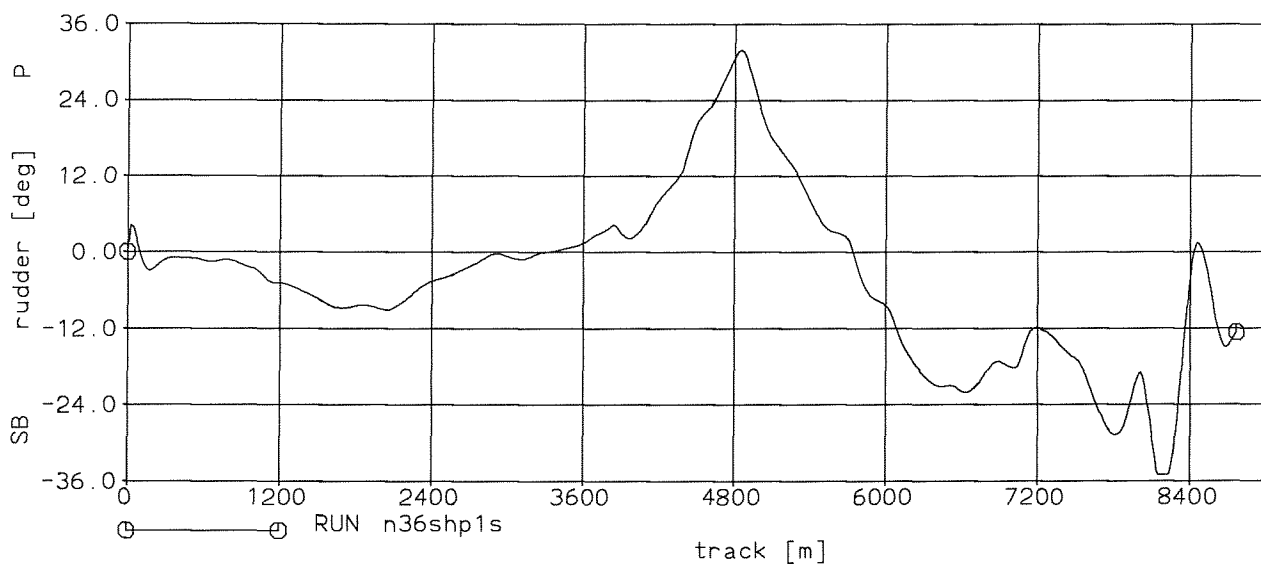
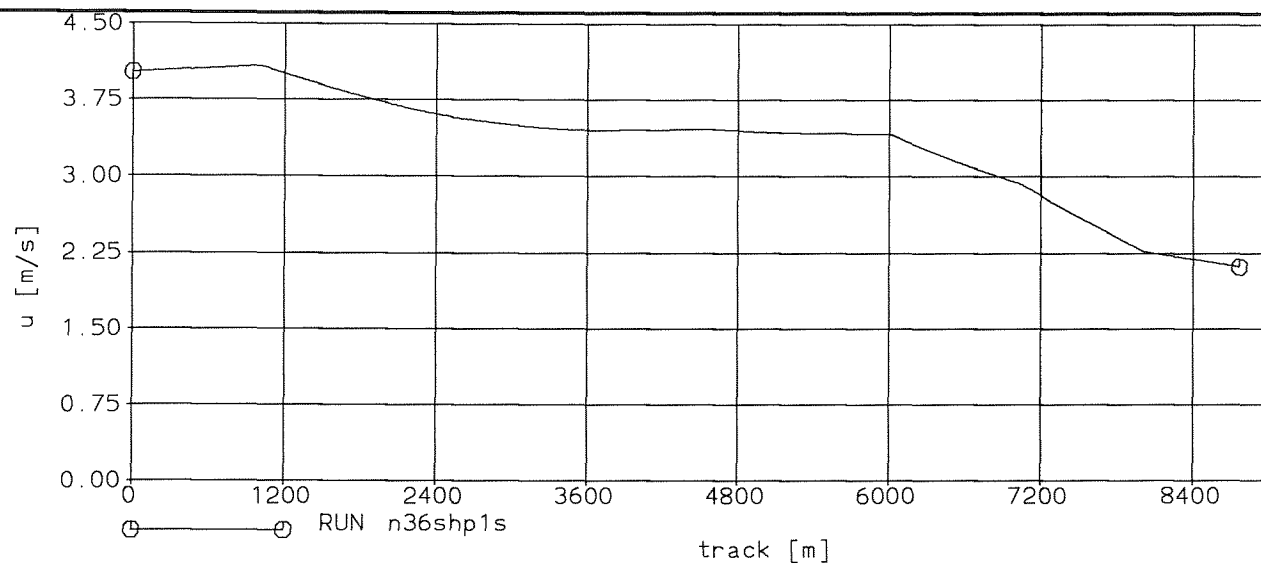
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n35/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n35s1s



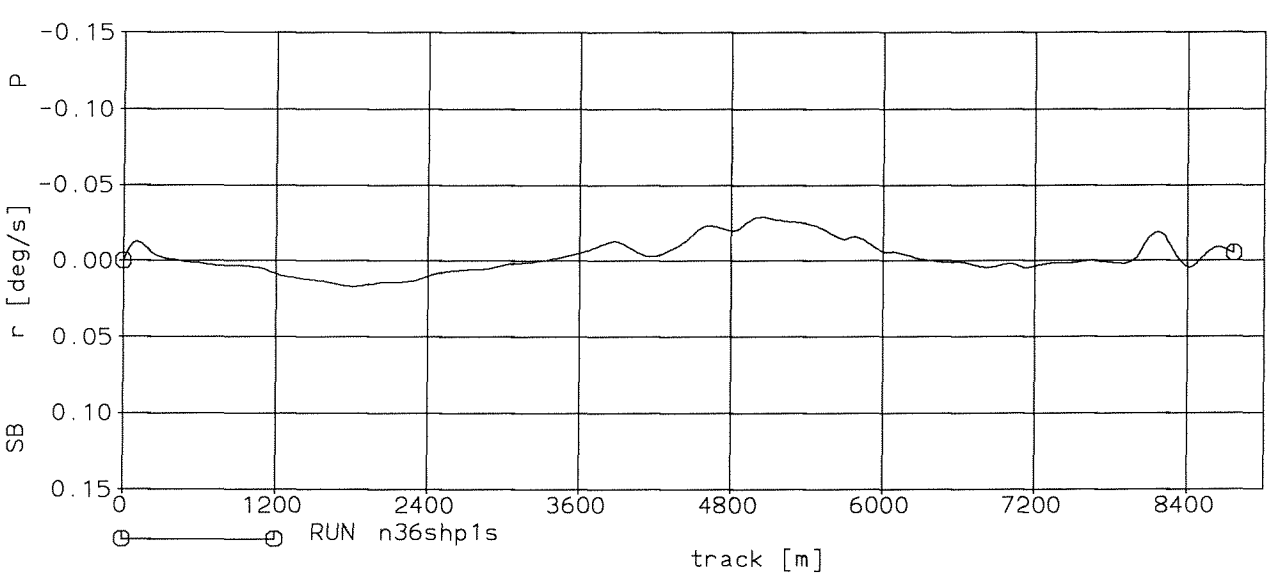
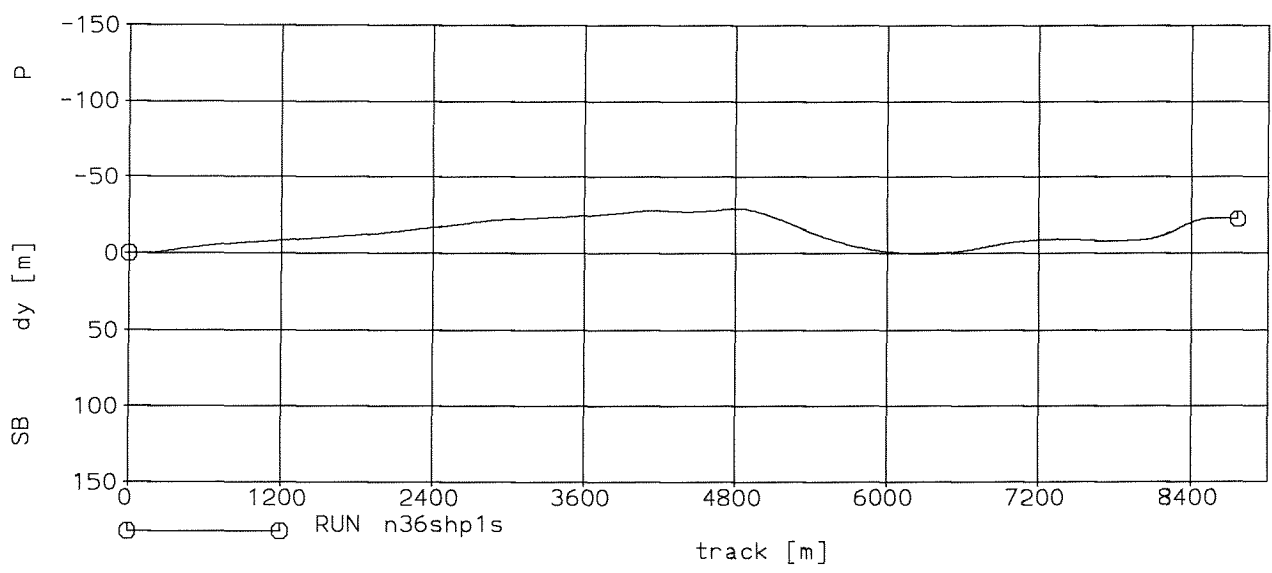
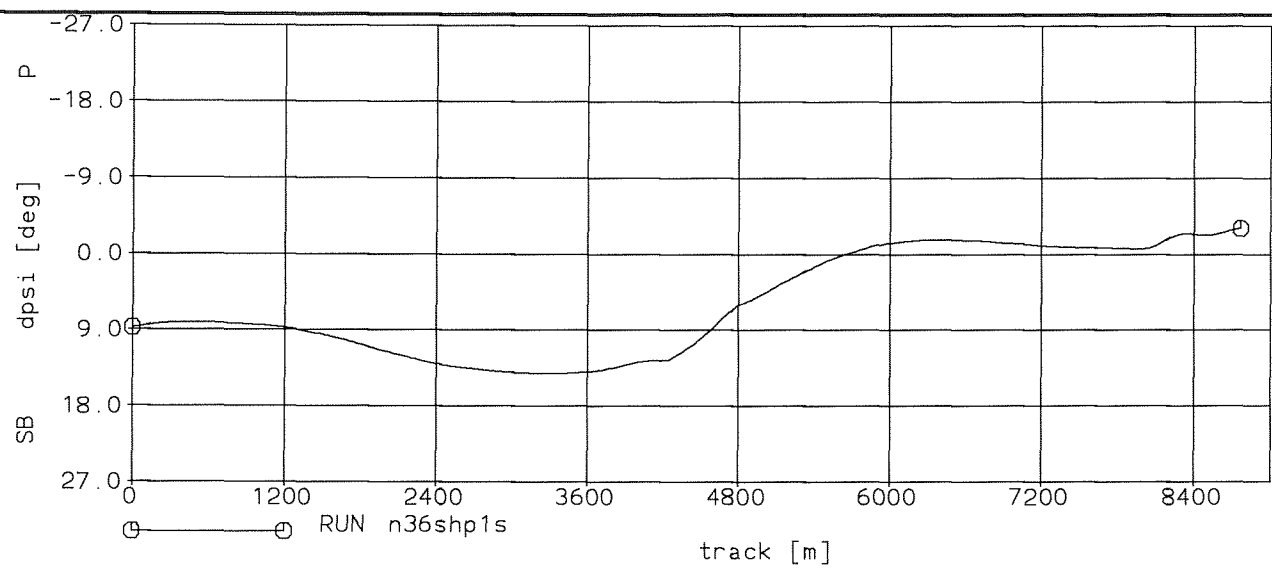
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n36/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n36s1s



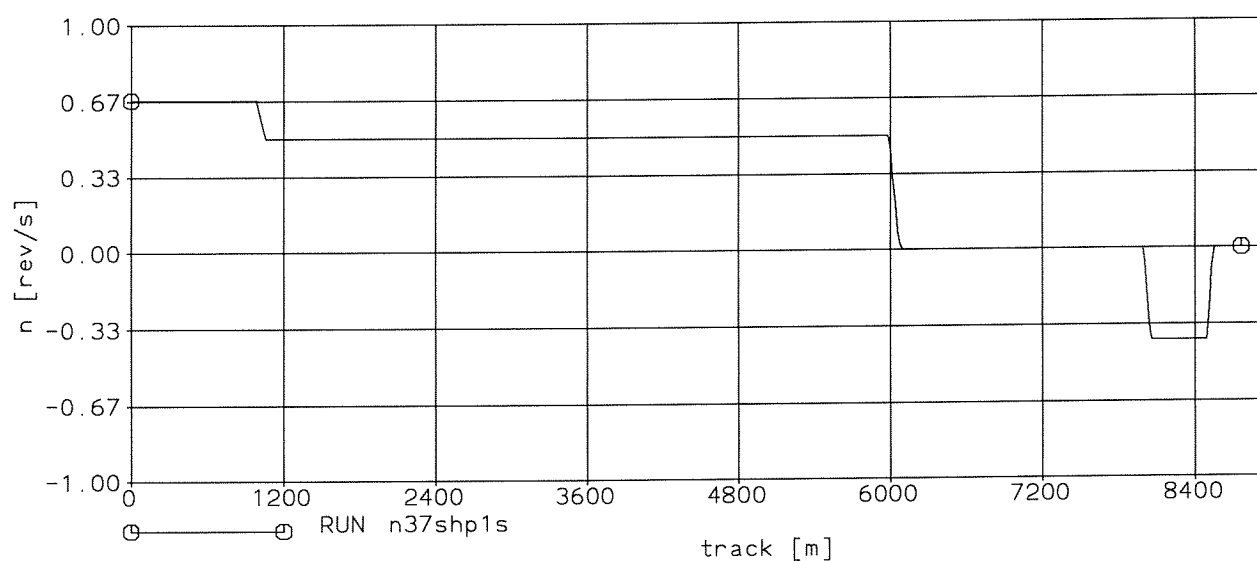
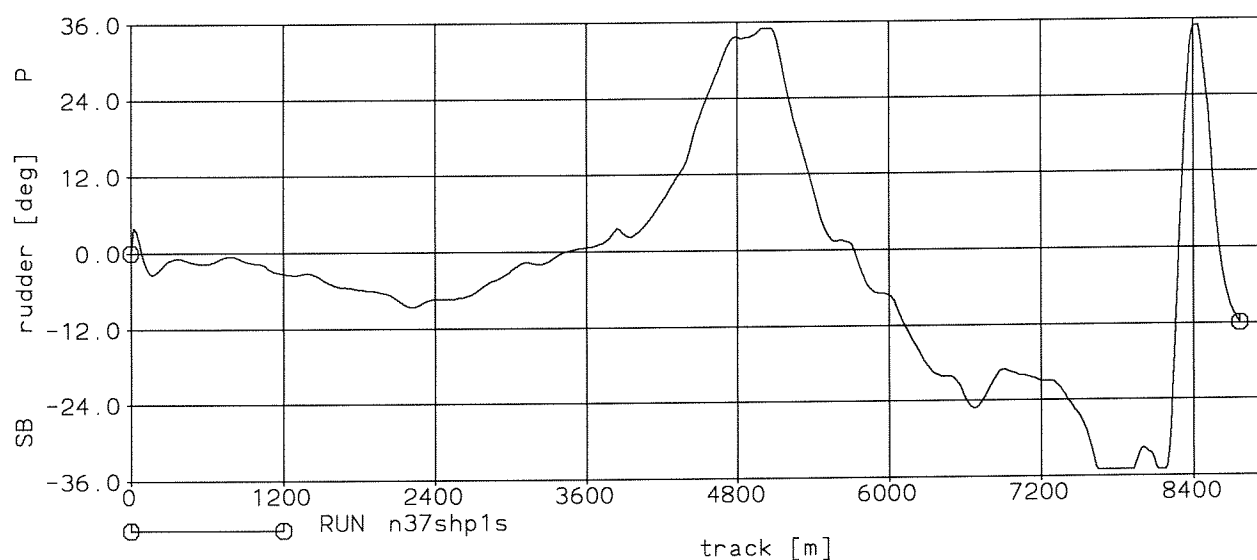
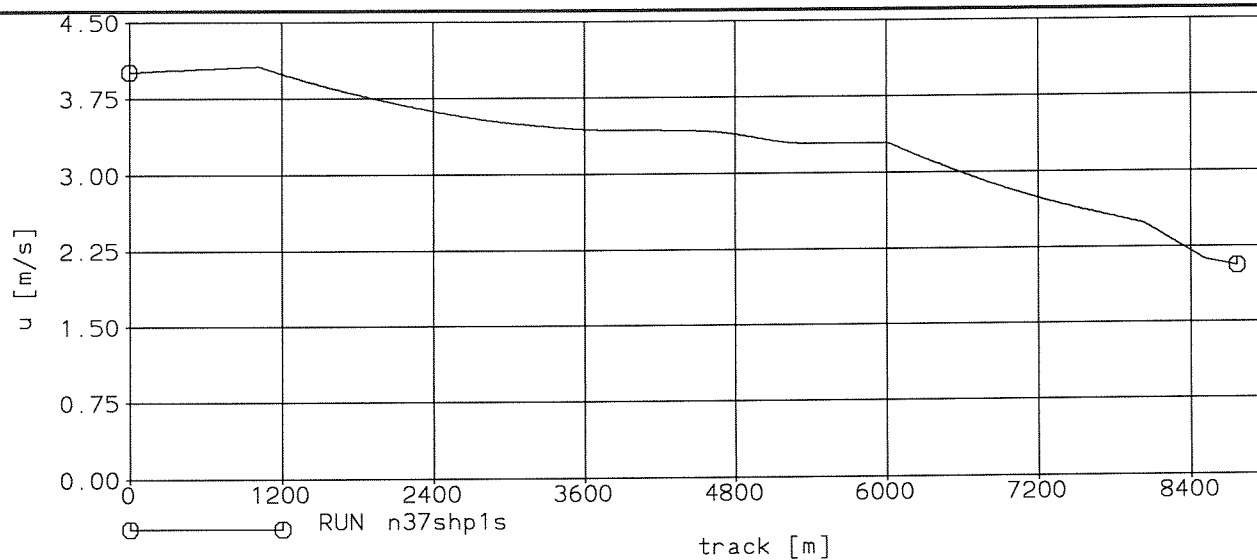
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n36/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n36s1s



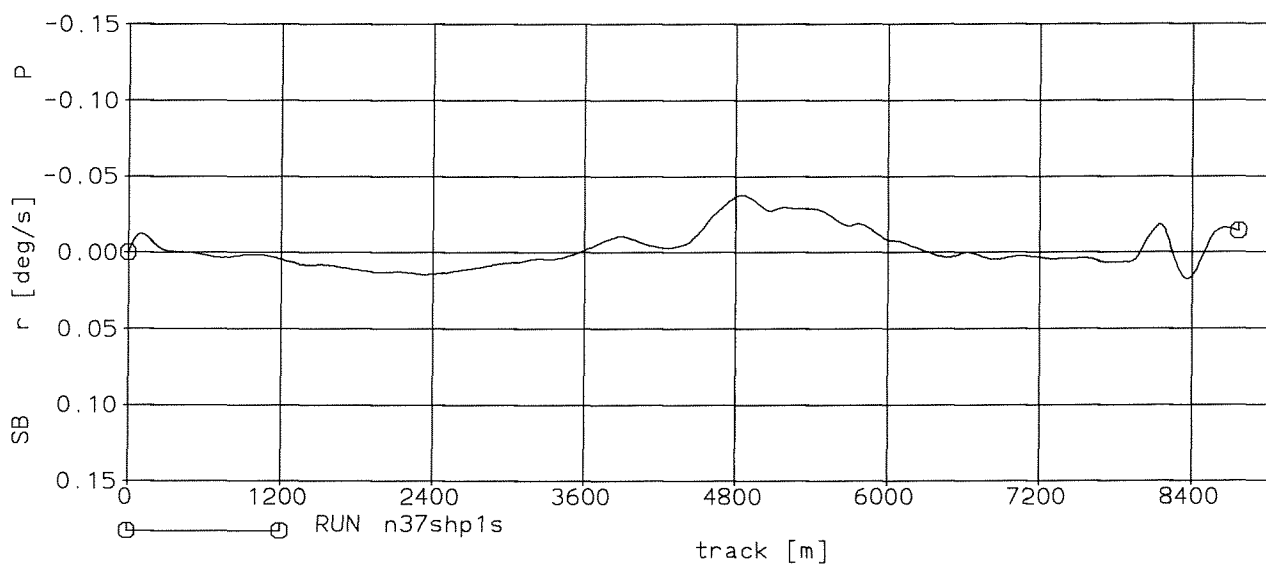
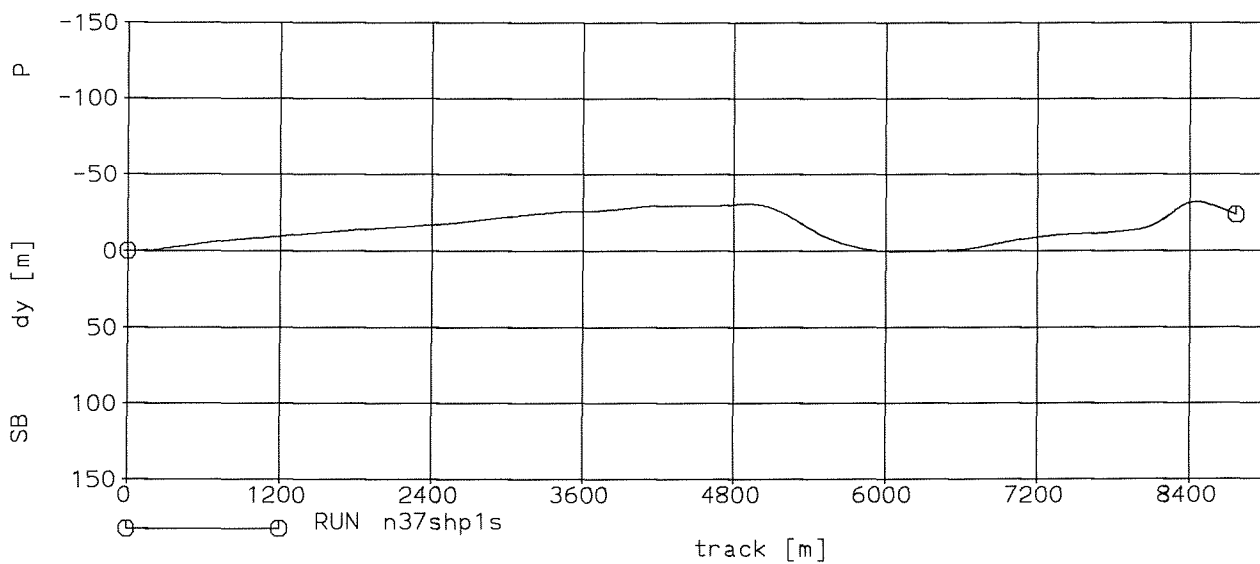
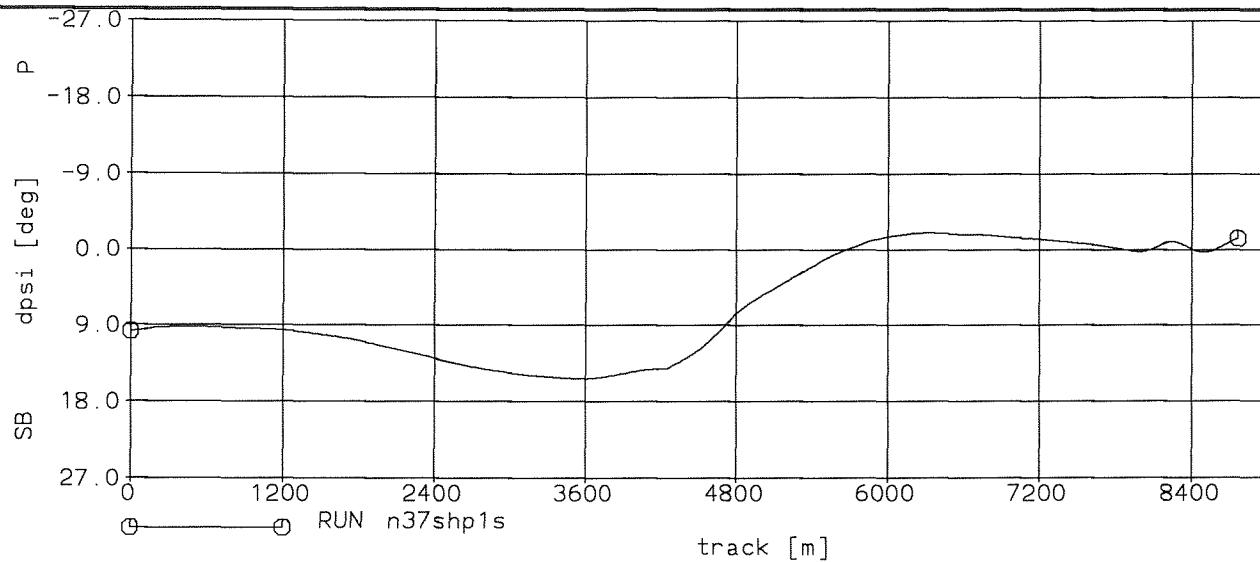
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n37/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n37s1s



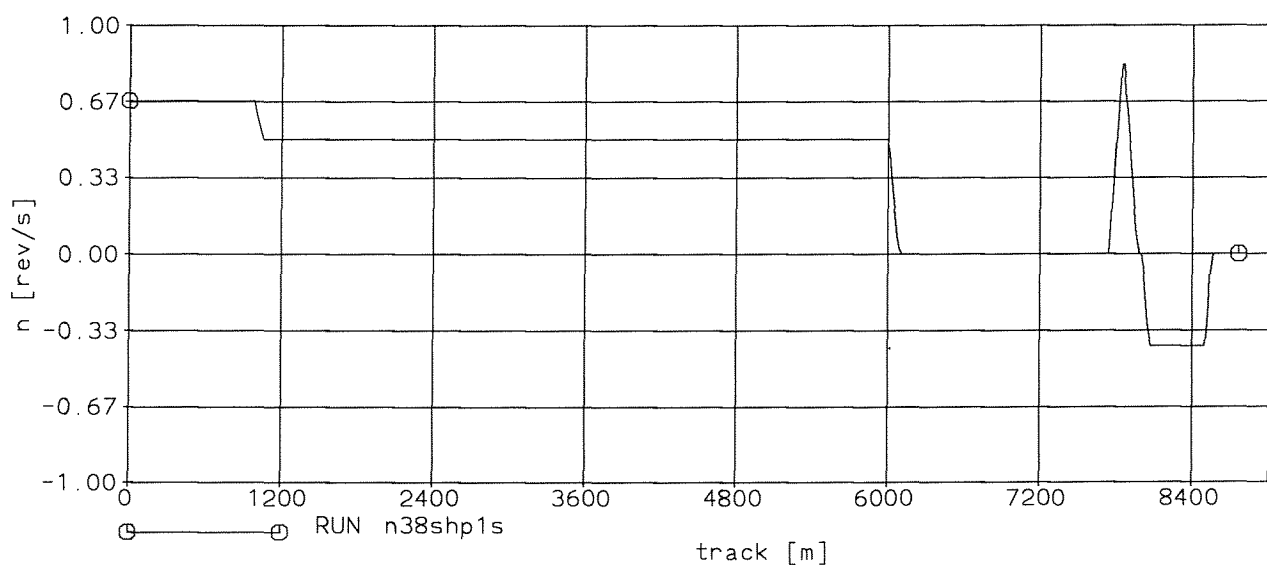
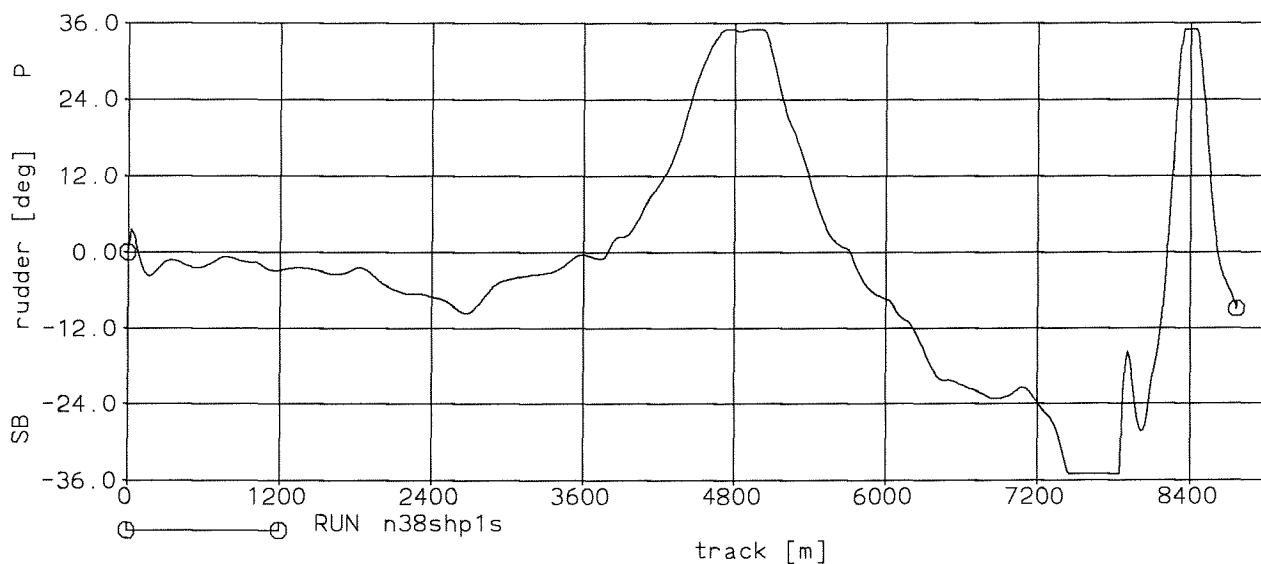
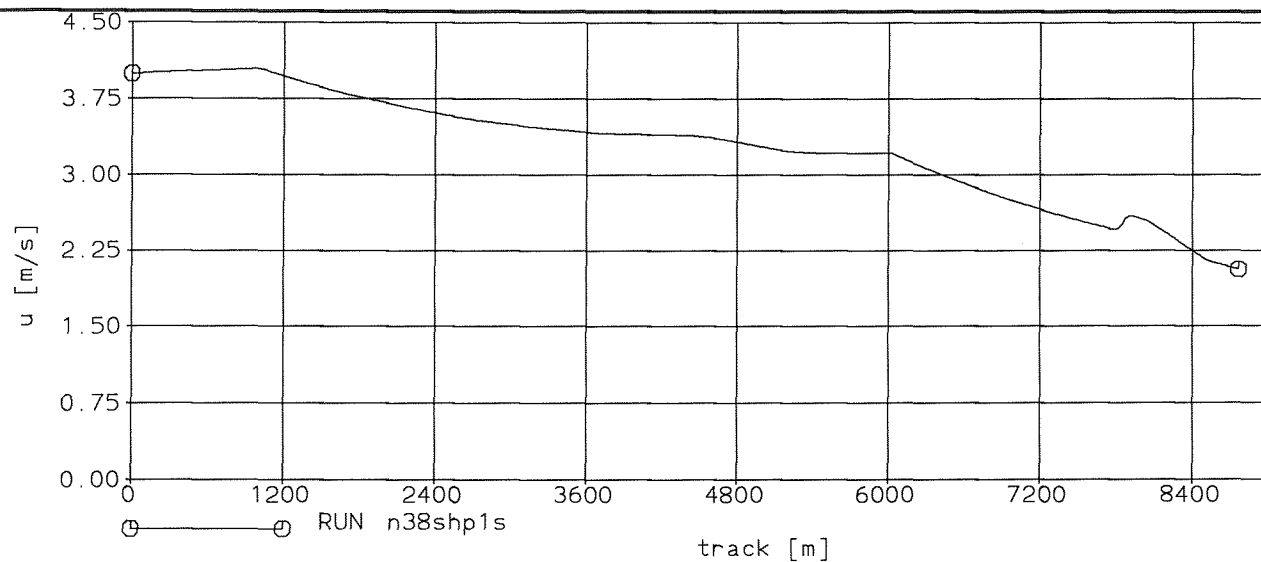
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n37/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n37s1s



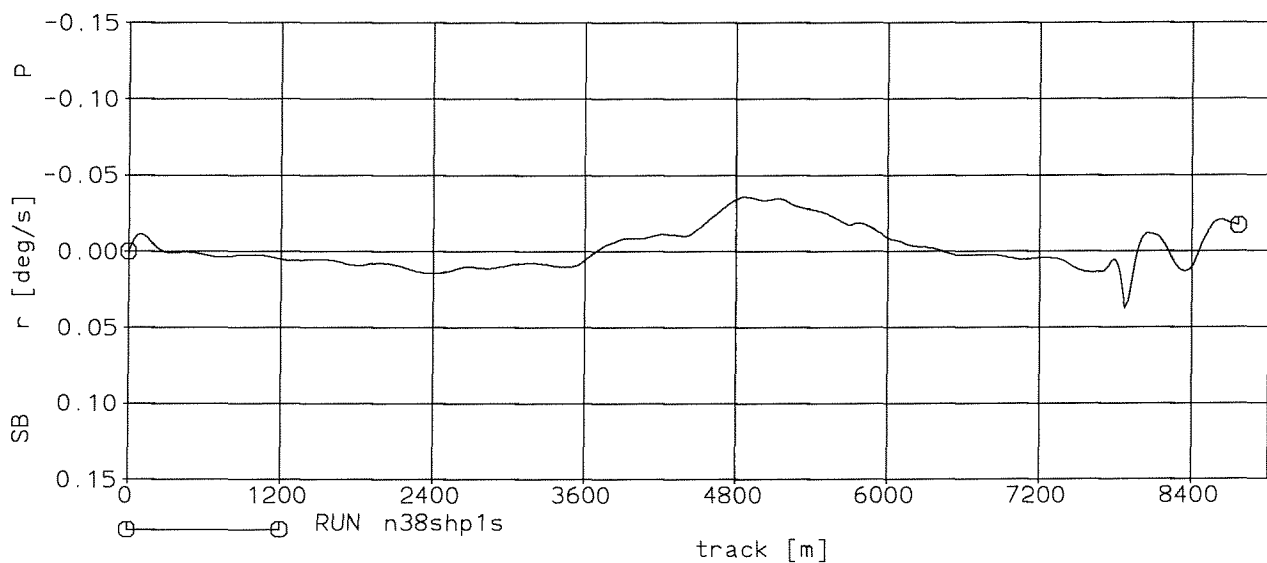
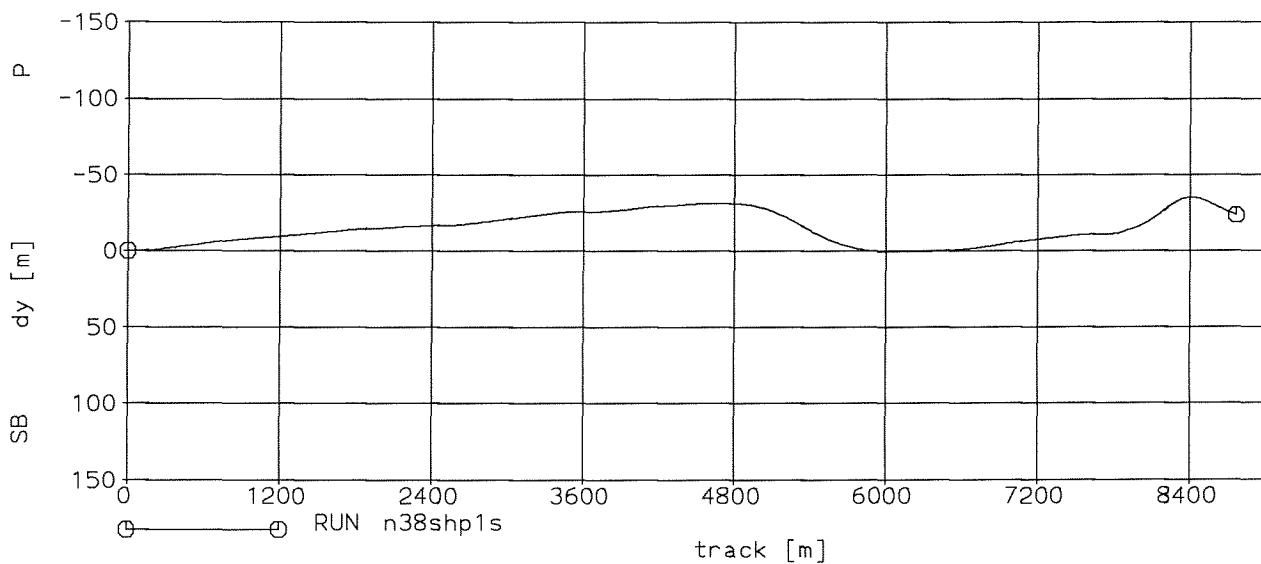
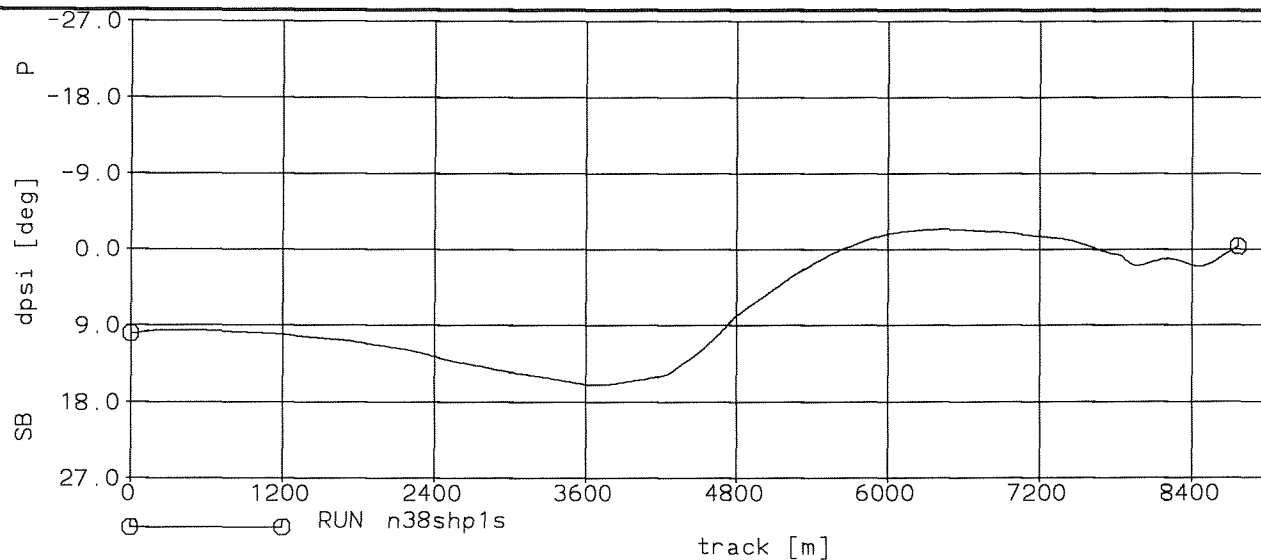
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n38/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n38s1s



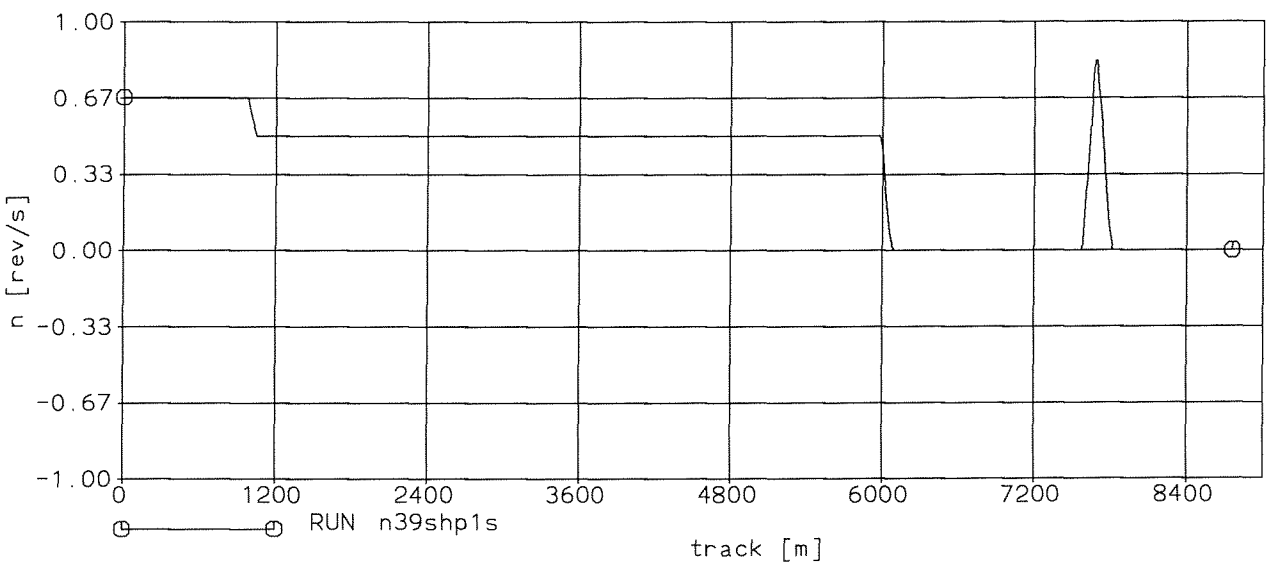
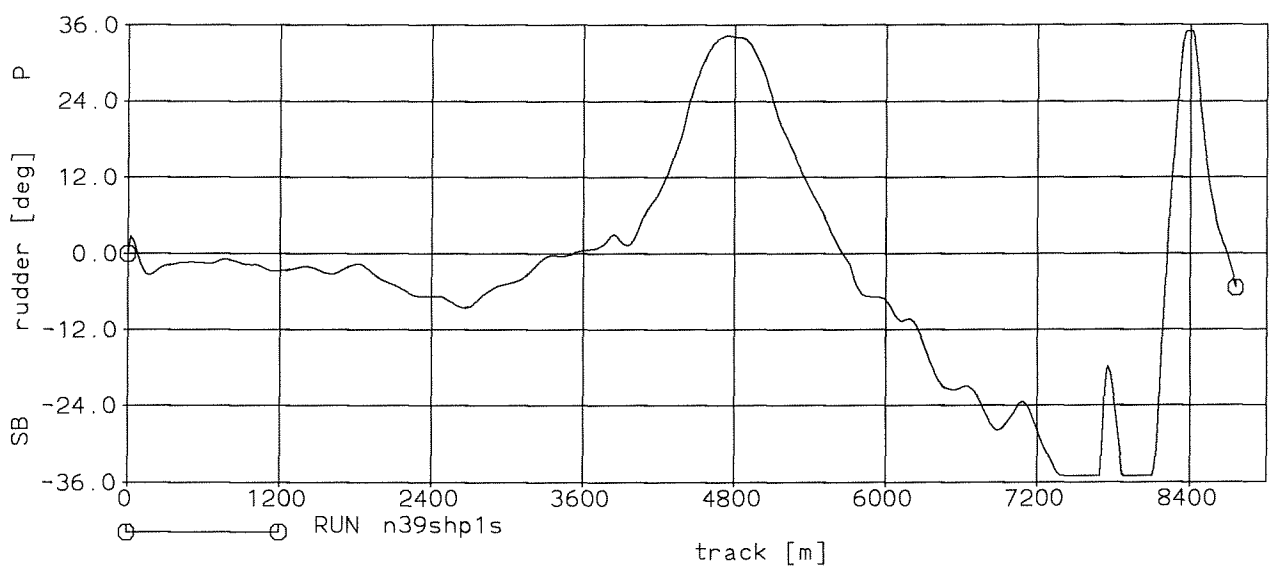
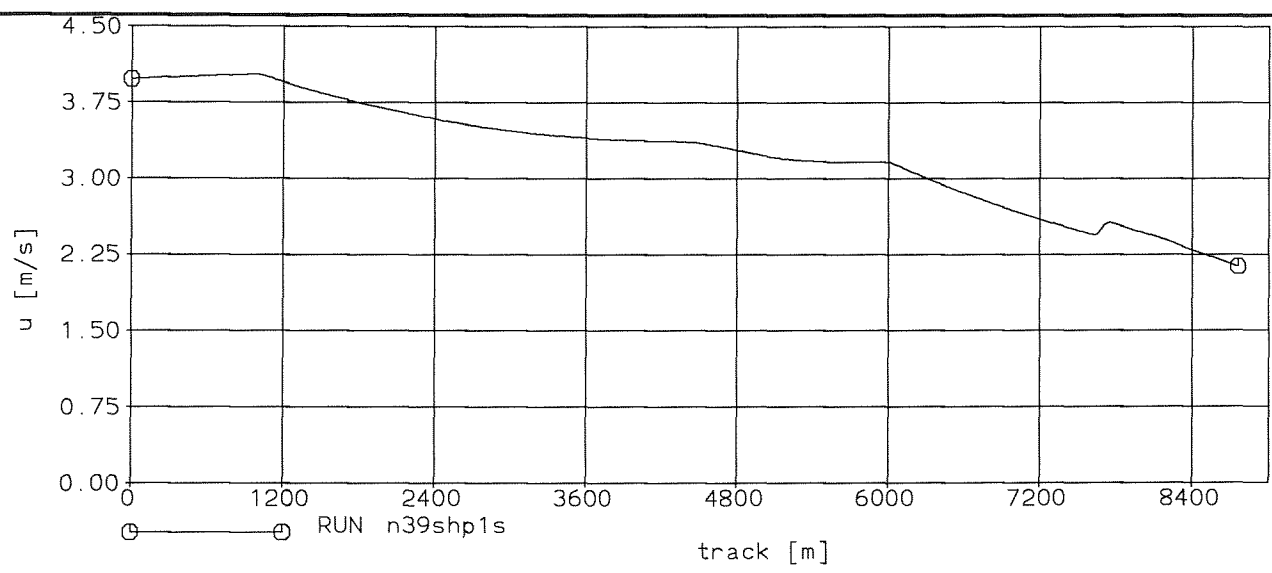
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n38/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n38s1s



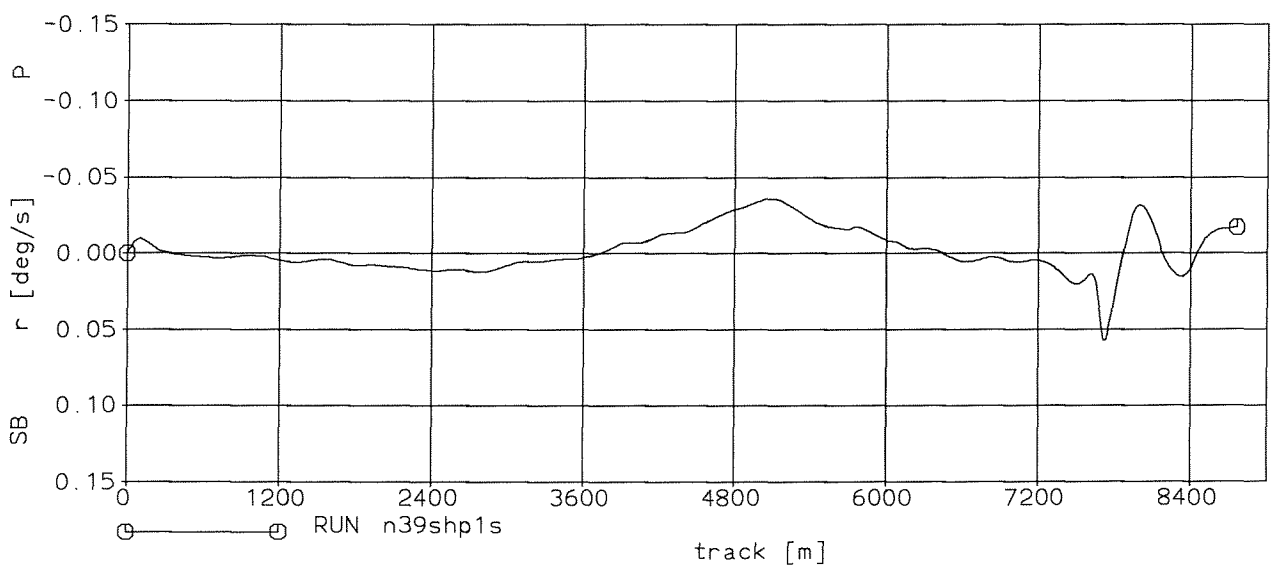
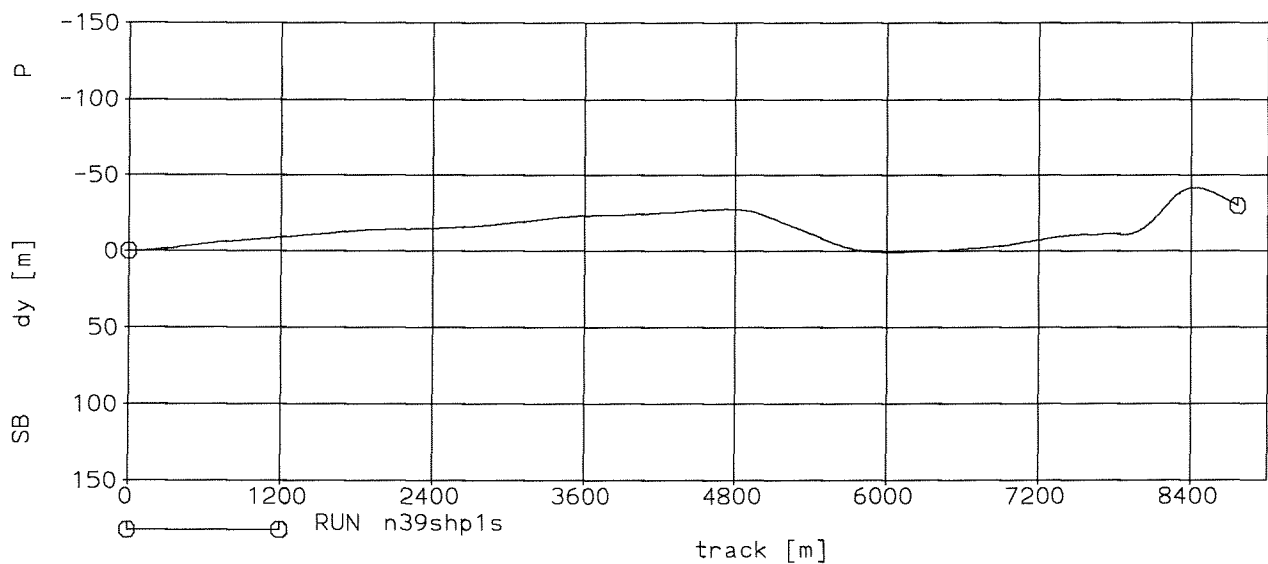
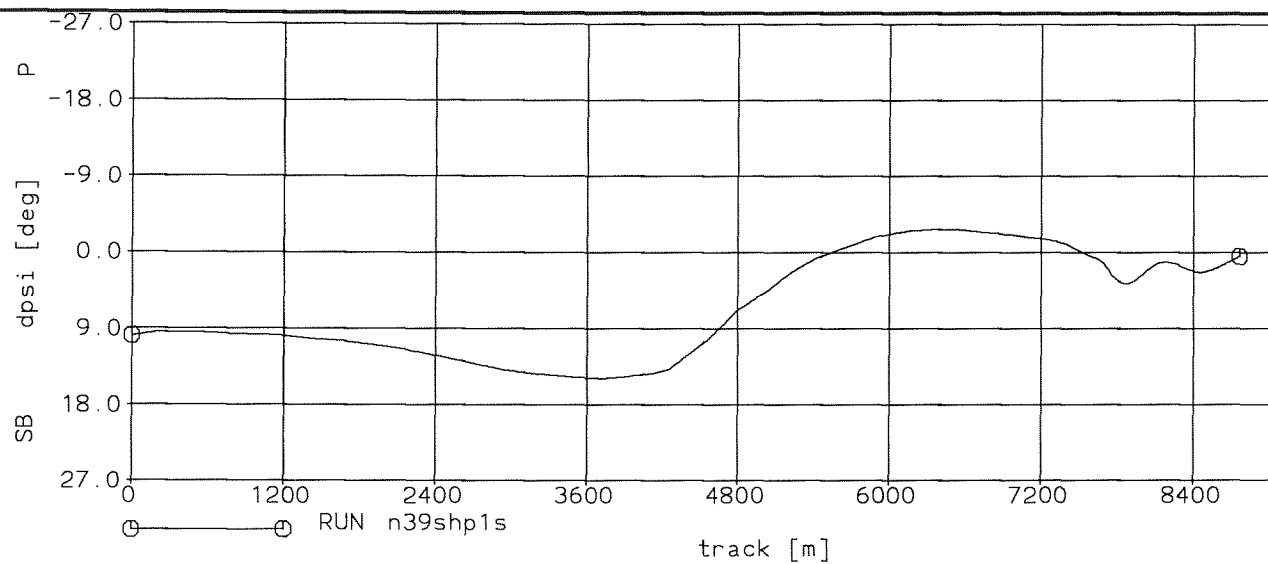
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n39/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n39s1s



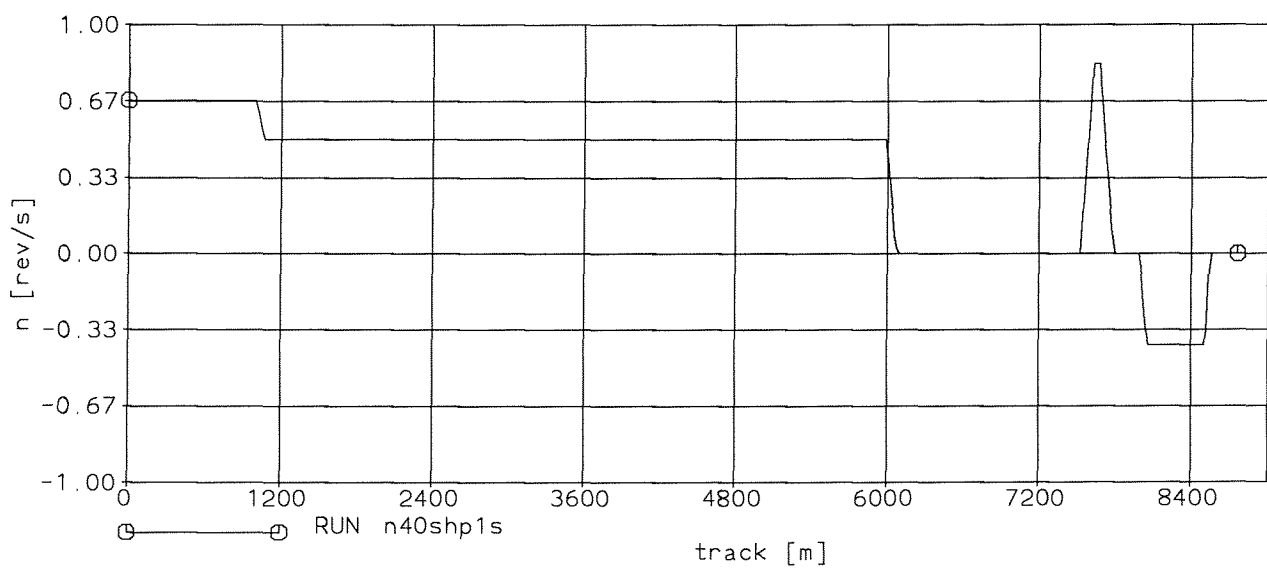
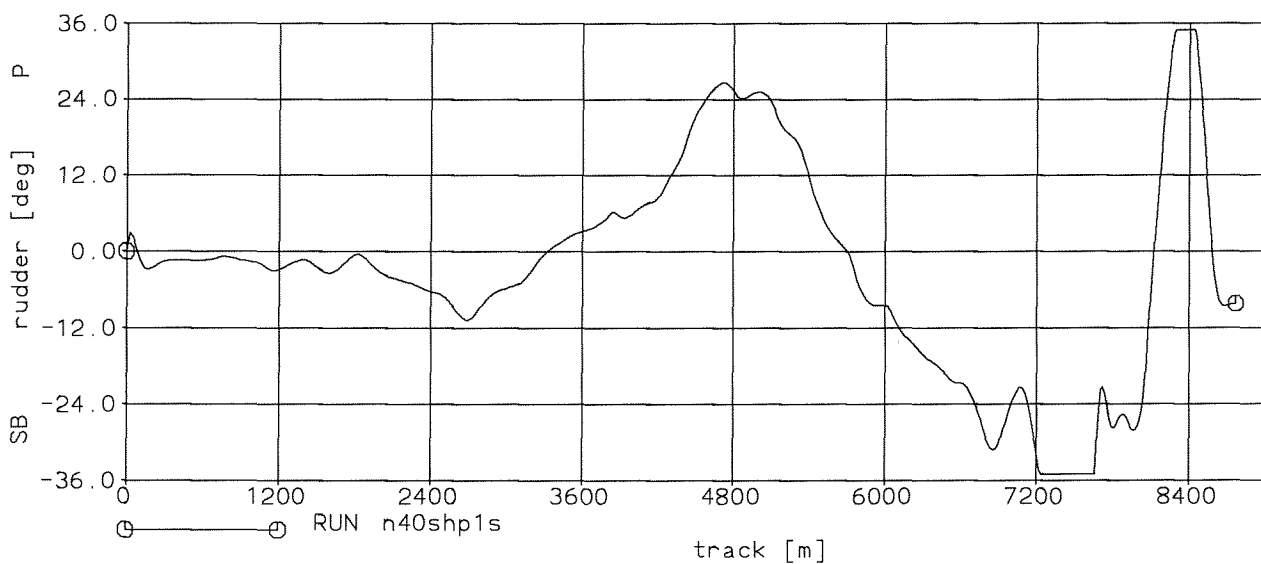
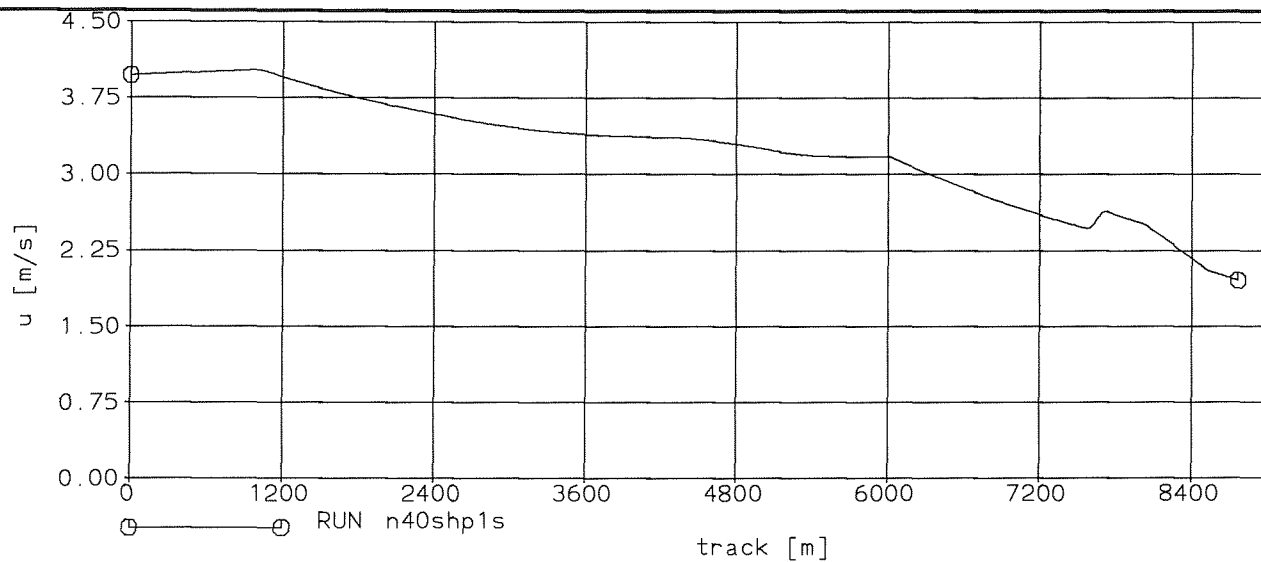
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n39/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n39s1s



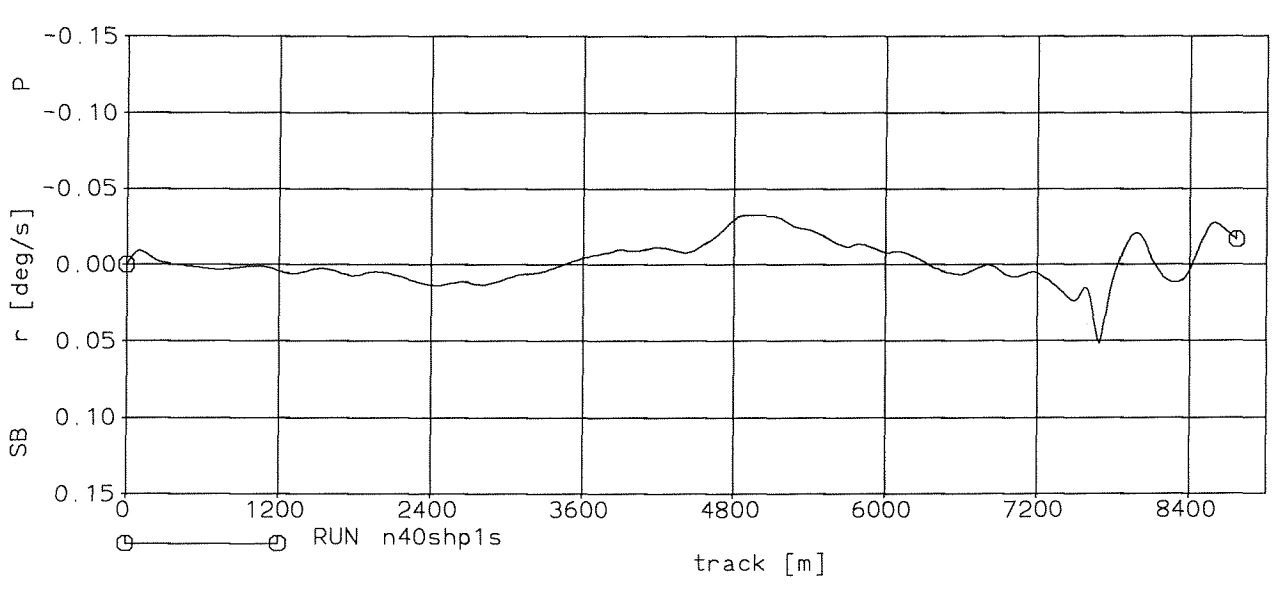
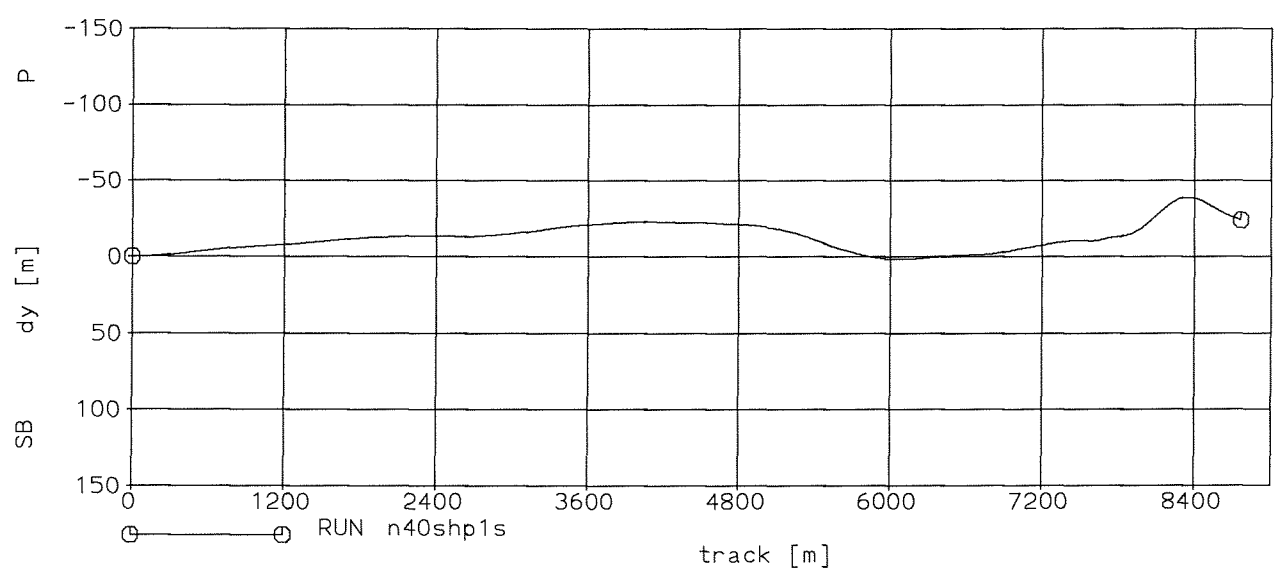
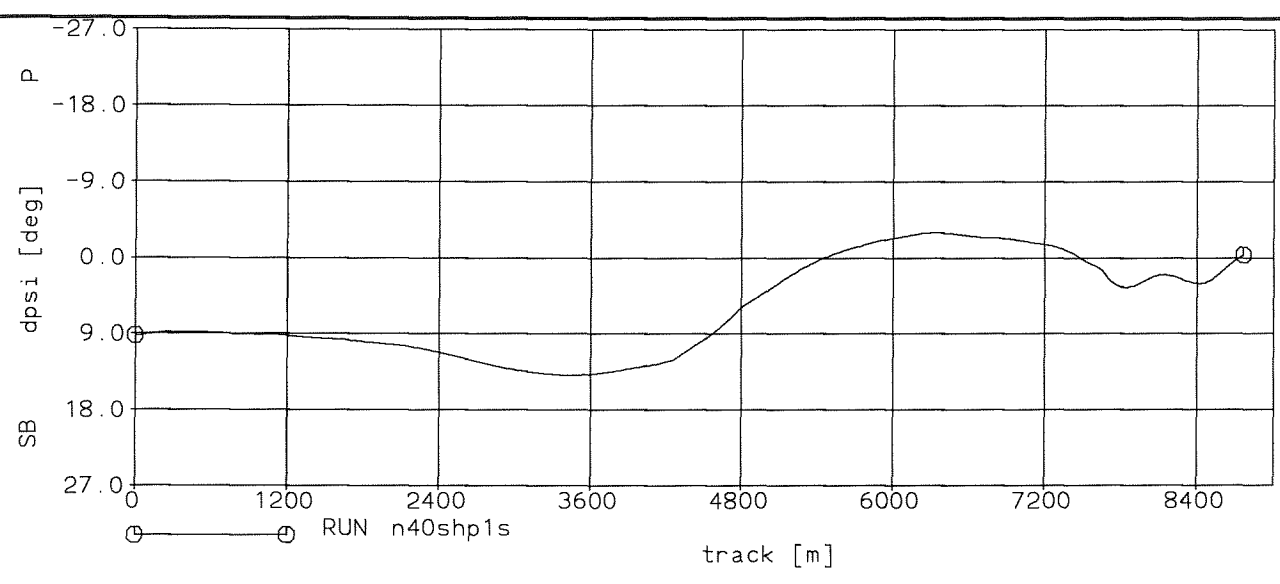
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n40/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n40s1s



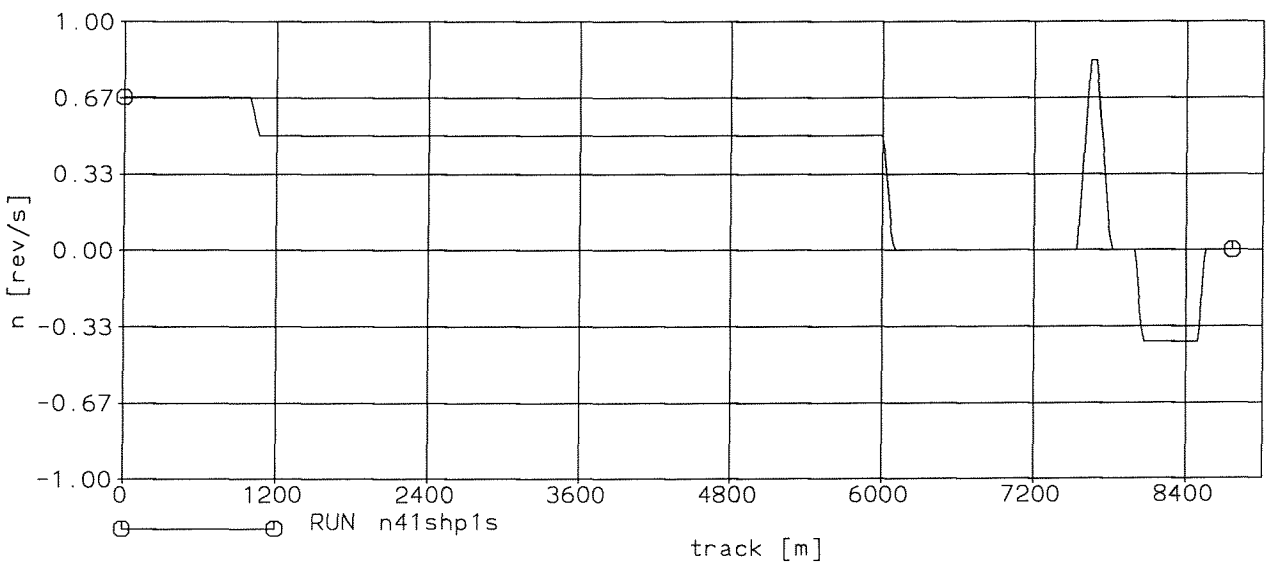
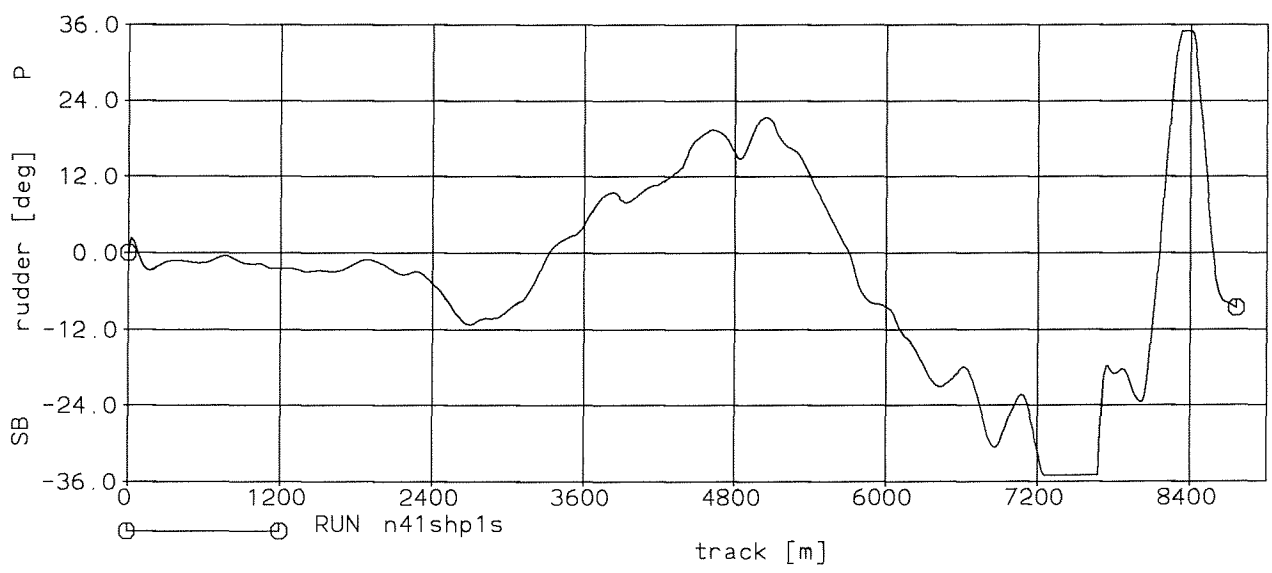
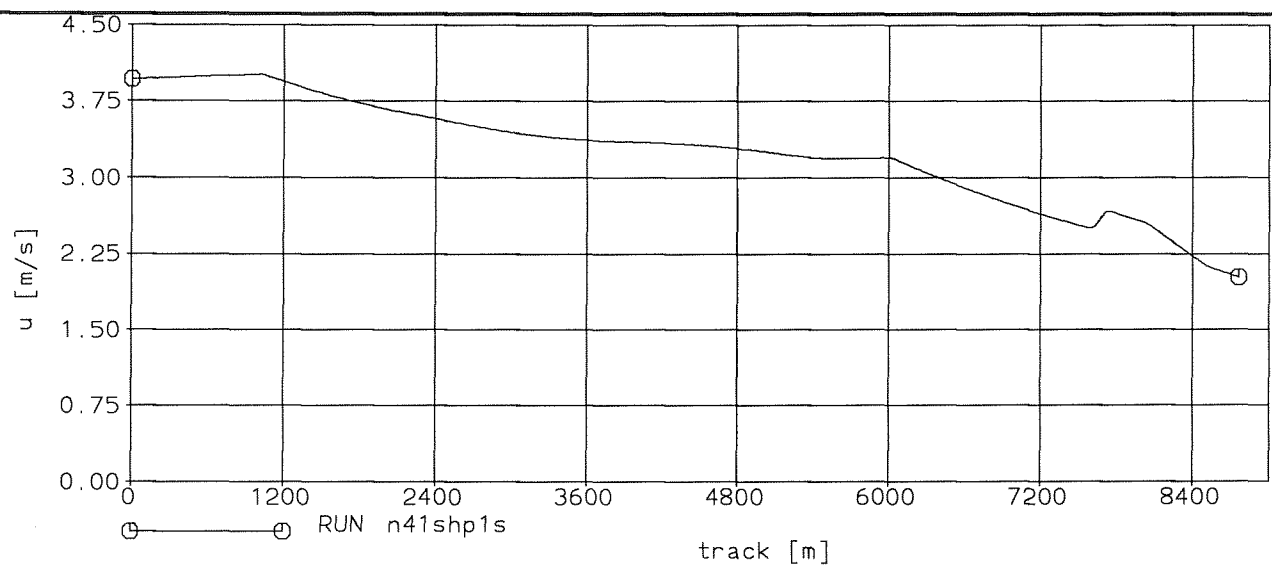
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n40/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n40s1s



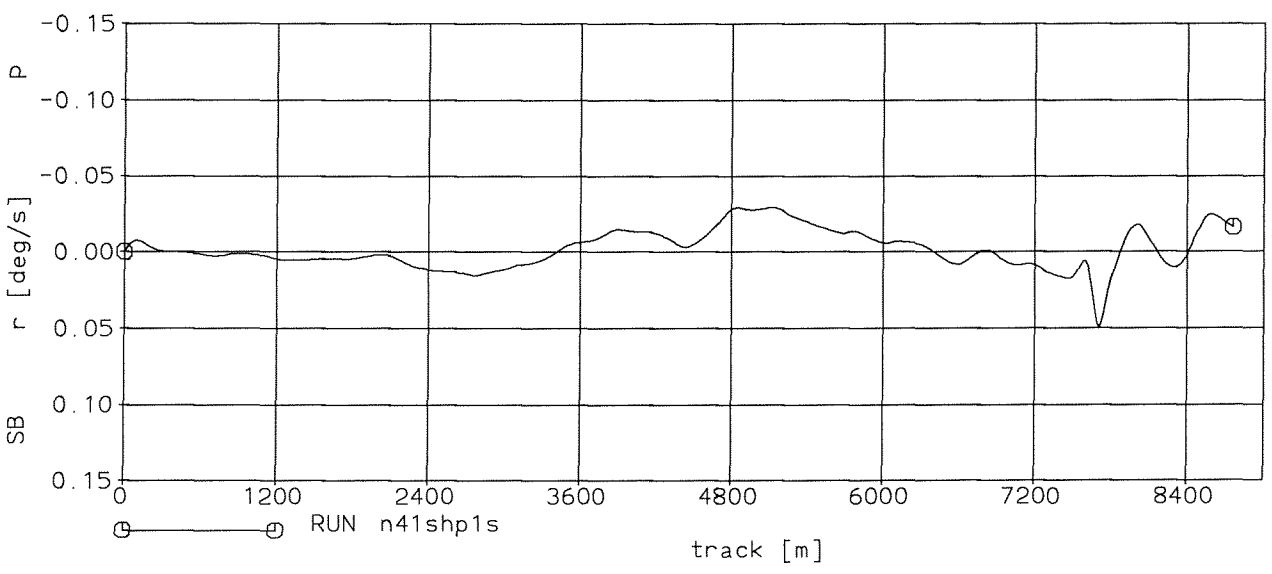
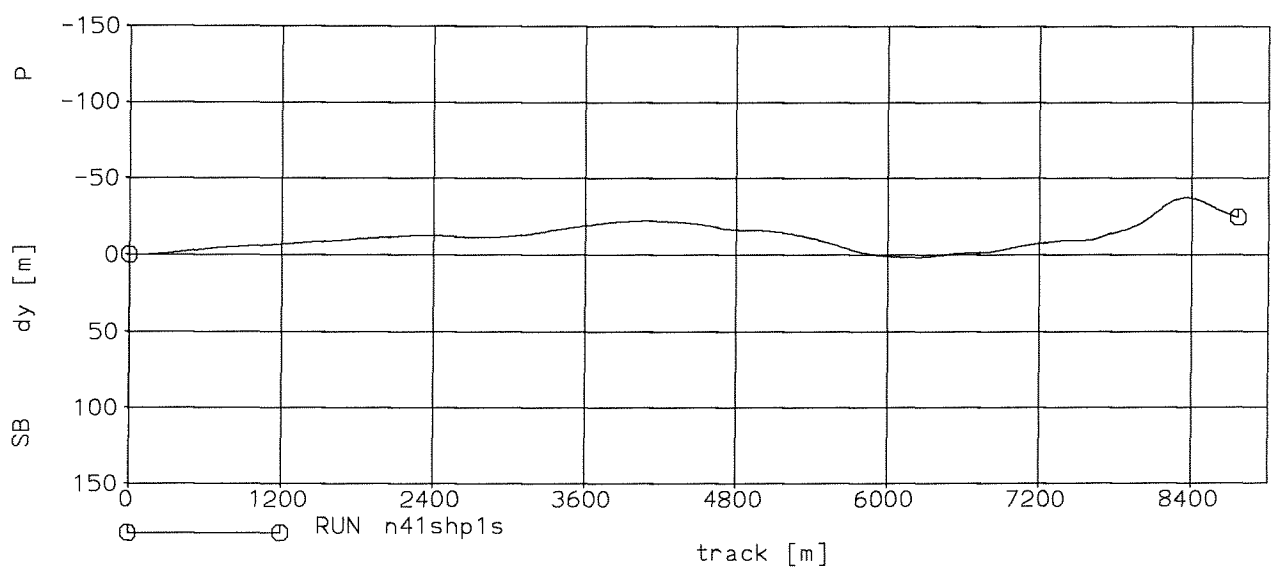
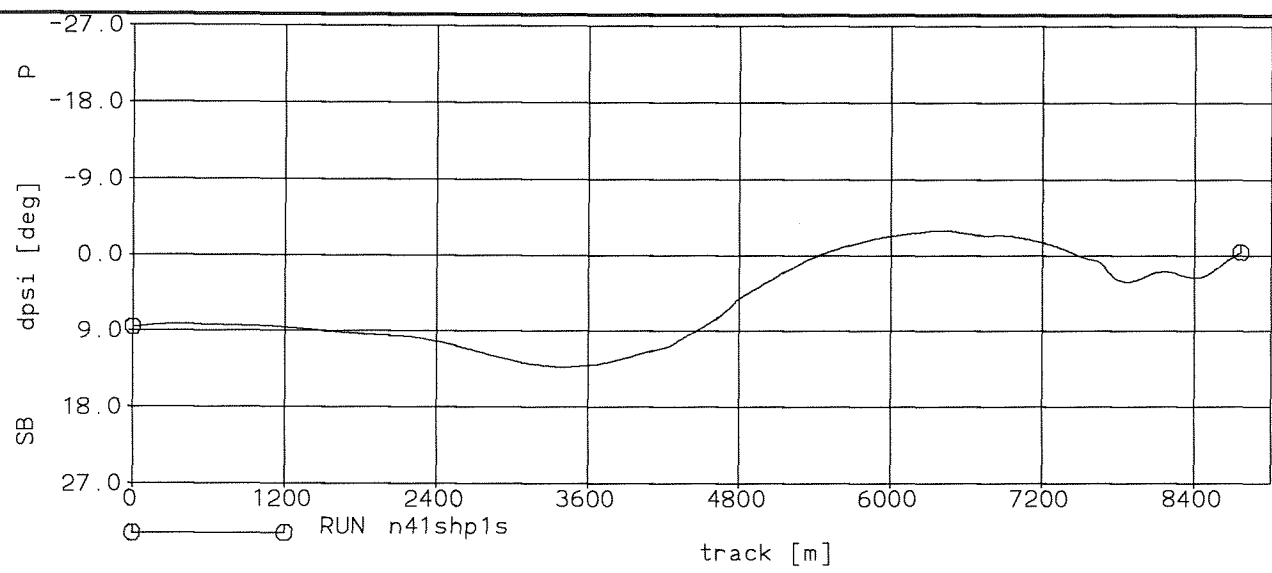
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n41/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n41s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n41/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

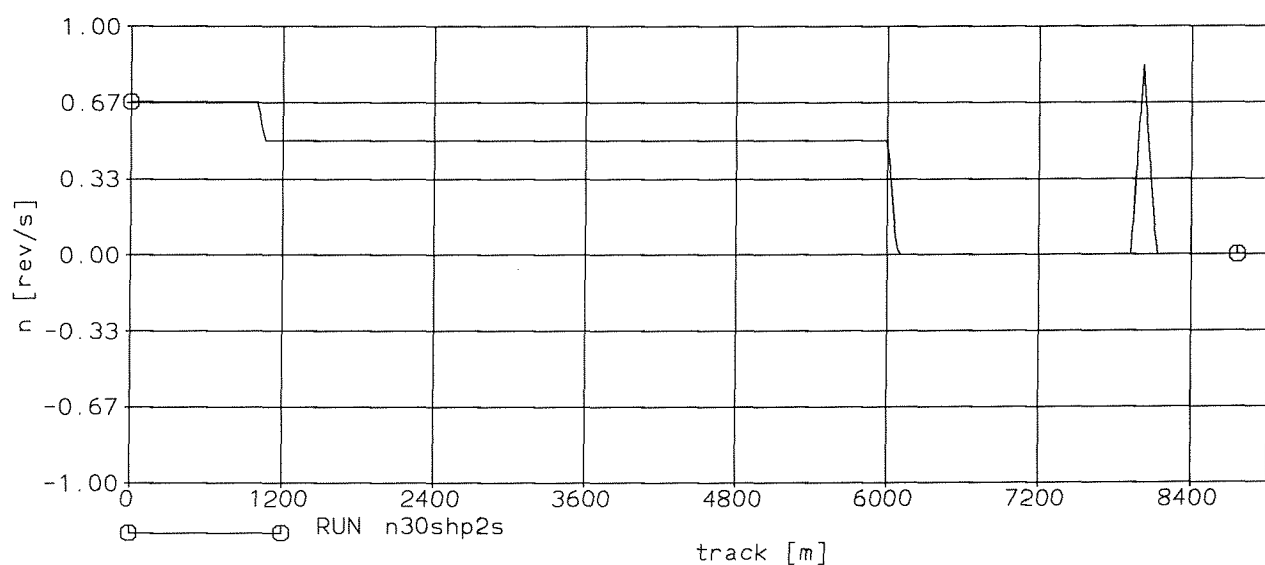
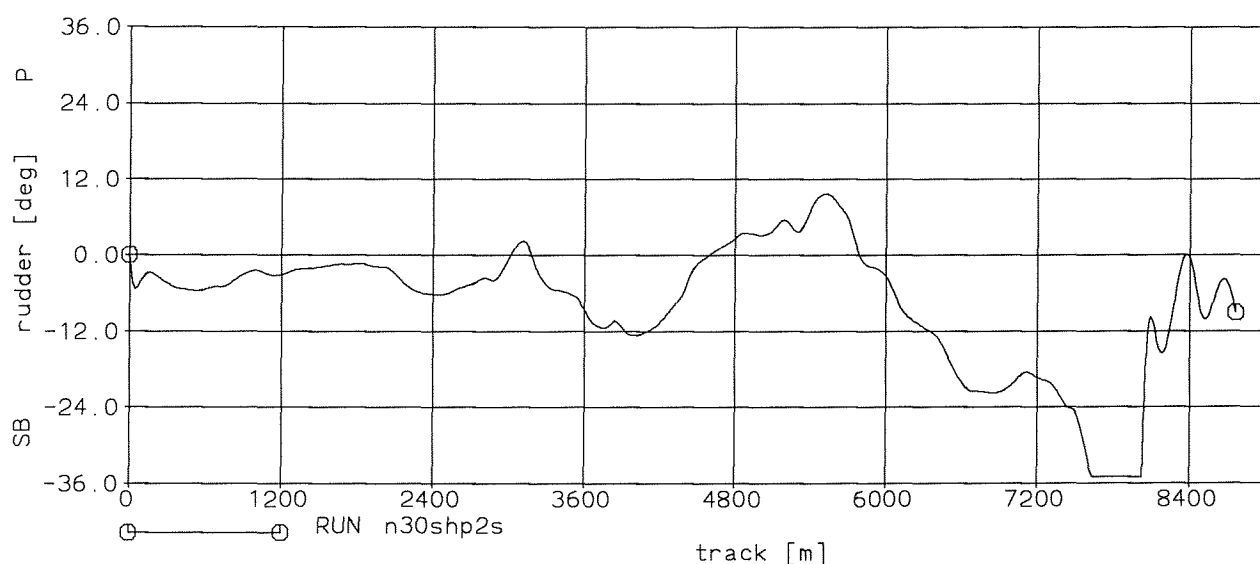
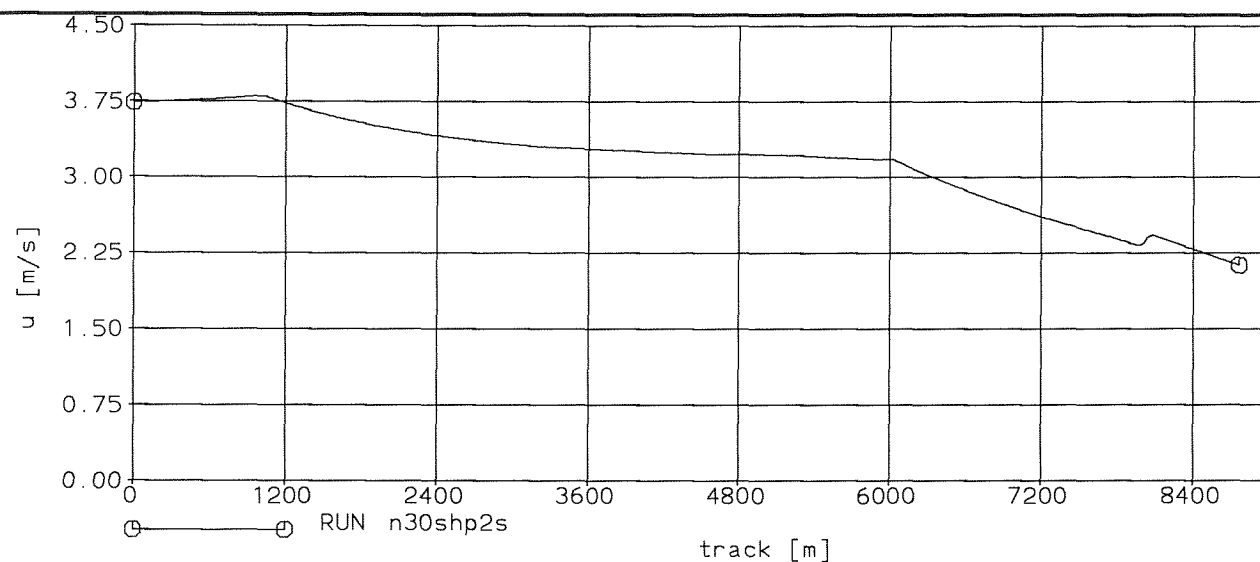
AvdHoek

FIG. n41s1s



Bijlage L-II

**Dataplots normaal snelheidsregime voor NW-
wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 4 l**



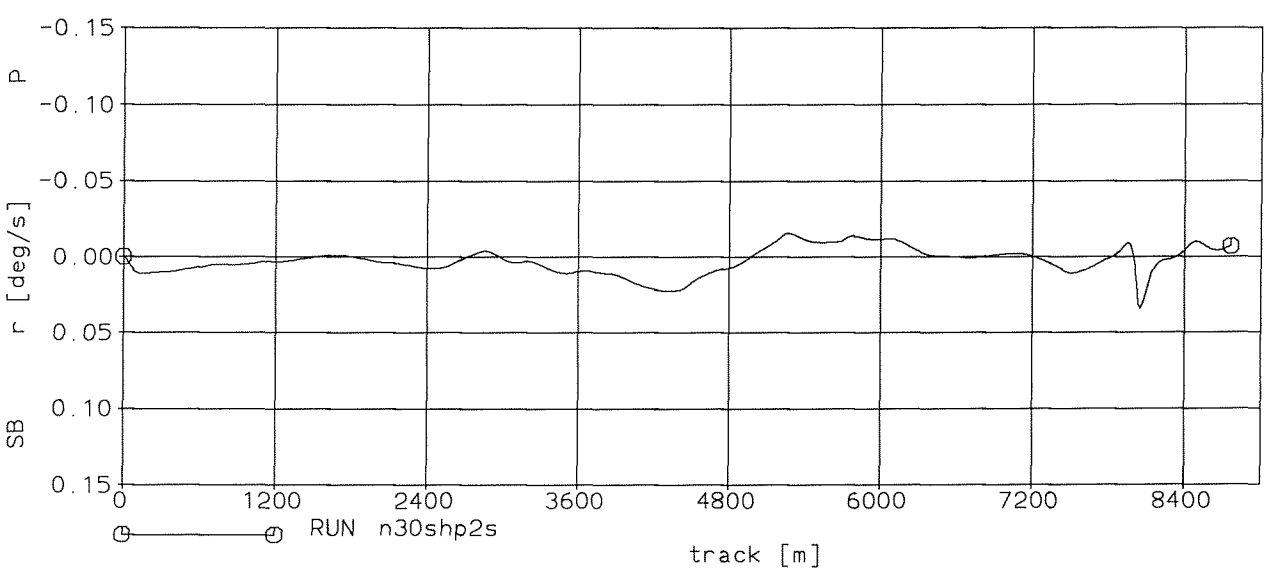
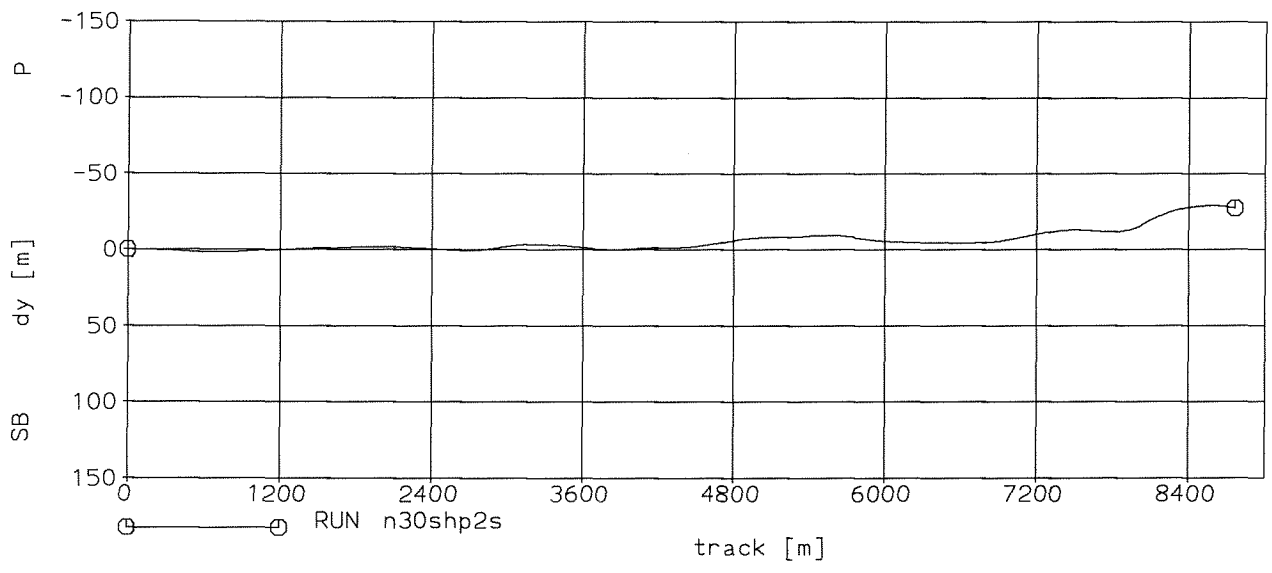
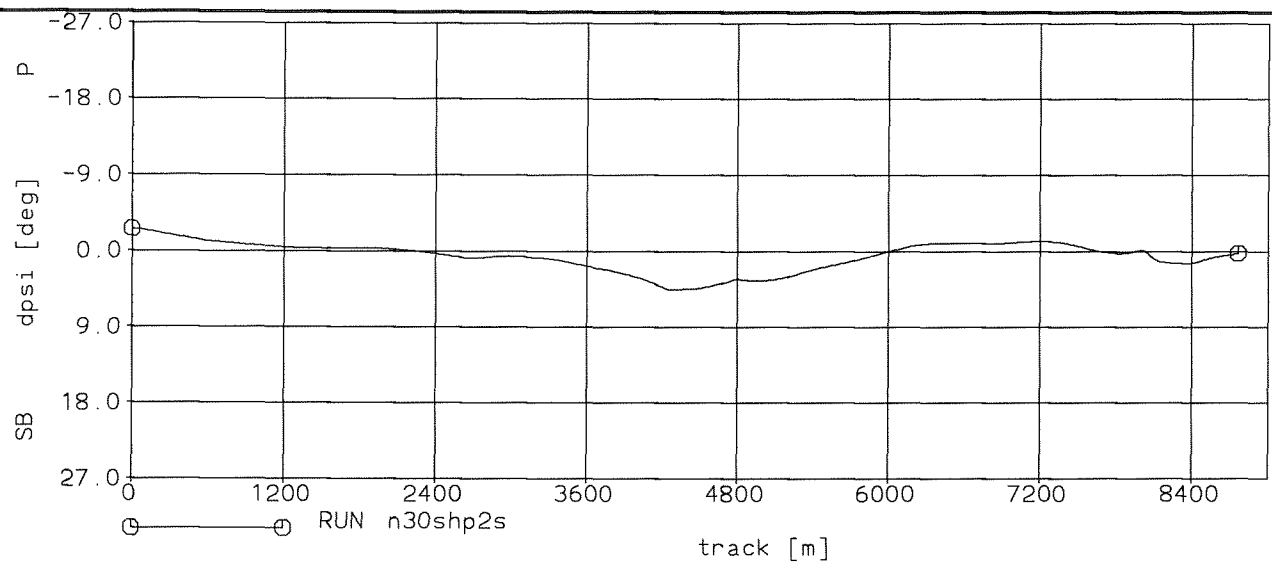
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n30/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n30s2s



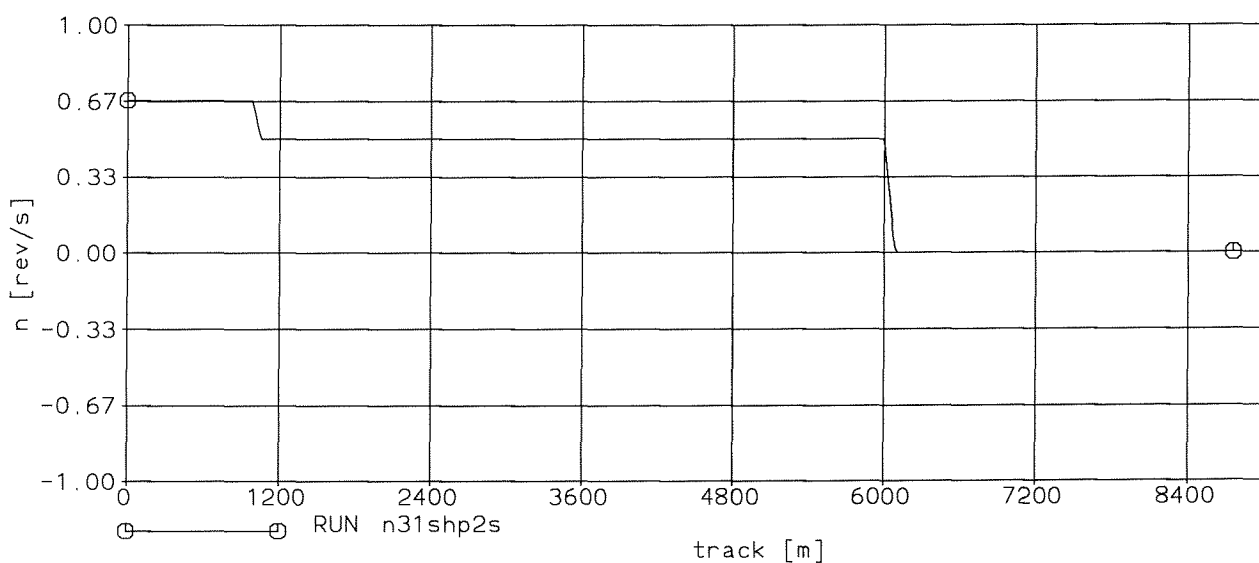
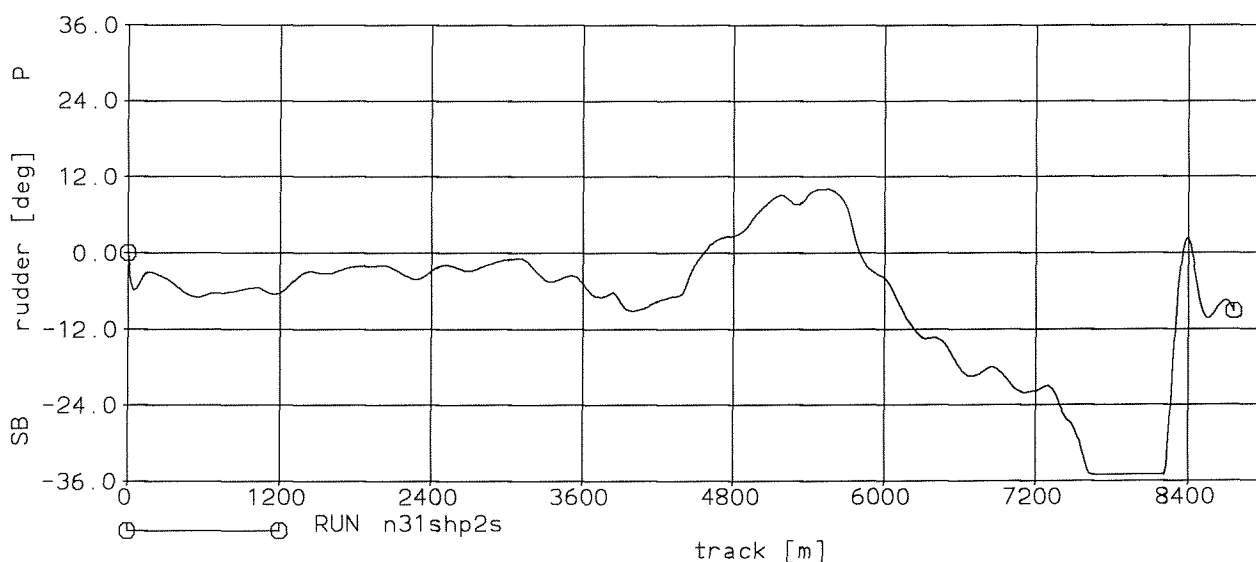
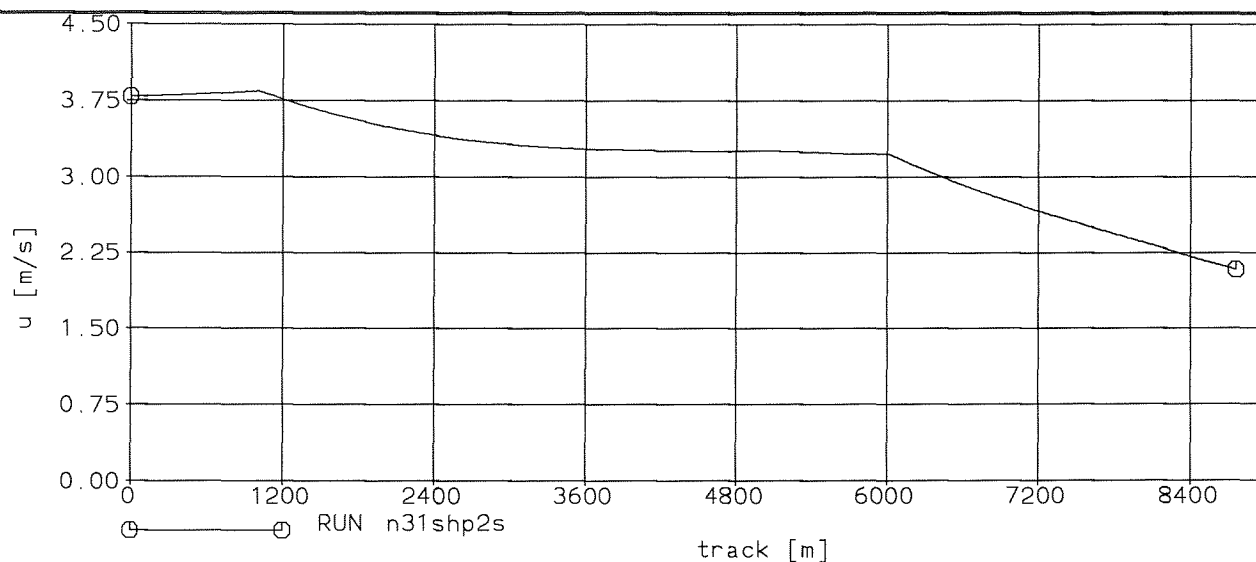
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n30/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n30s2s



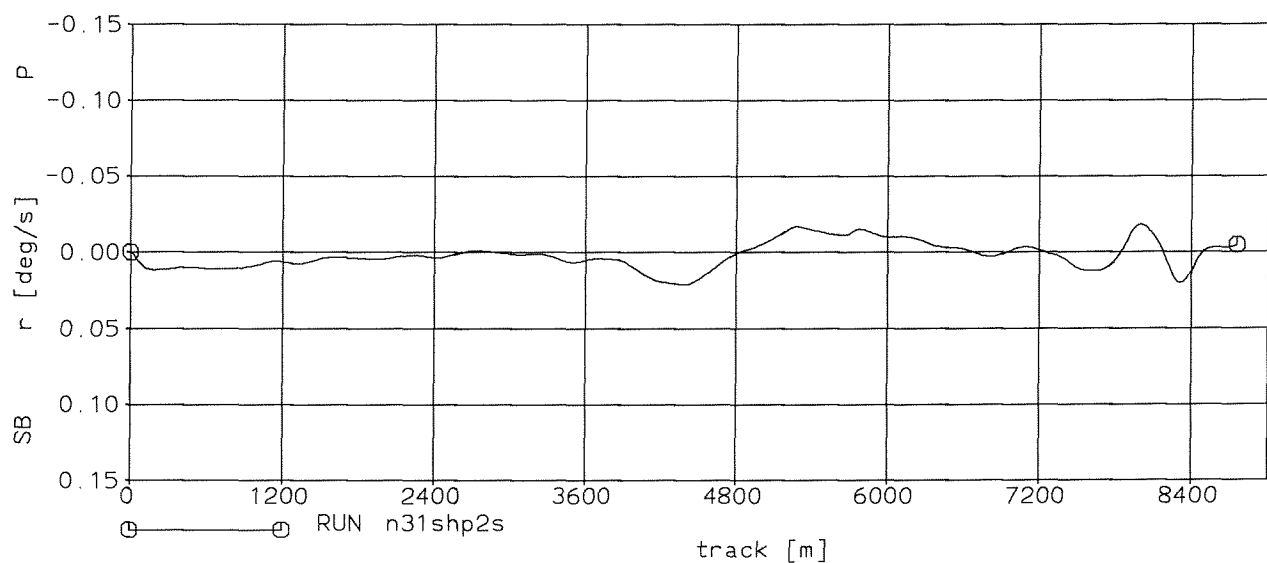
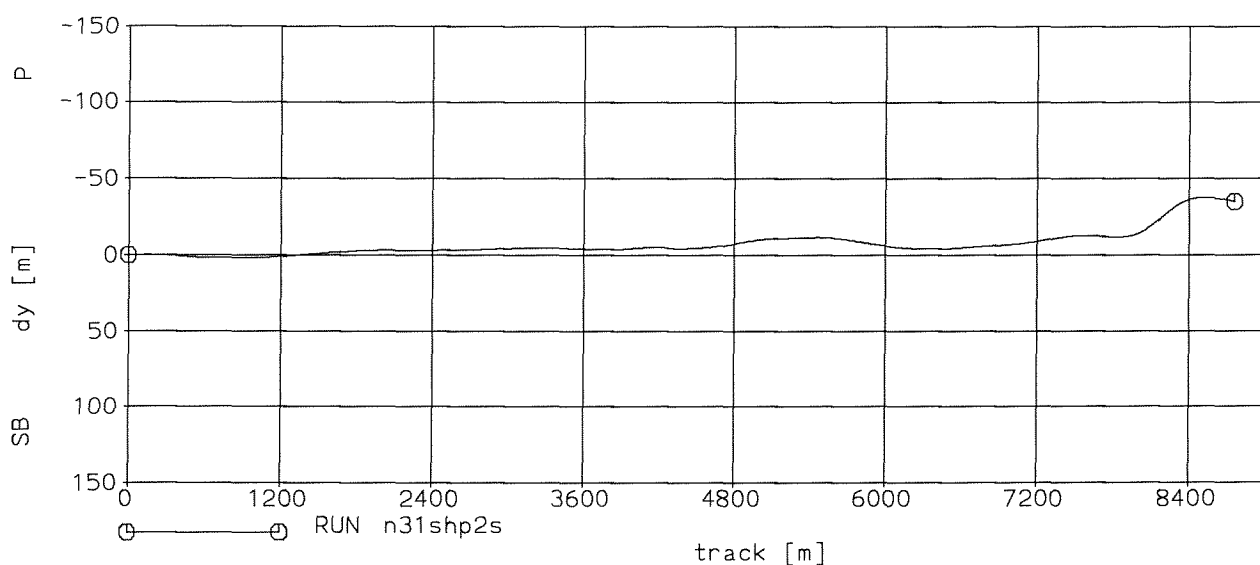
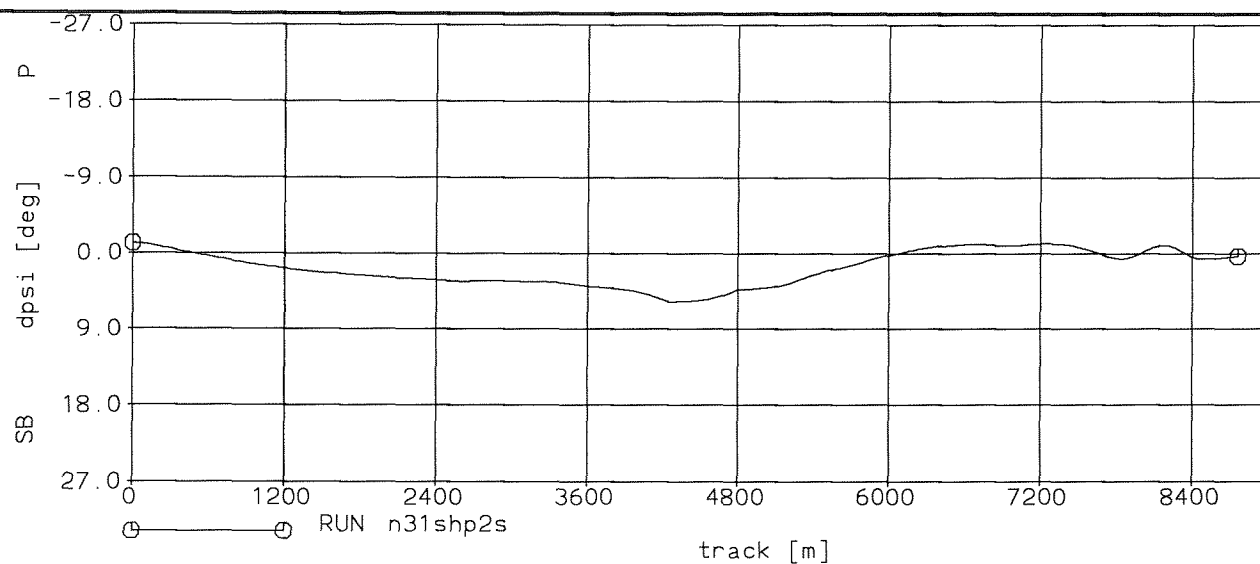
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n31/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n31s2s



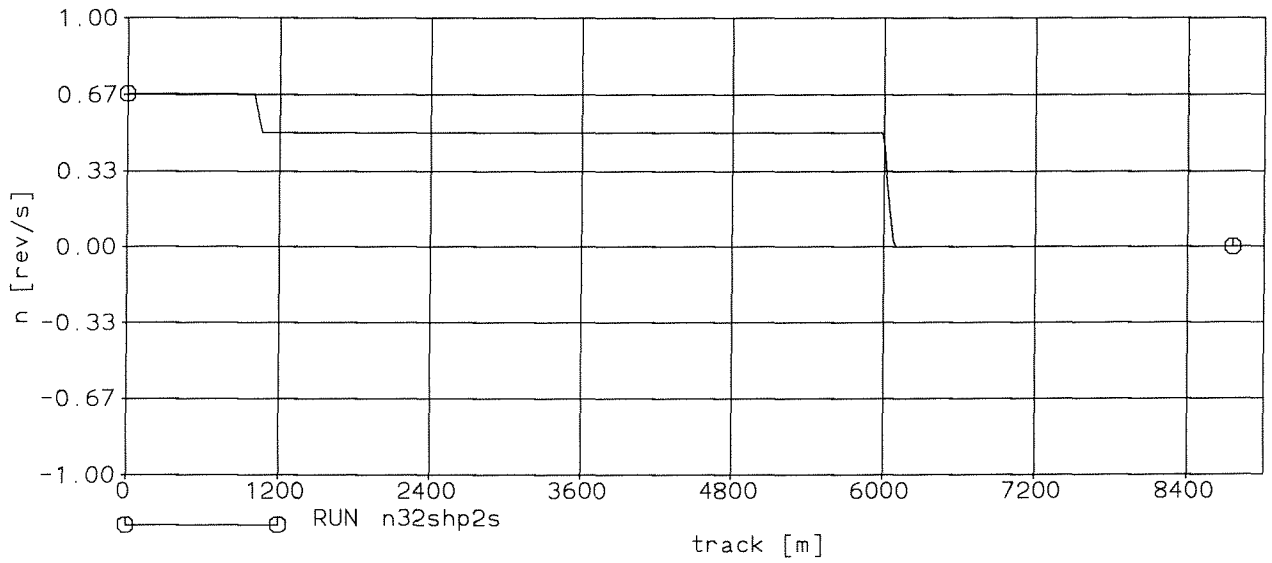
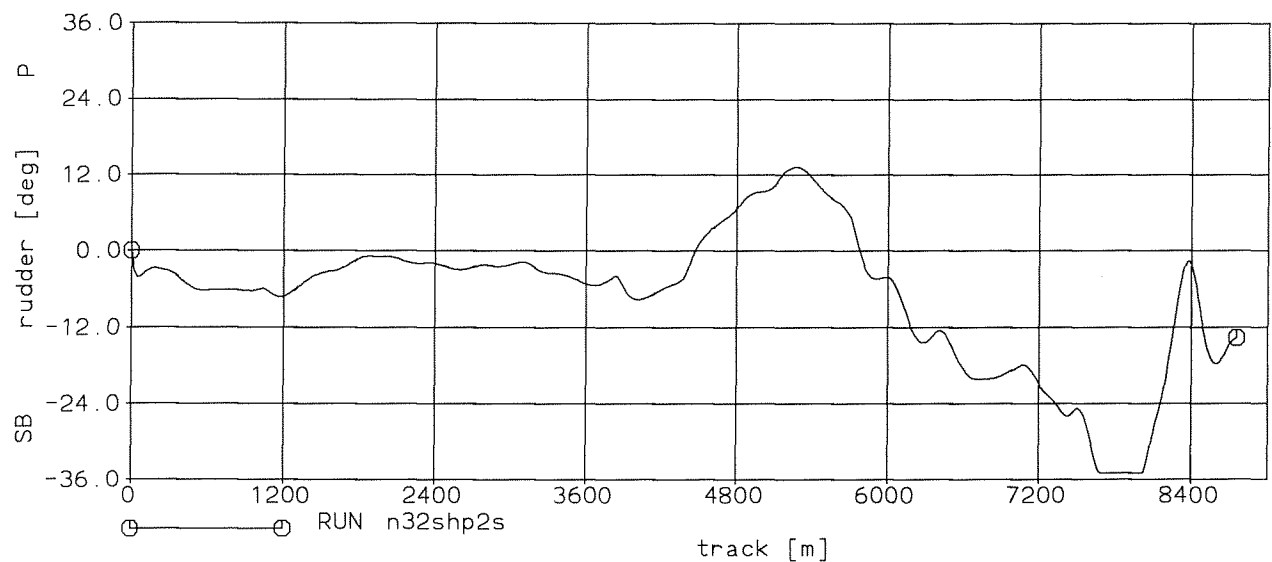
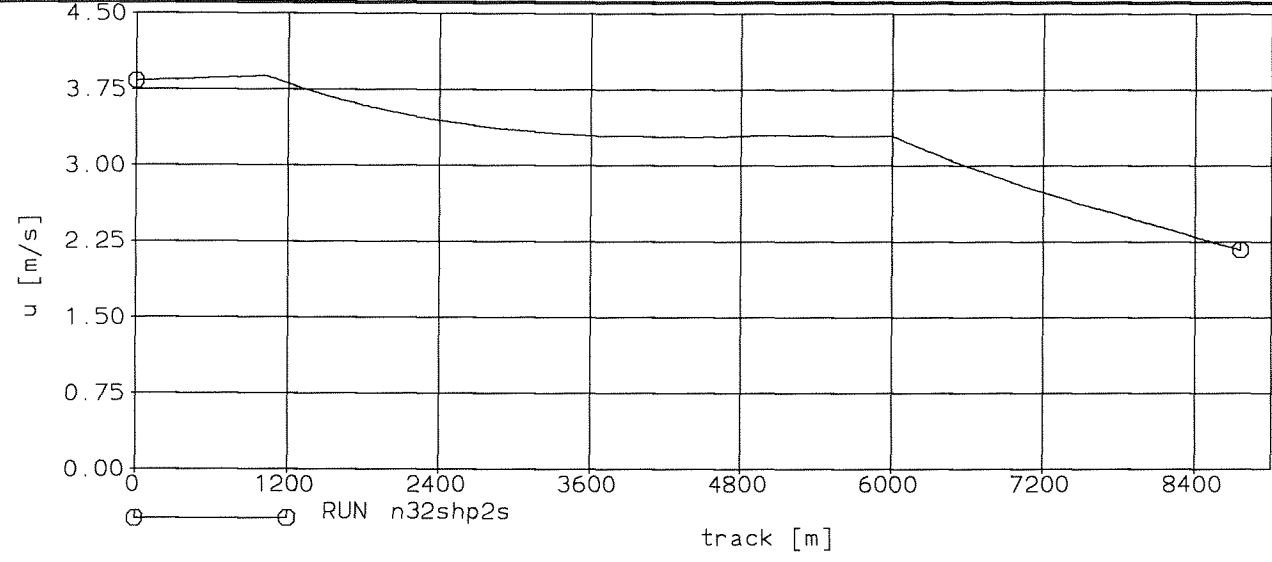
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n31/shp2/spring

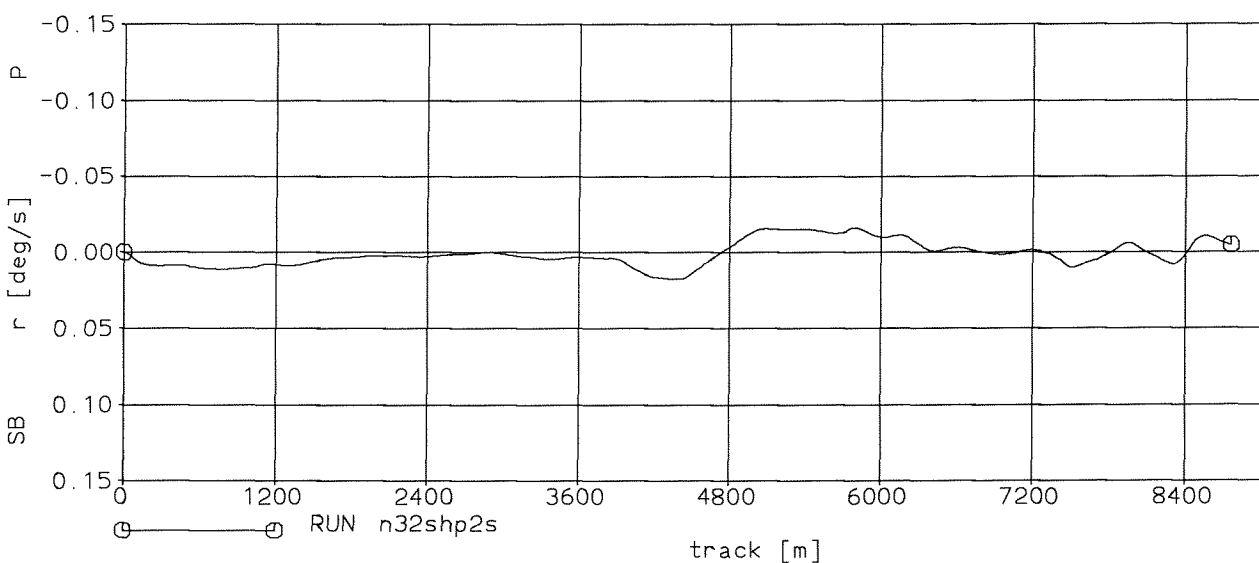
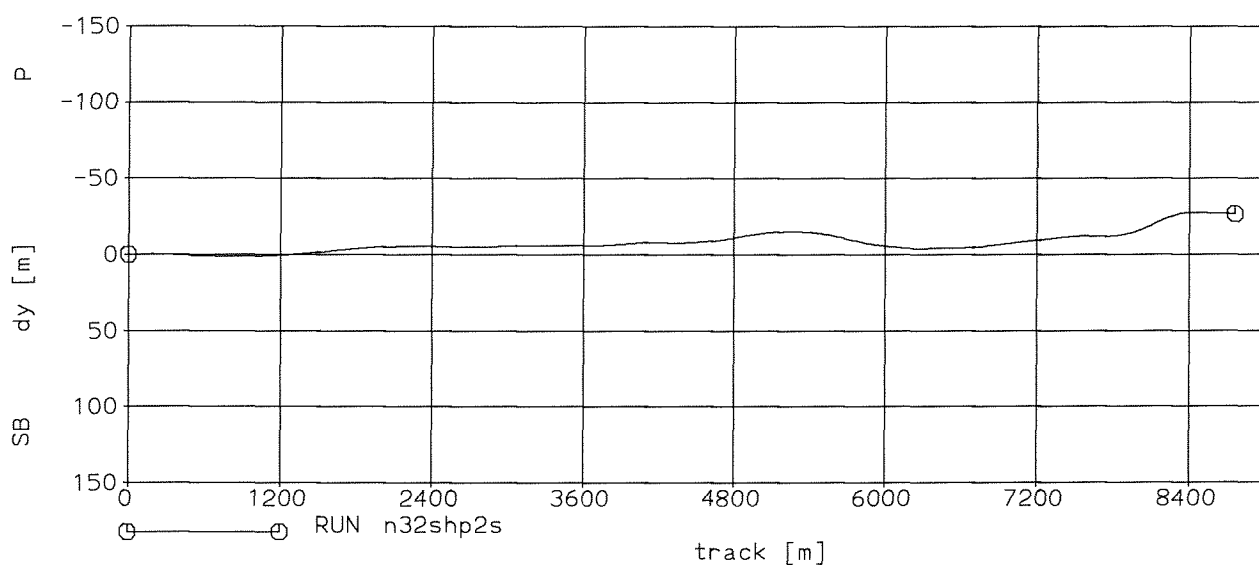
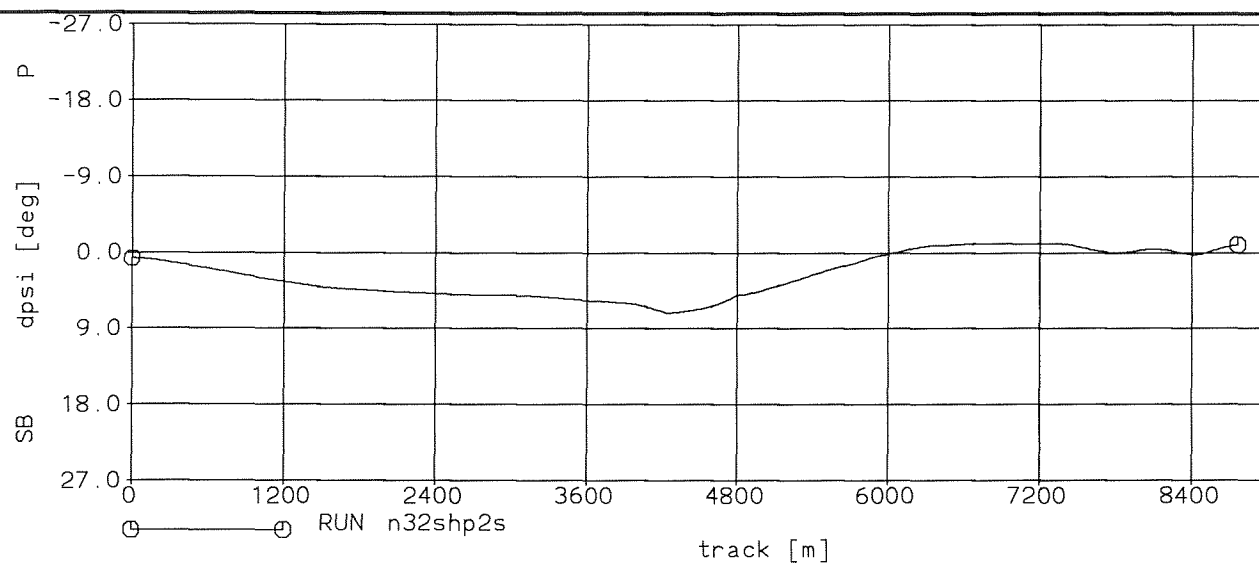
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n31s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam Simulatie toegangs manoeuvre		
	n32/shp2/spring	
RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer	AvdHoek	FIG. n32s2s



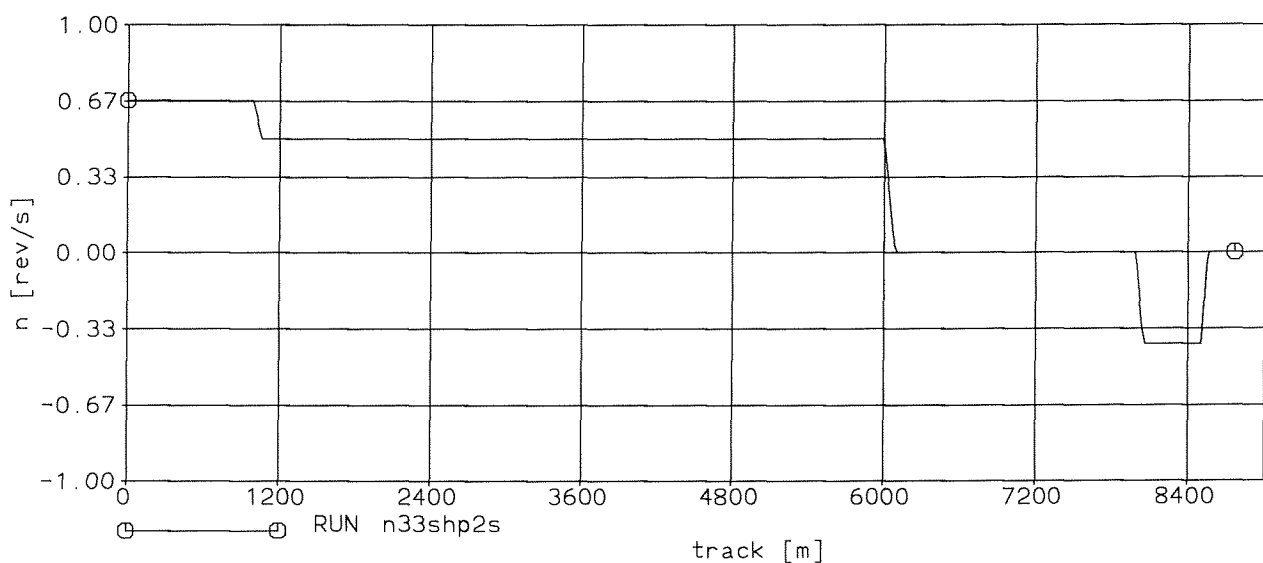
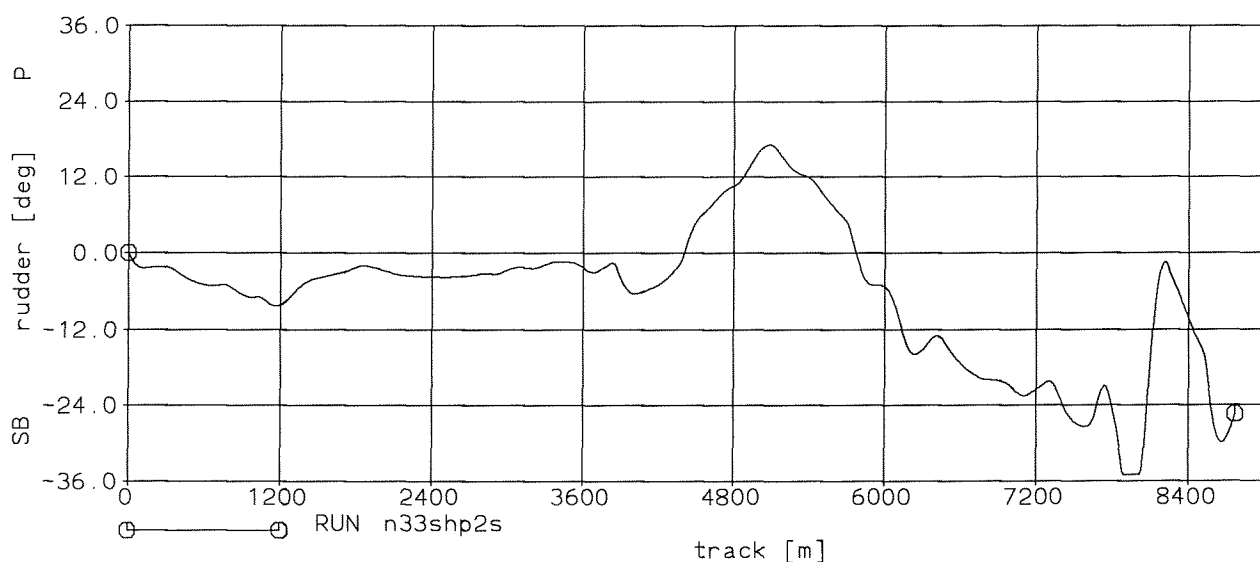
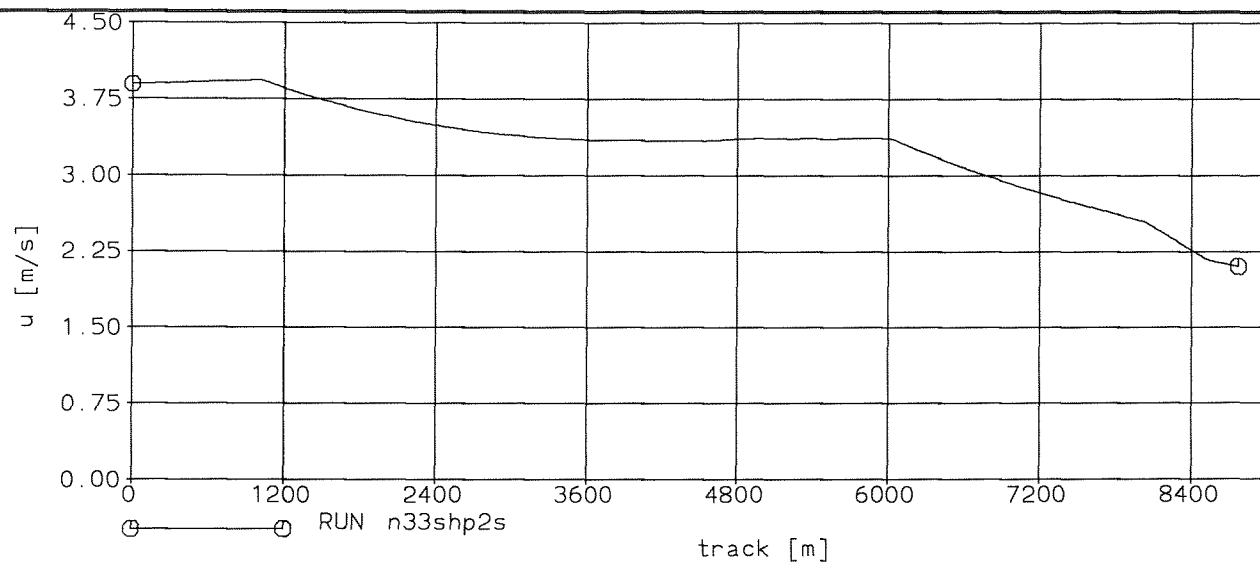
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n32/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n32s2s



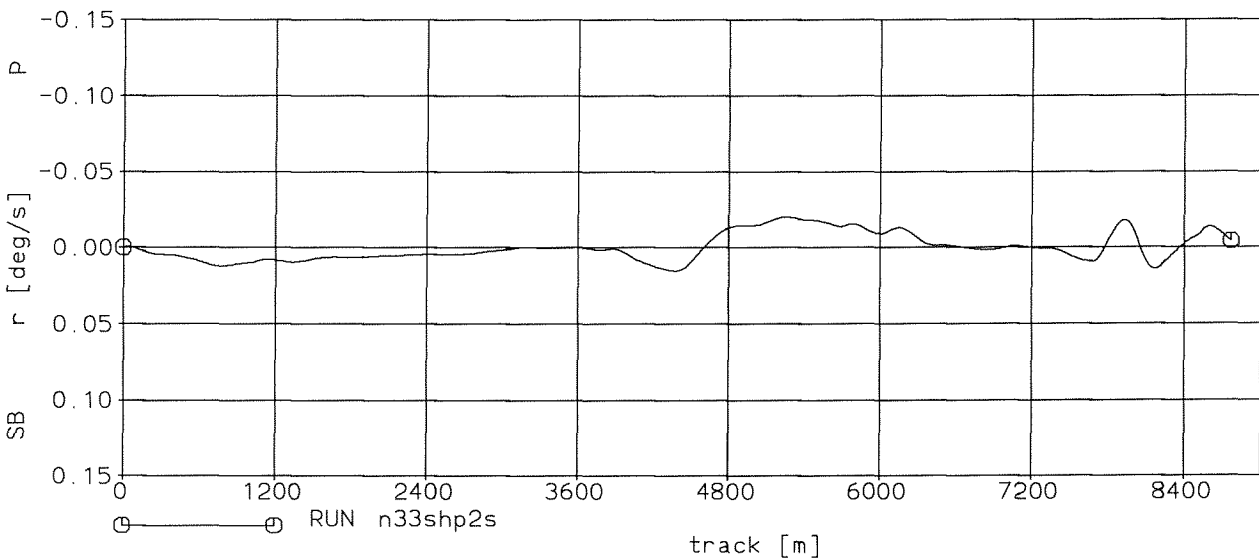
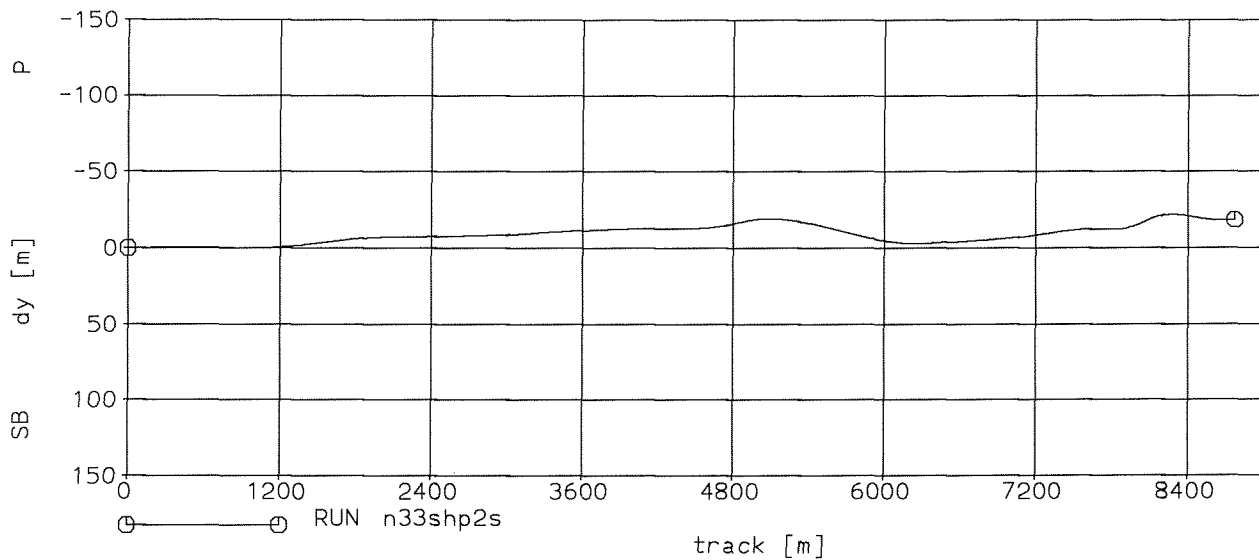
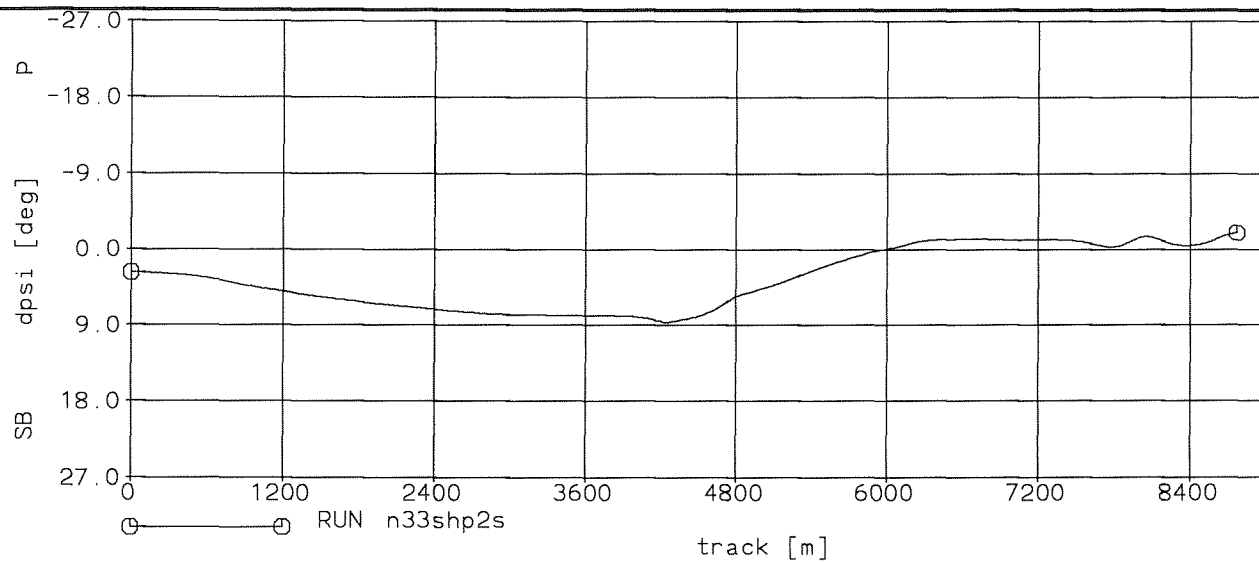
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n33/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n33s2s



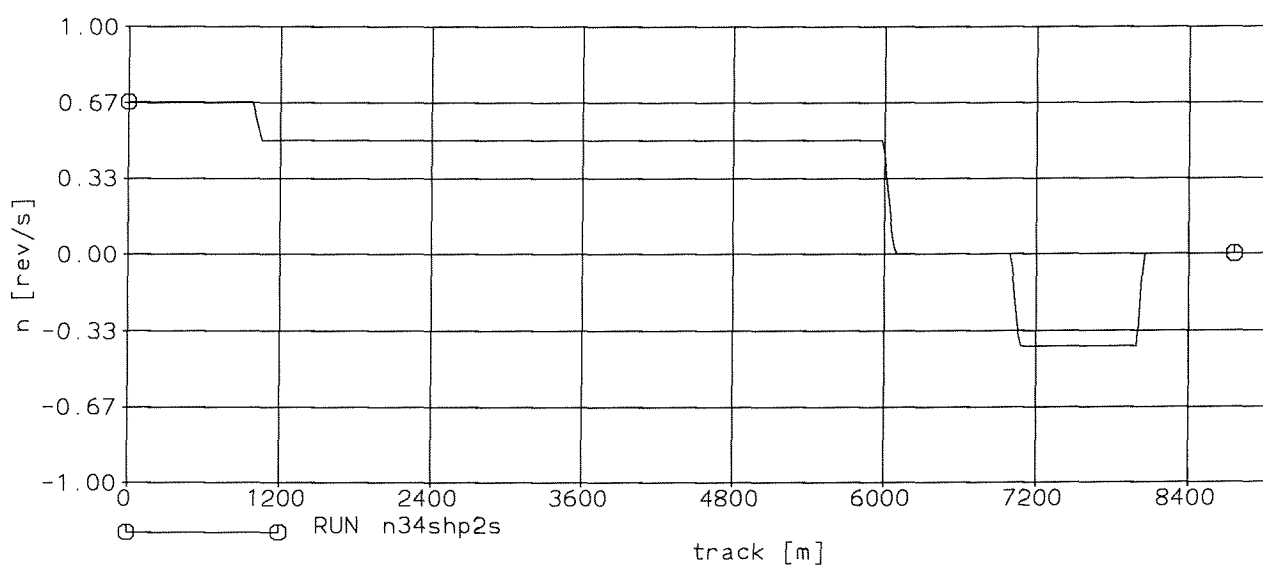
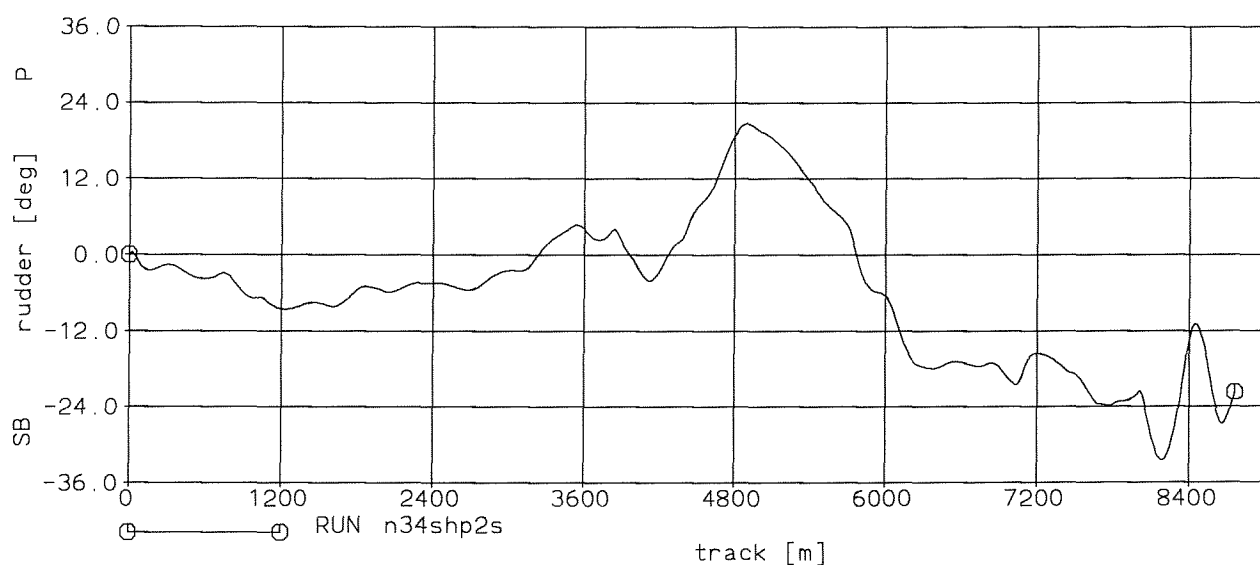
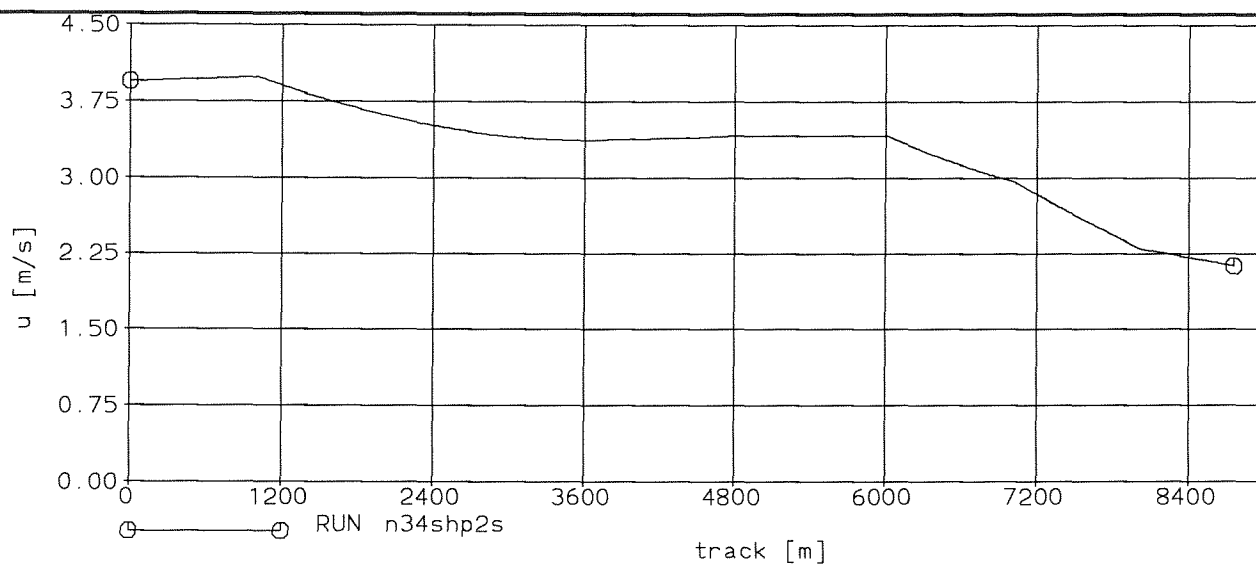
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n33/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n33s2s



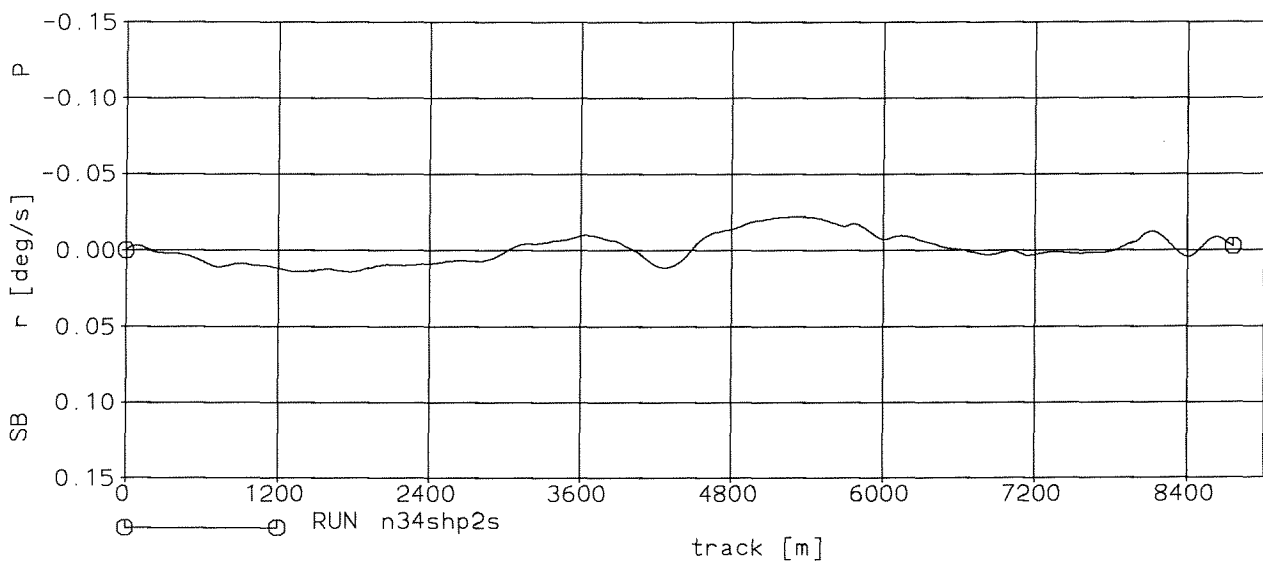
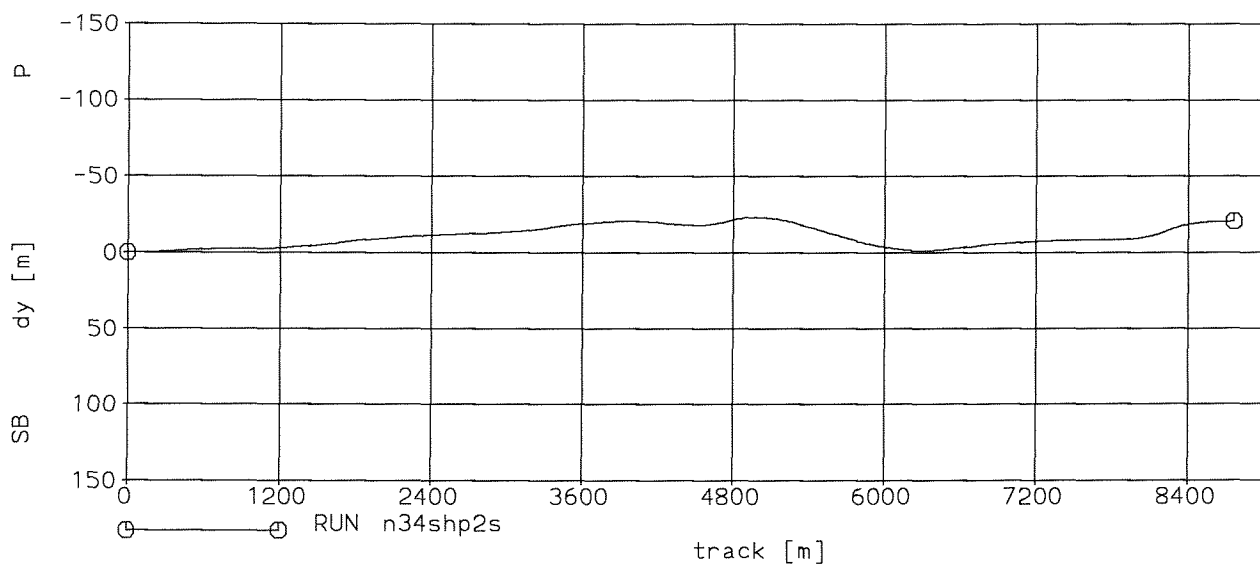
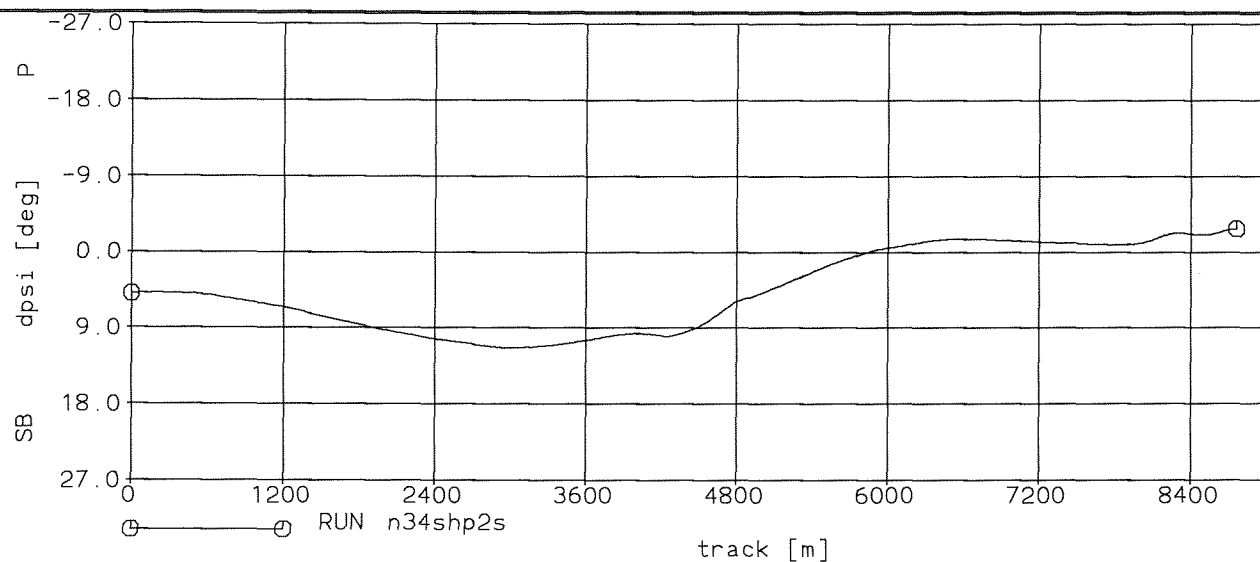
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n34/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n34s2s



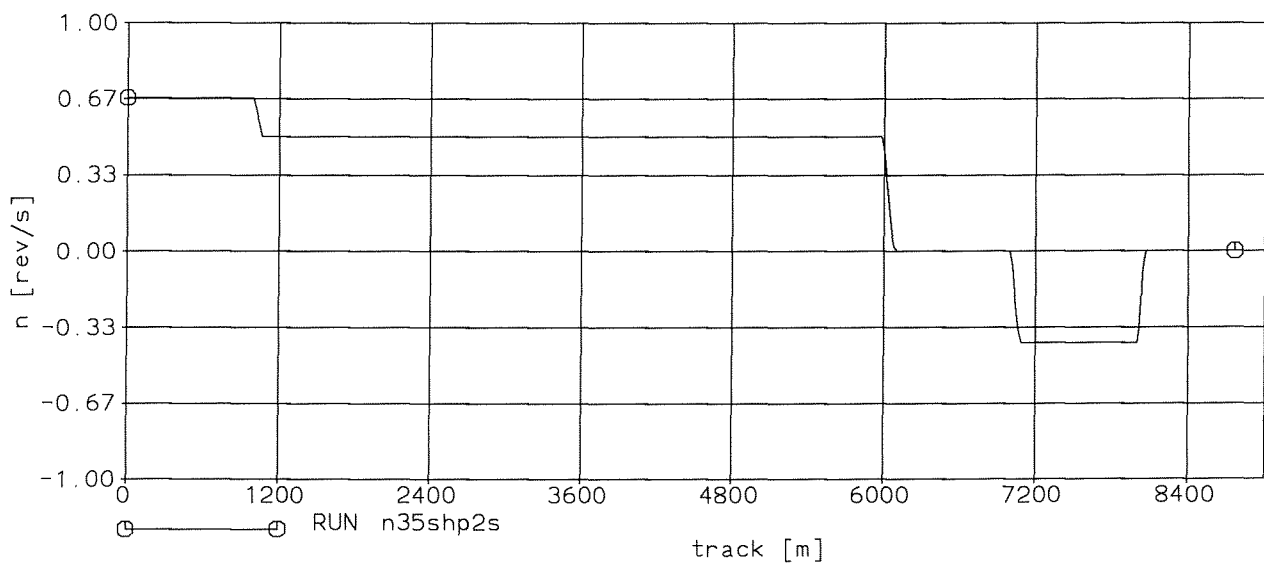
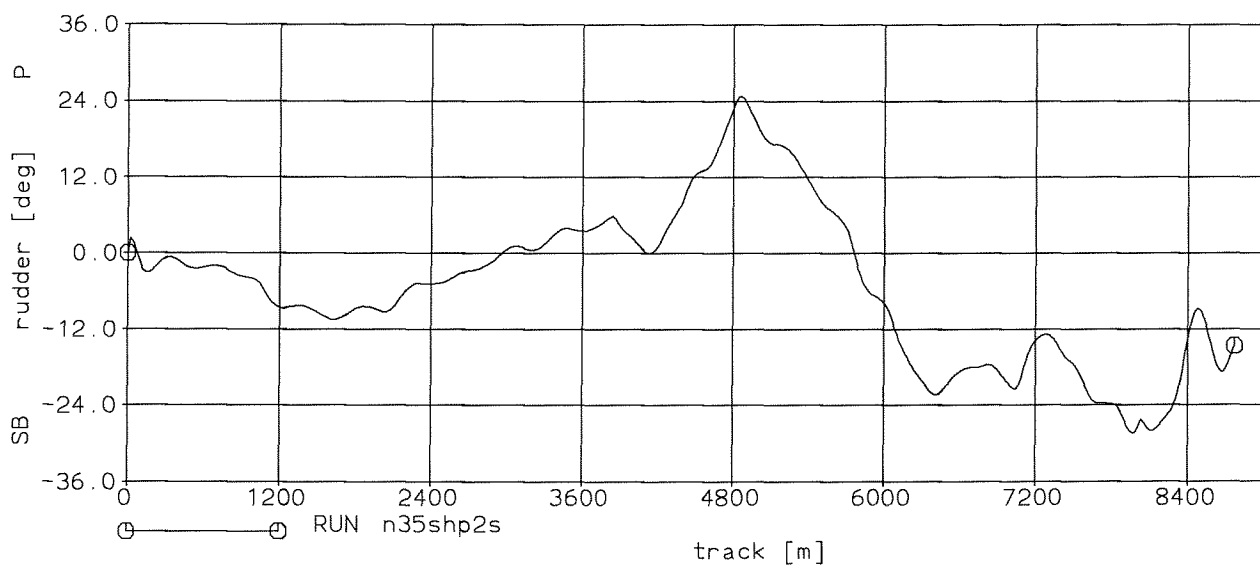
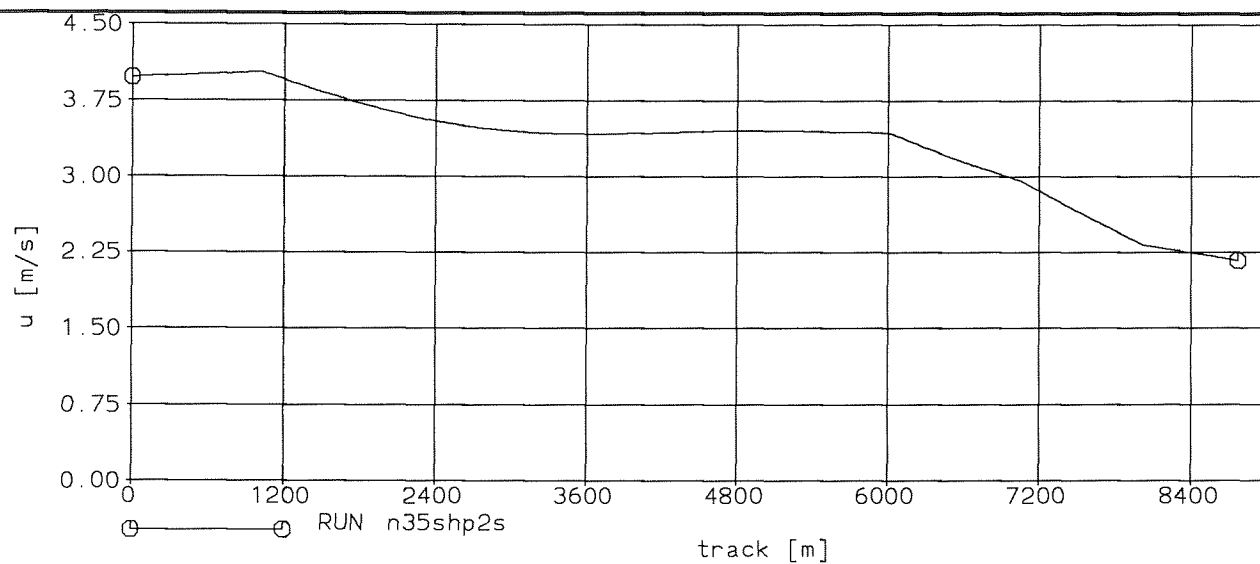
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n34/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n34s2s



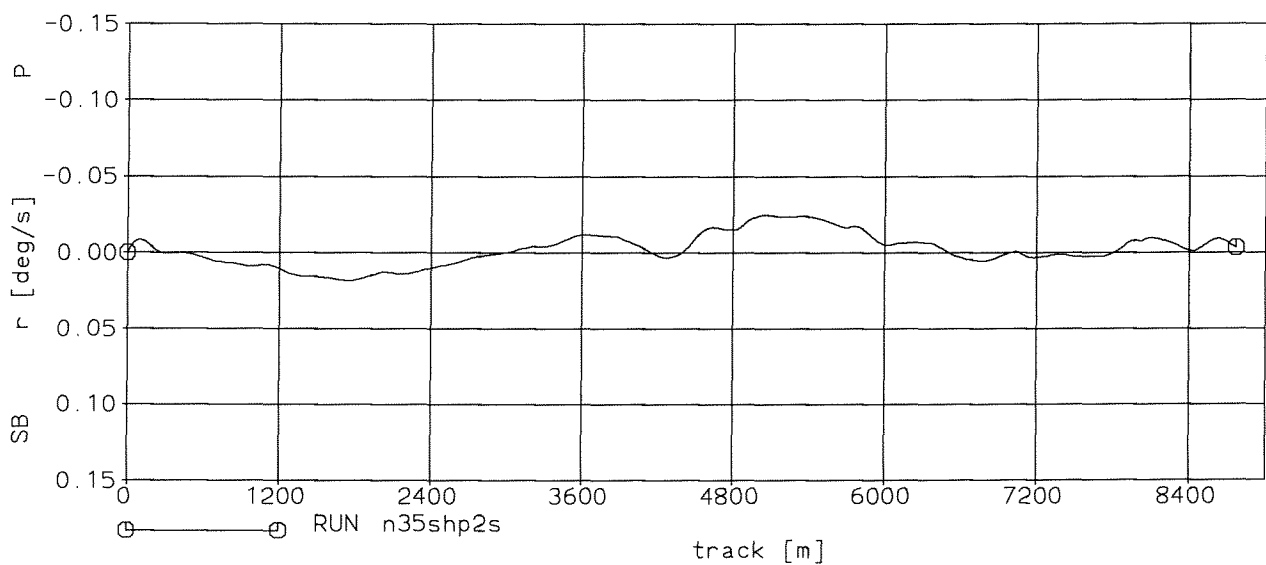
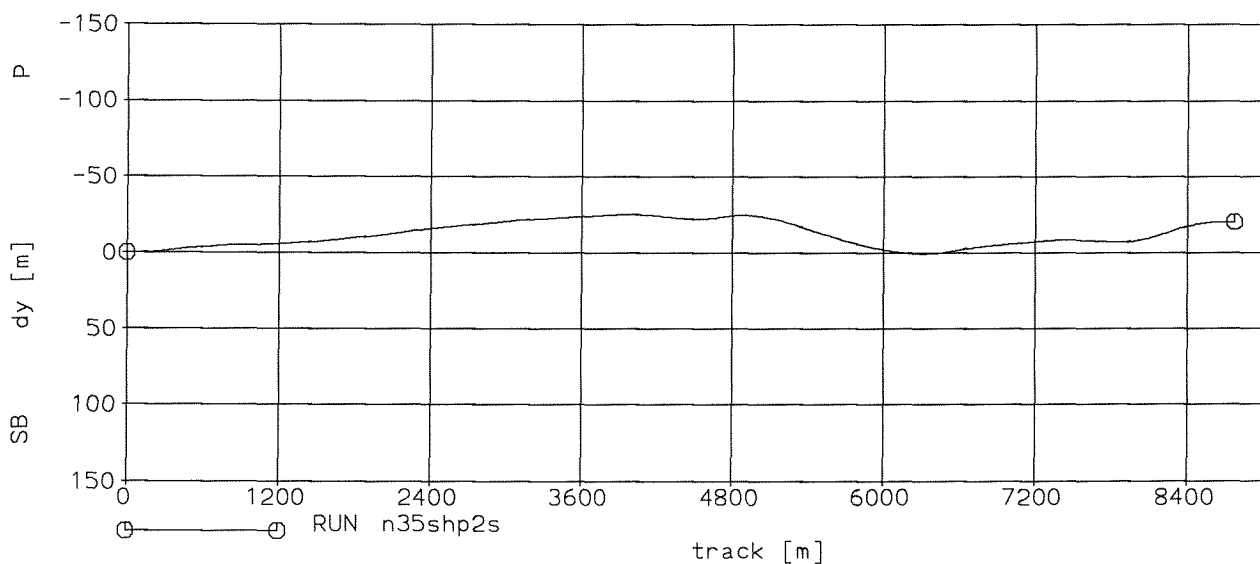
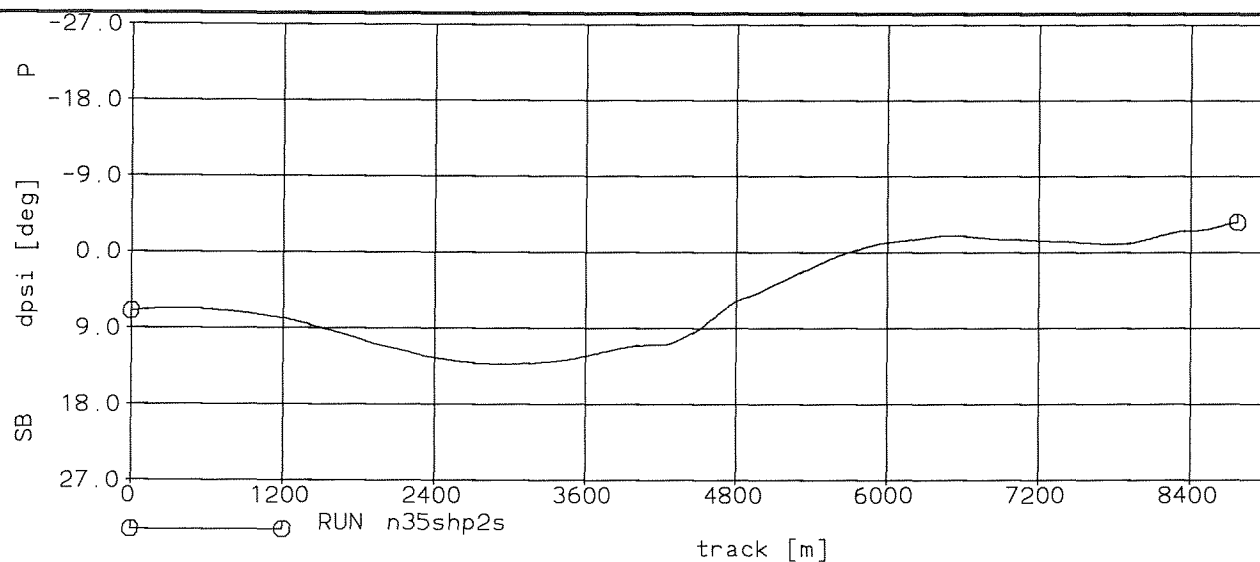
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n35/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n35s2s



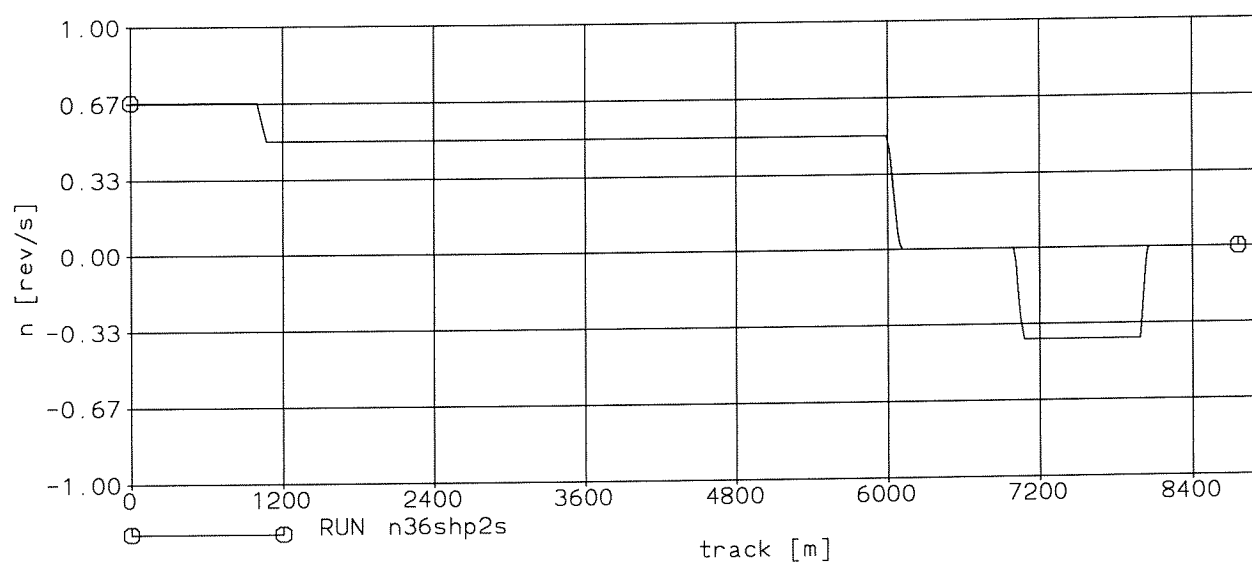
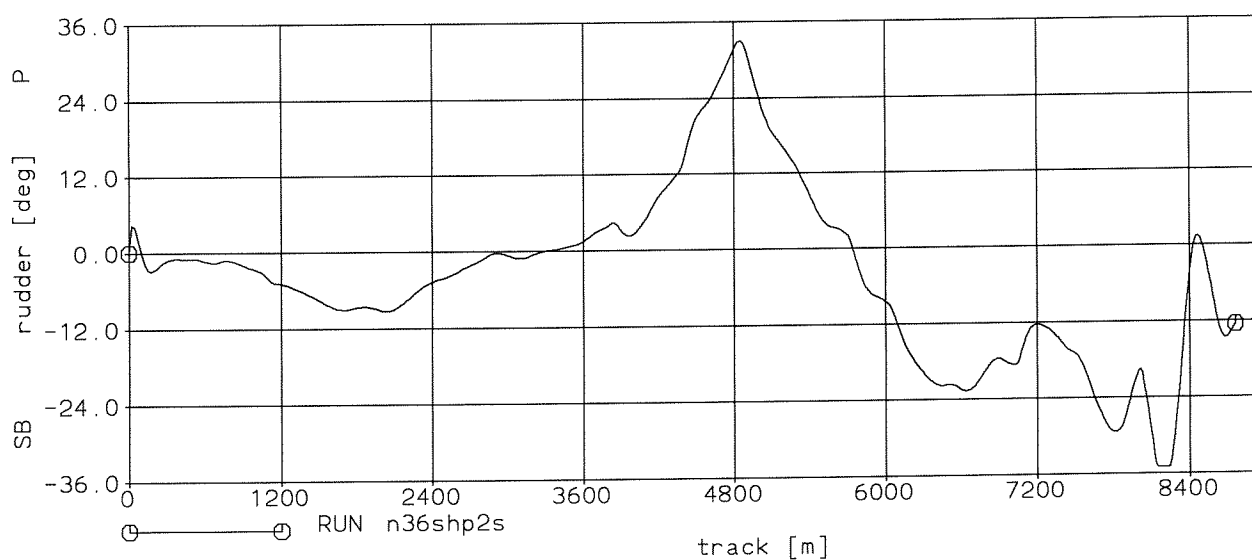
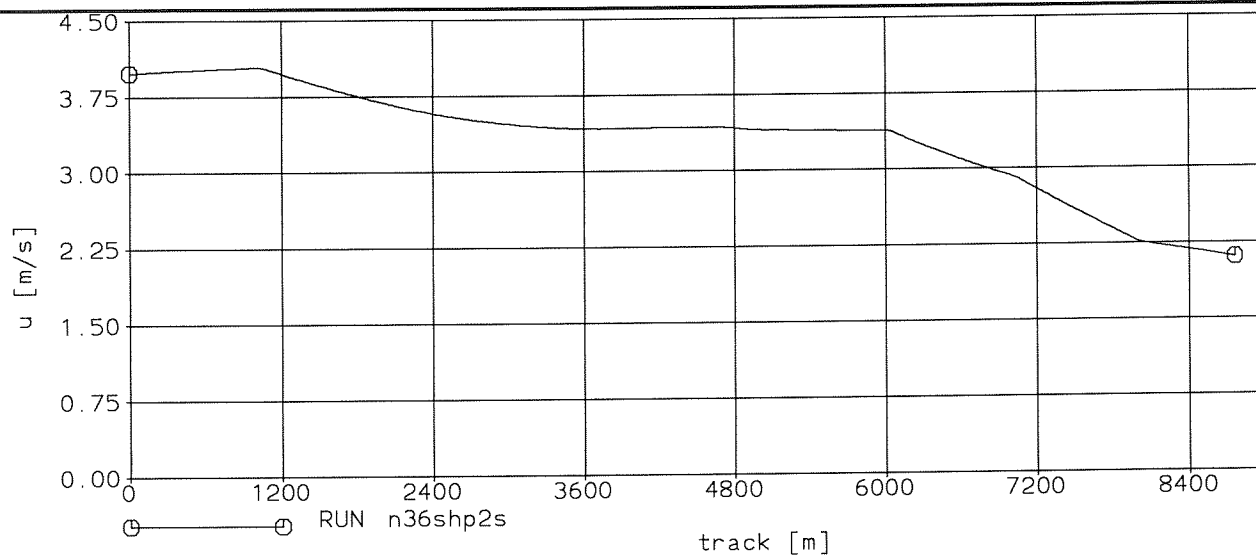
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n35/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n35s2s



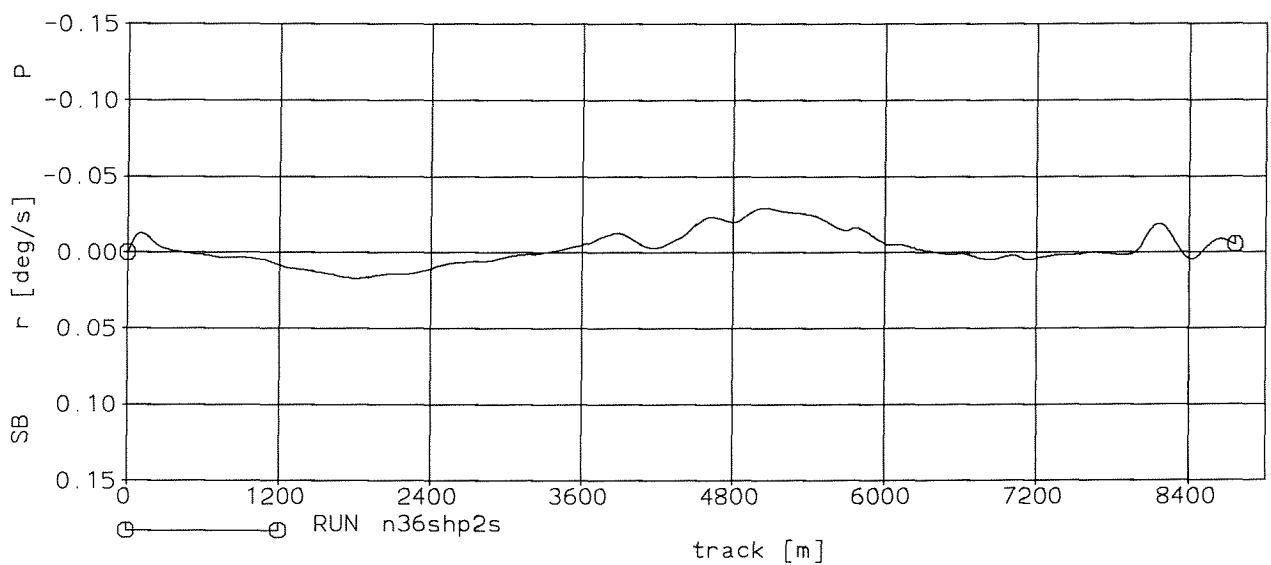
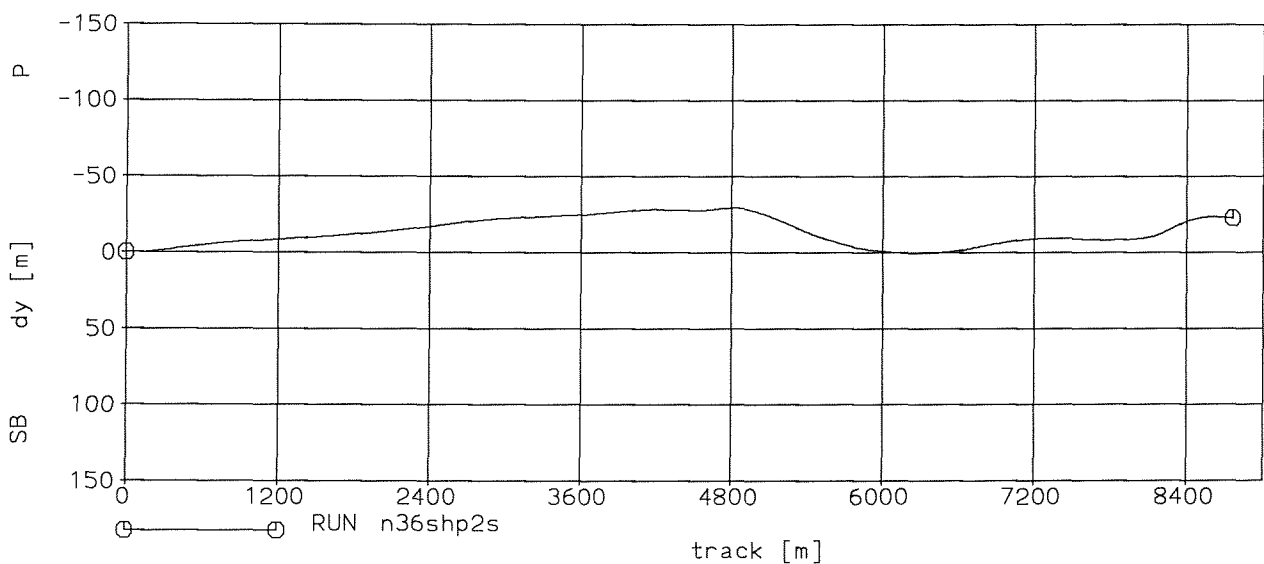
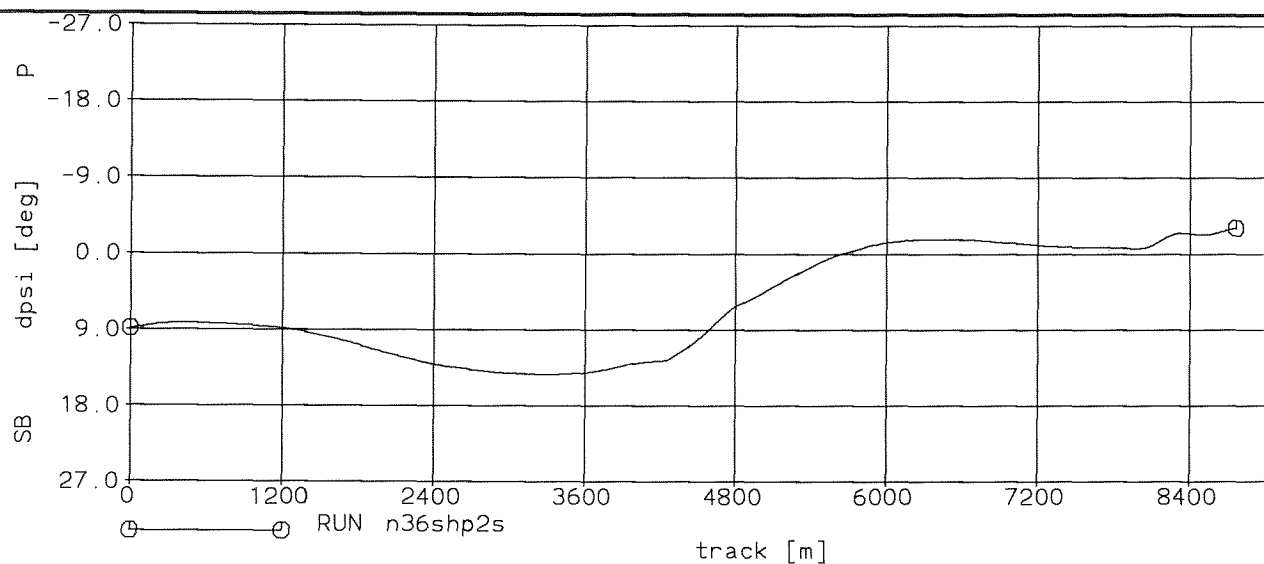
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n36/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n36s2s



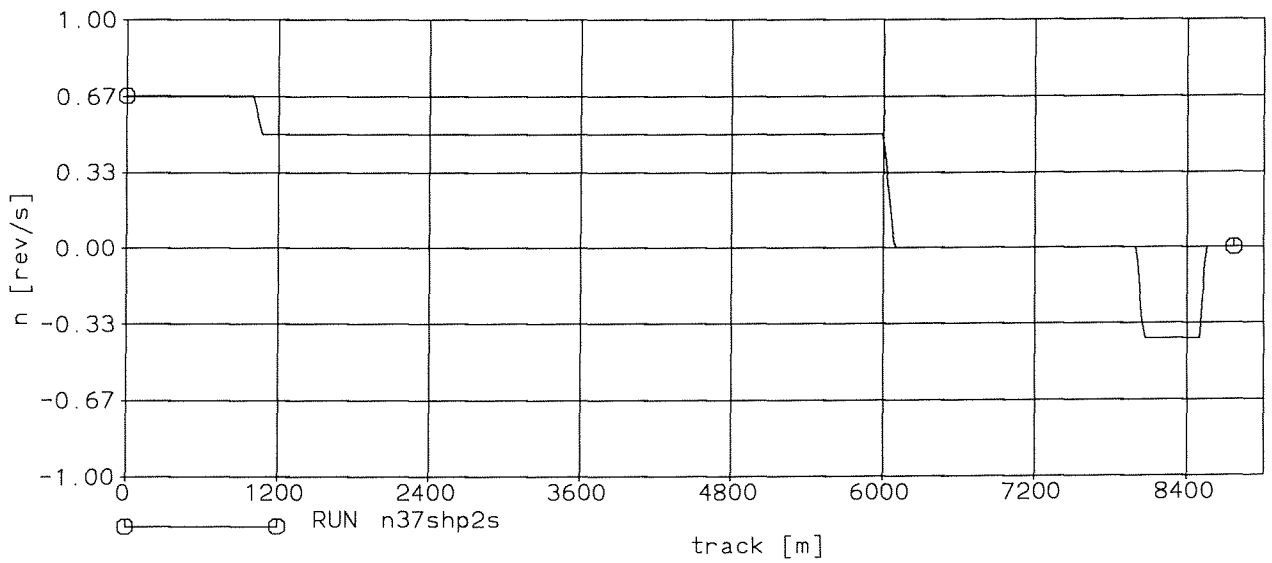
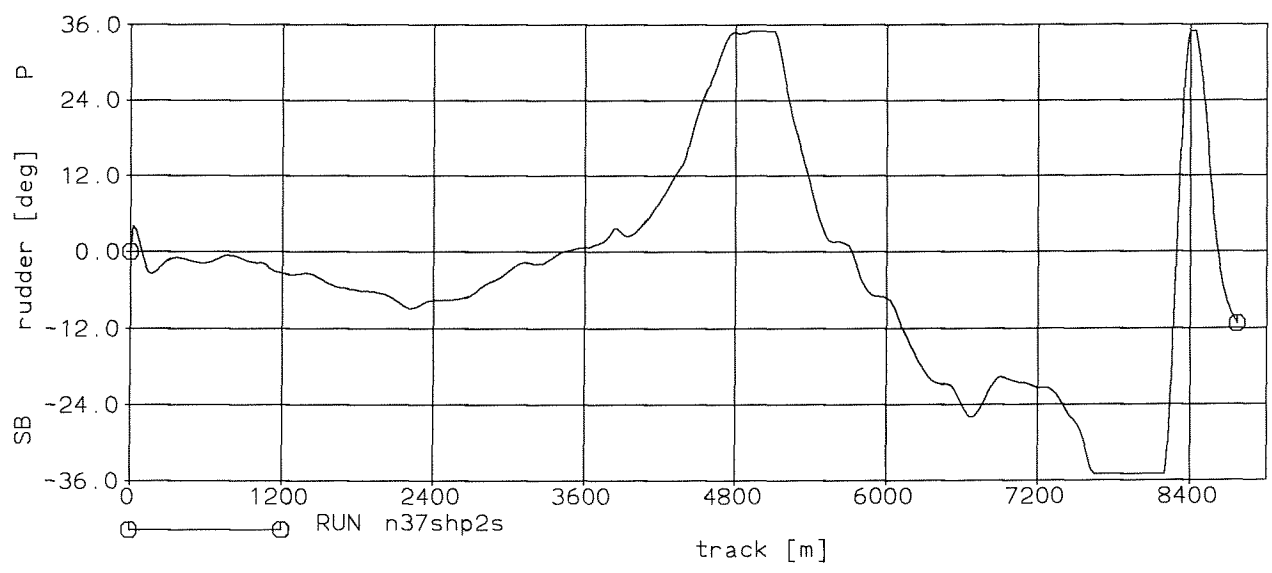
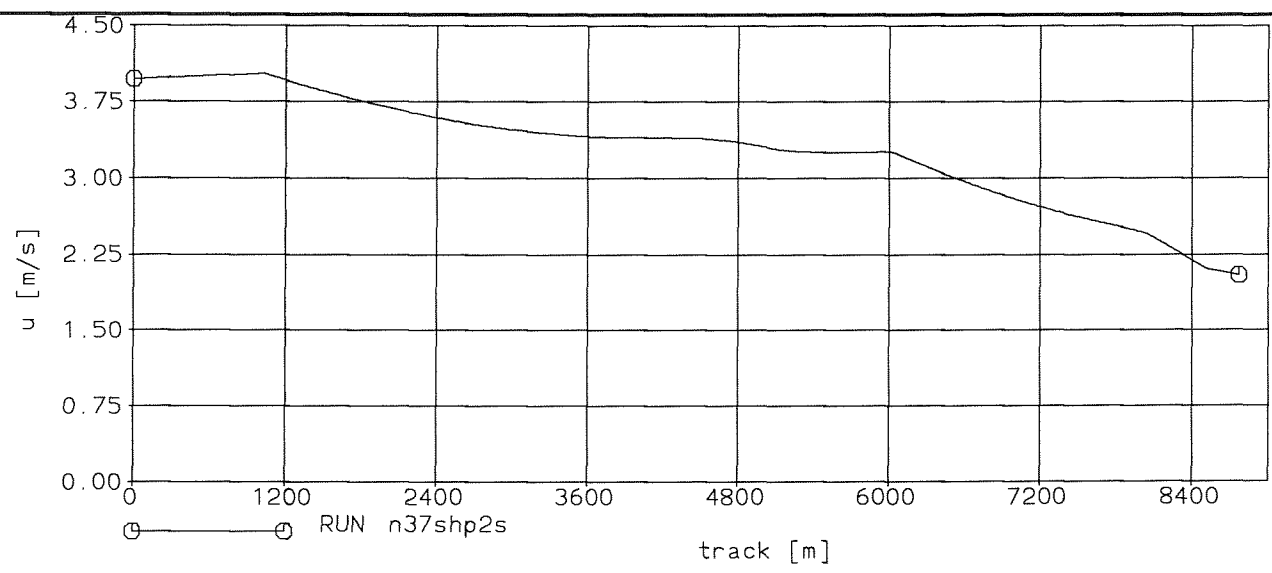
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n36/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n36s2s



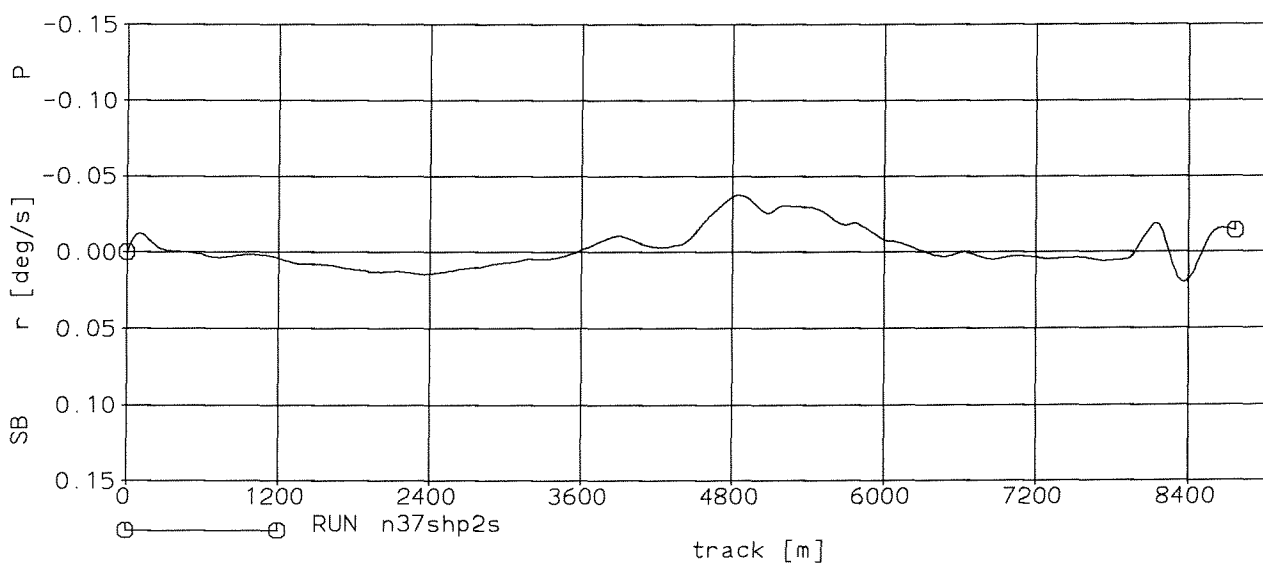
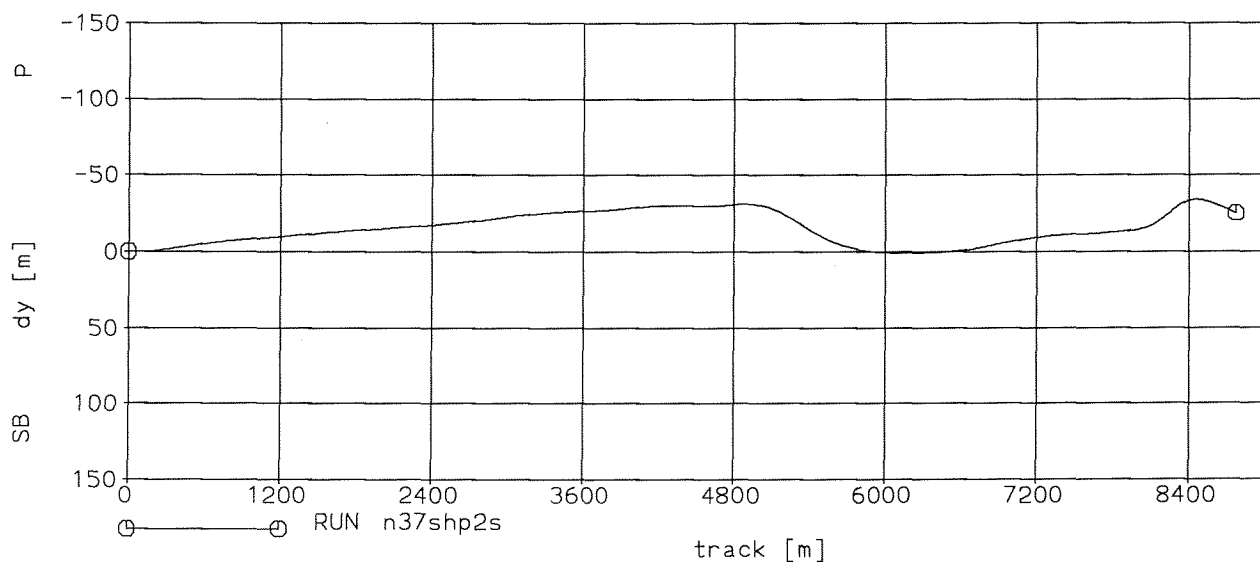
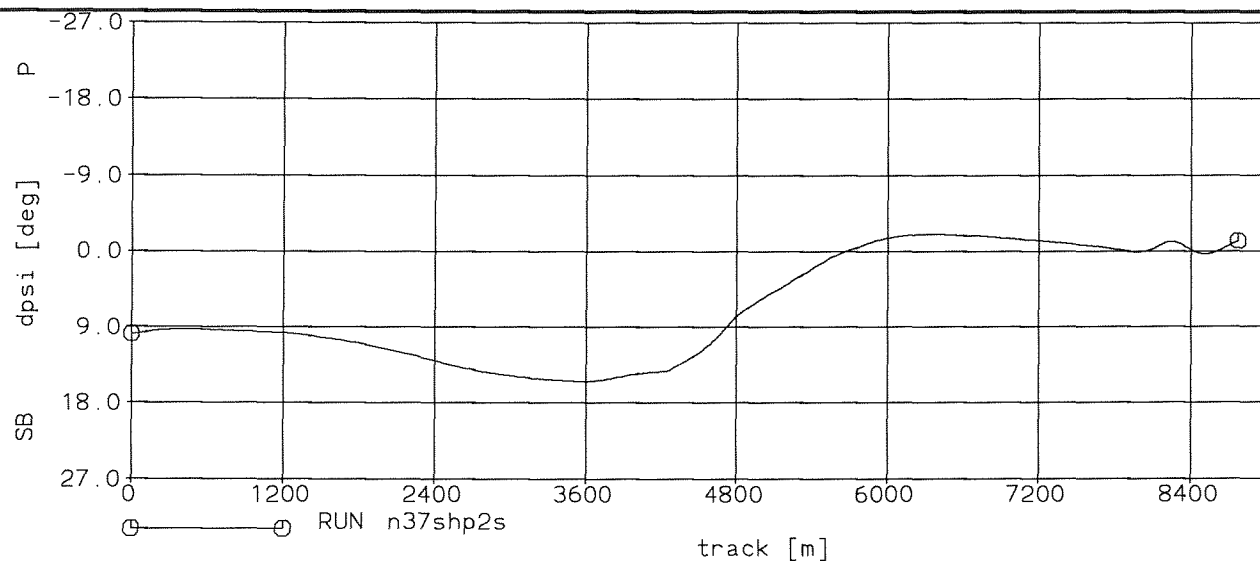
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n37/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n37s2s



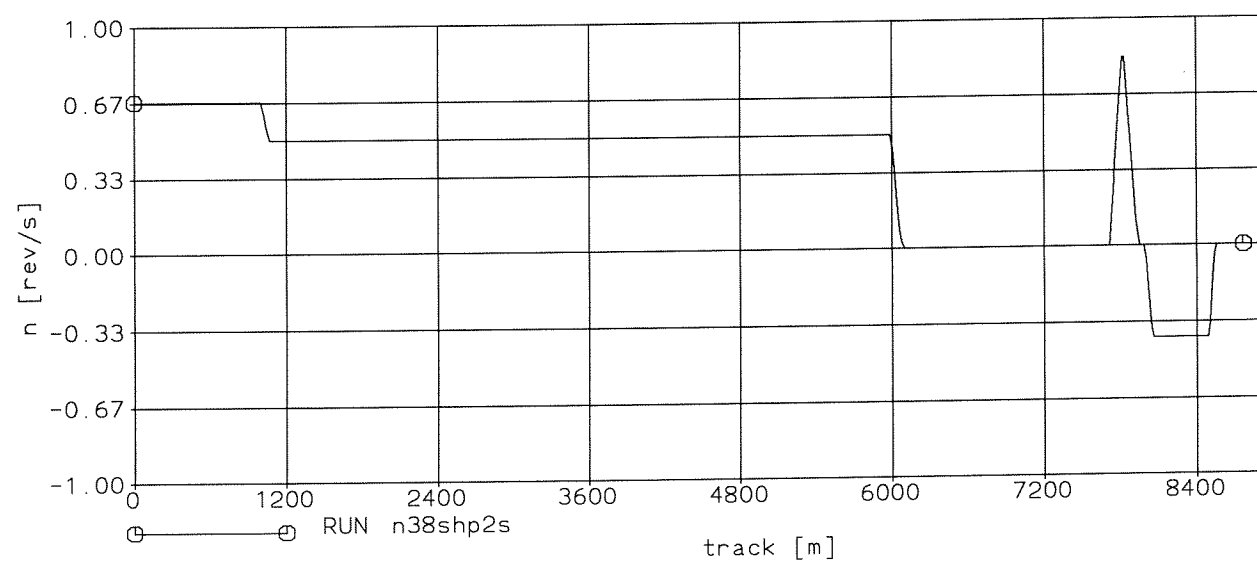
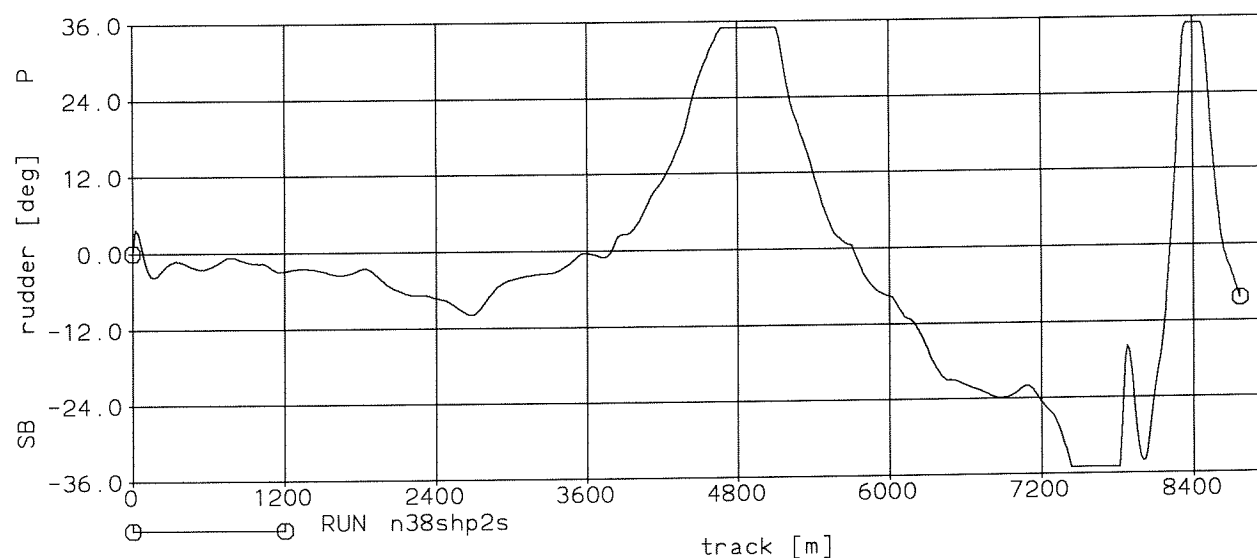
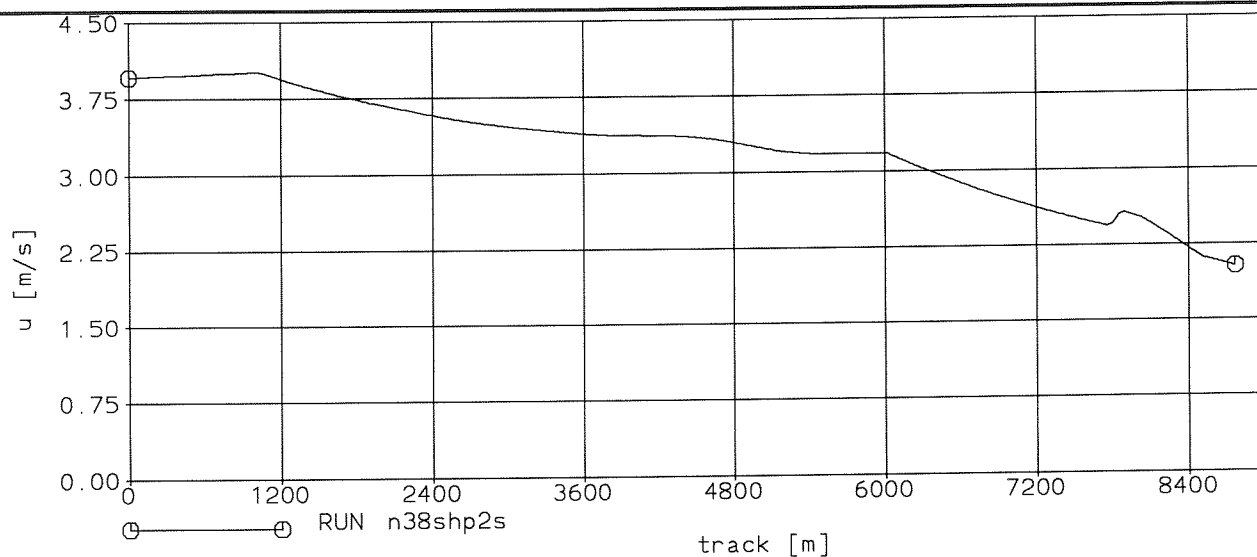
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n37/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n37s2s



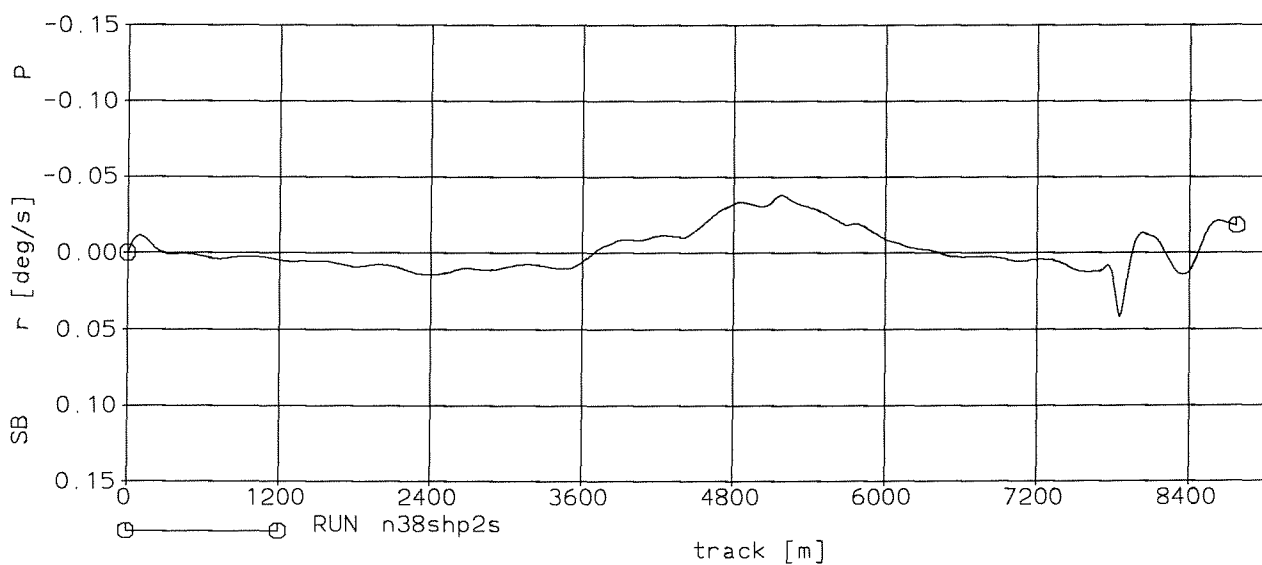
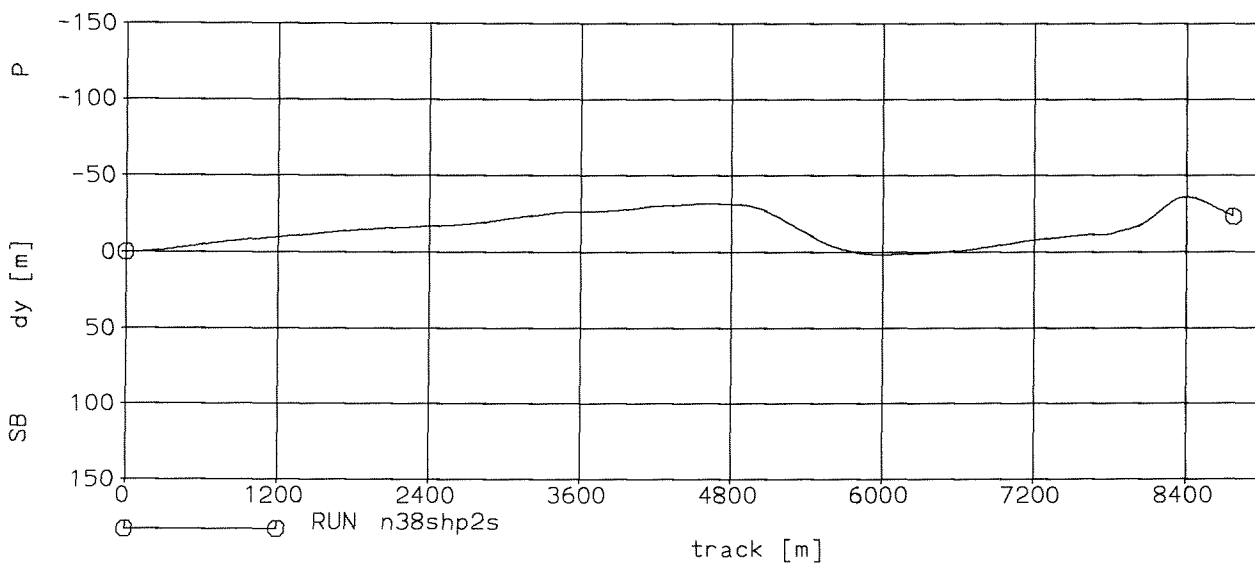
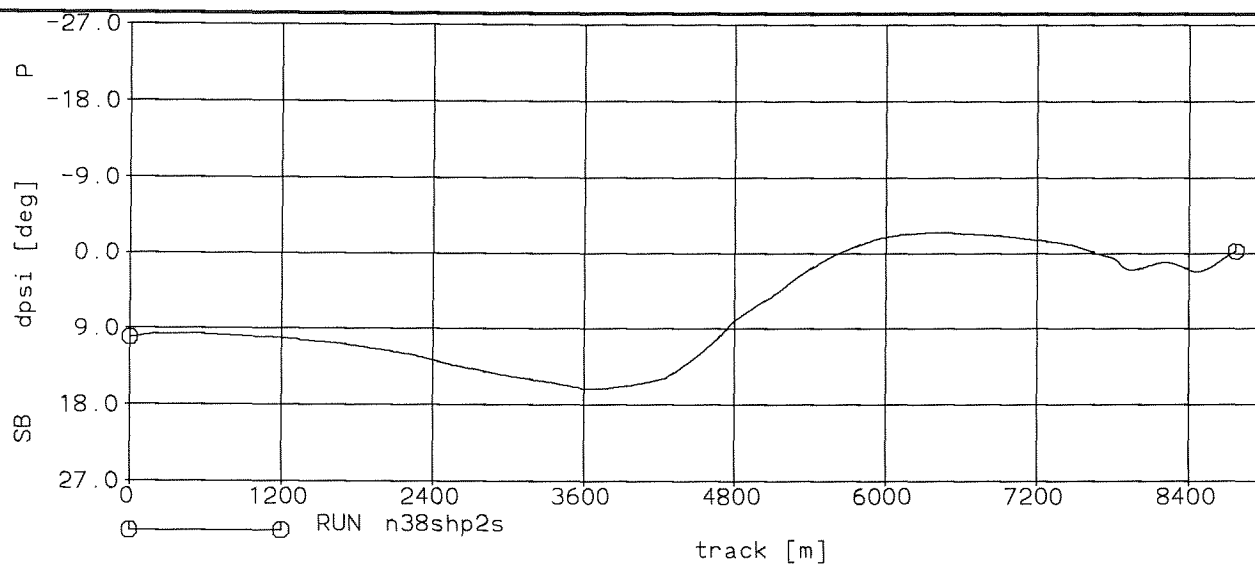
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n38/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n38s2s



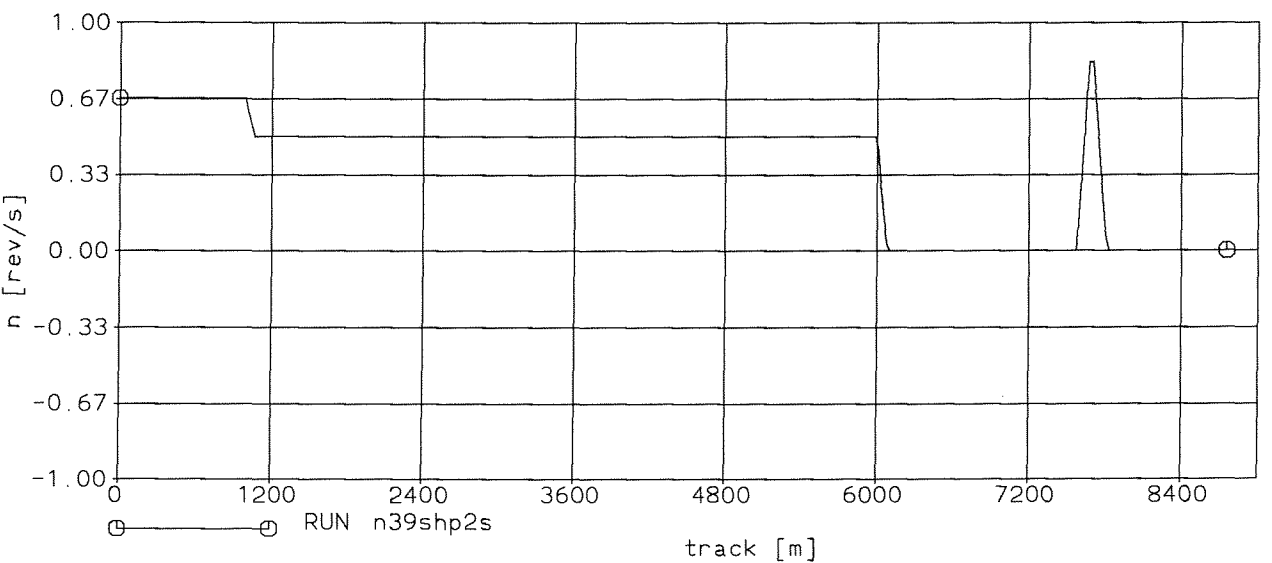
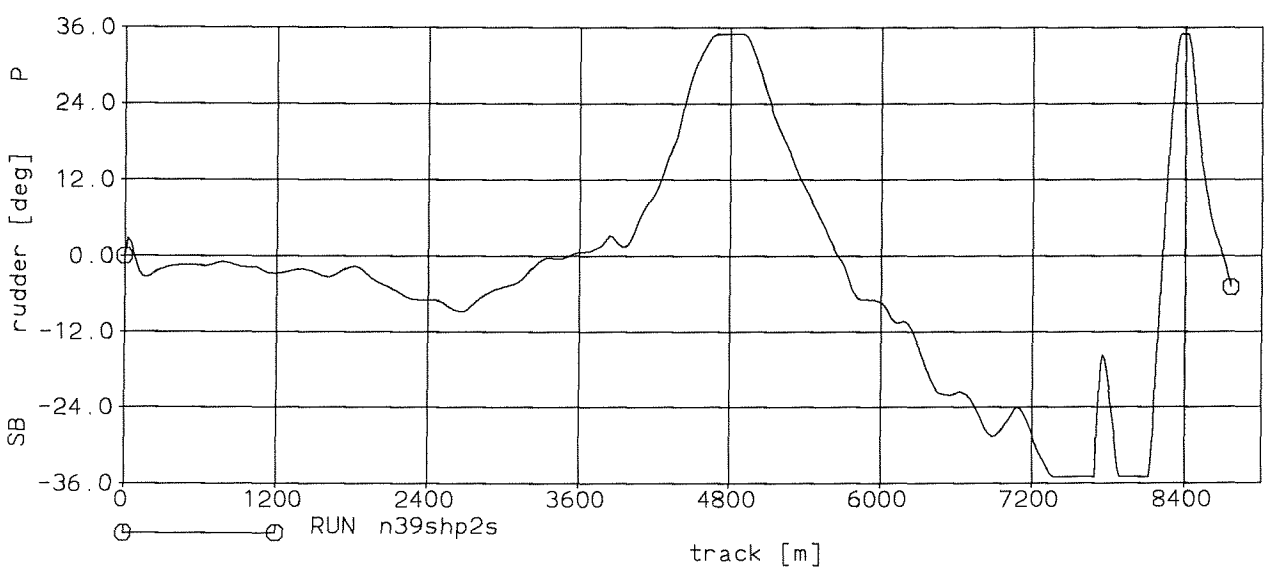
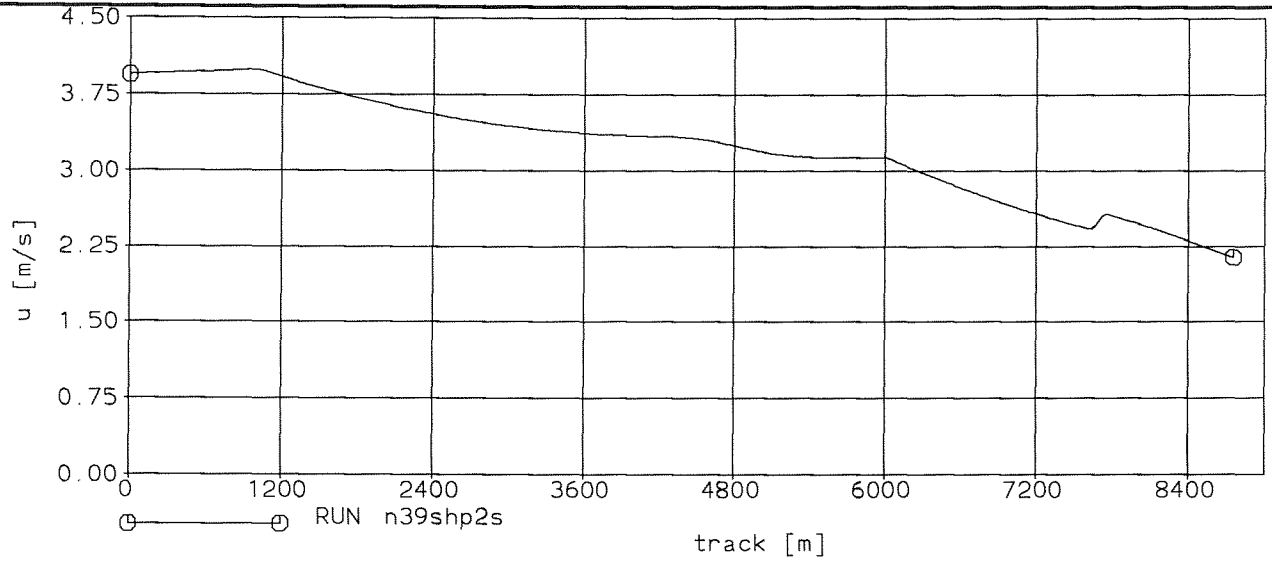
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n38/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n38s2s



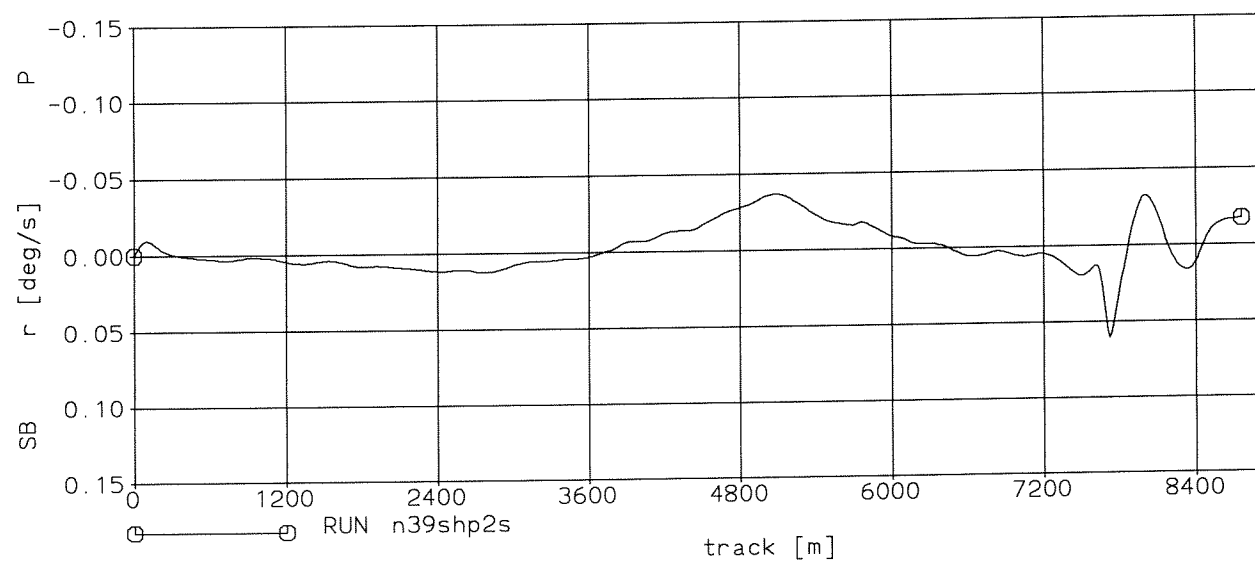
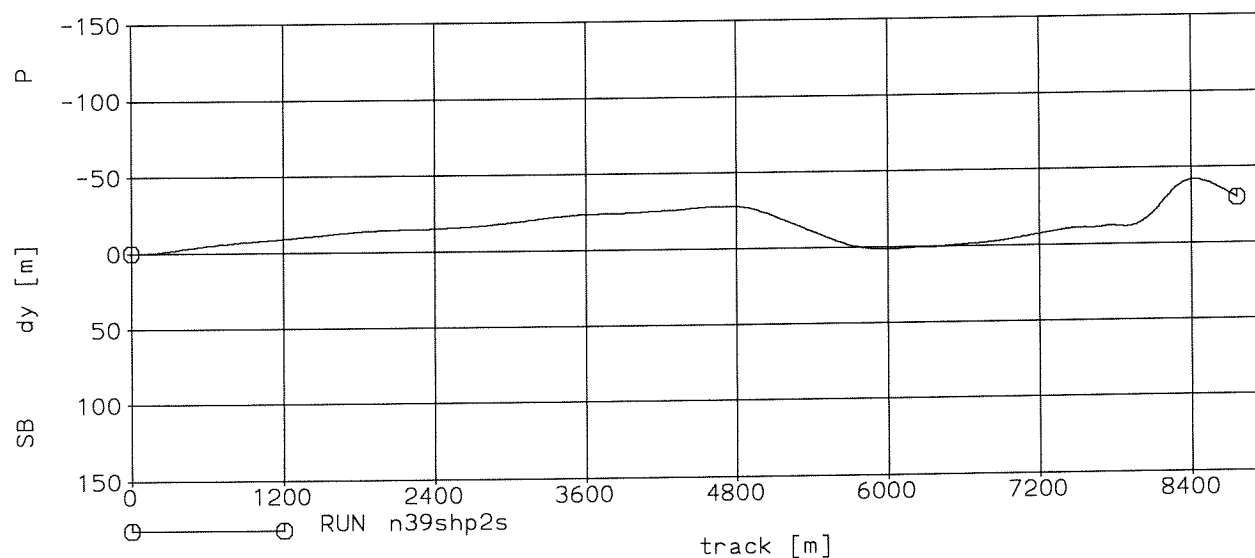
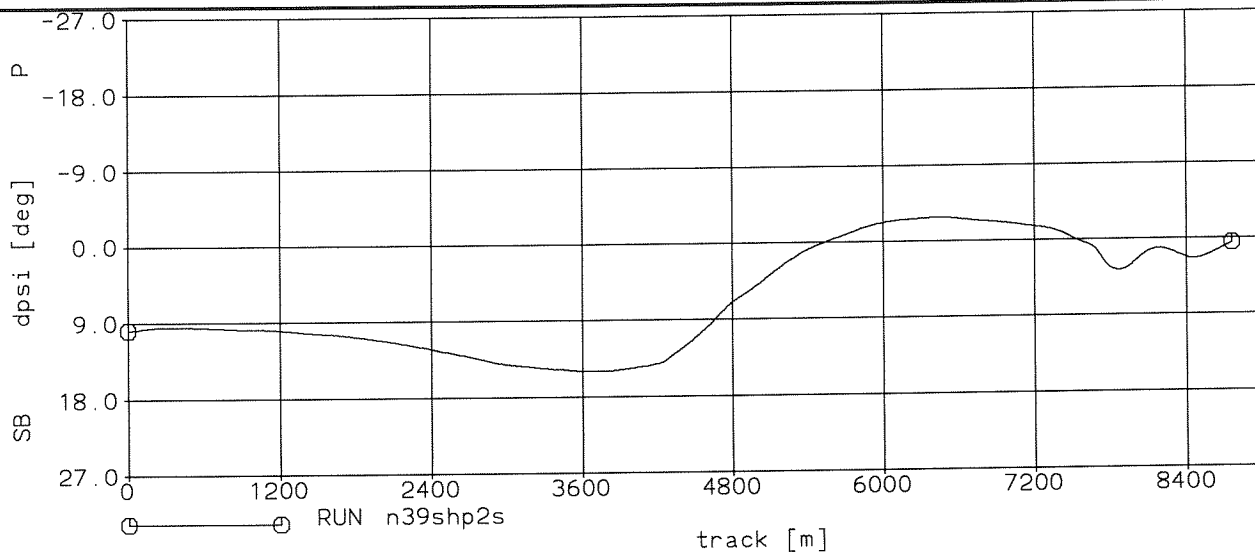
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n39/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n39s2s



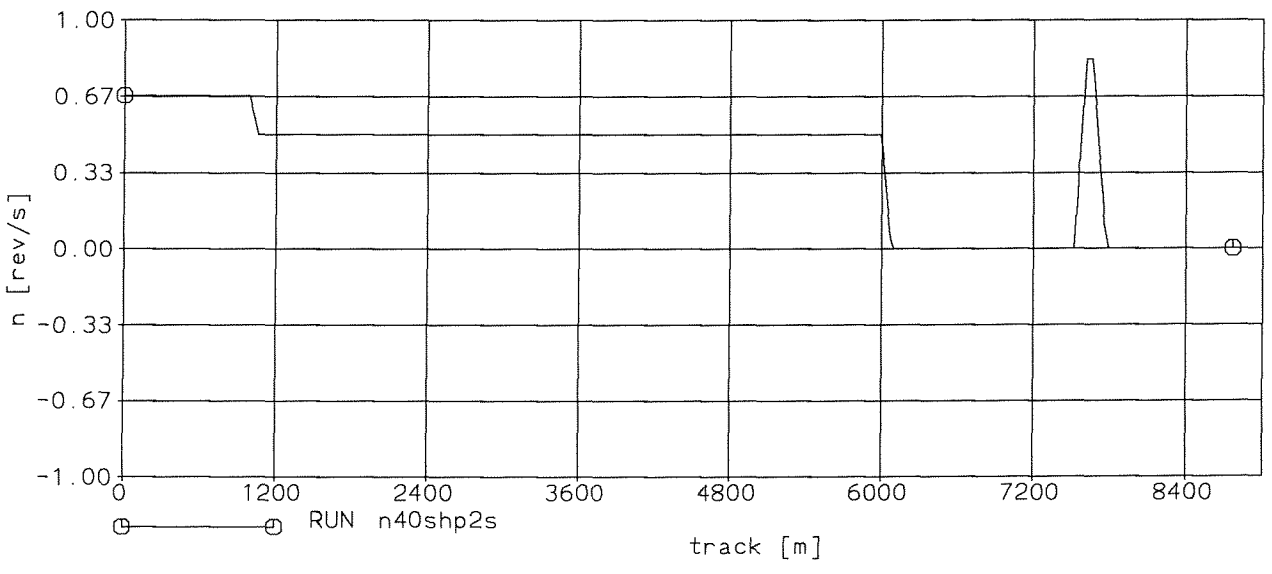
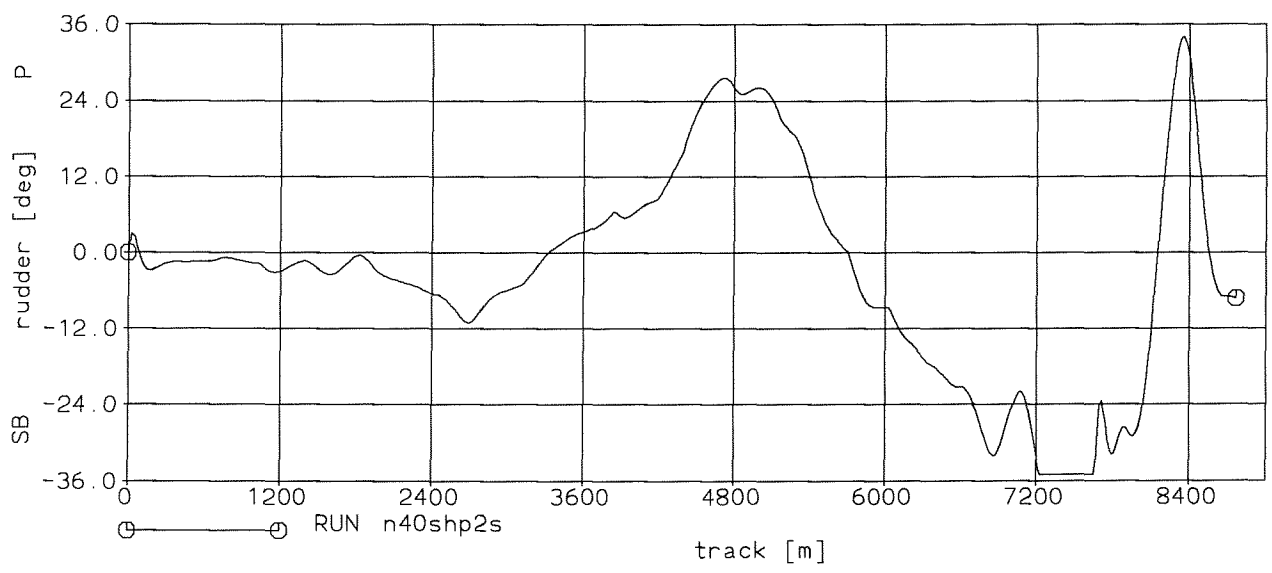
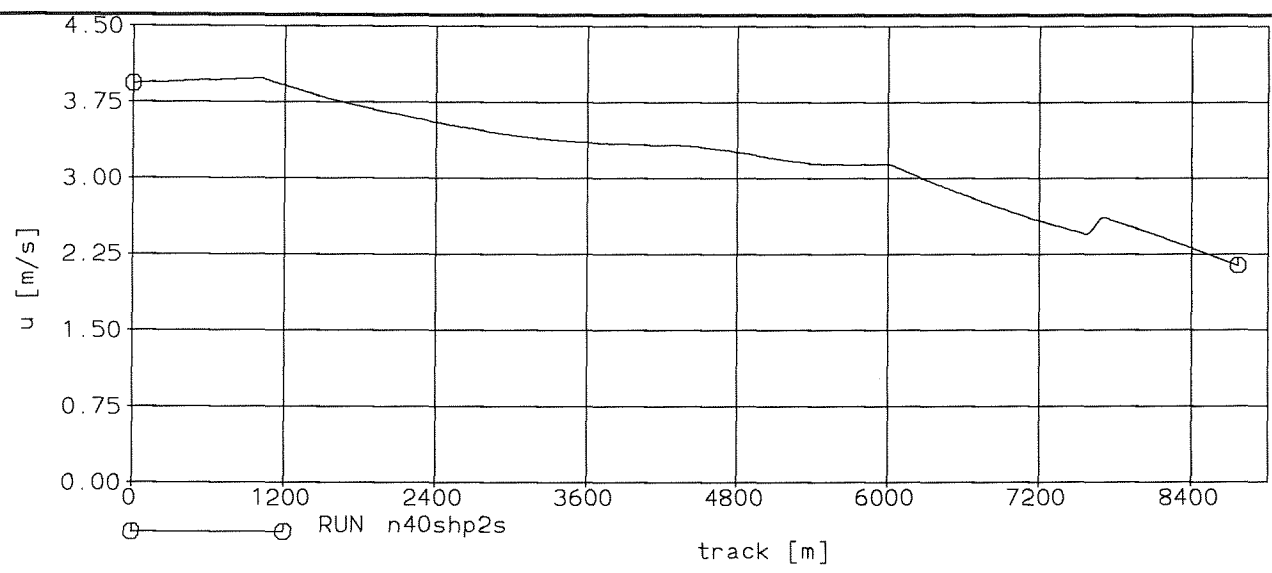
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n39/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n39s2s



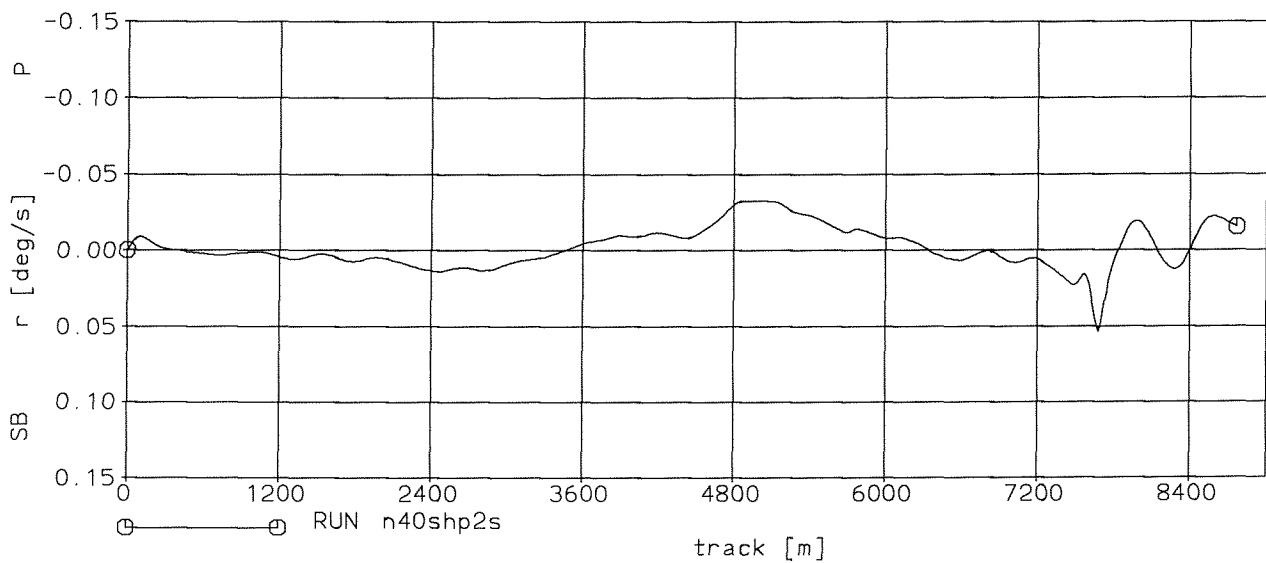
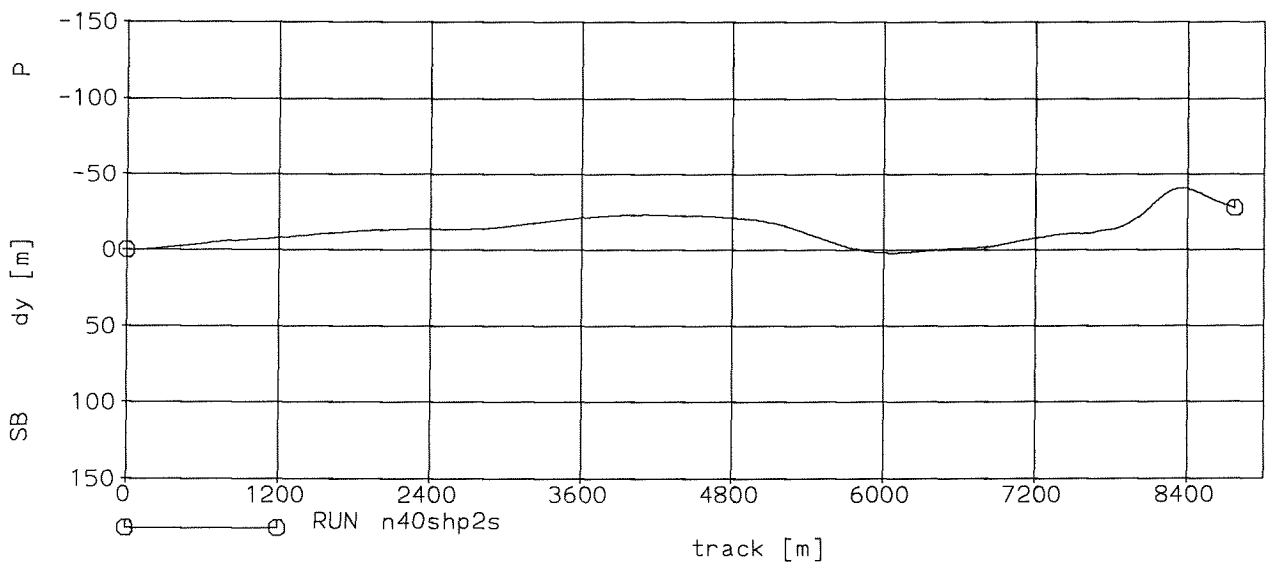
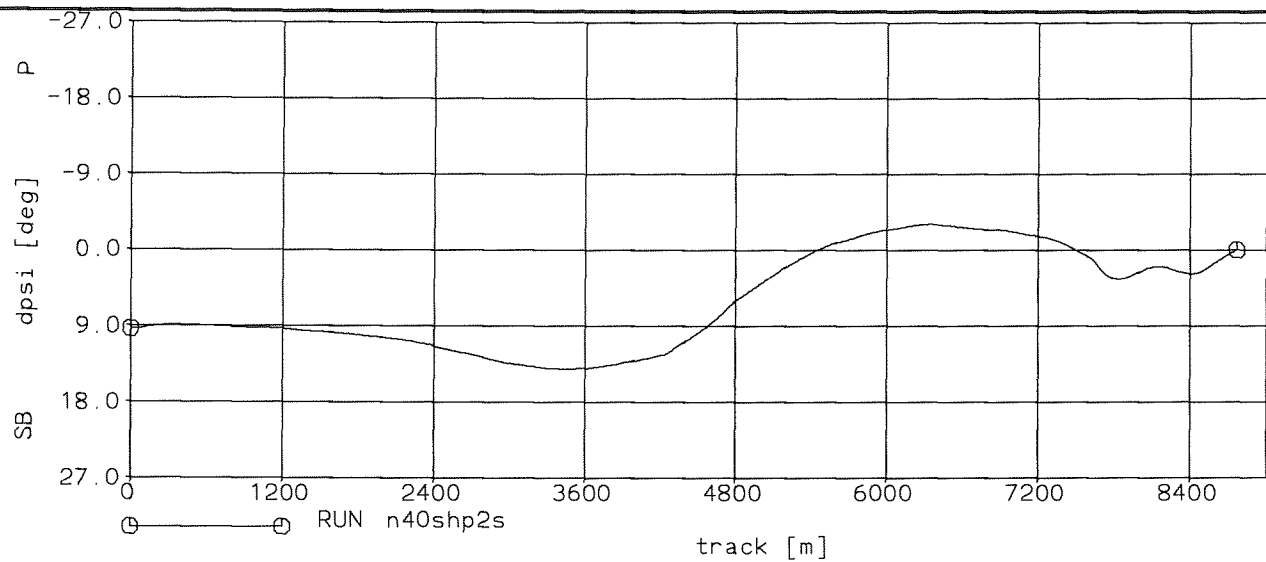
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n40/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n40s2s



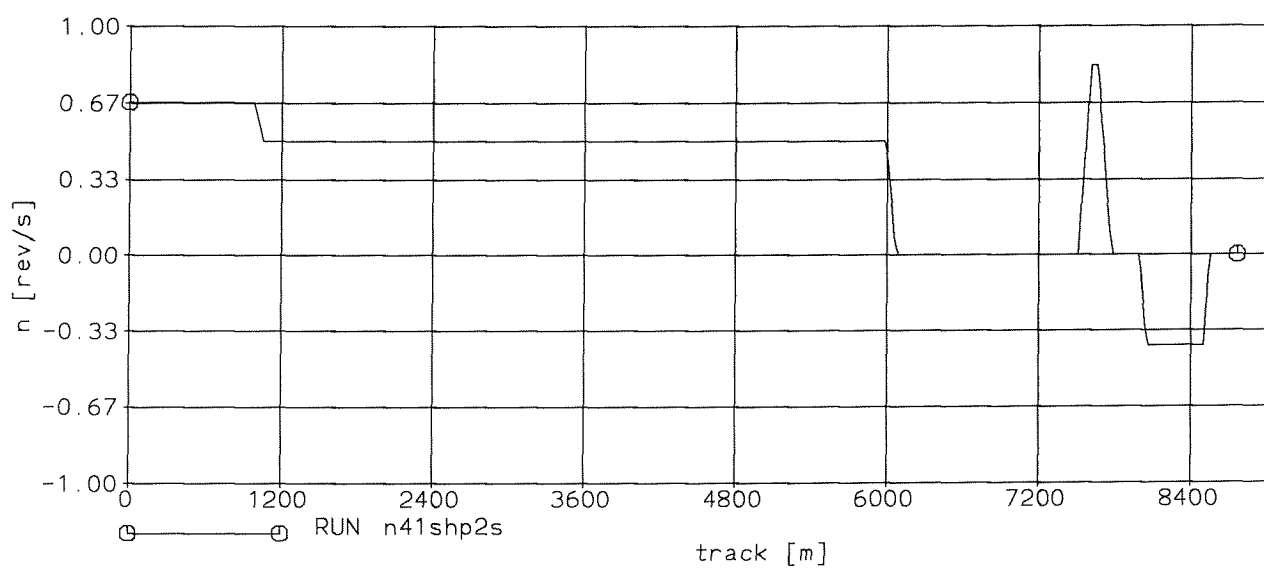
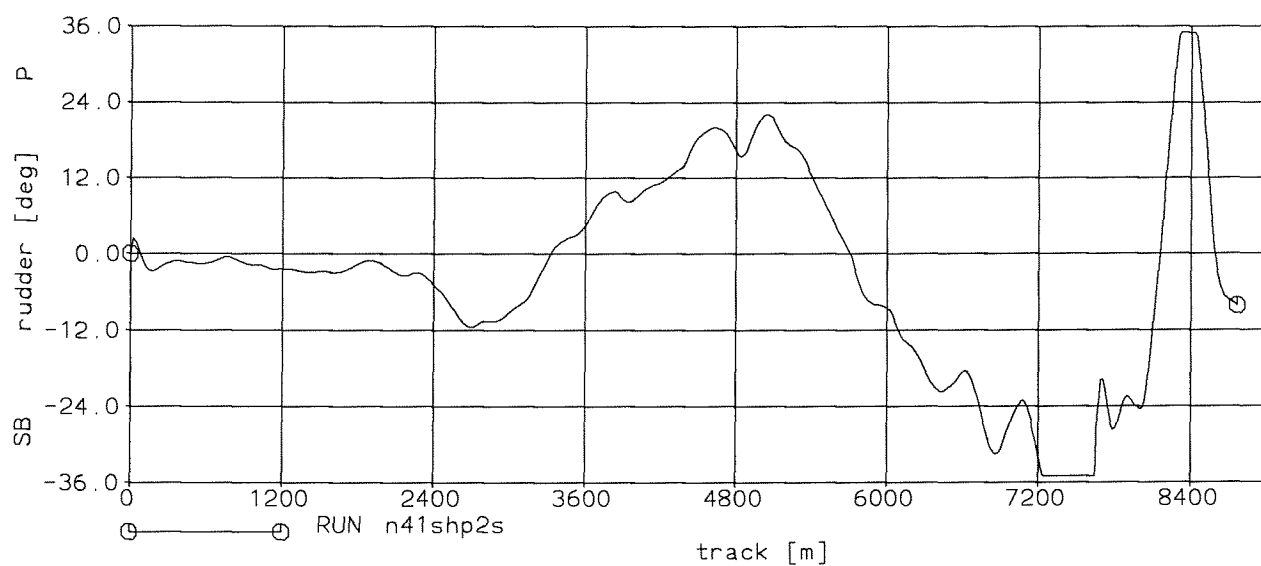
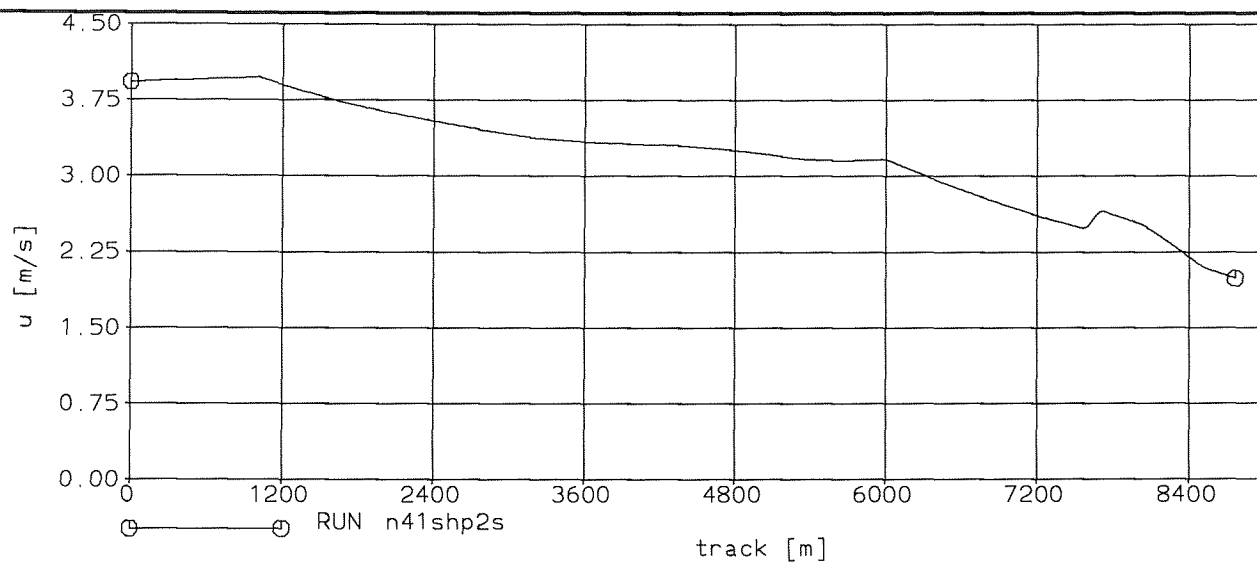
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n40/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n40s2s



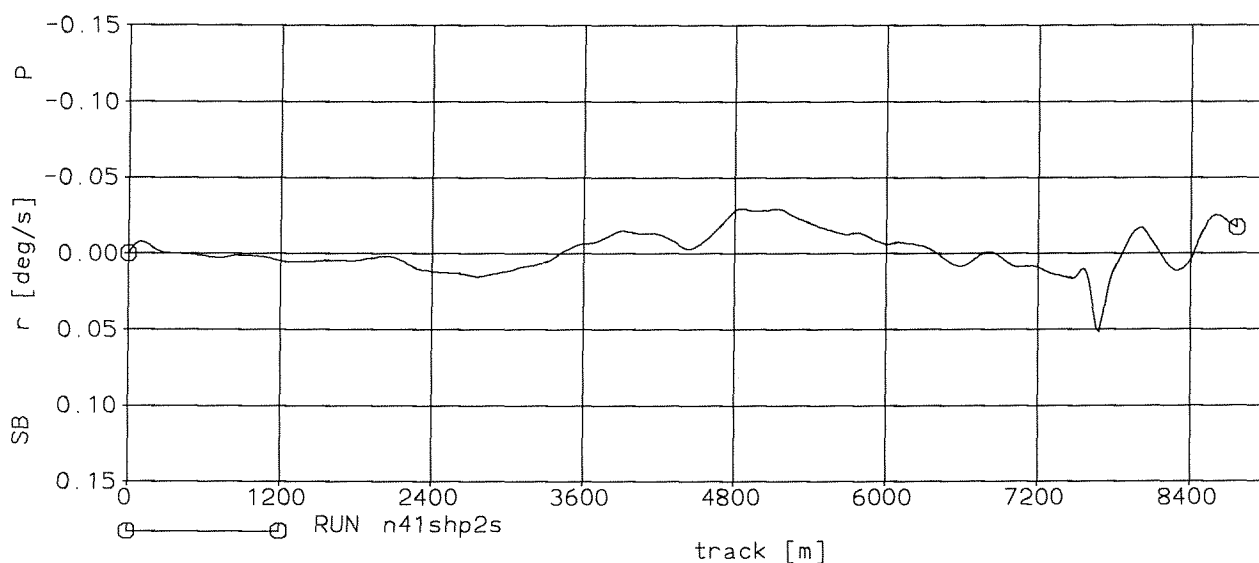
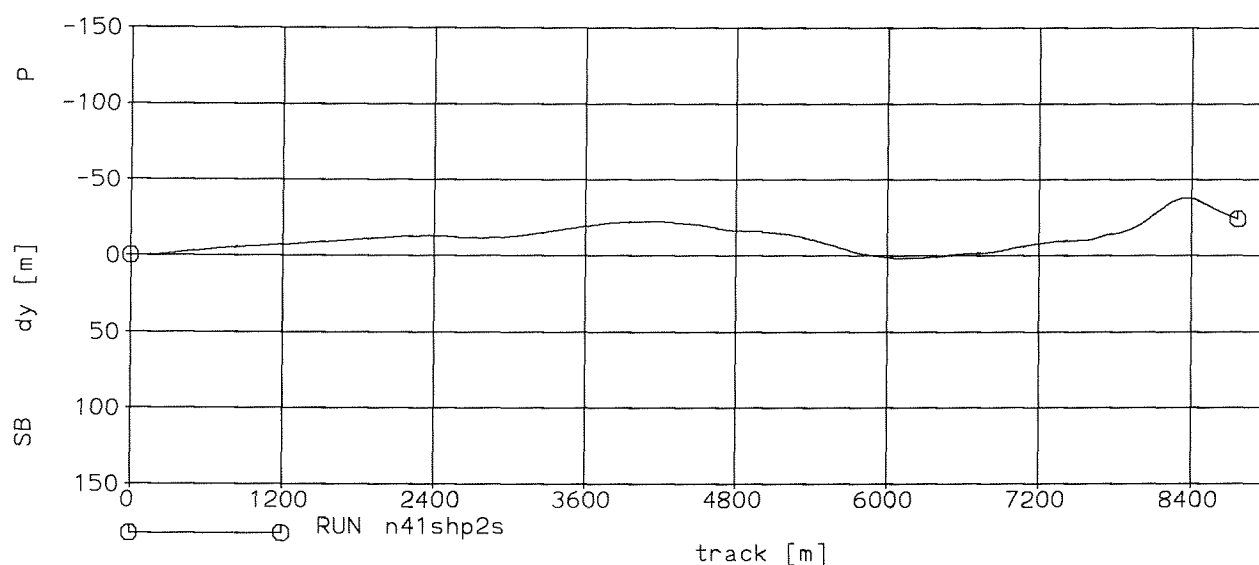
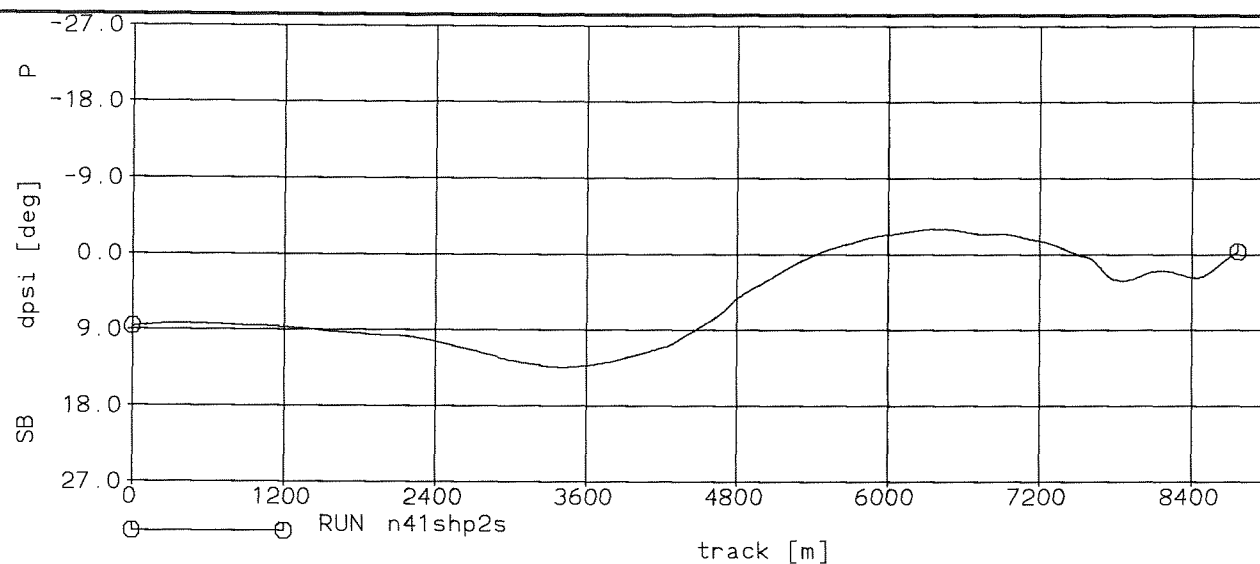
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n41/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n41s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n41/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

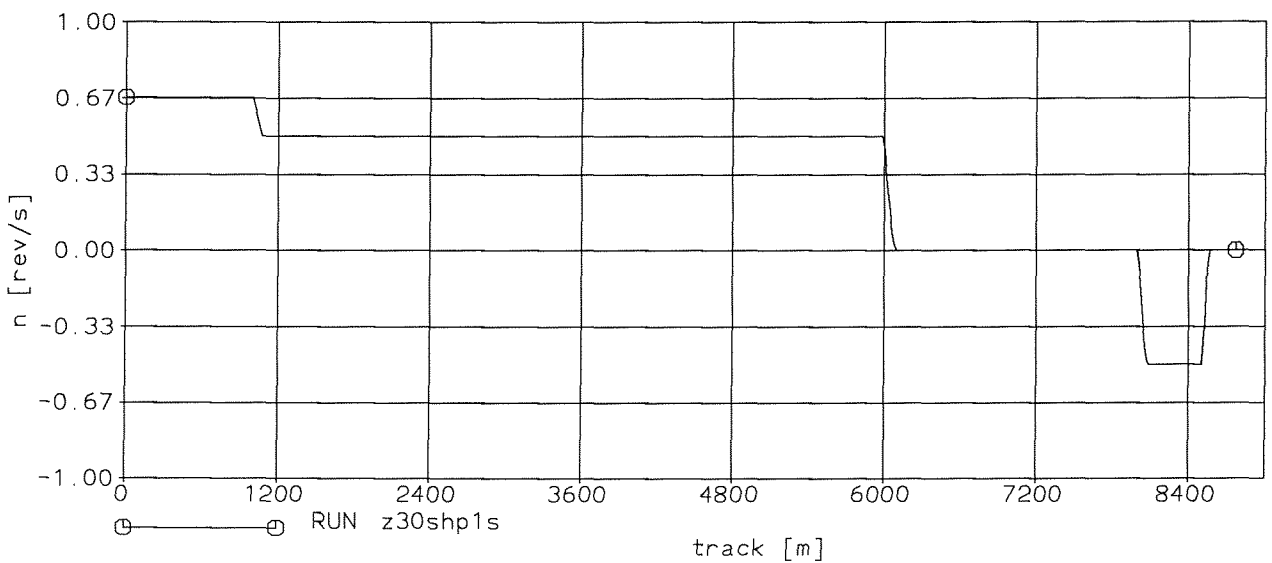
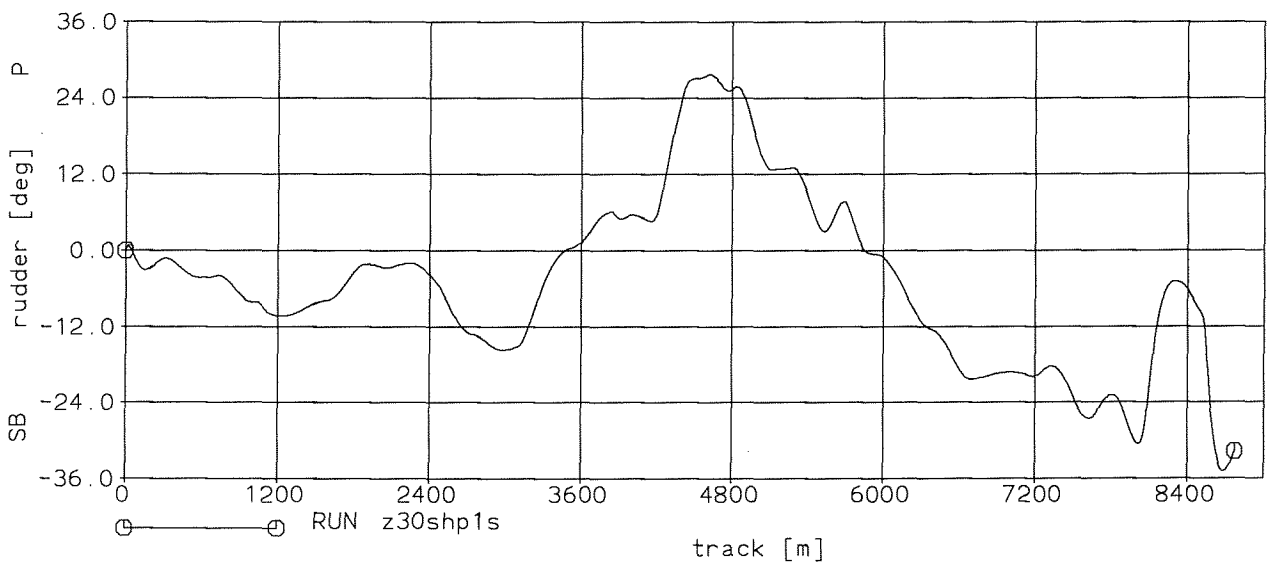
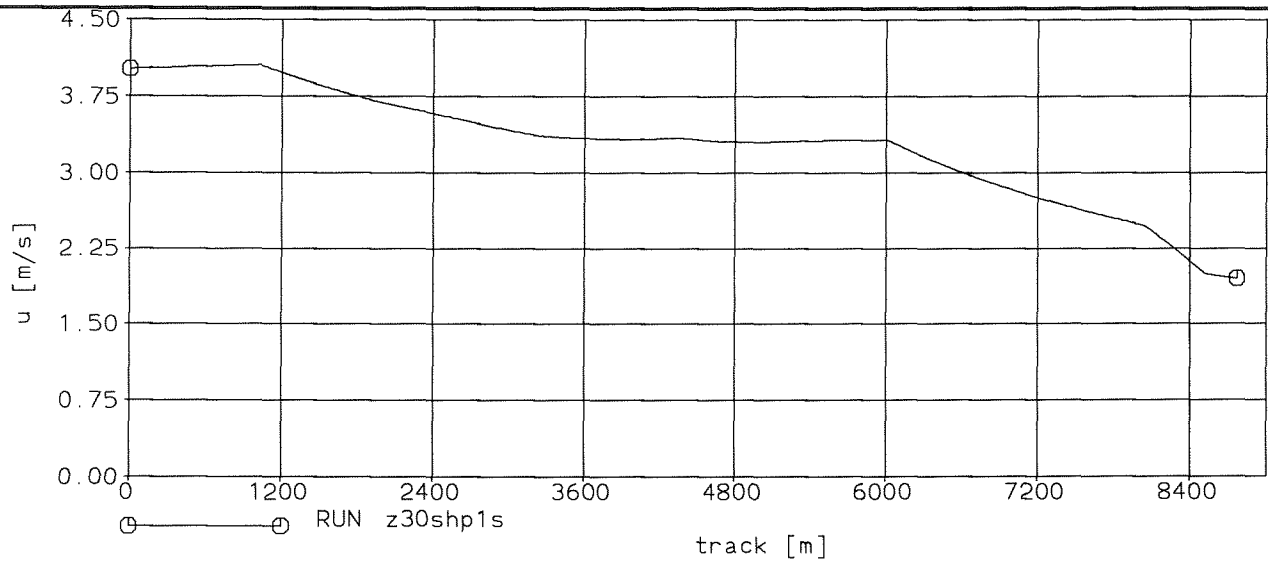
AvdHoek

FIG. n41s2s



Bijlage L-III

**Dataplots normaal snelheidsregime voor ZW-
wind, schip I, springtij, stap 30 t/m 4 I**



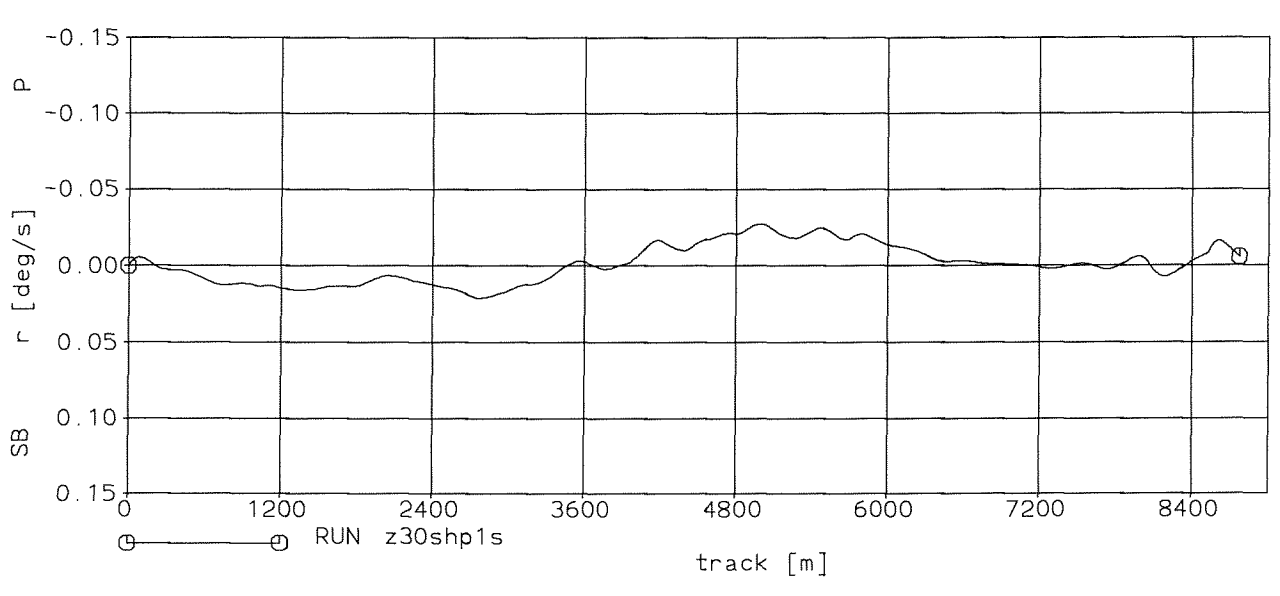
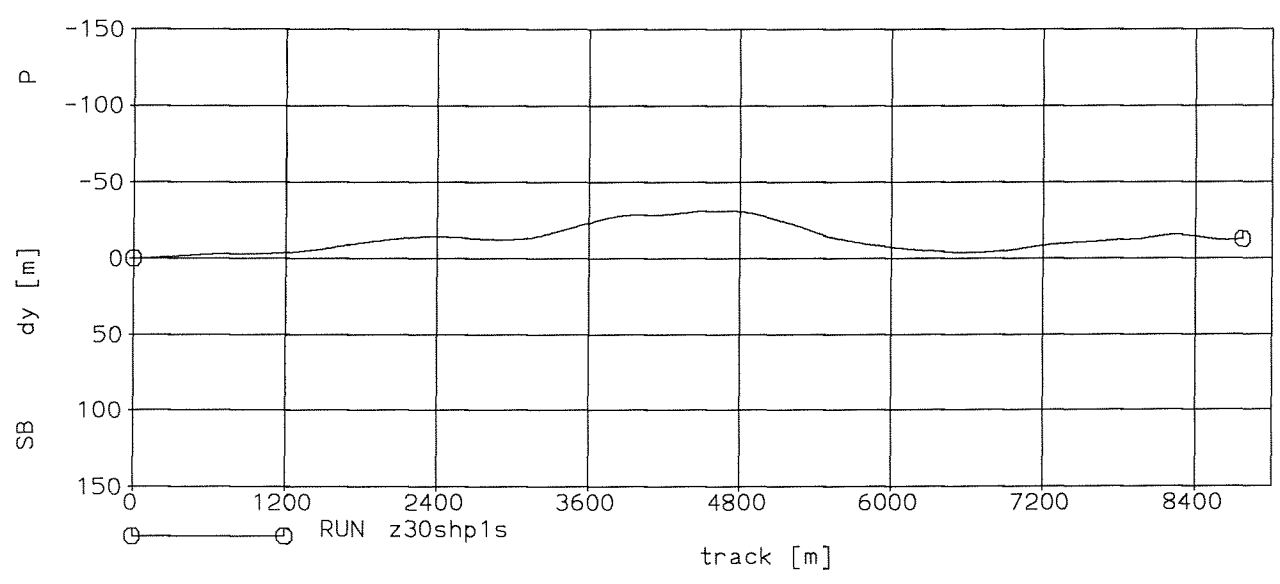
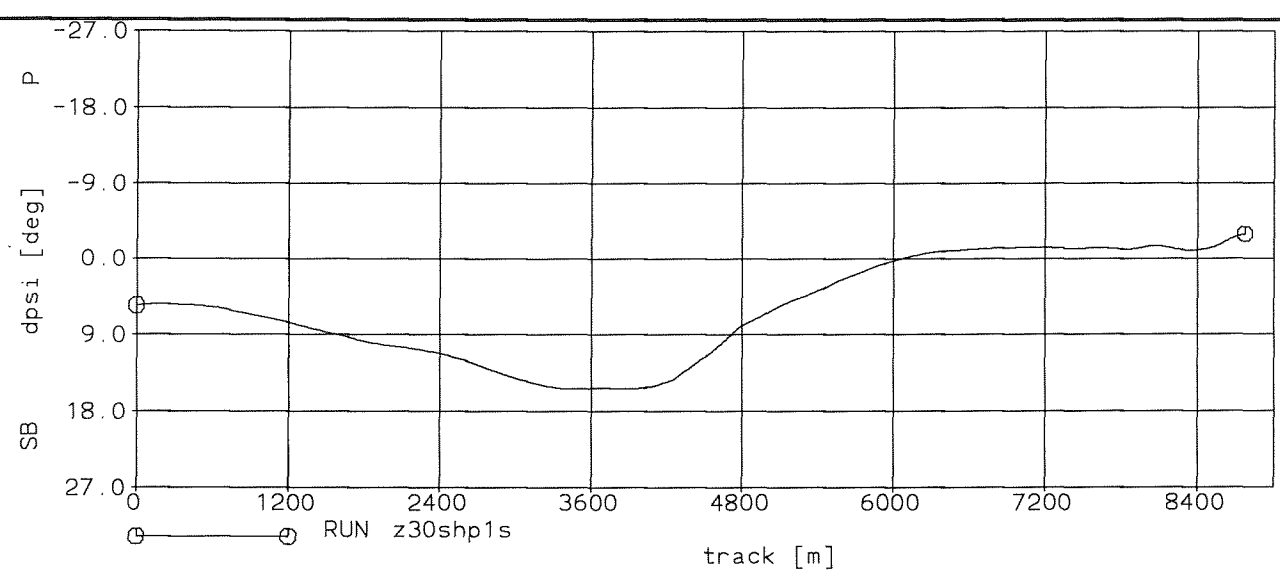
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z30/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z30s1s



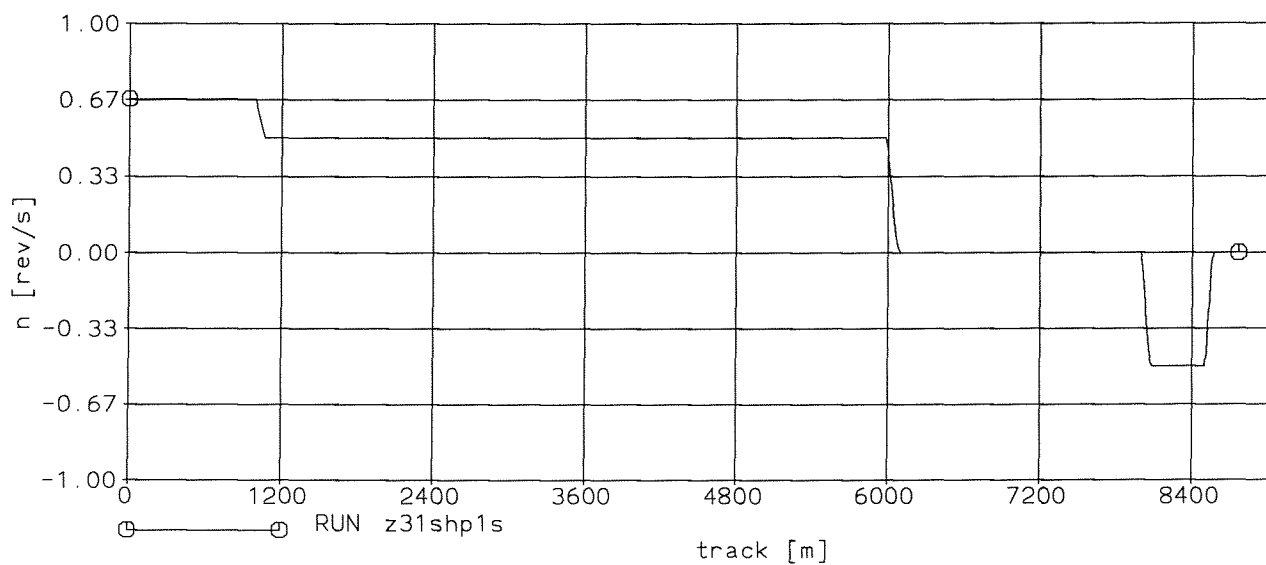
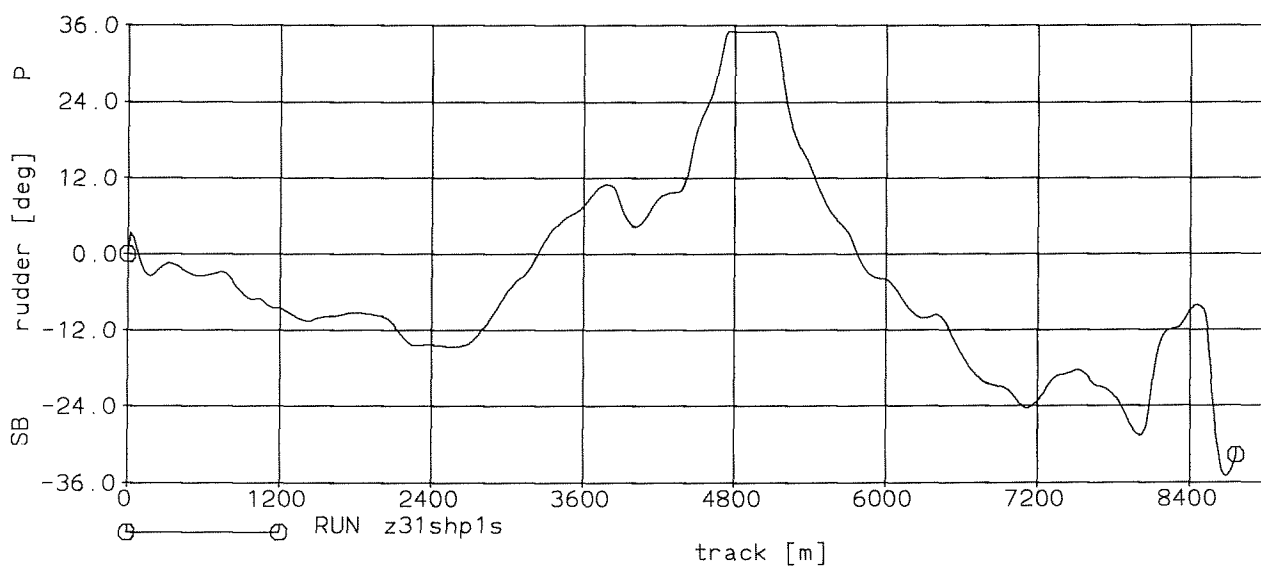
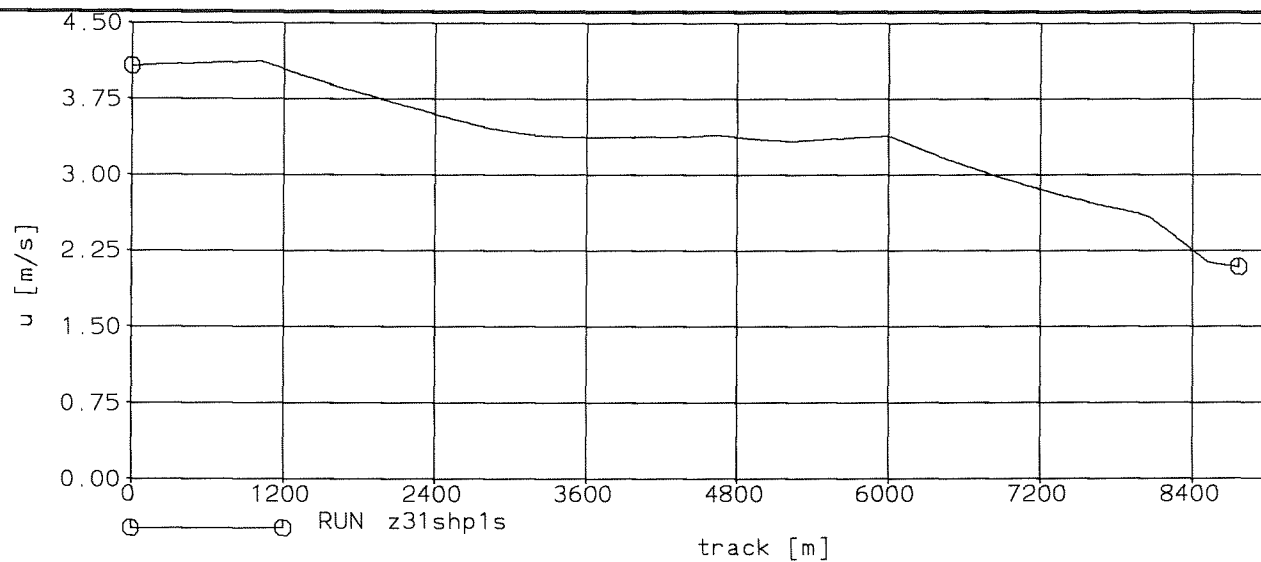
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z30/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z30s1s



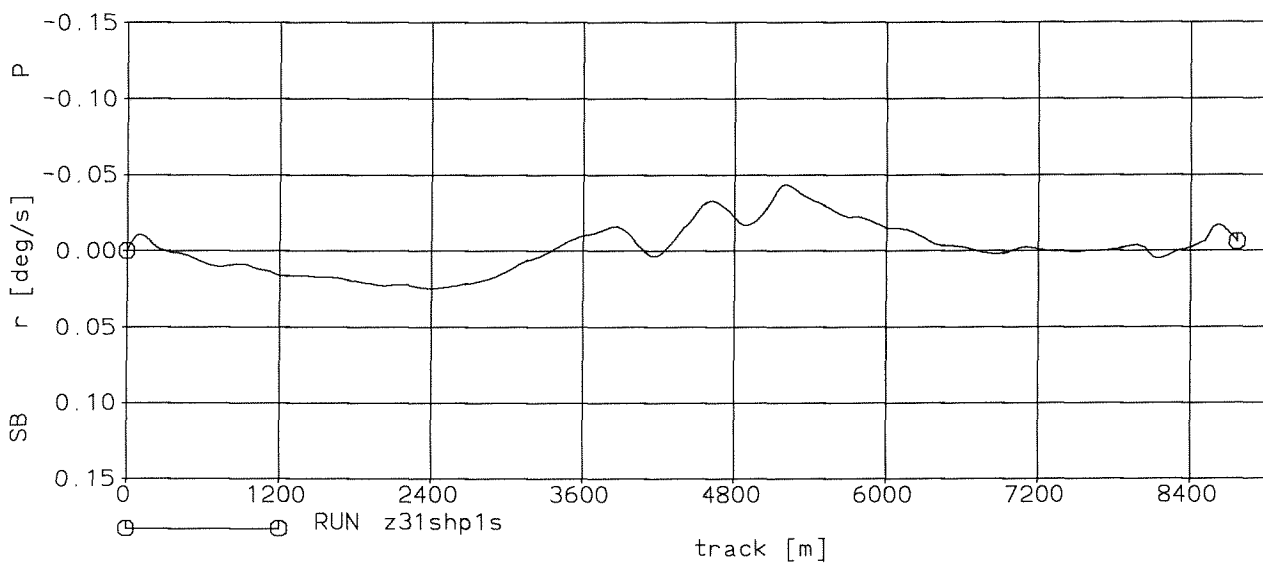
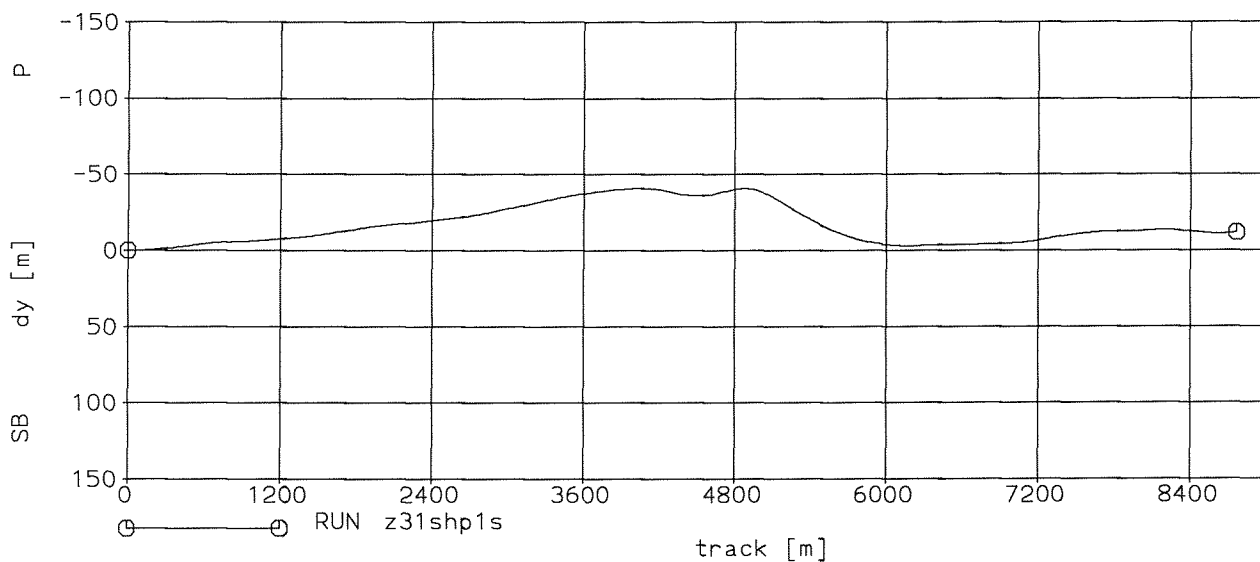
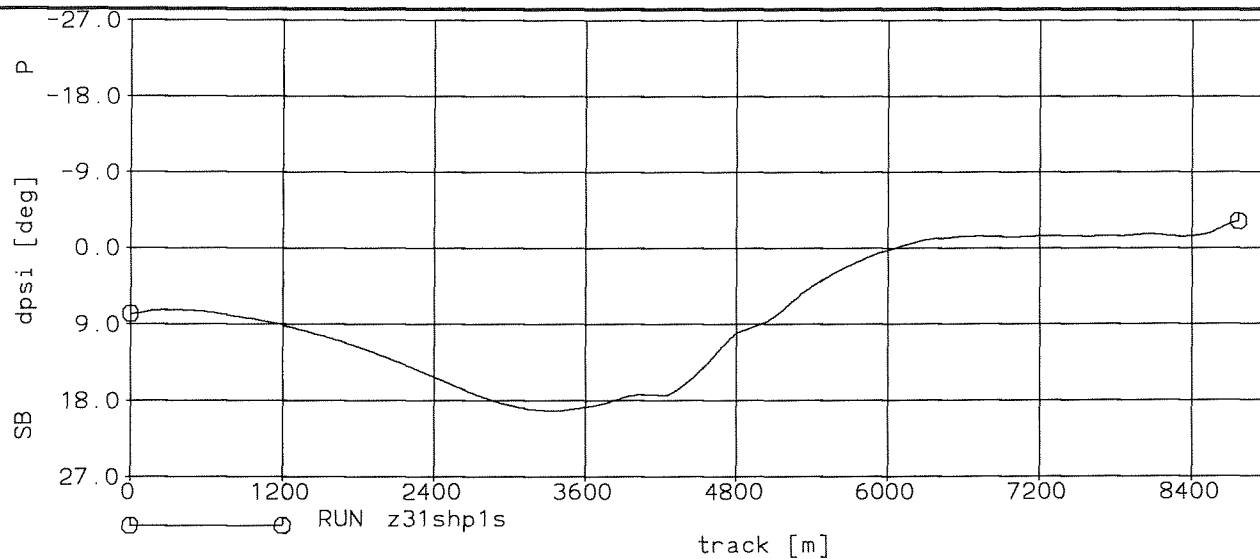
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z31/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z31s1s



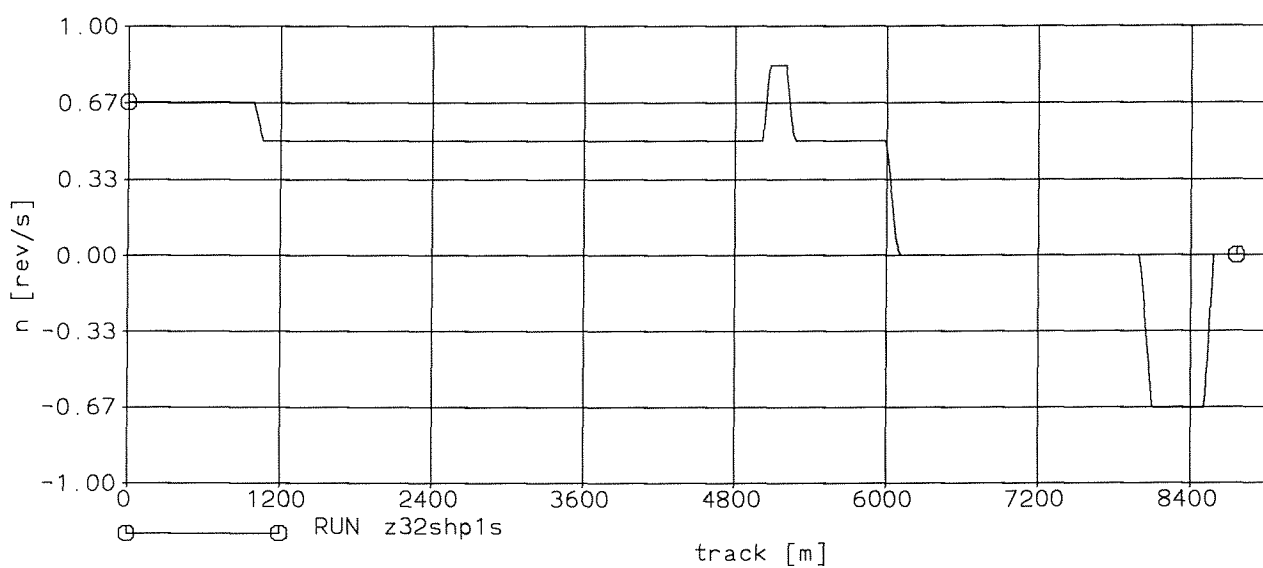
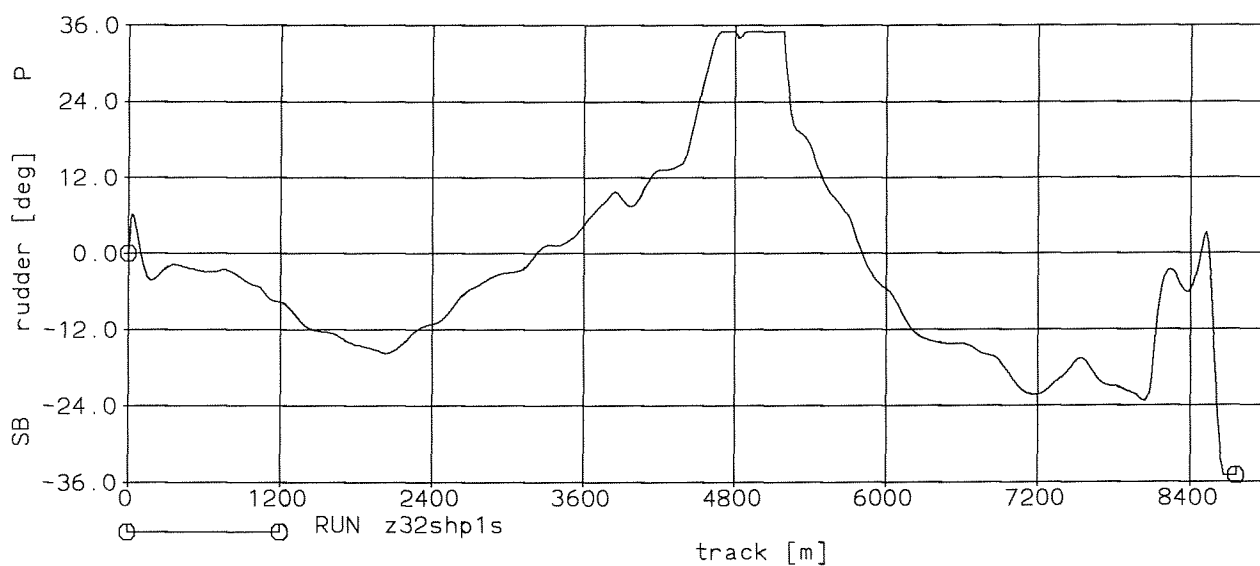
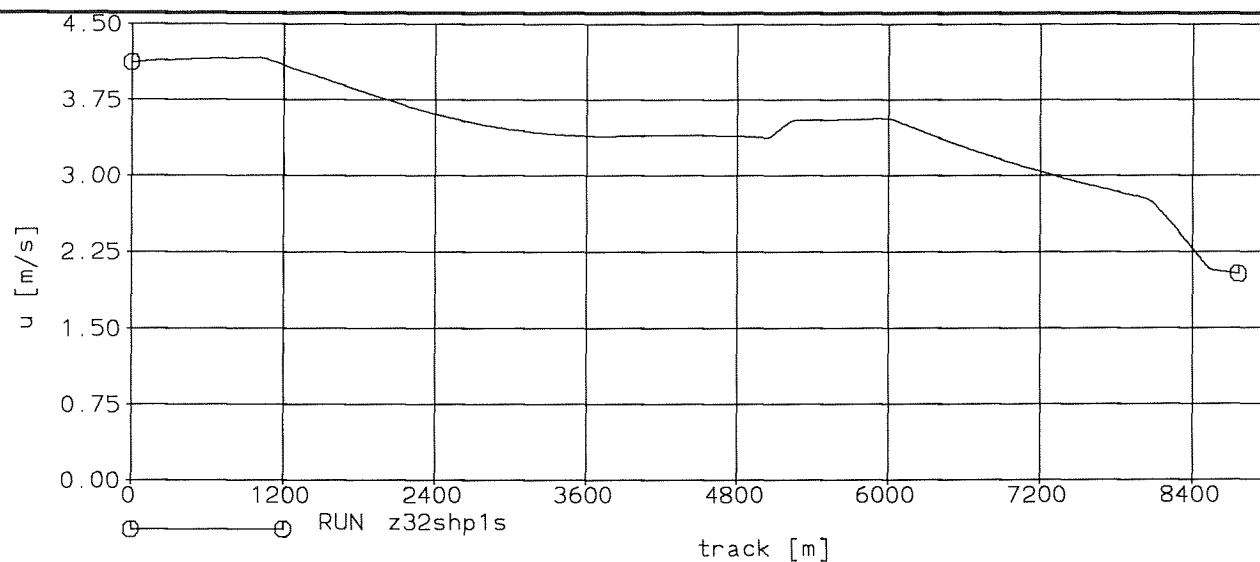
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z31/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z31s1s



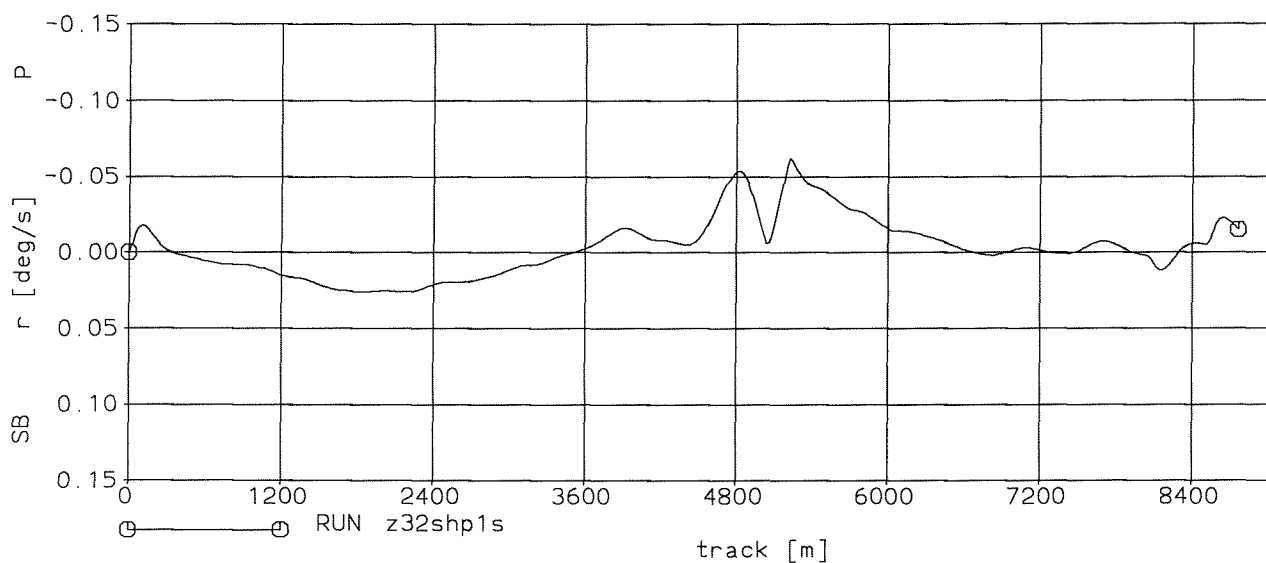
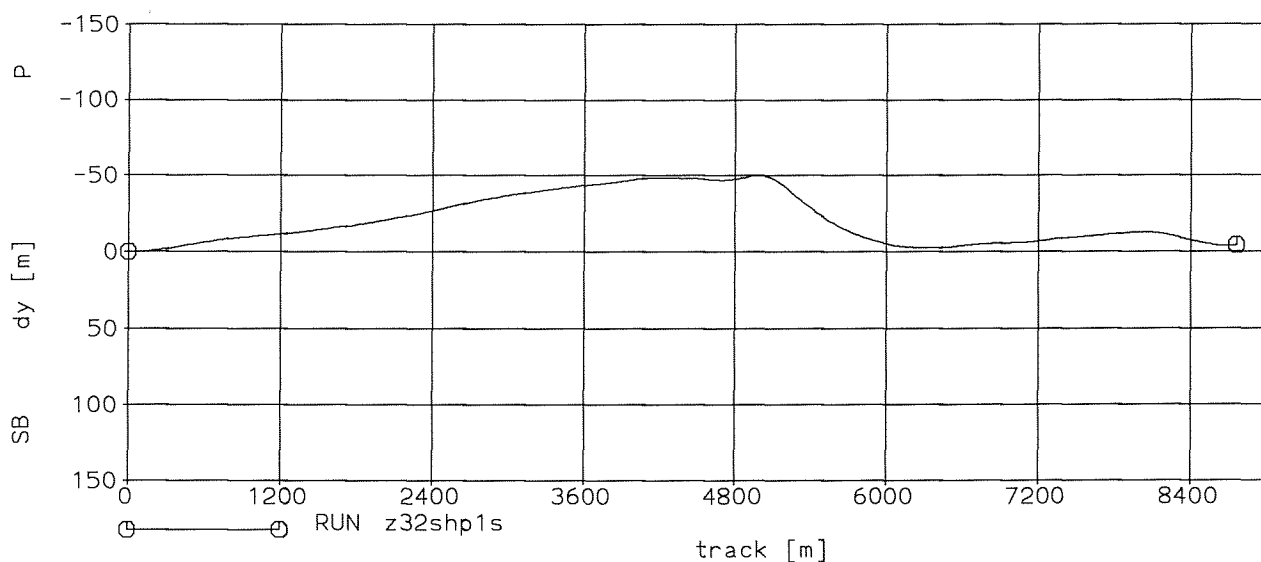
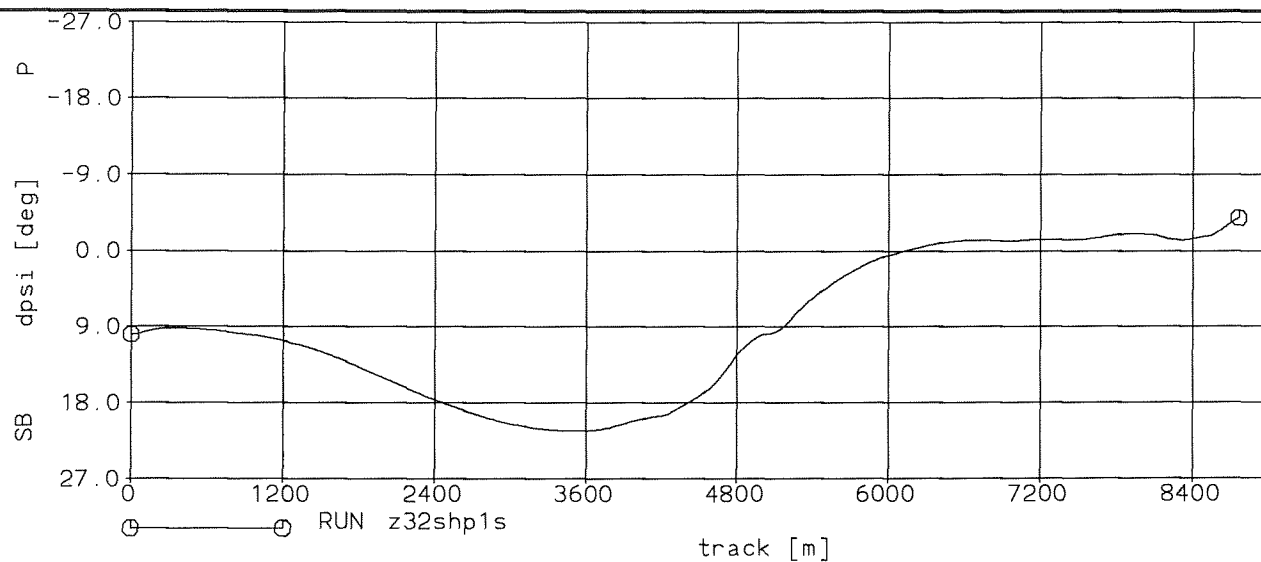
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z32/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z32s1s



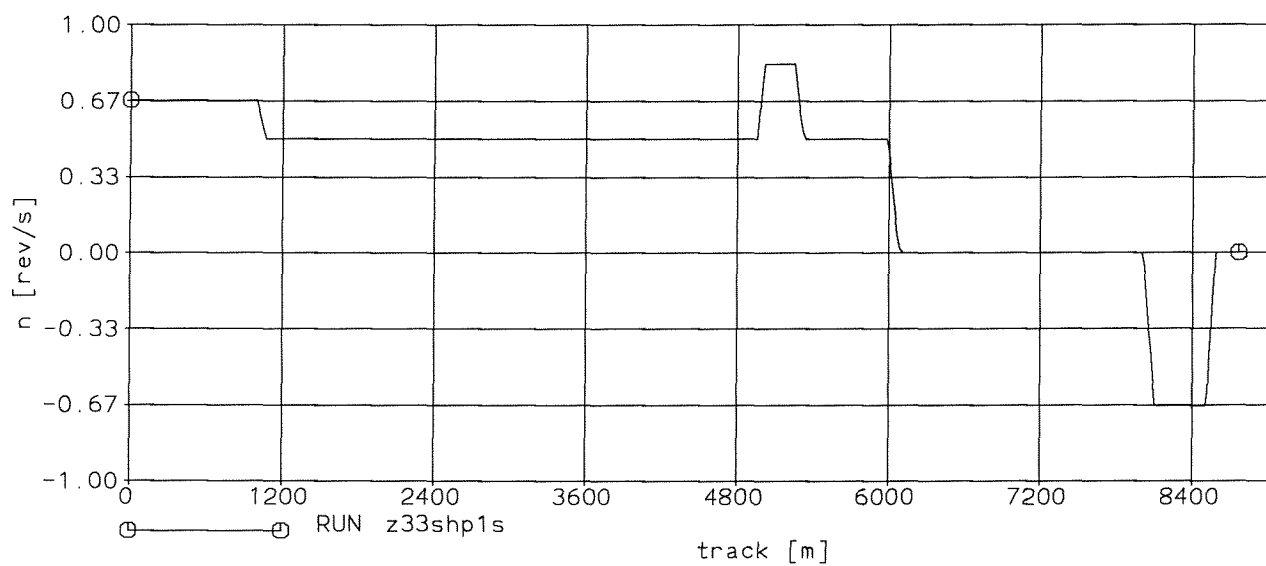
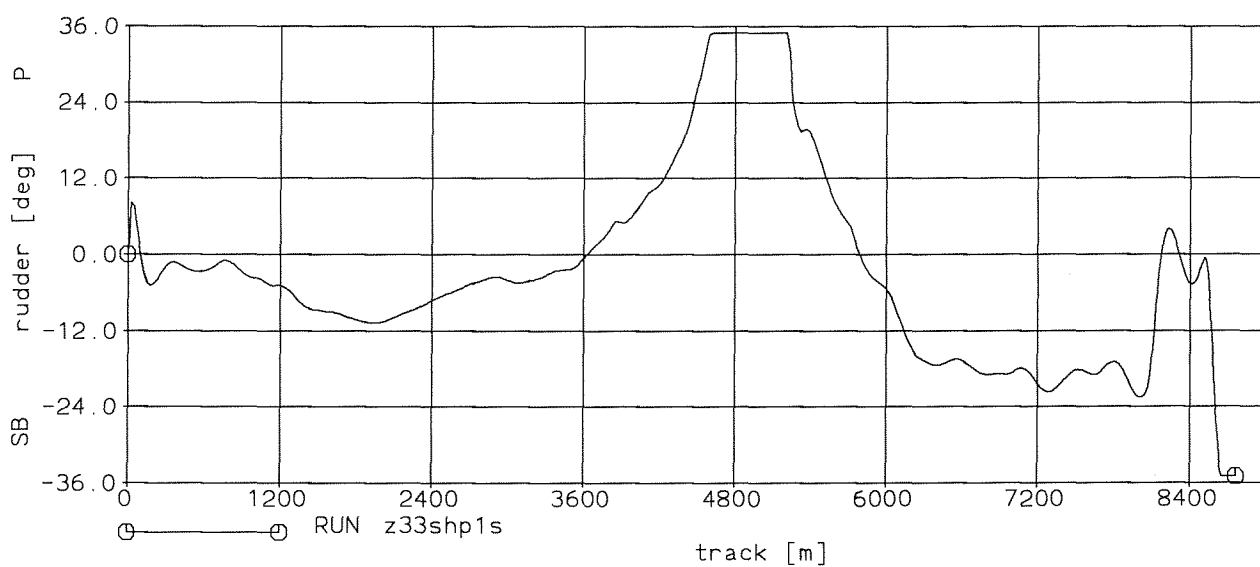
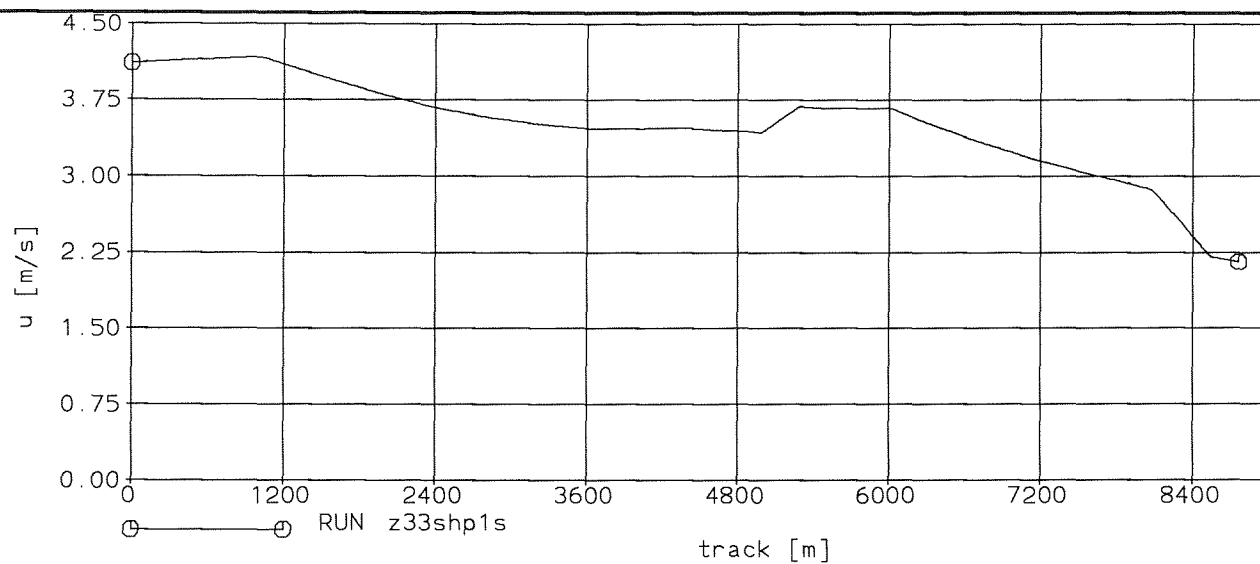
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z32/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z32s1s



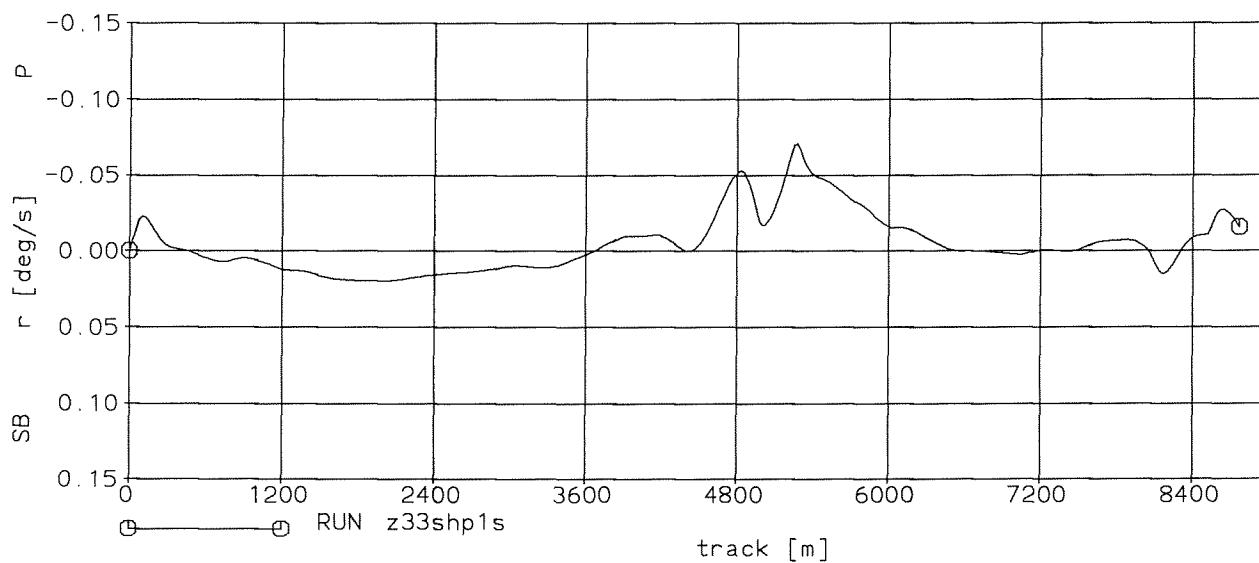
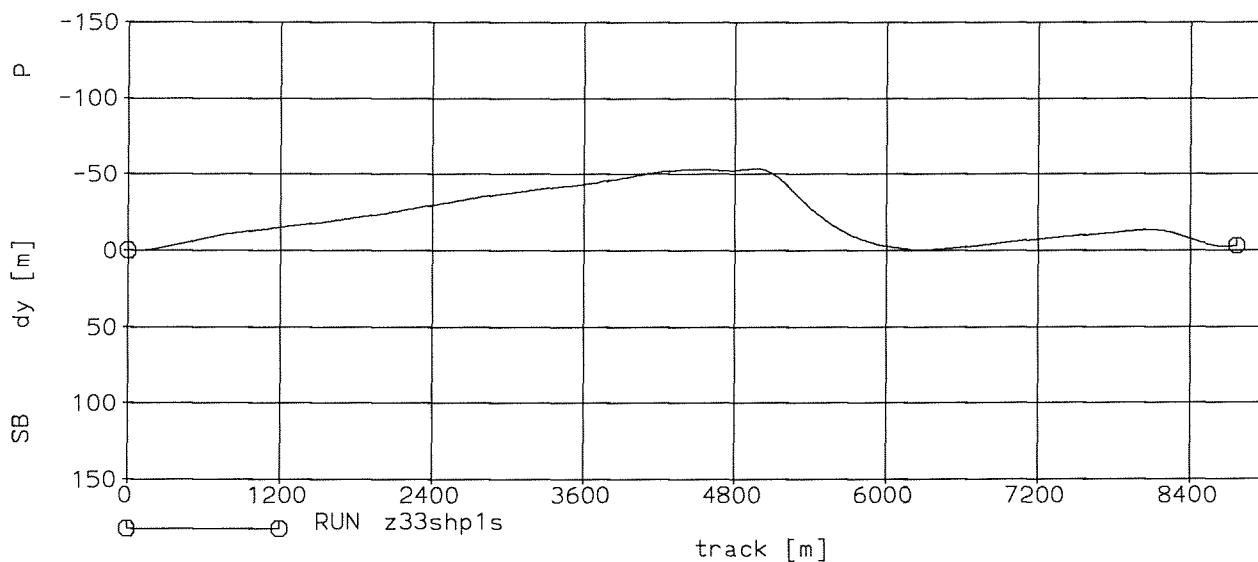
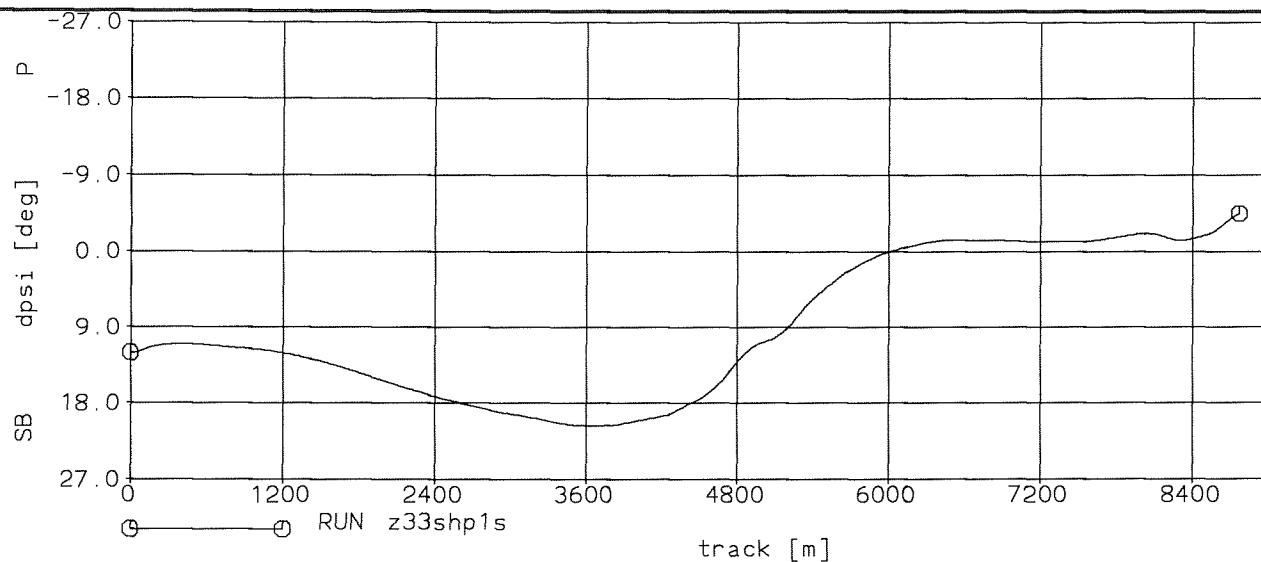
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z33/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z33s1s



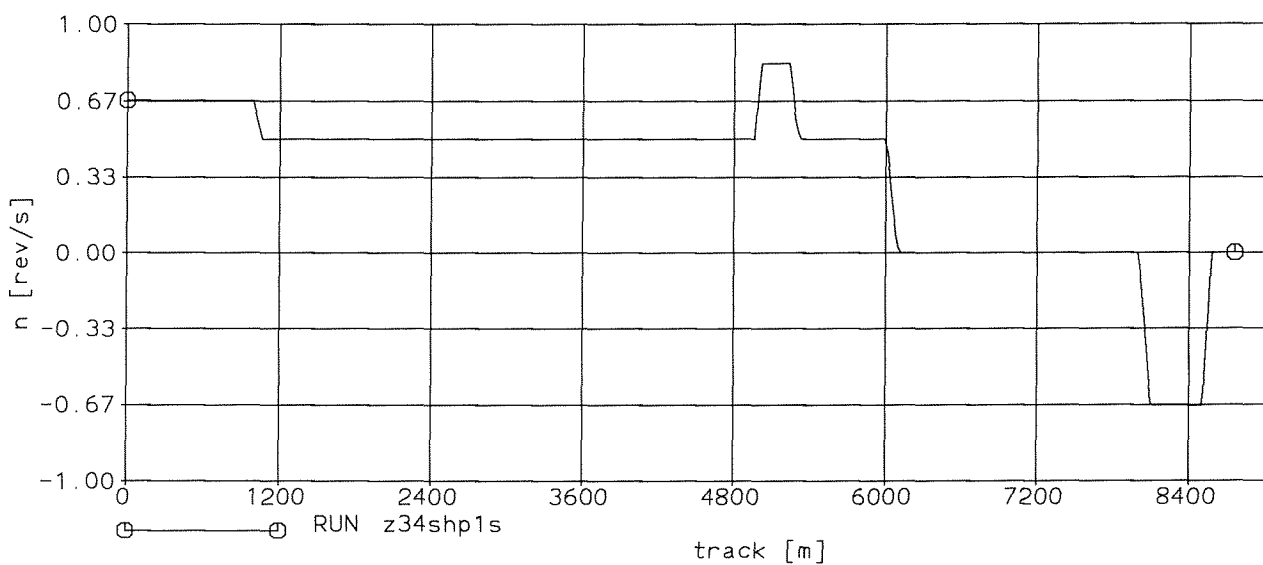
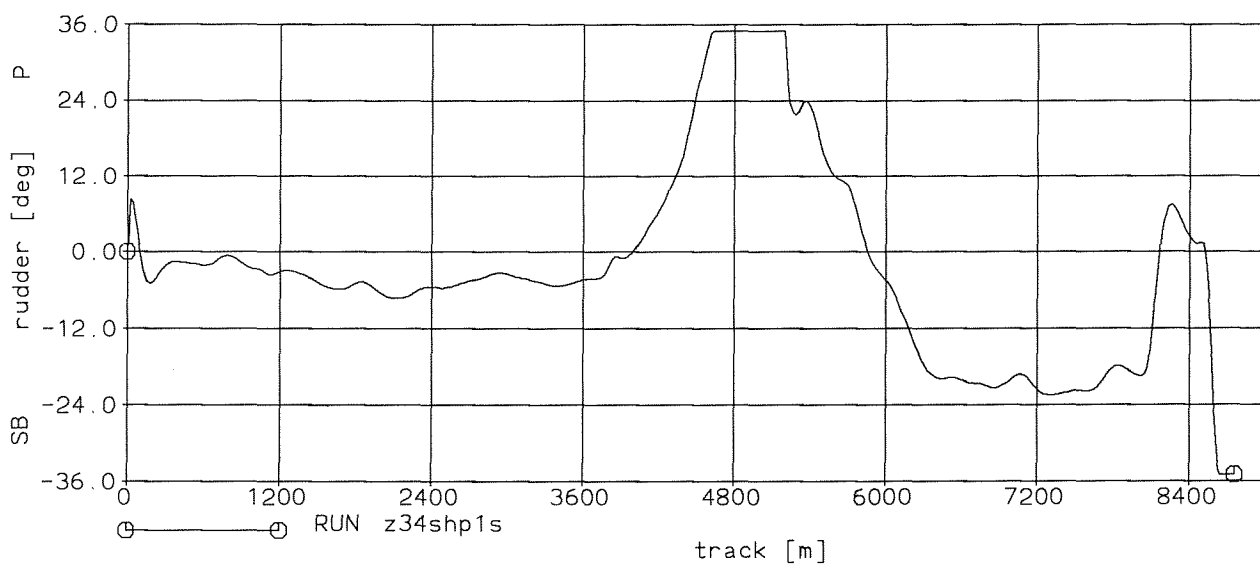
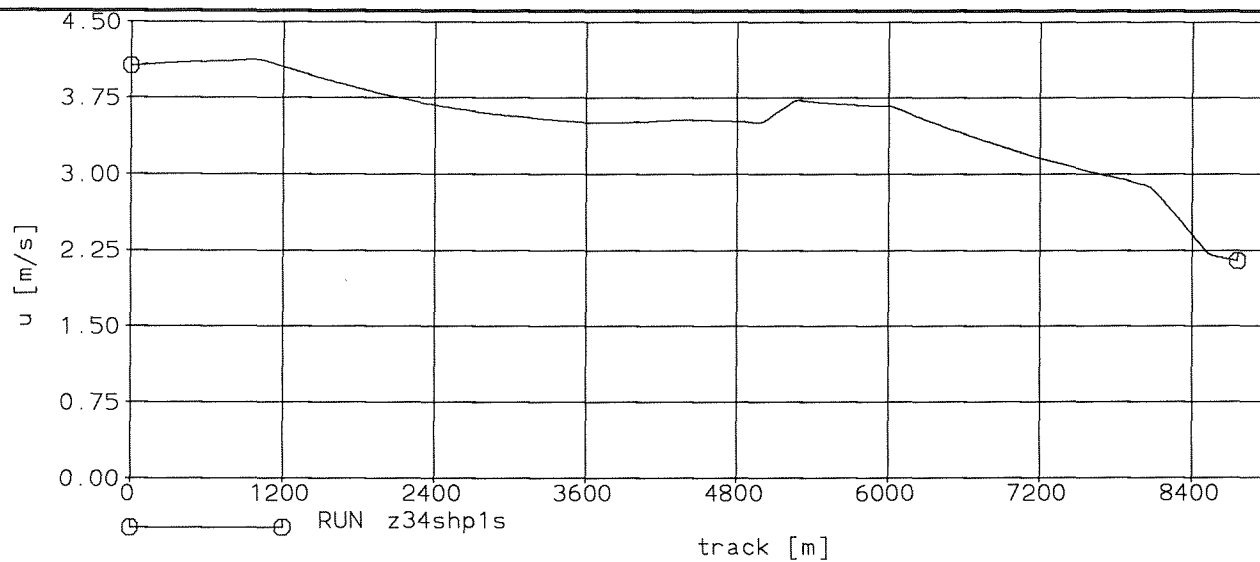
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z33/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z33s1s



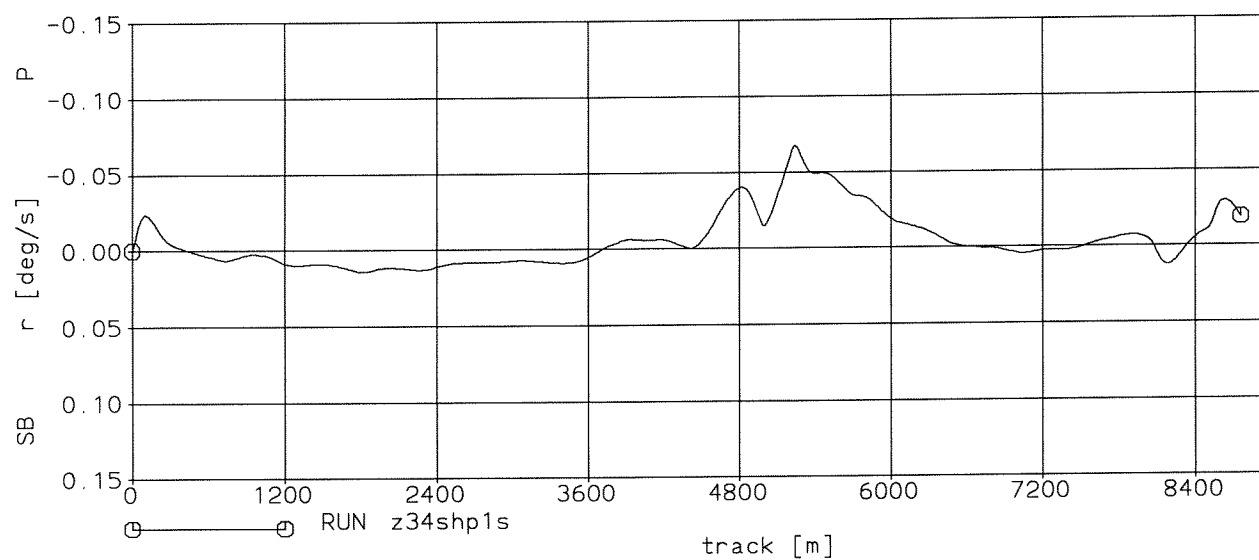
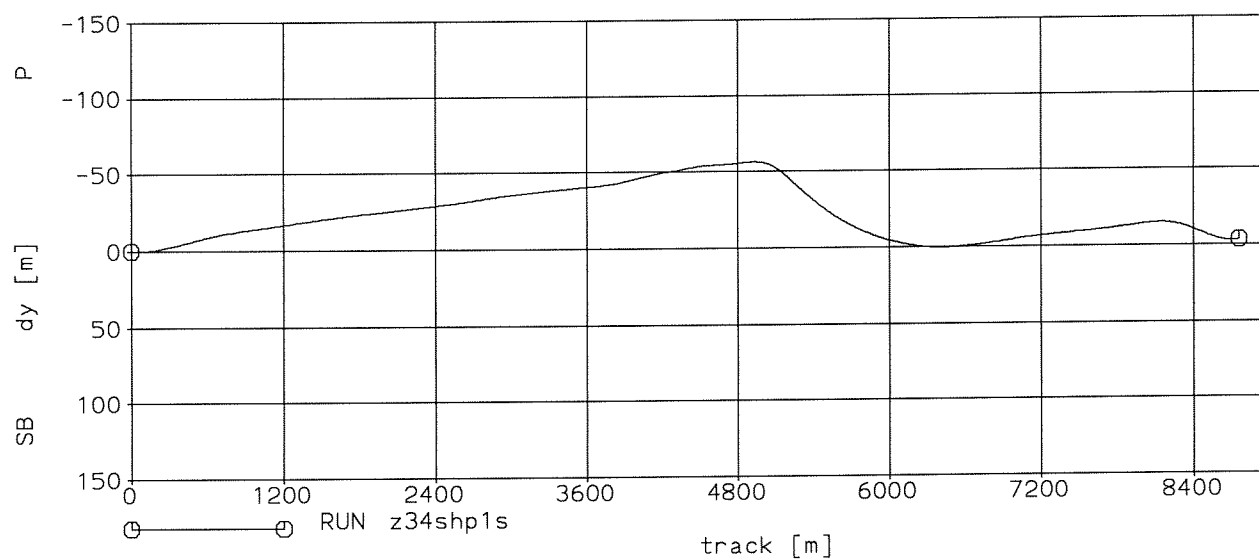
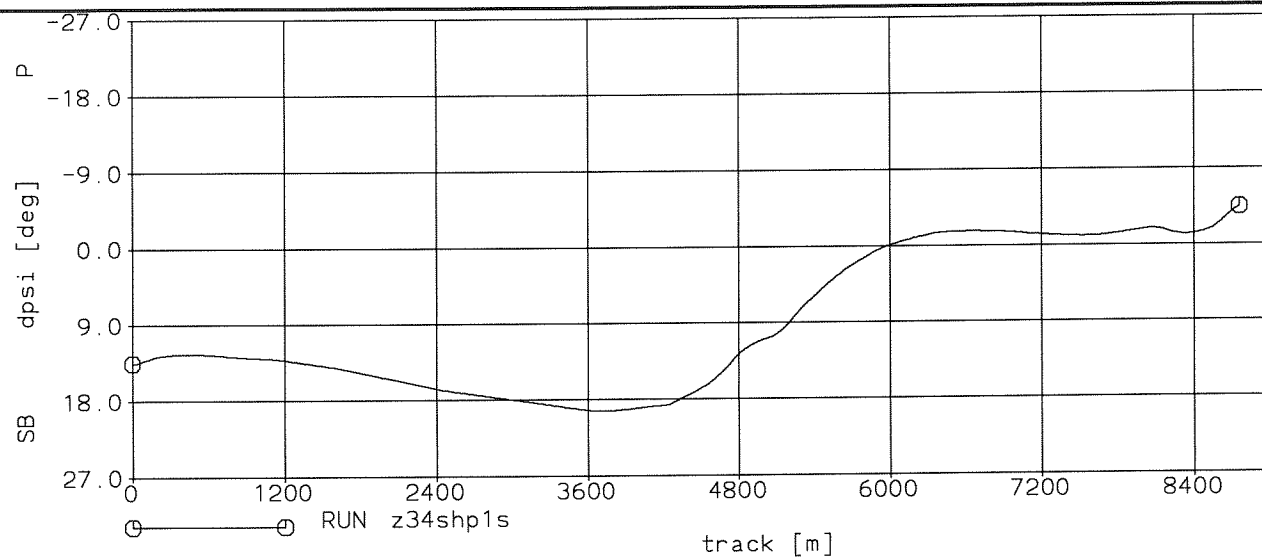
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z34/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z34s1s



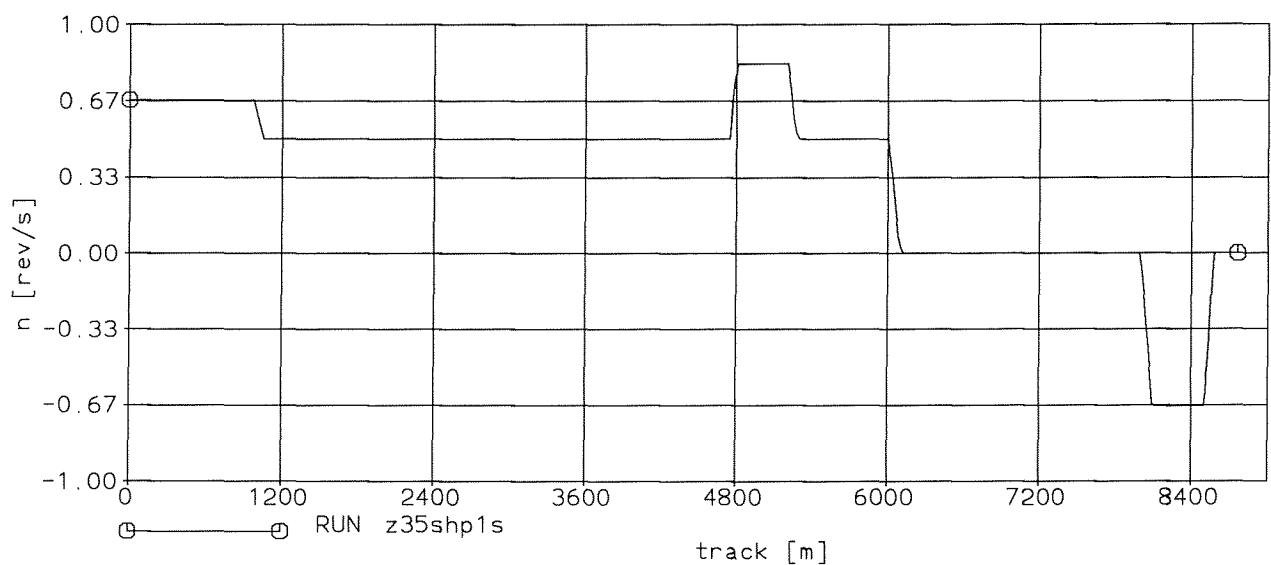
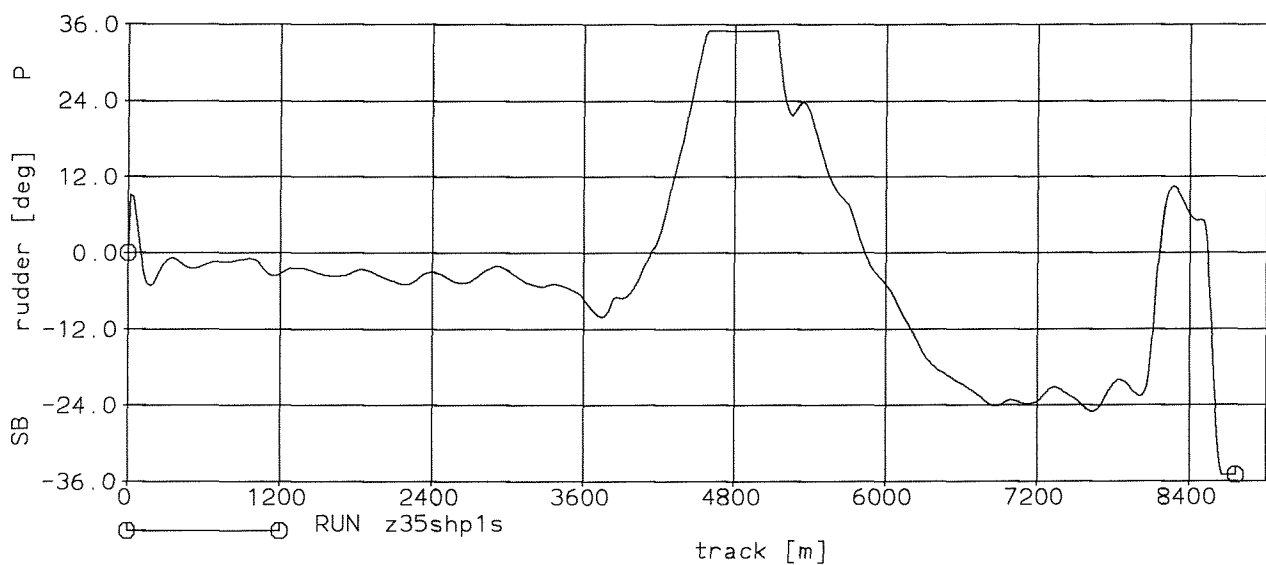
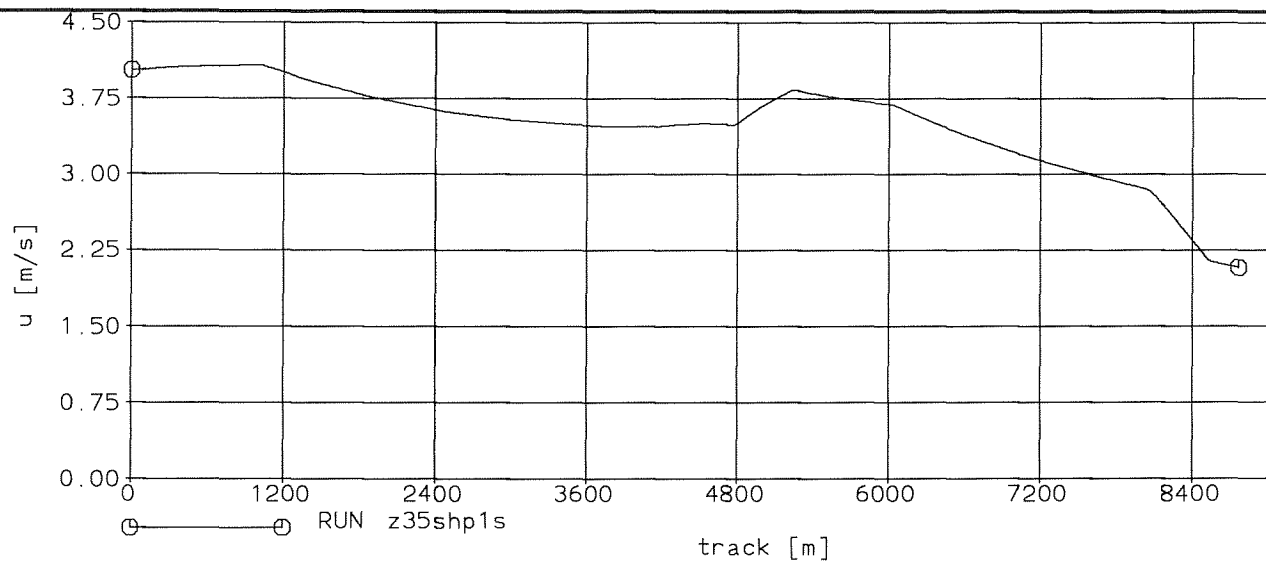
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z34/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z34s1s



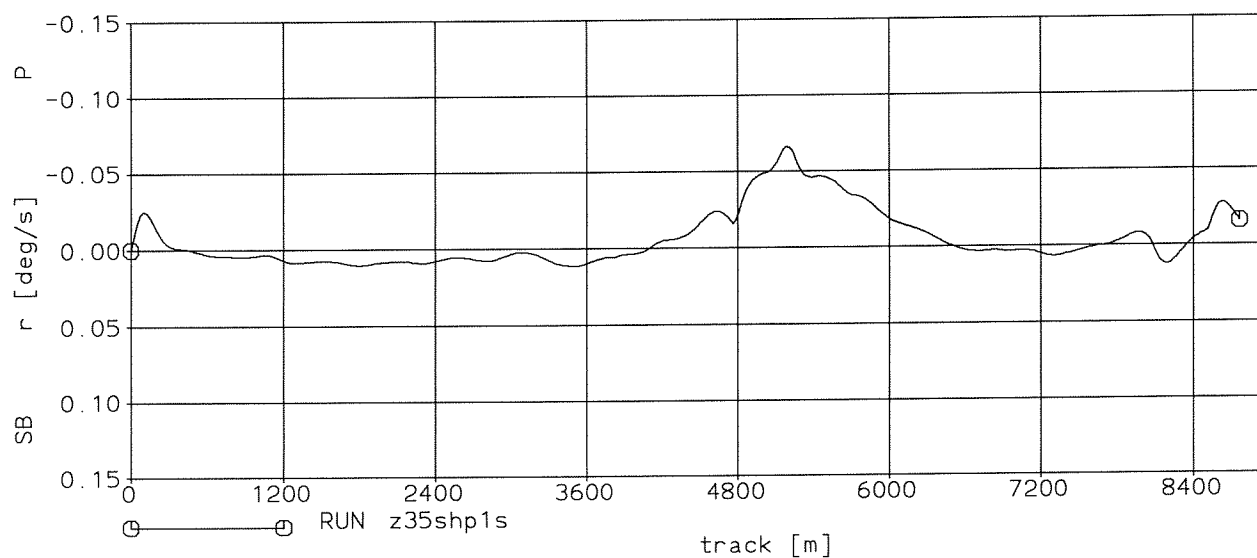
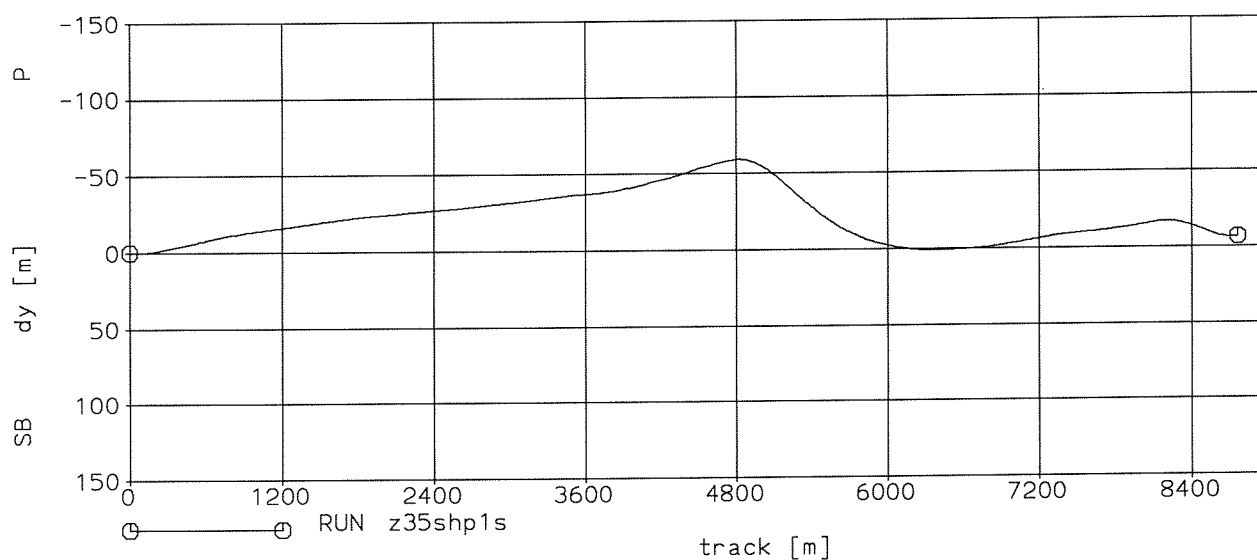
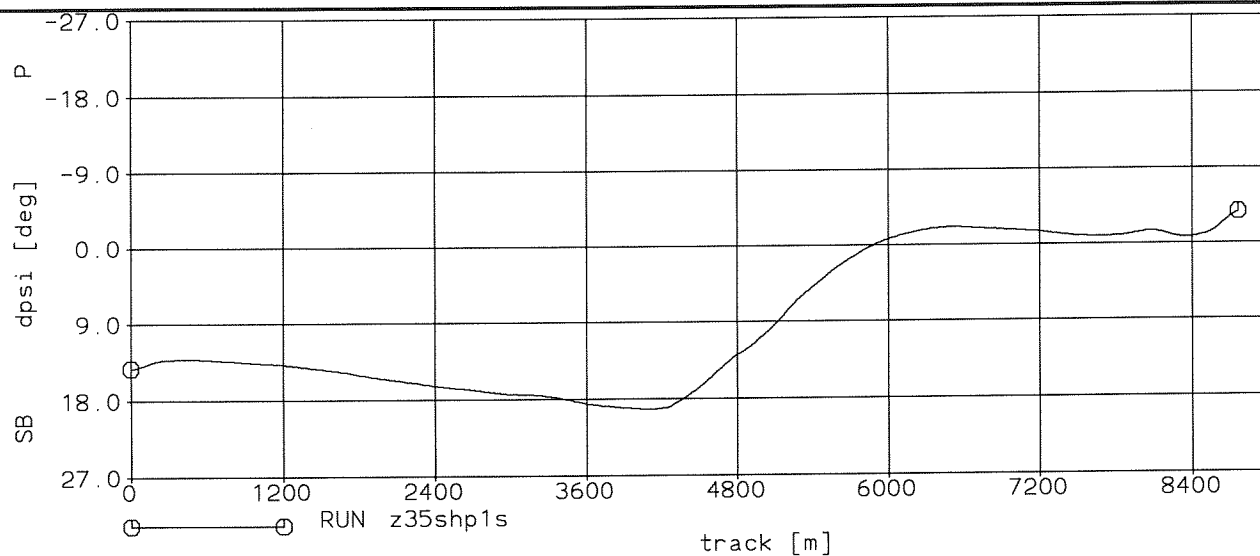
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z35/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z35s1s



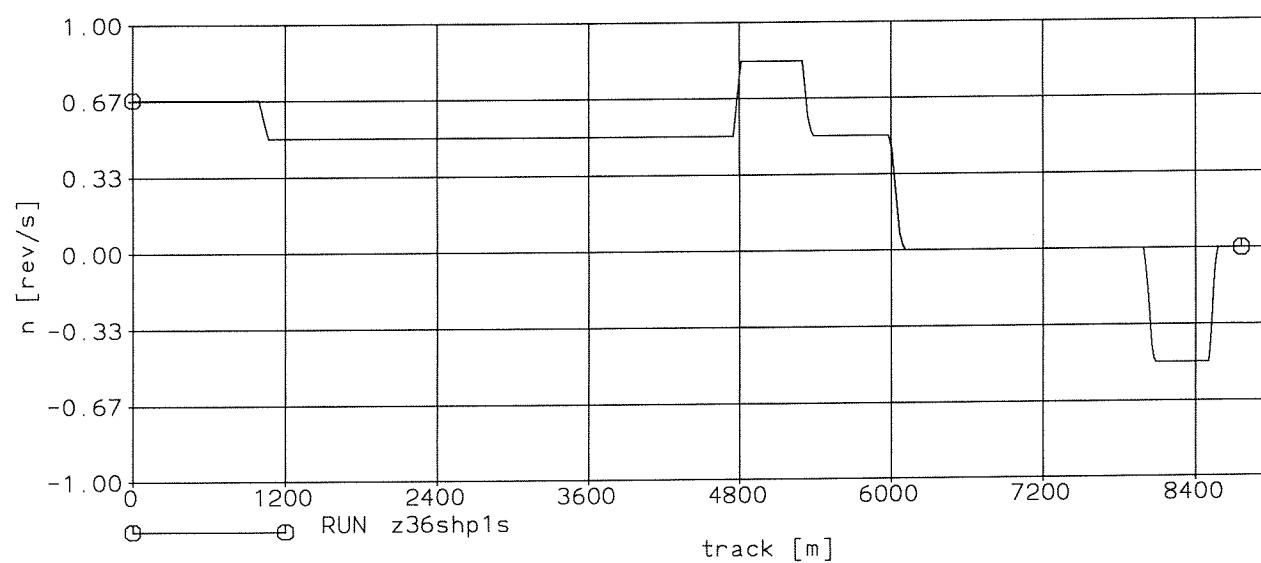
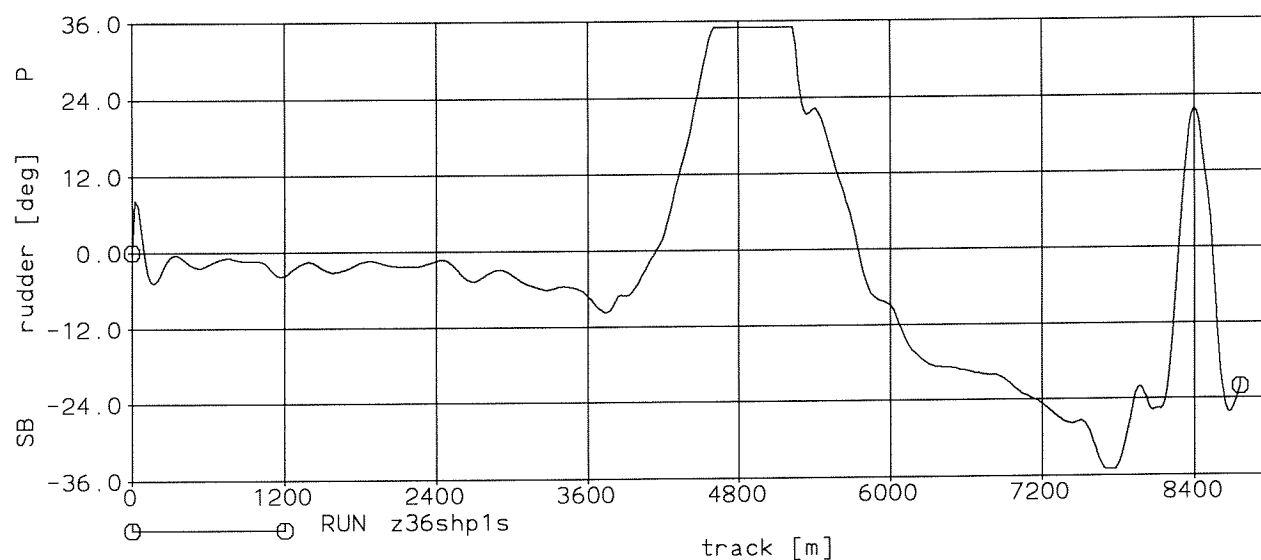
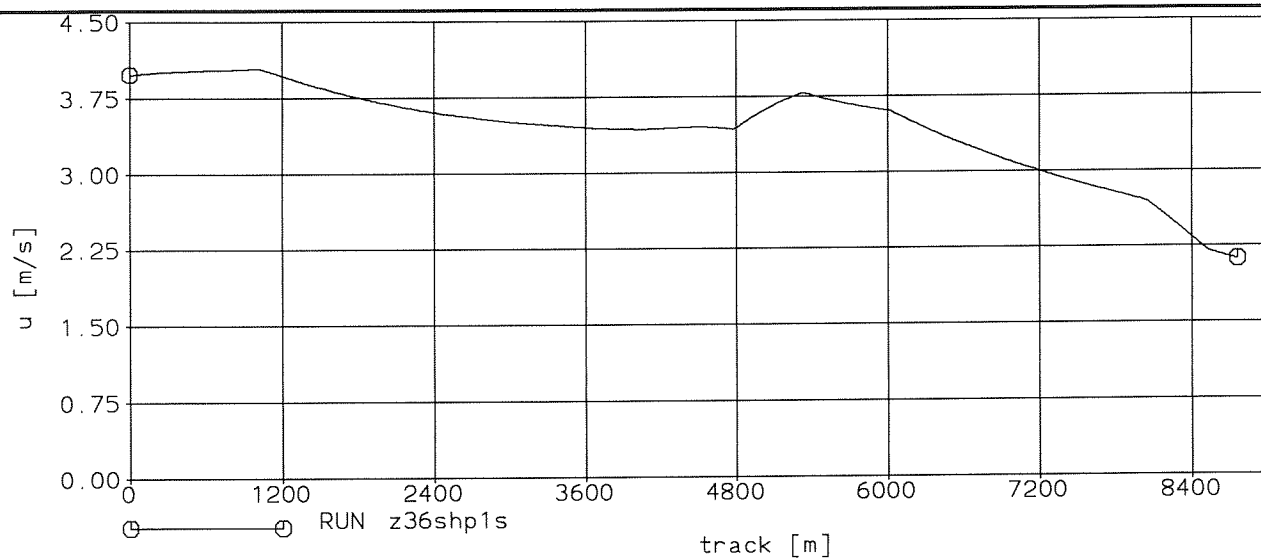
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z35/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z35s1s



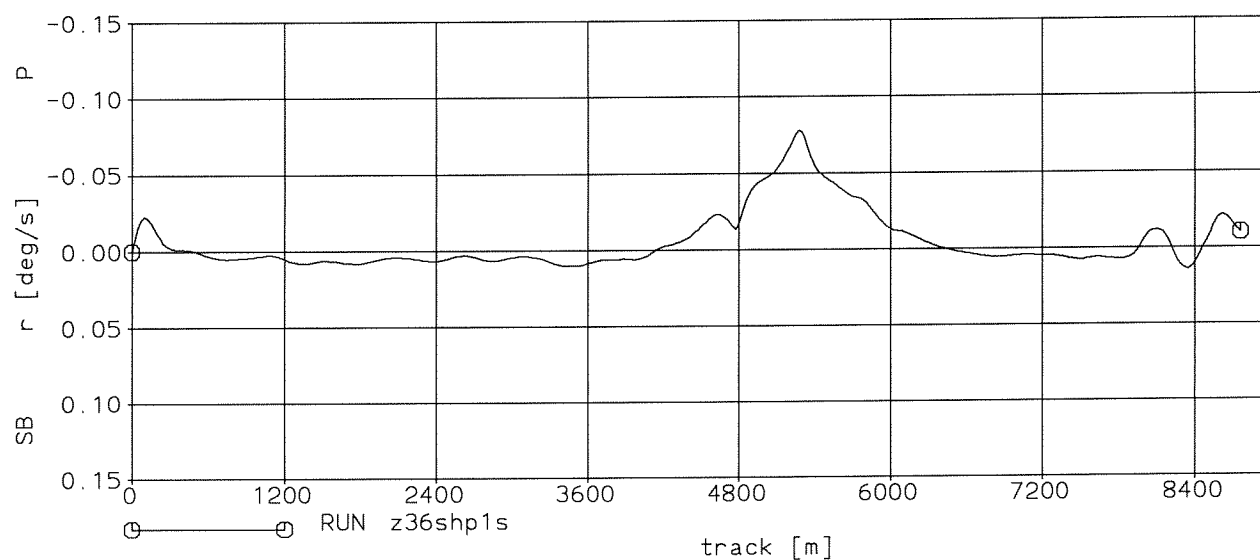
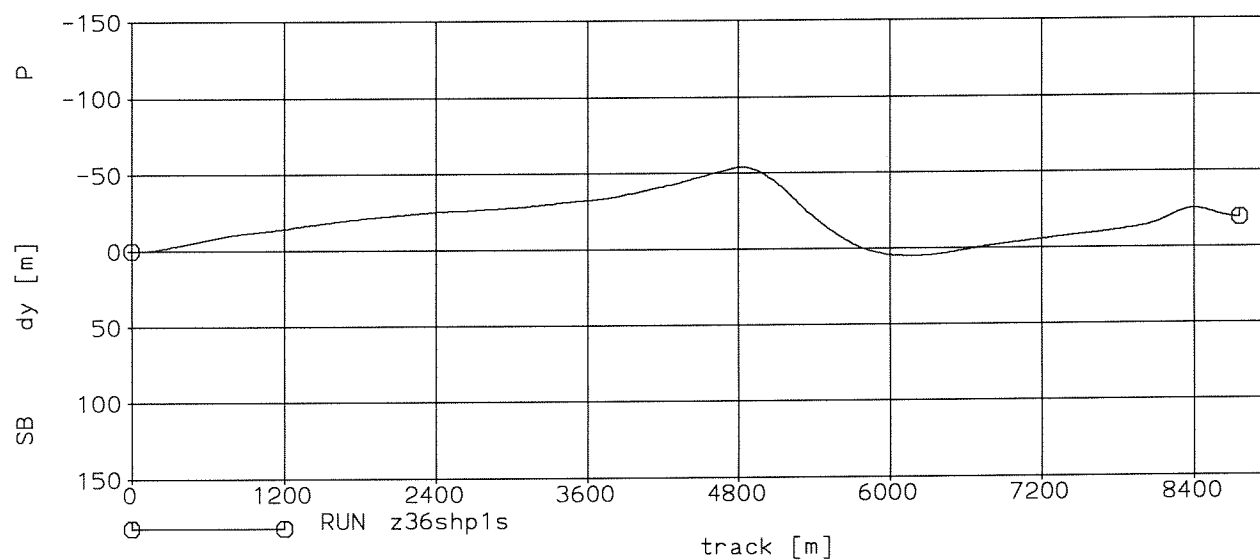
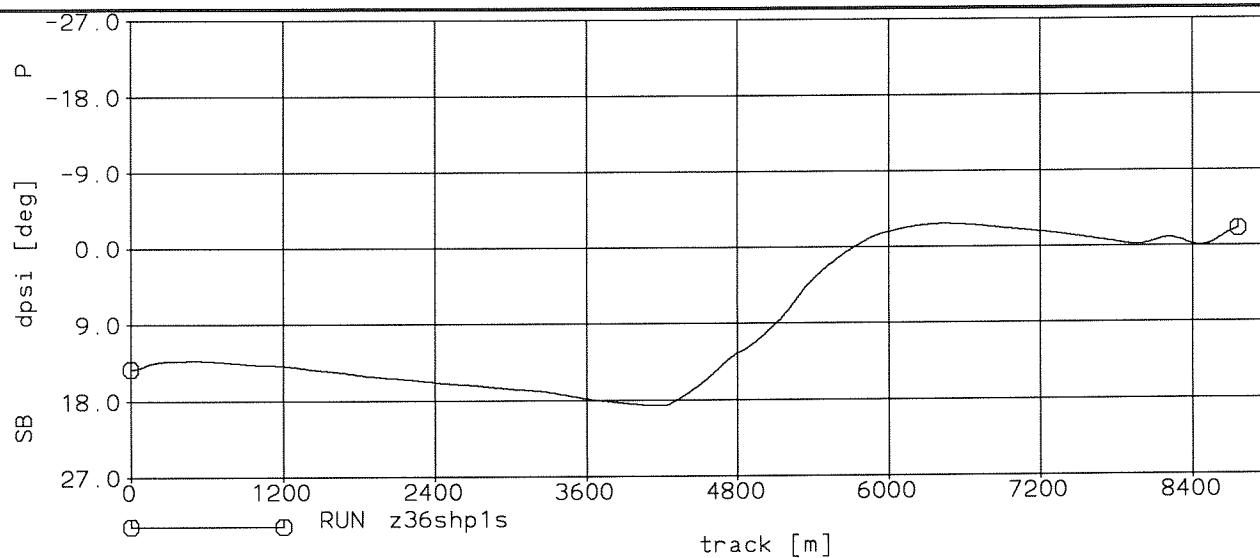
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z36/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z36s1s



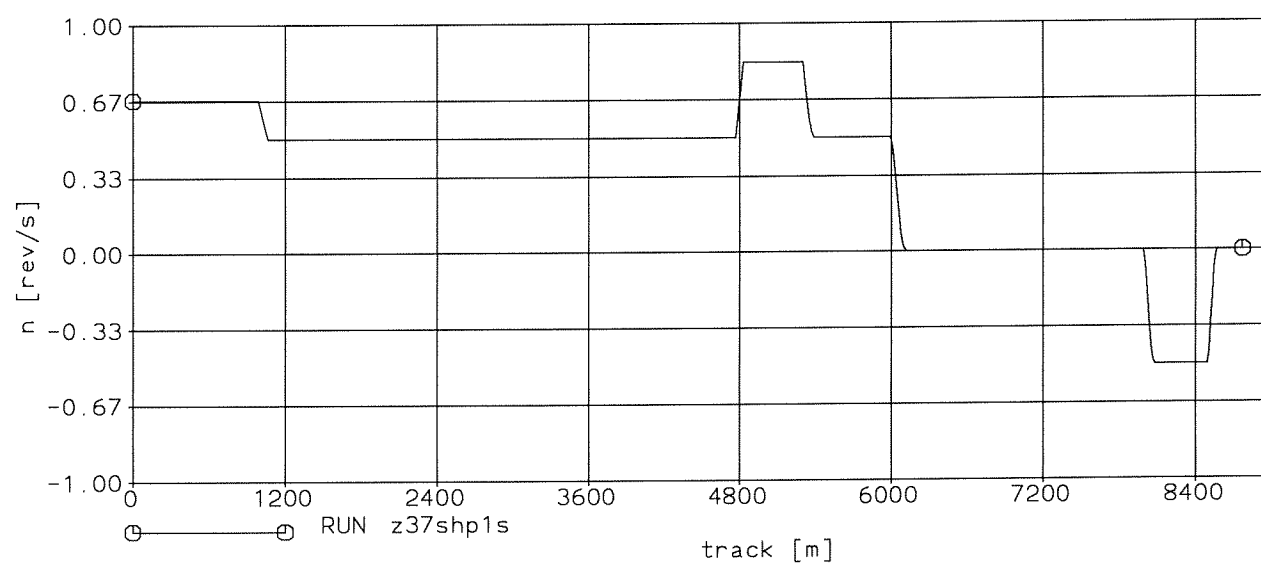
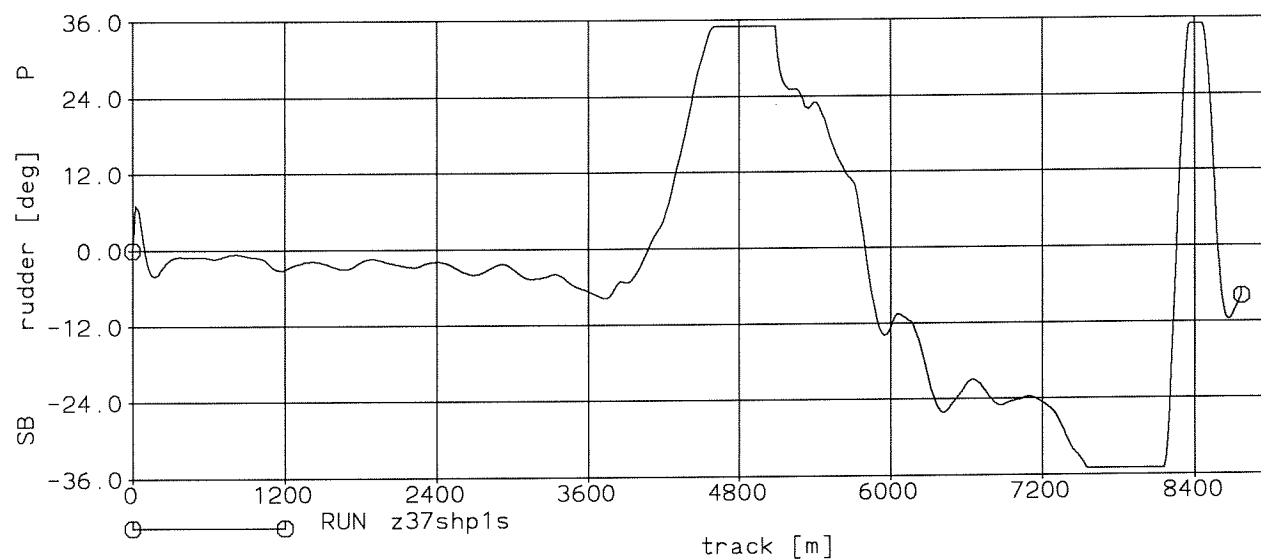
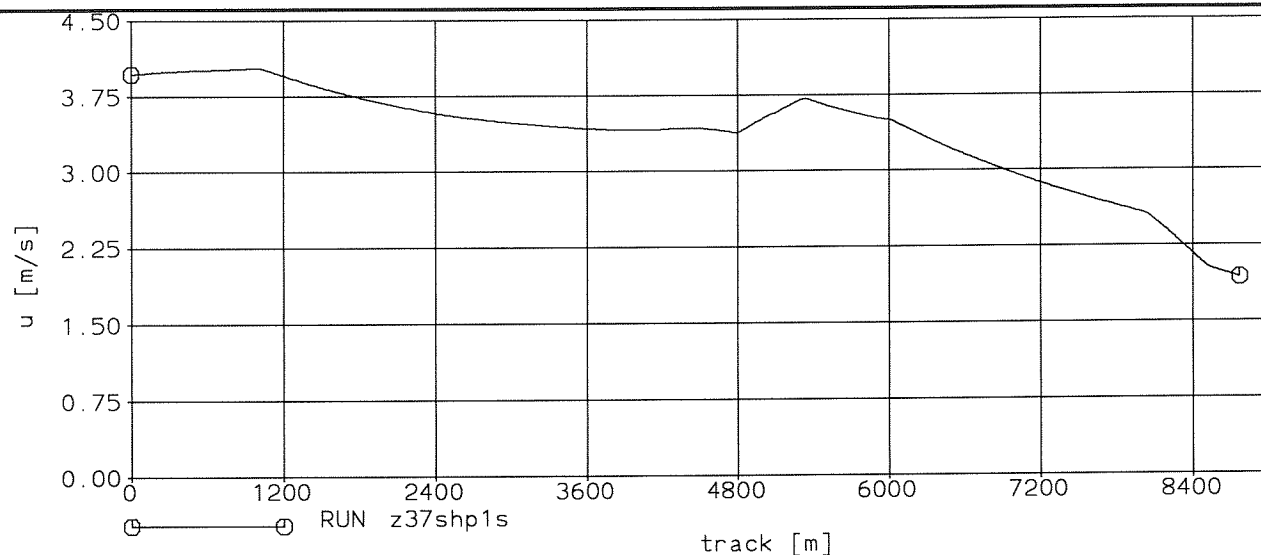
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z36/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z36s1s



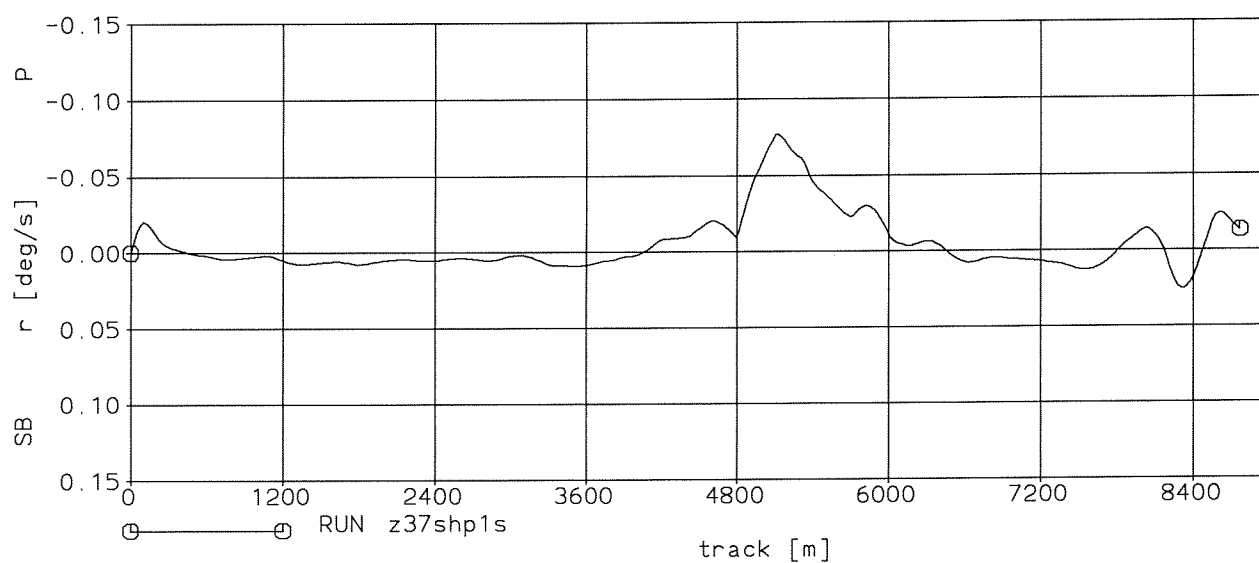
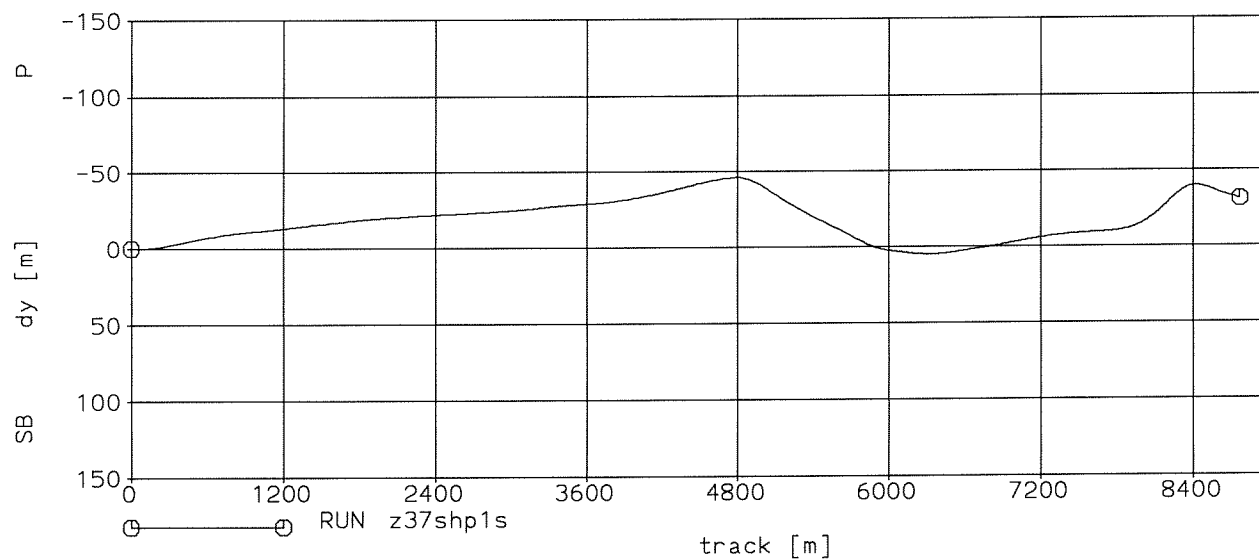
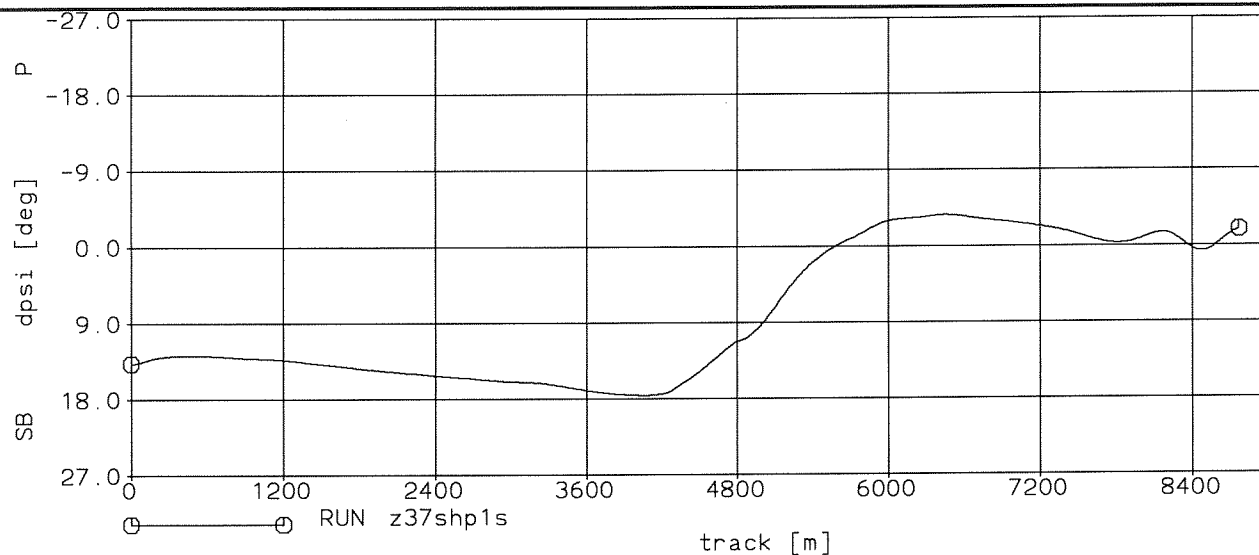
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z37/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z37s1s



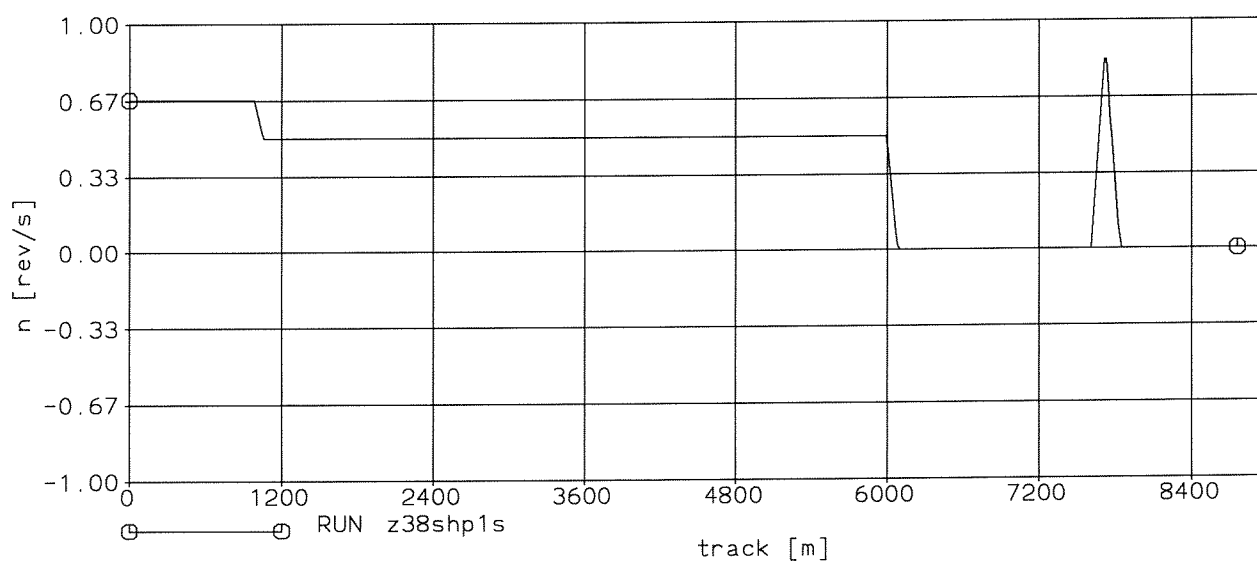
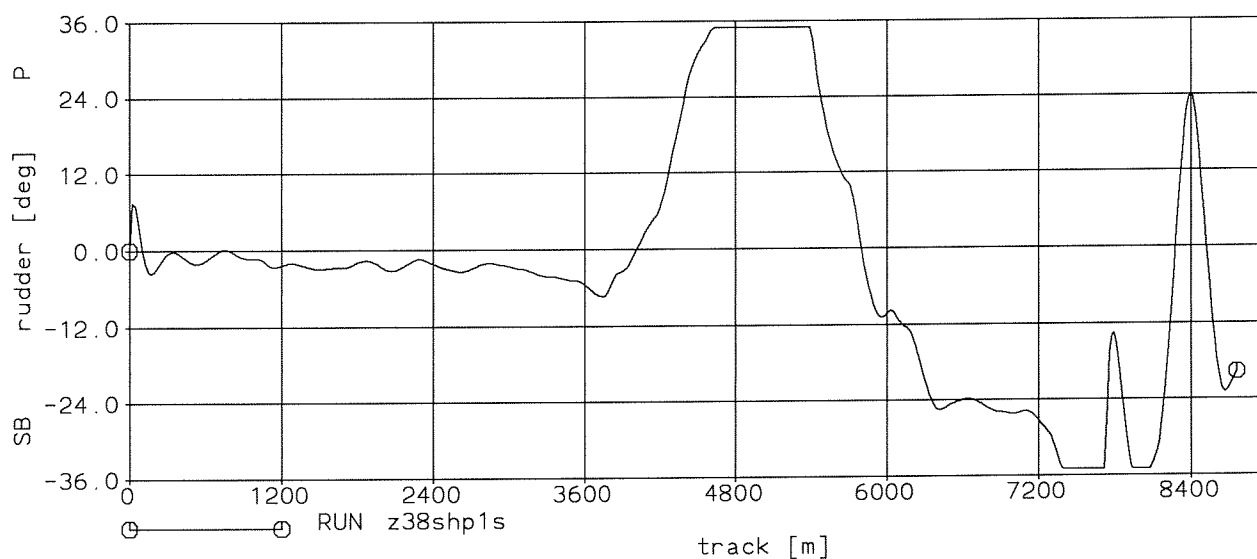
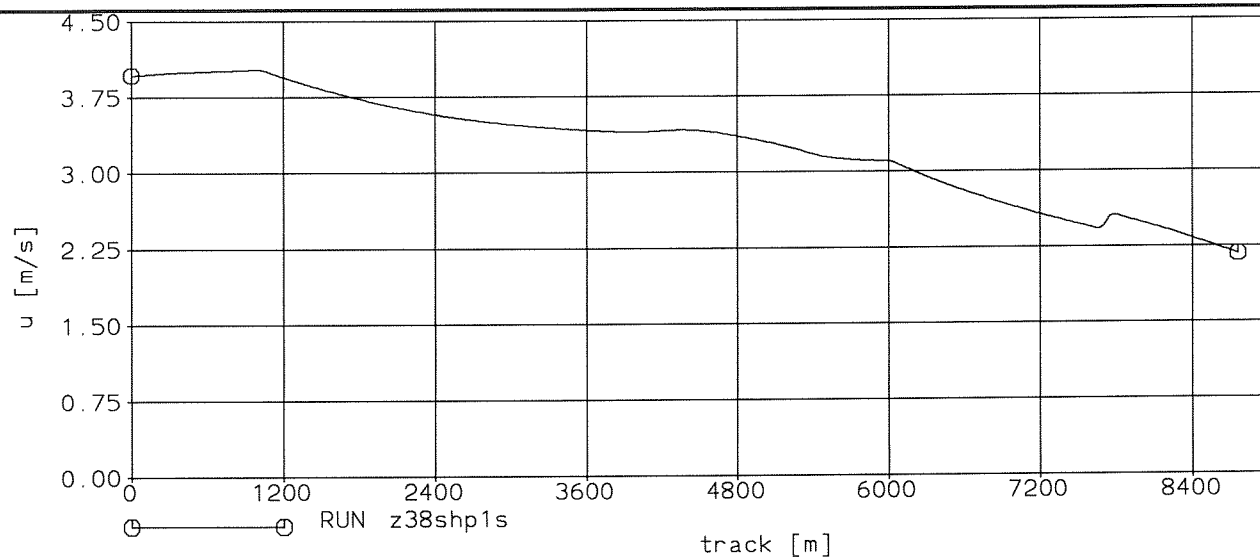
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z37/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z37s1s



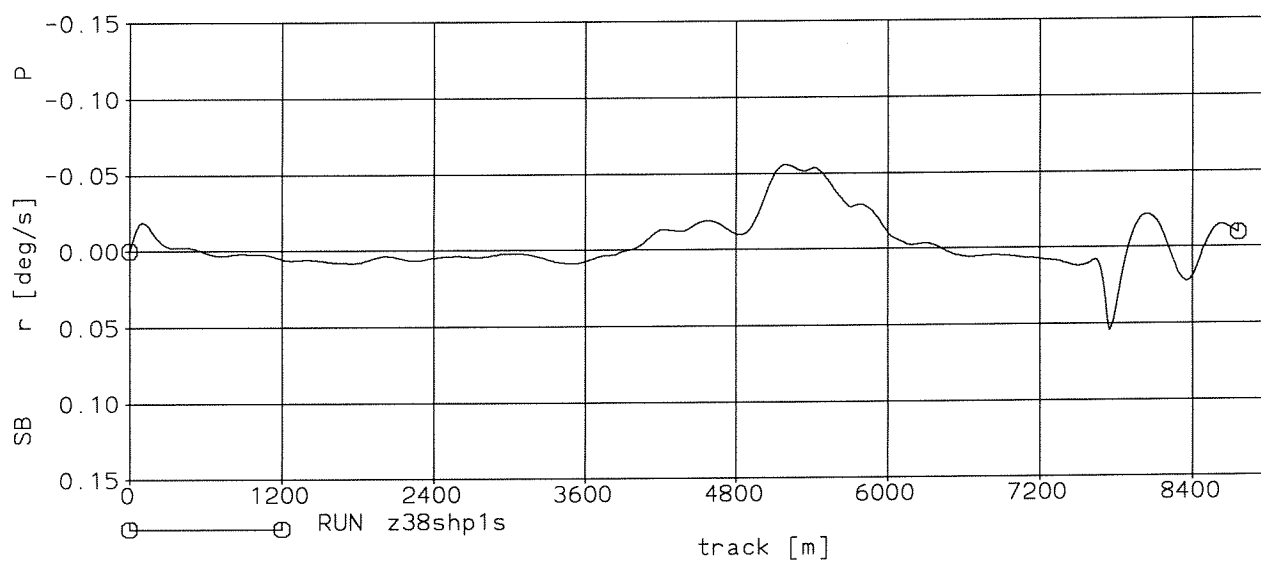
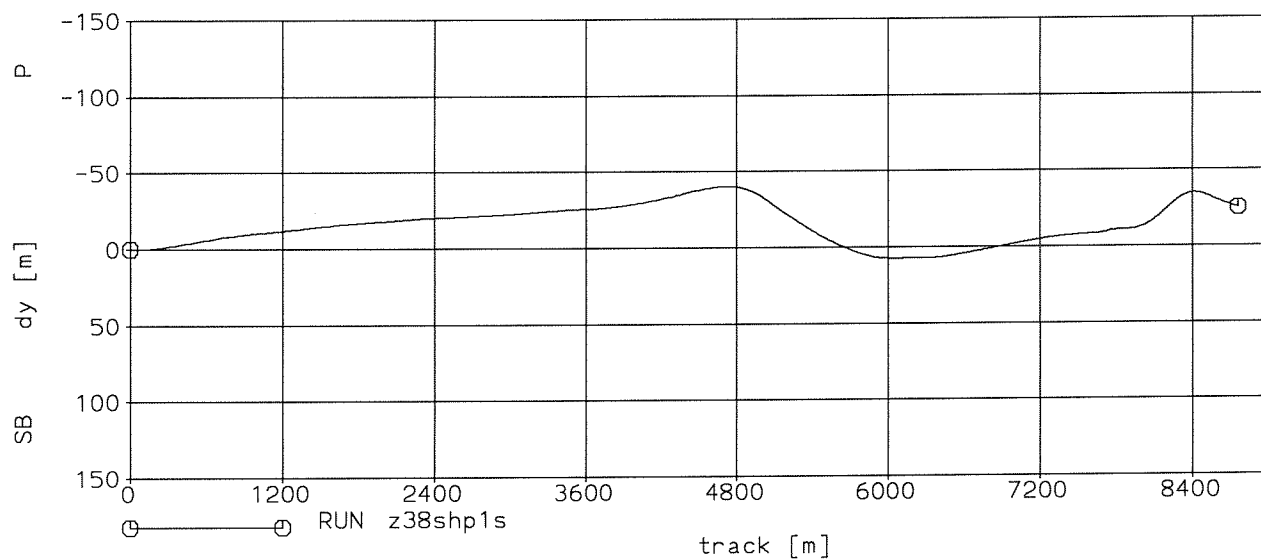
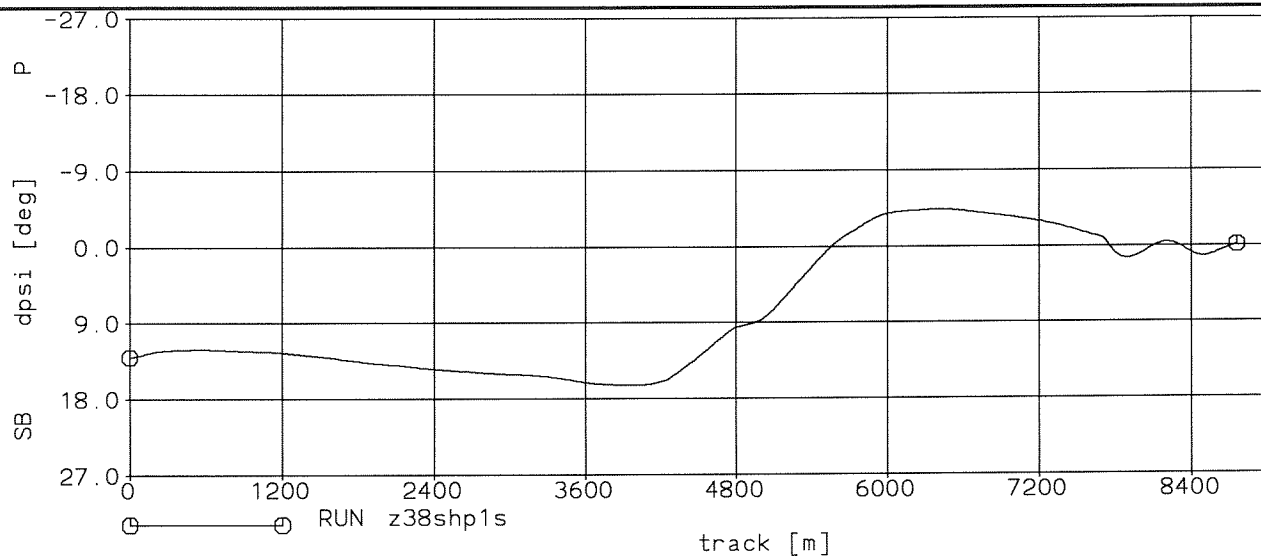
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z38/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z38s1s



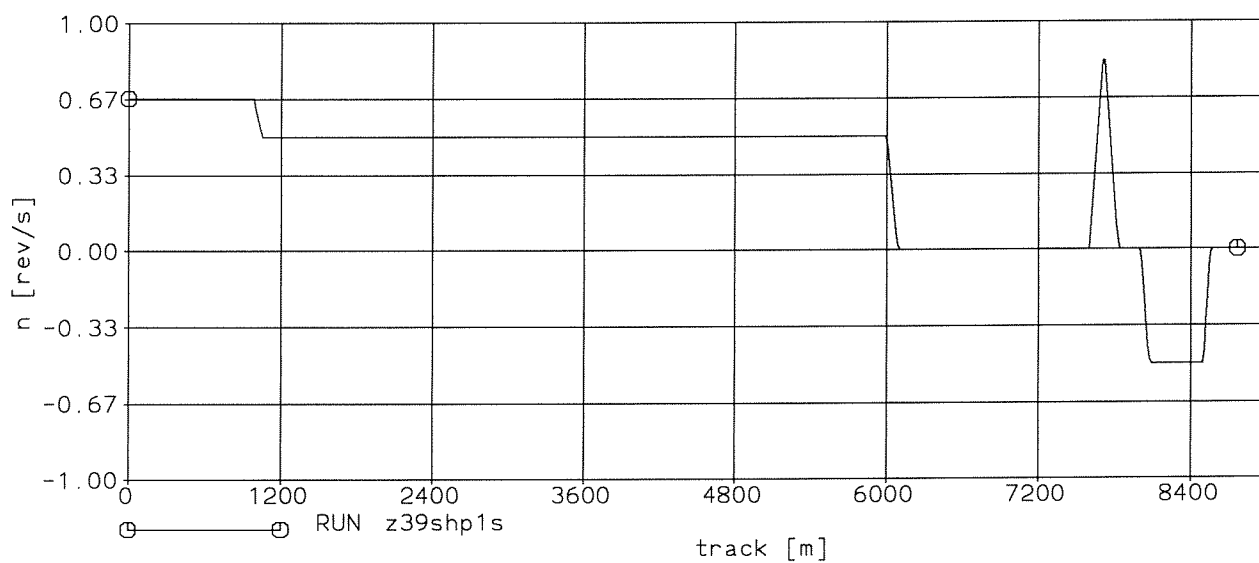
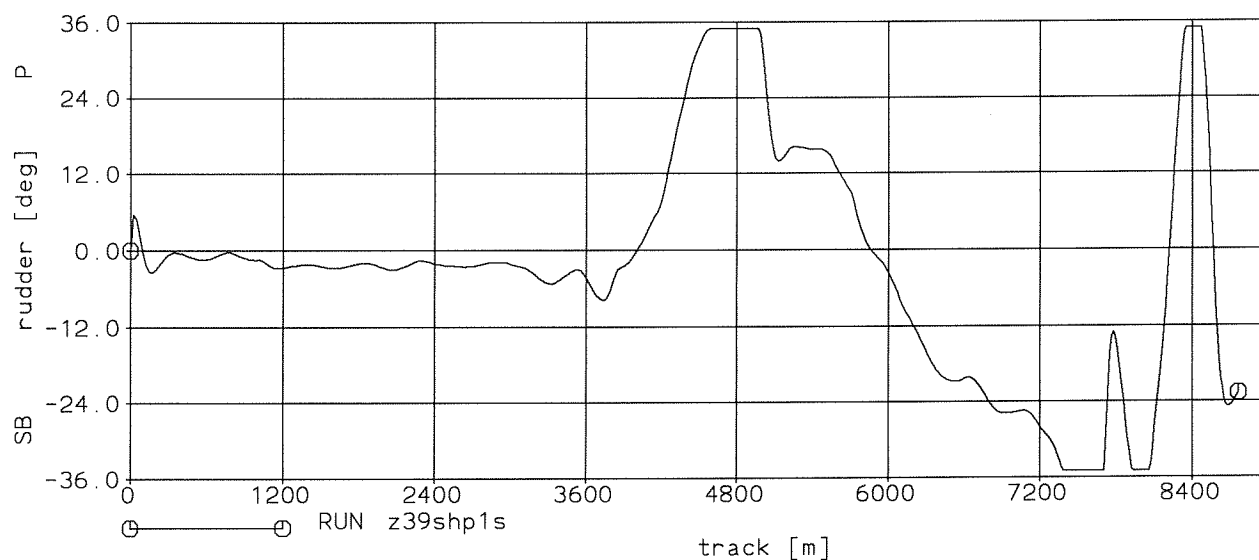
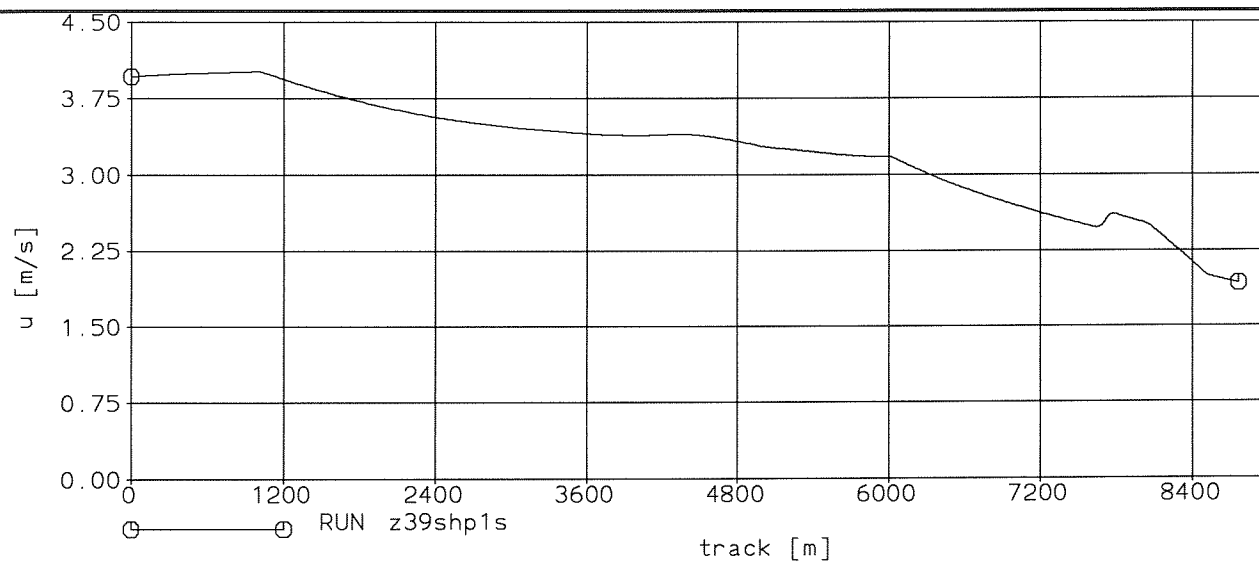
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z38/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z38s1s



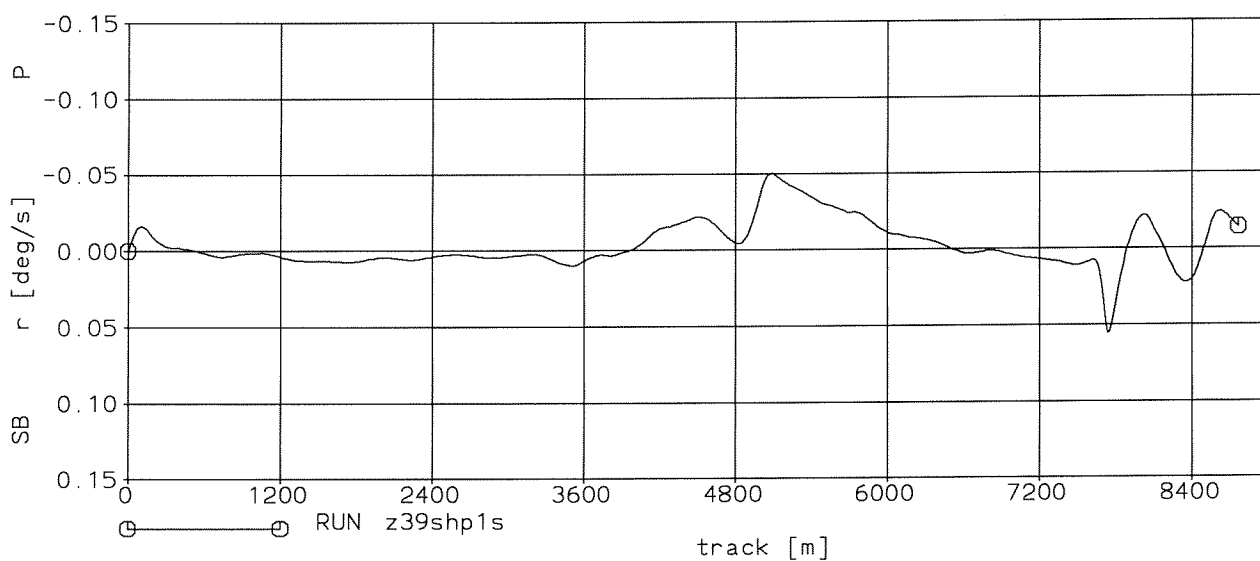
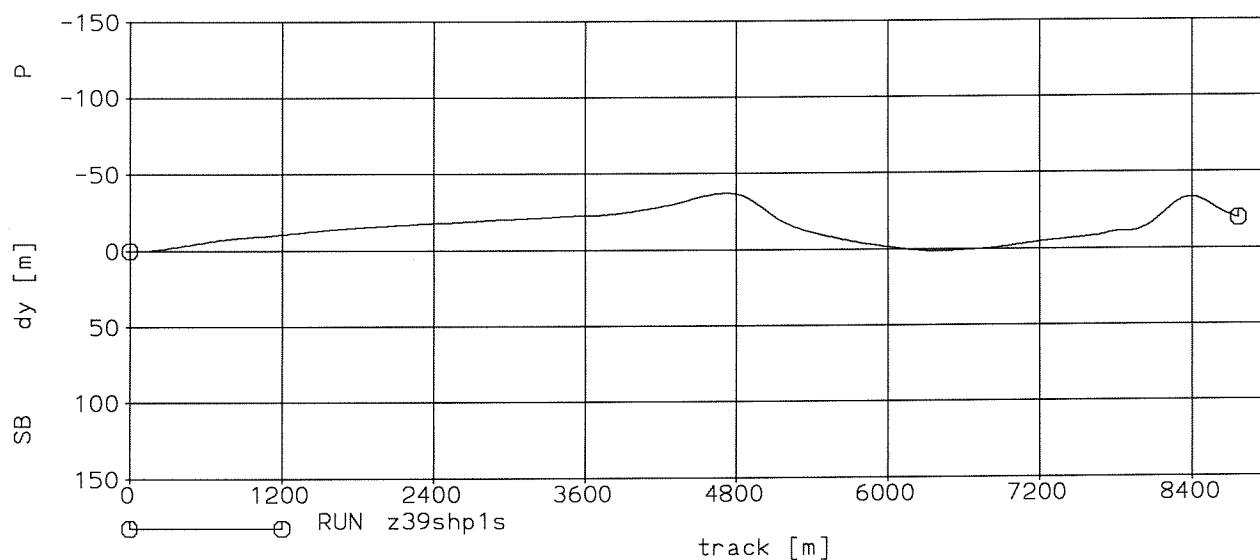
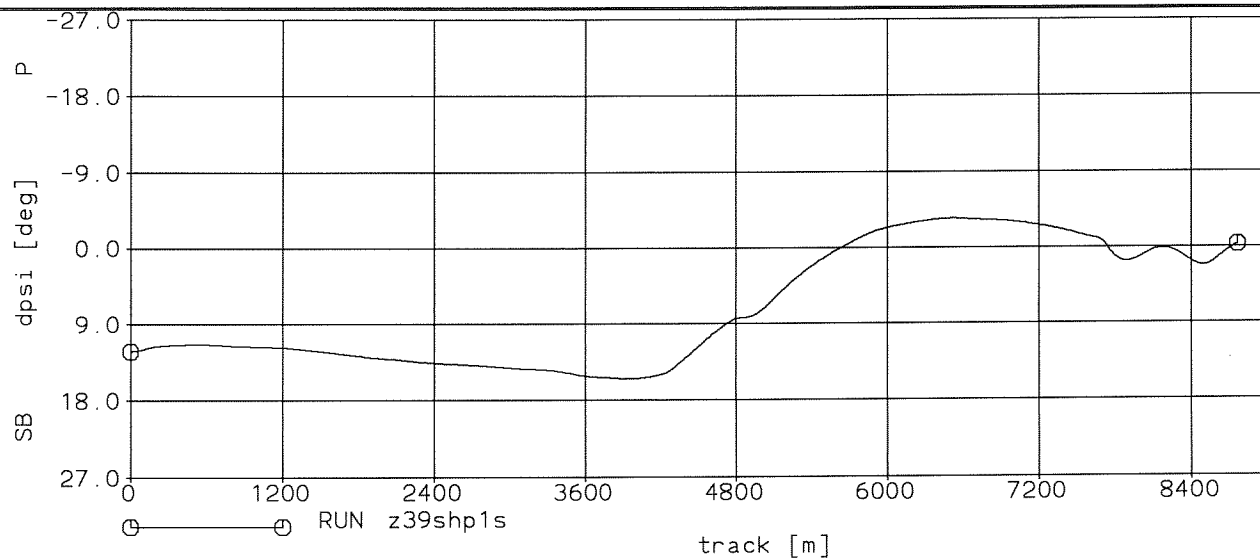
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z39/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z39s1s



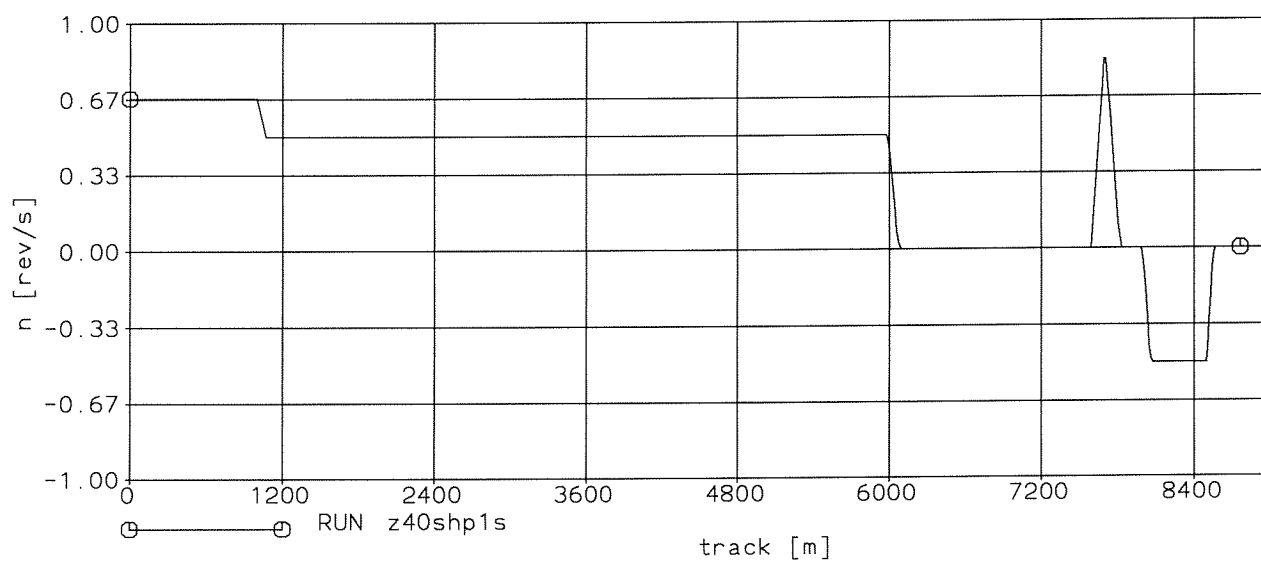
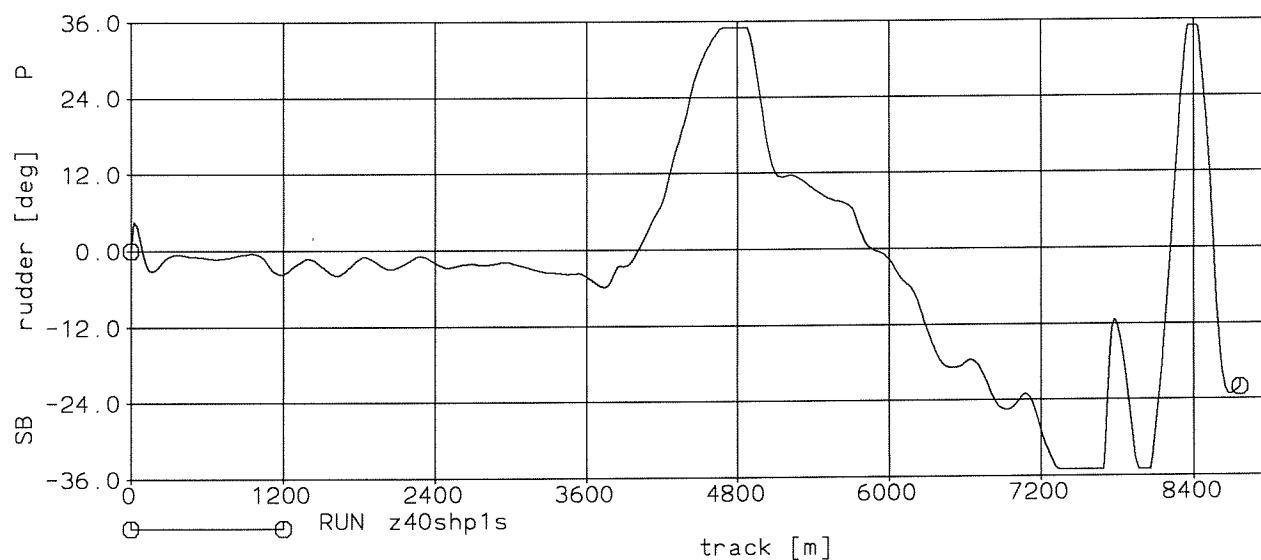
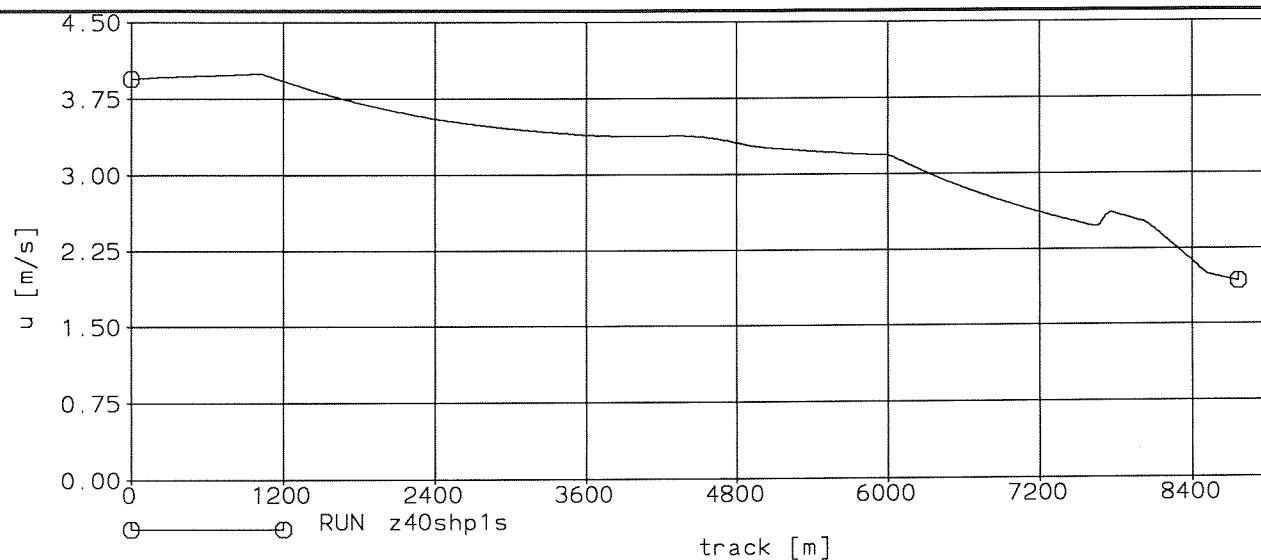
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z39/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z39s1s



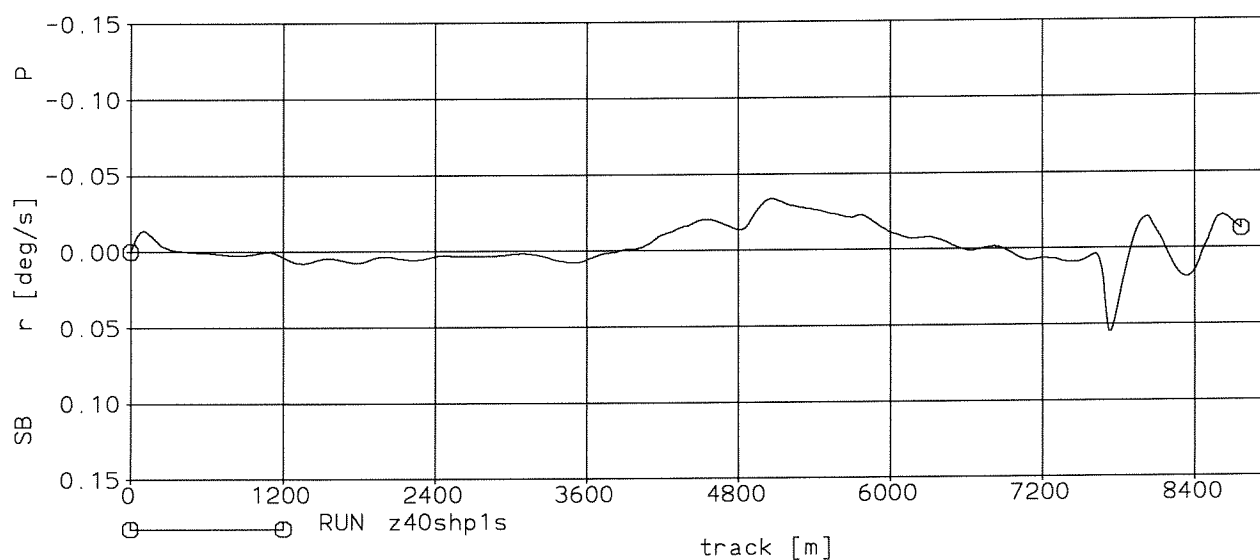
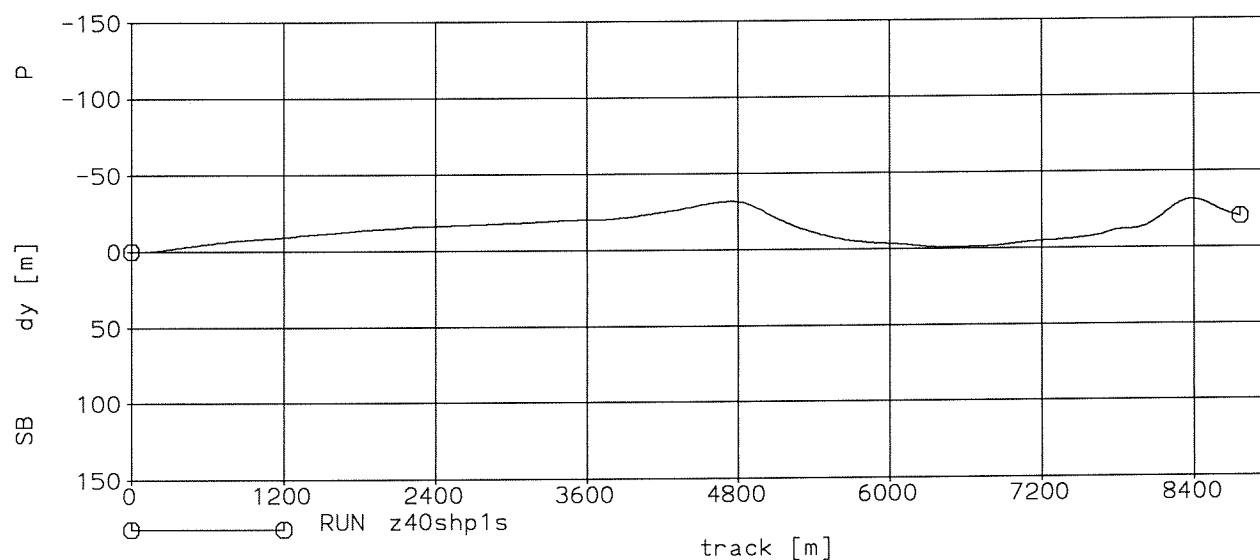
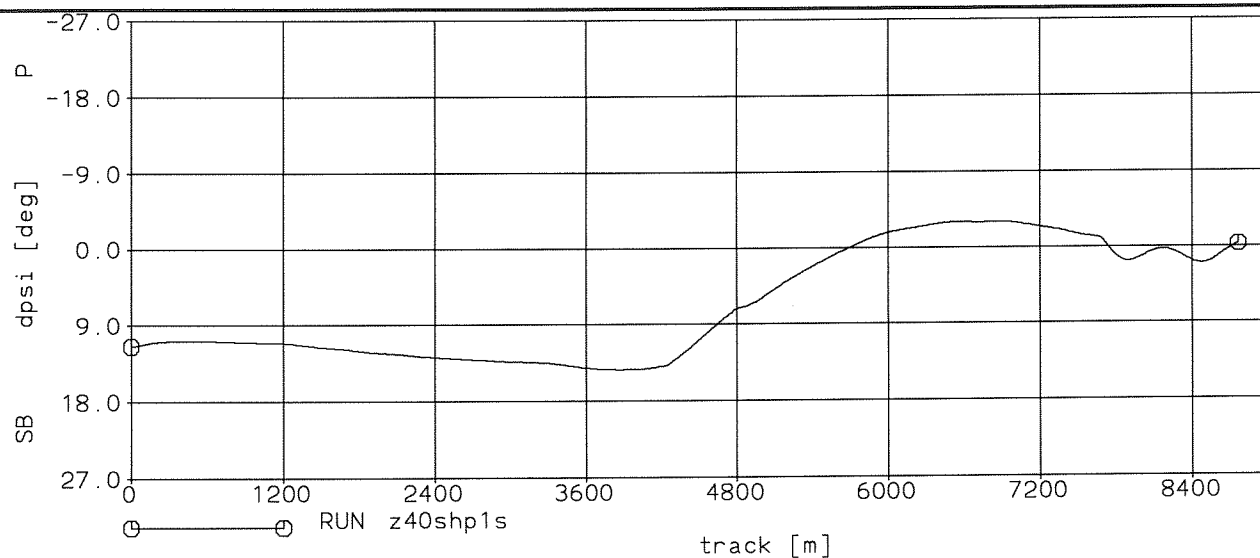
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z40/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z40s1s



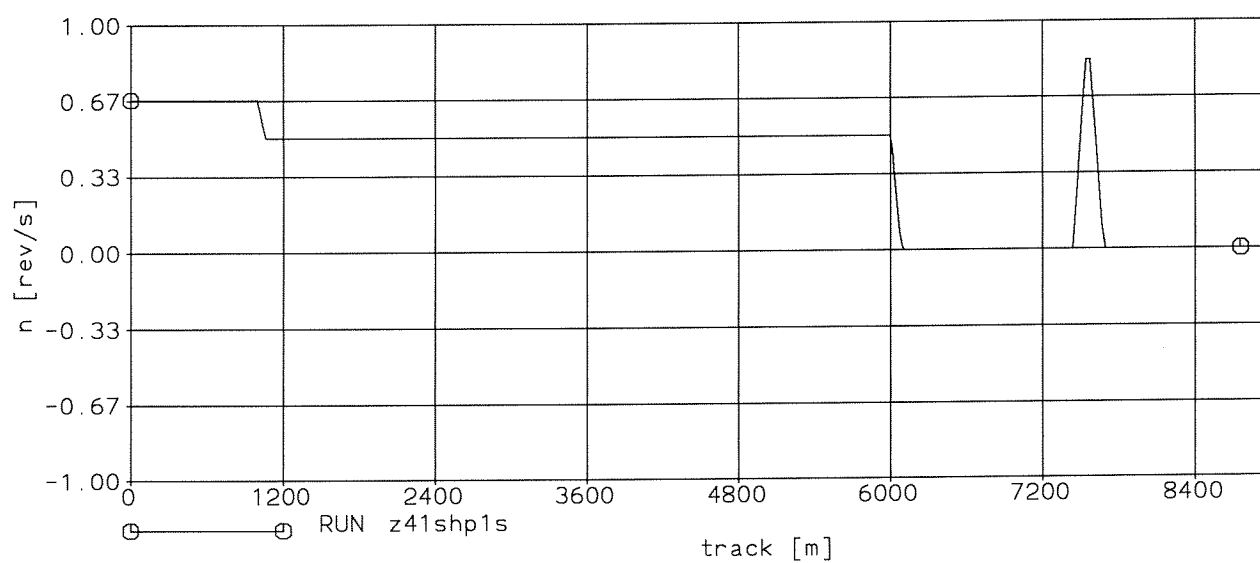
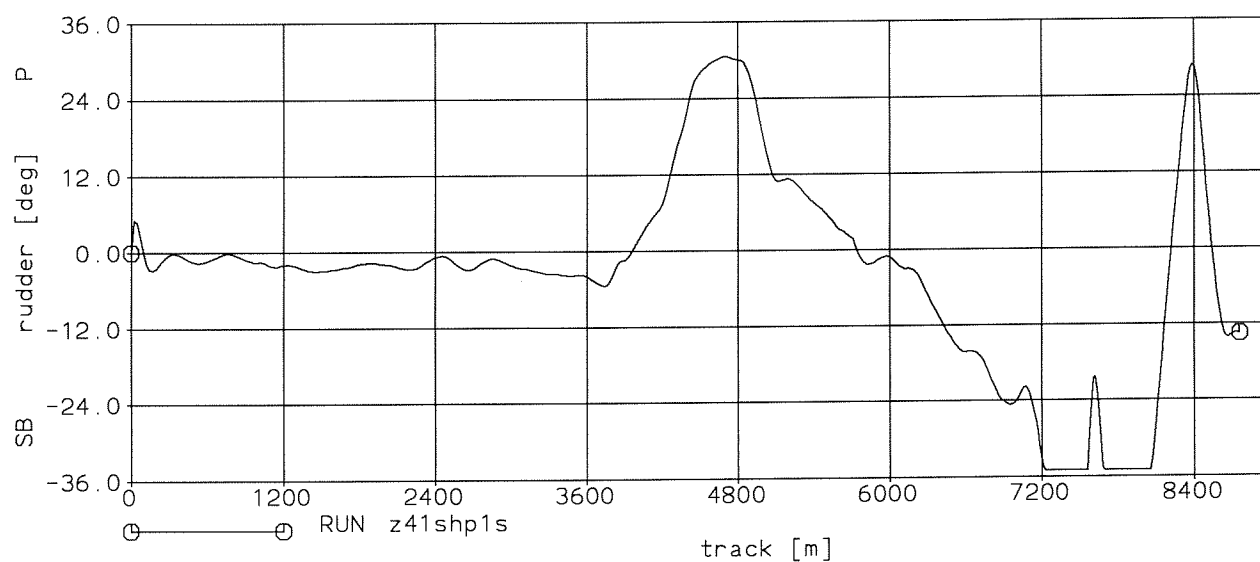
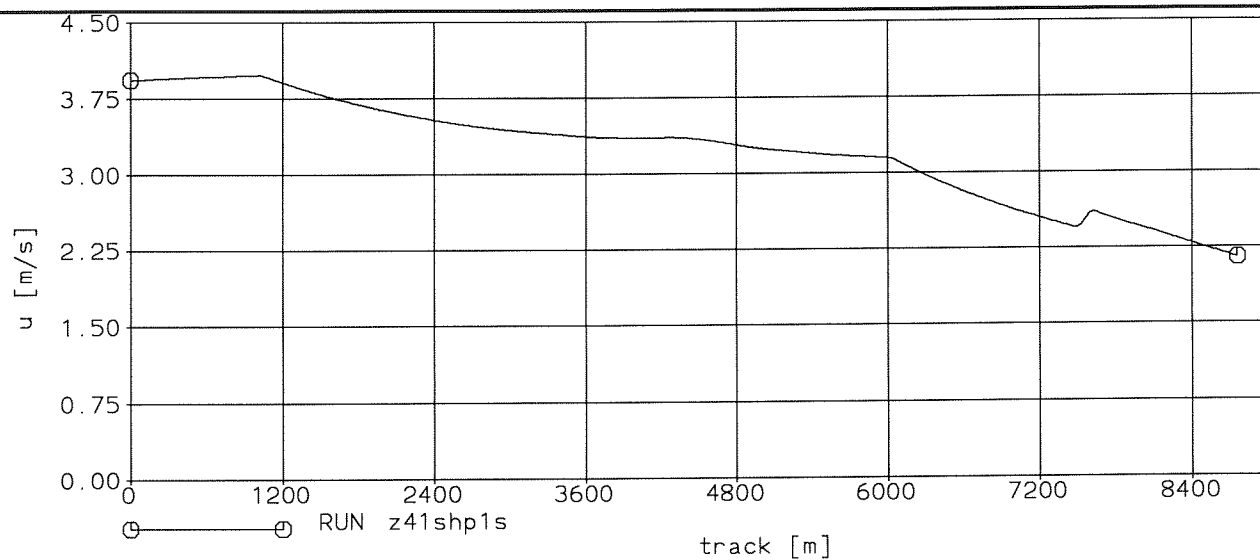
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z40/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z40s1s



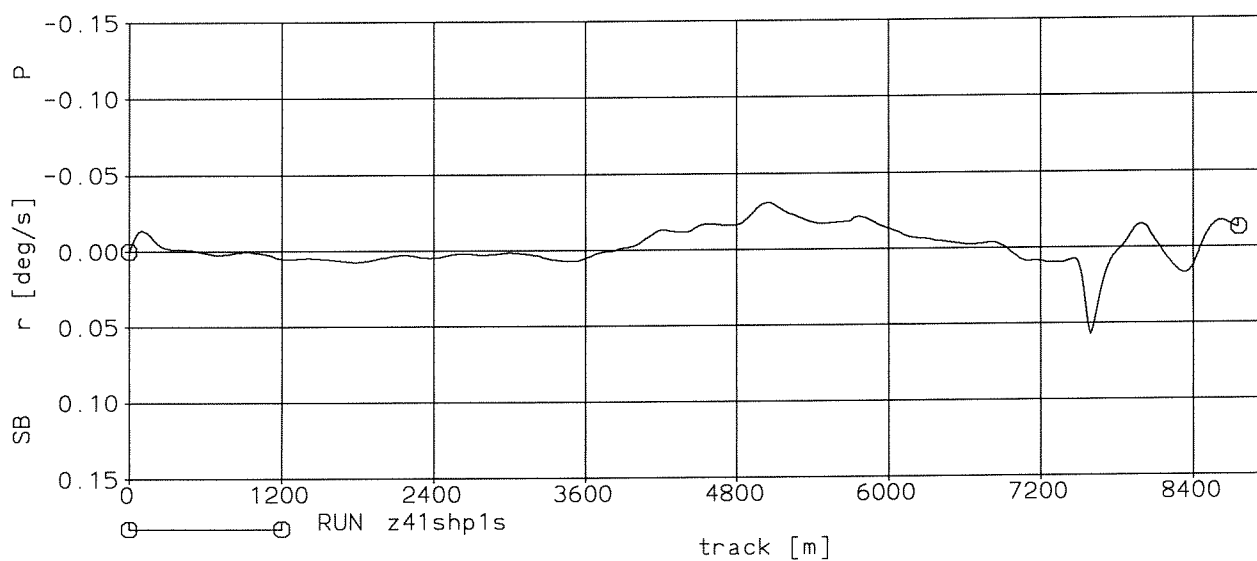
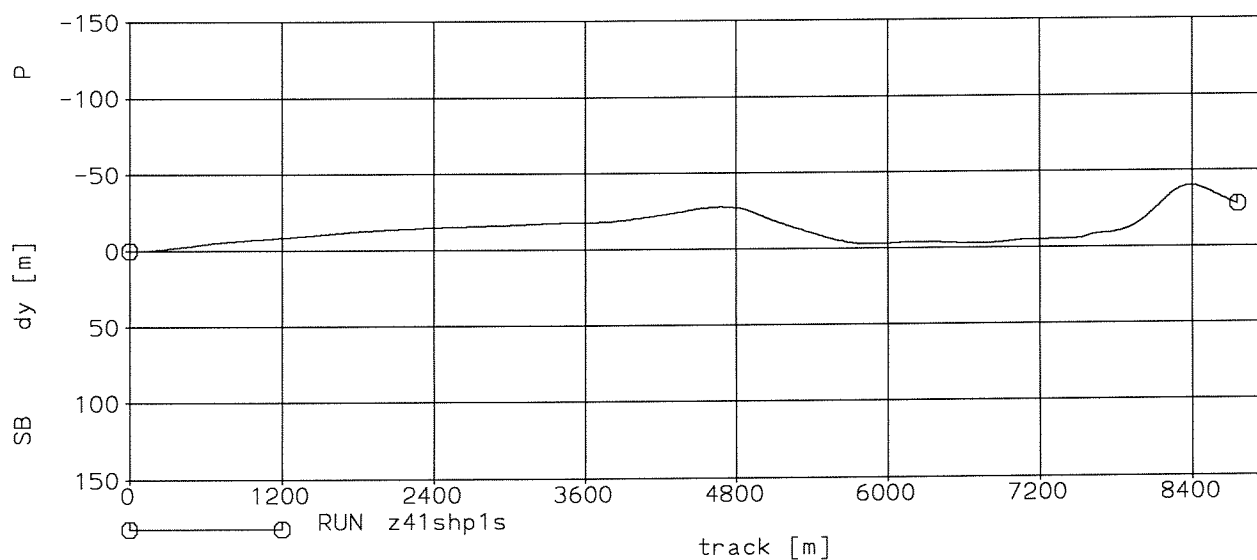
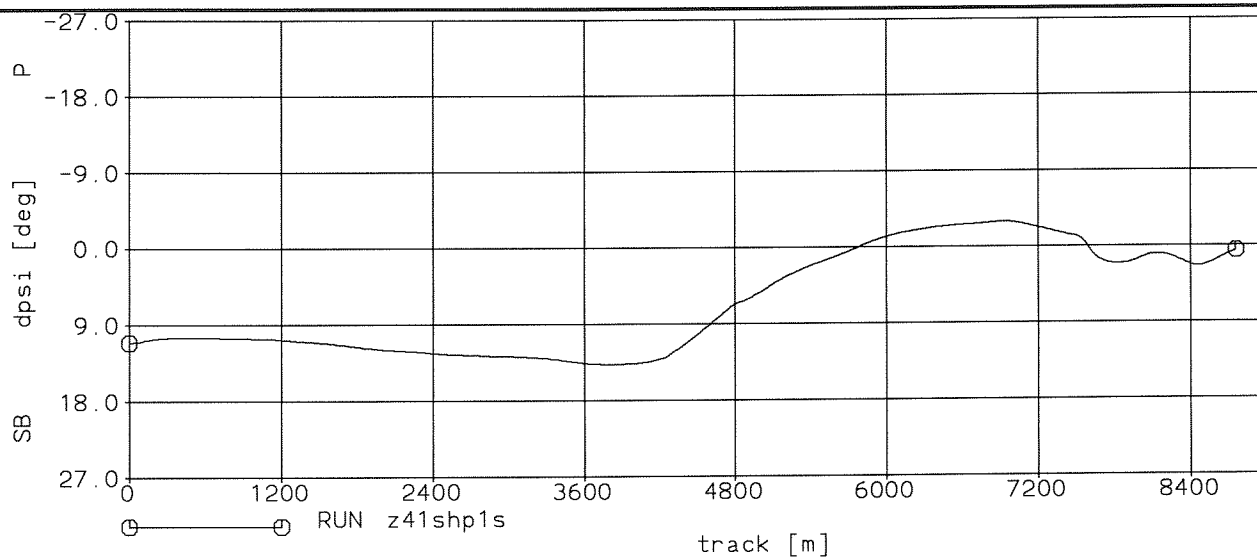
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegang manoeuvre

z41/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z41s1s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegang manoeuvre

z41/shp1/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

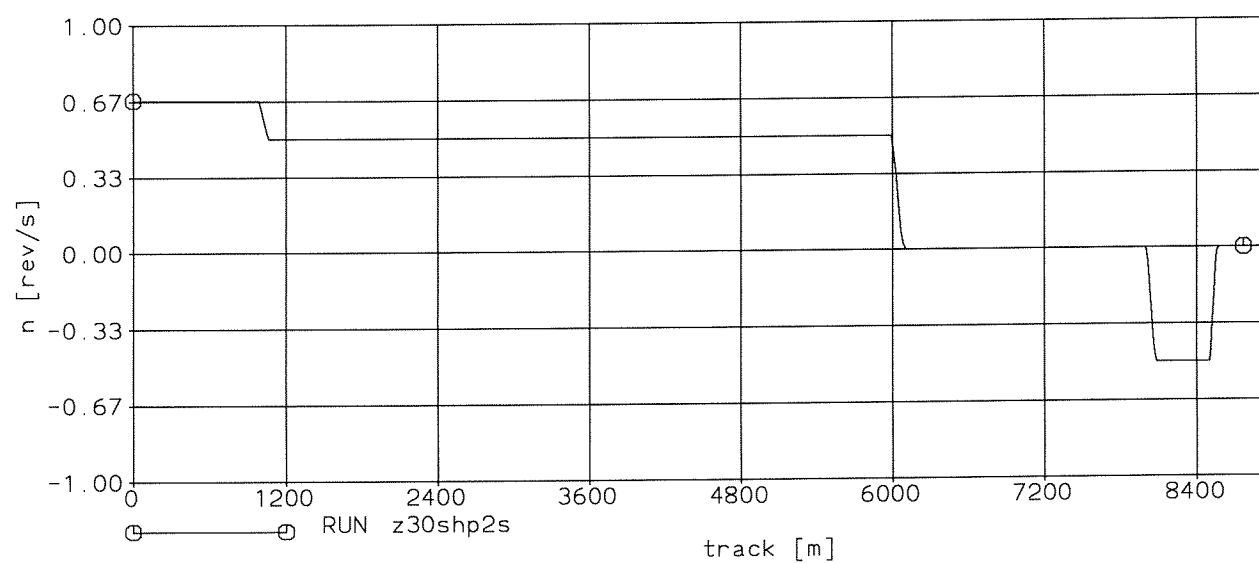
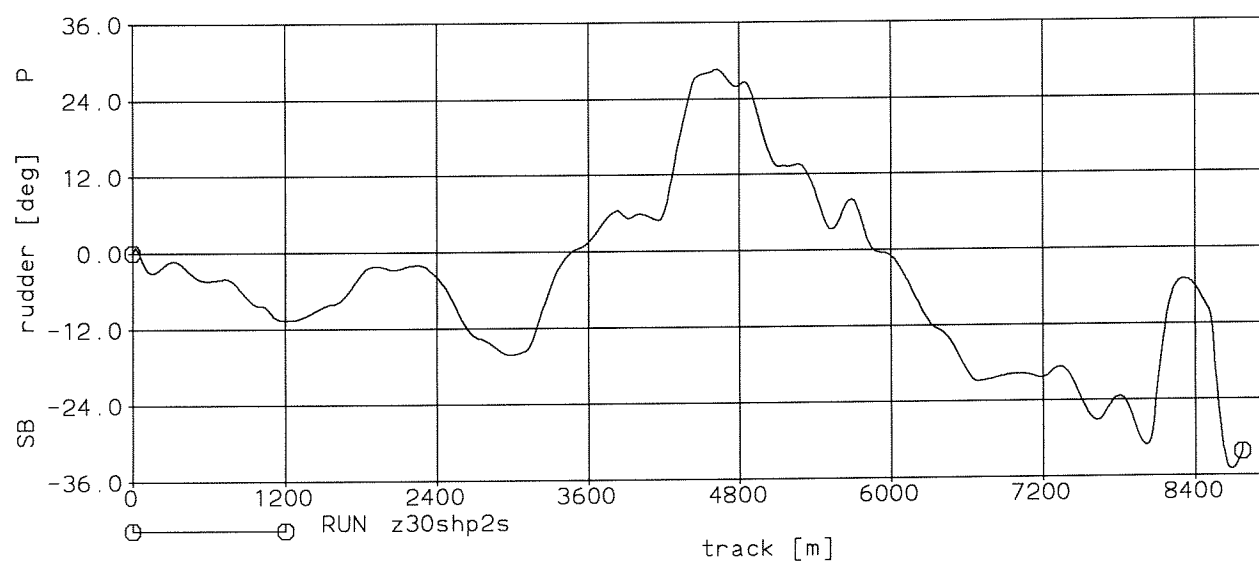
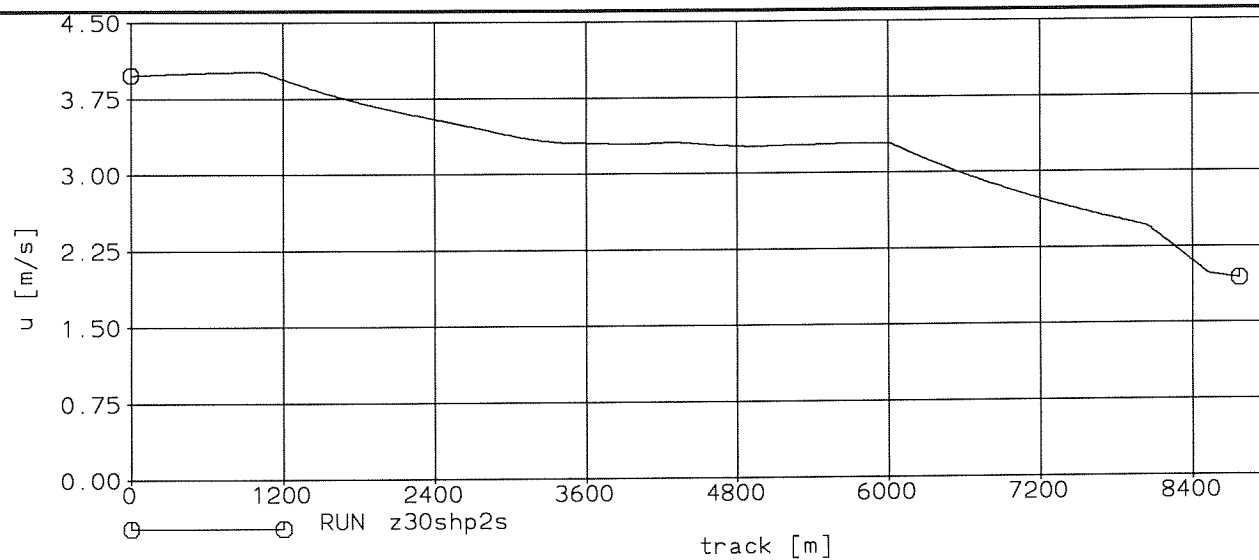
AvdHoek

FIG. z41s1s



Bijlage L-IV

**Dataplots normaal snelheidsregime voor ZW-
wind, schip 2, springtij, stap 30 t/m 4 l**



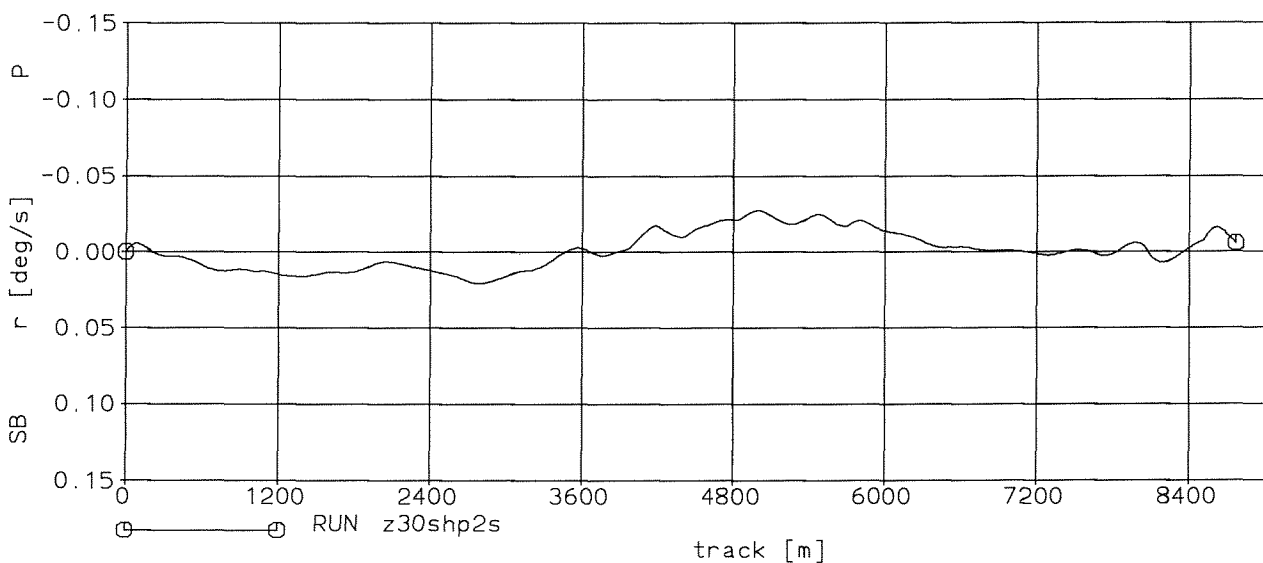
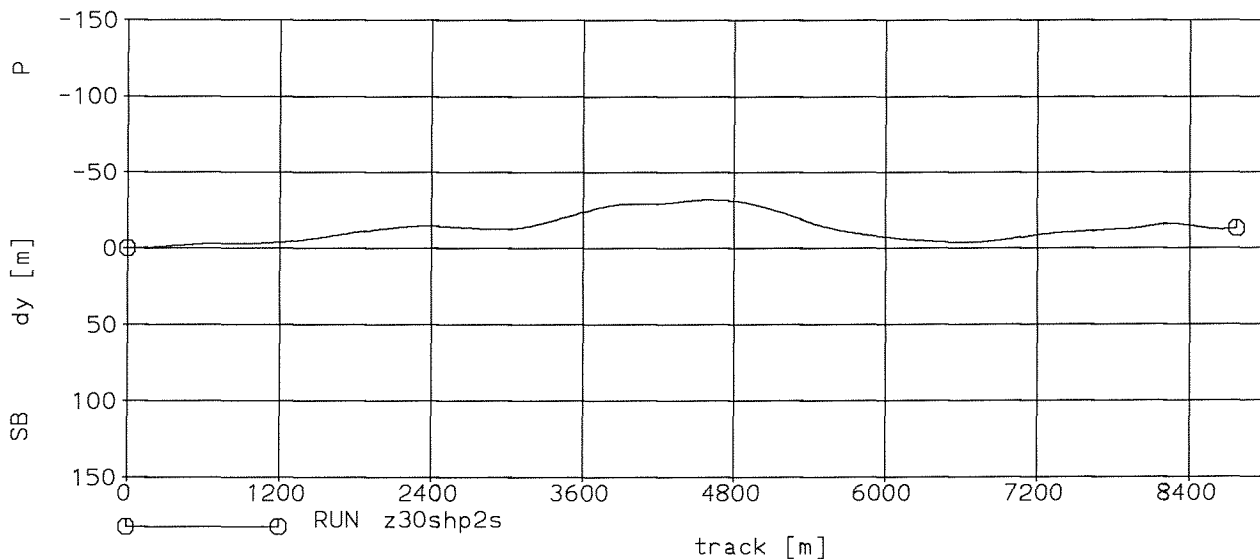
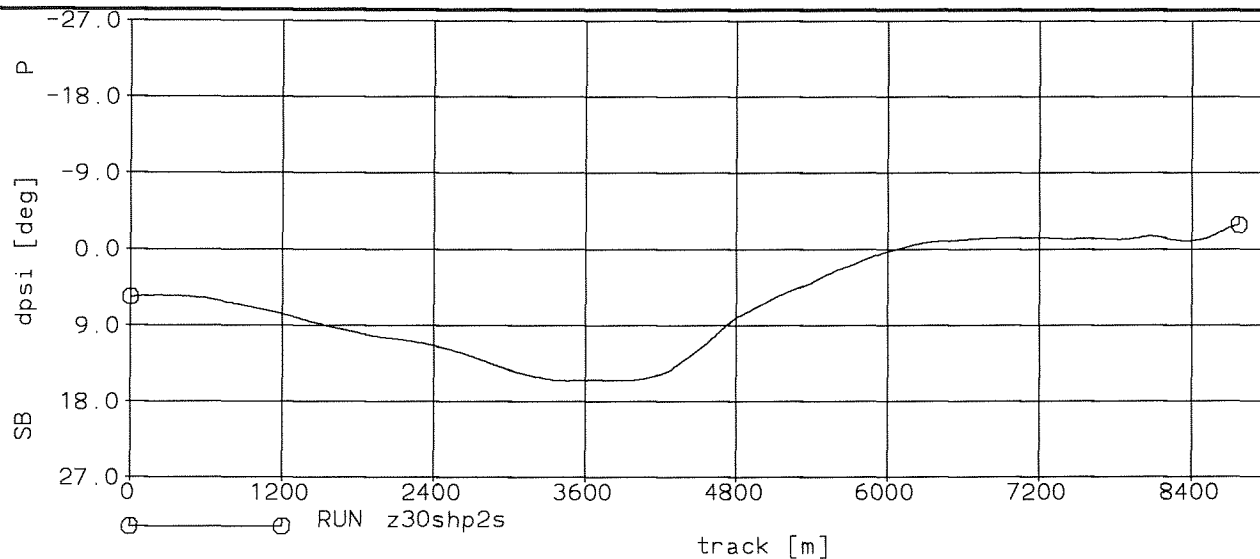
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z30/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z30s2s



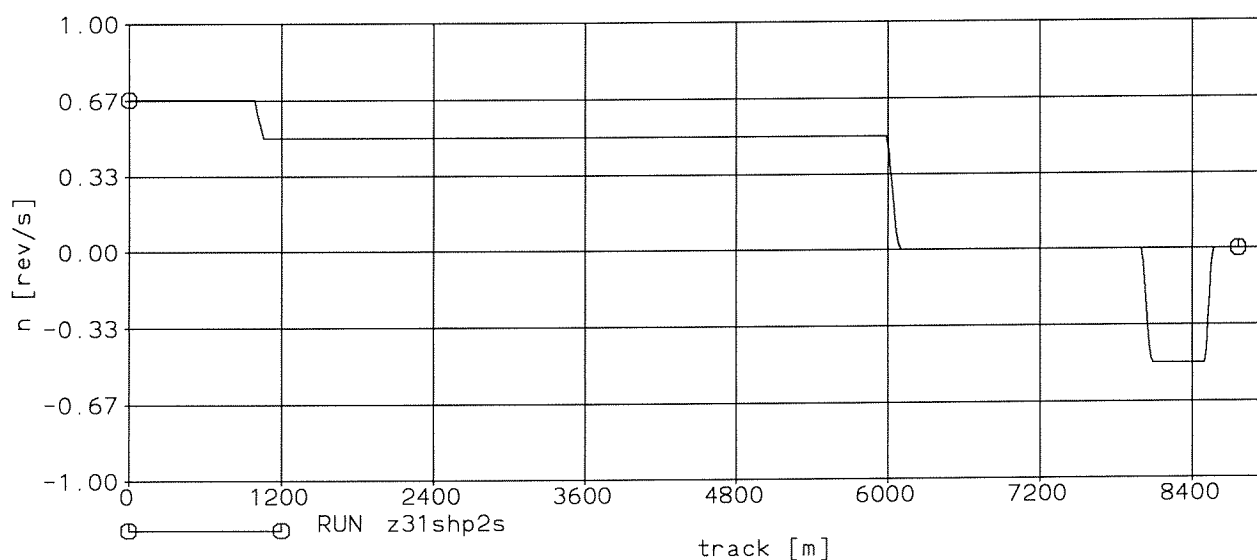
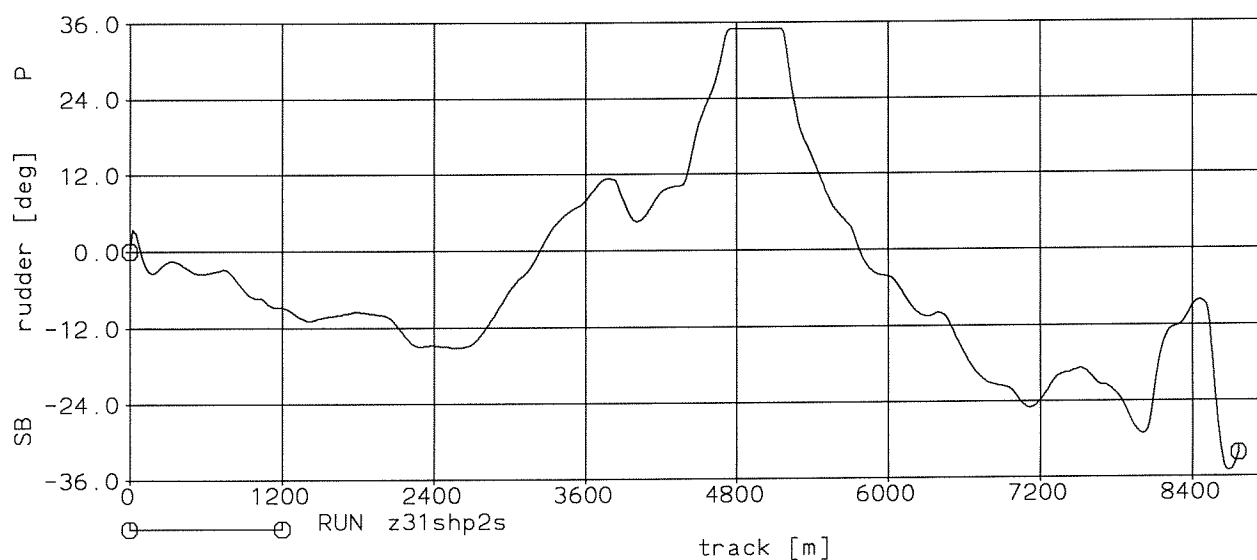
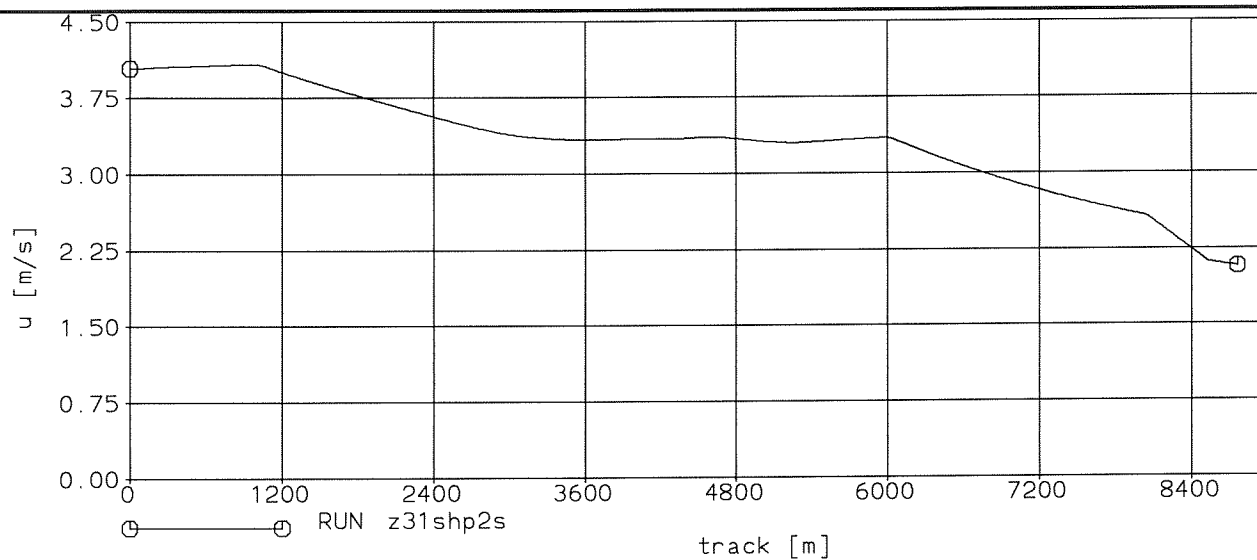
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z30/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z30s2s



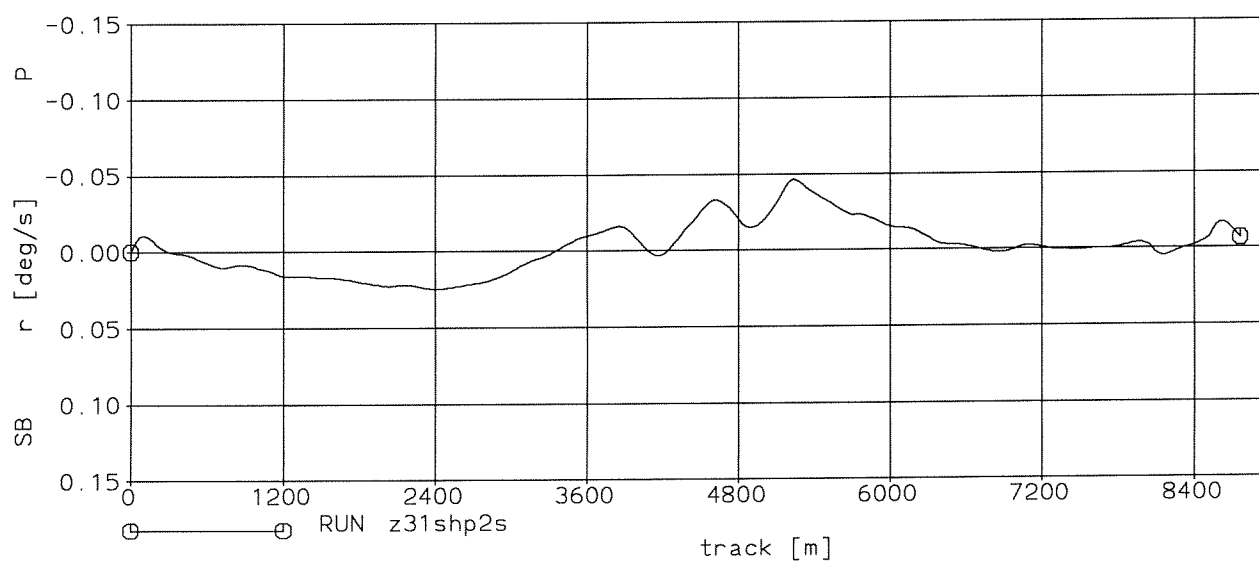
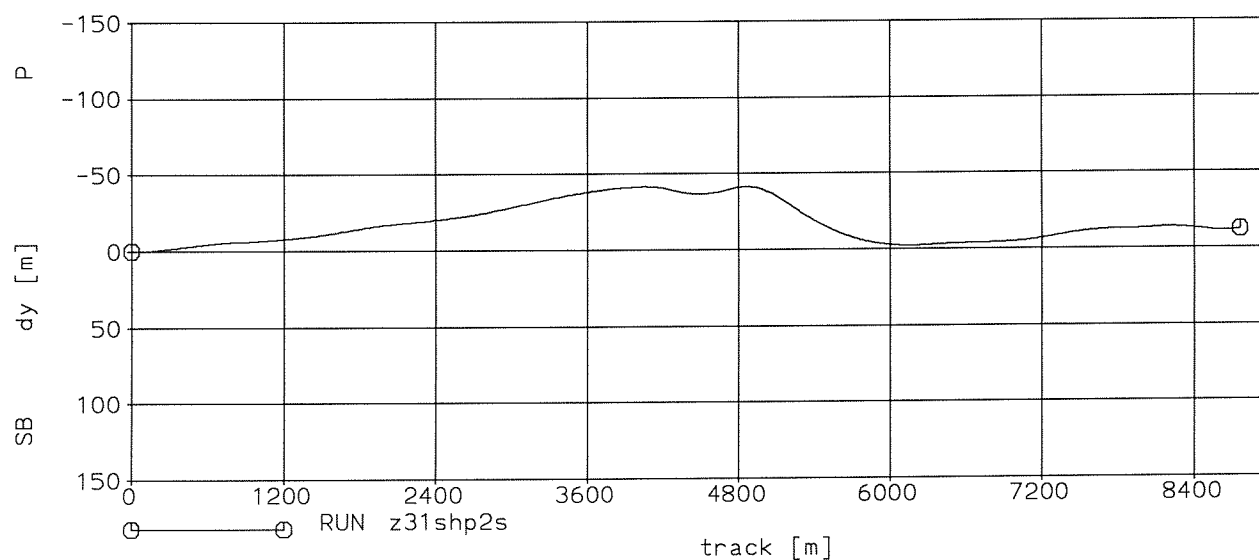
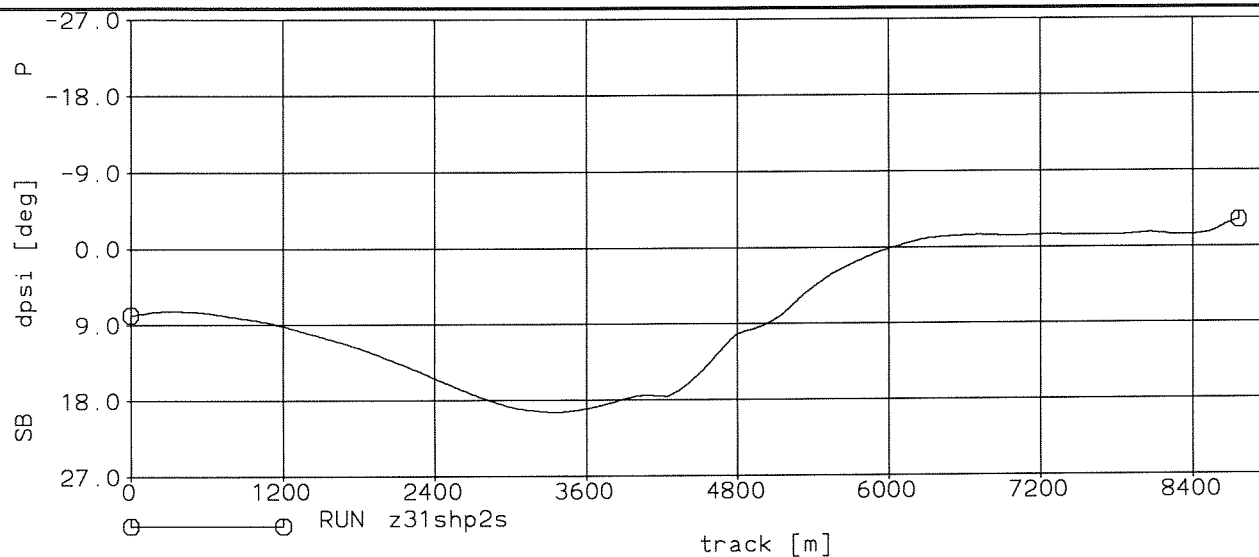
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z31/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z31s2s



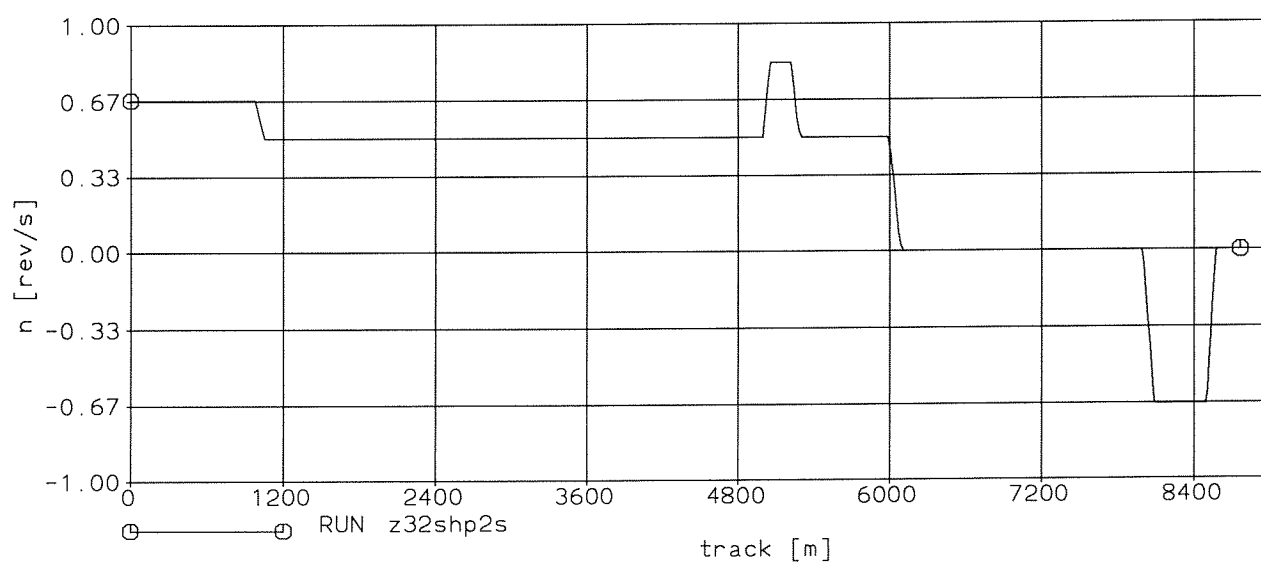
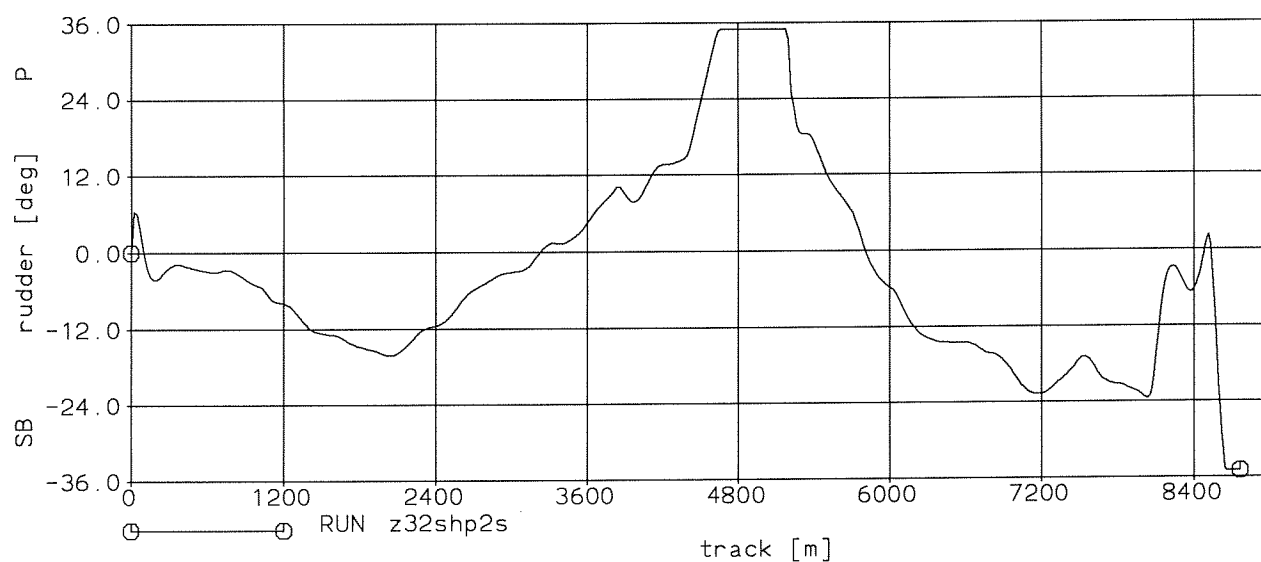
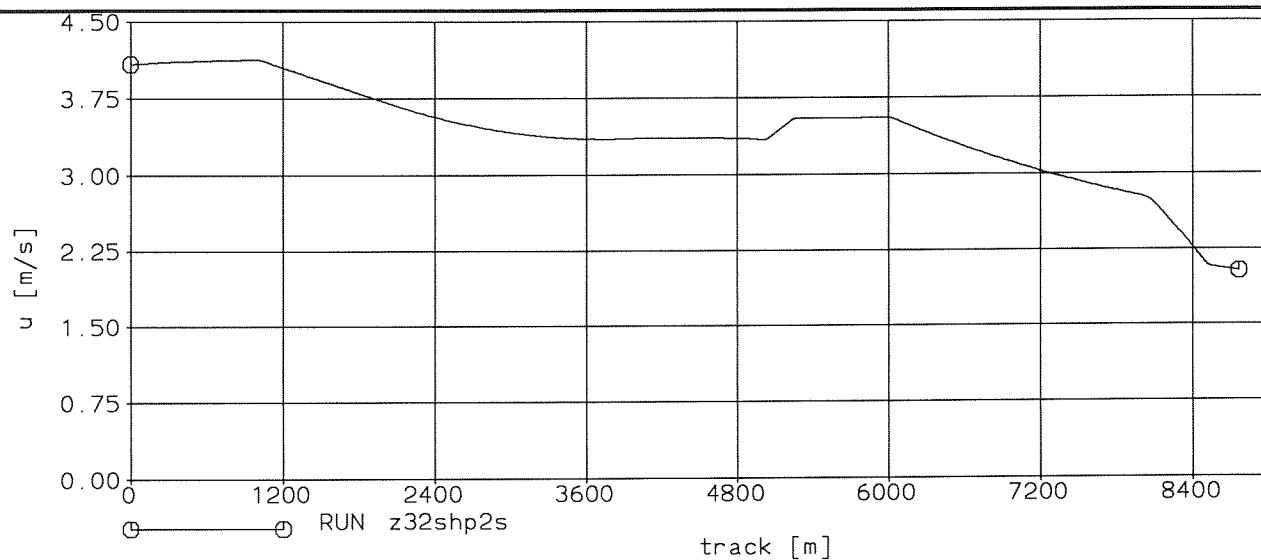
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z31/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z31s2s



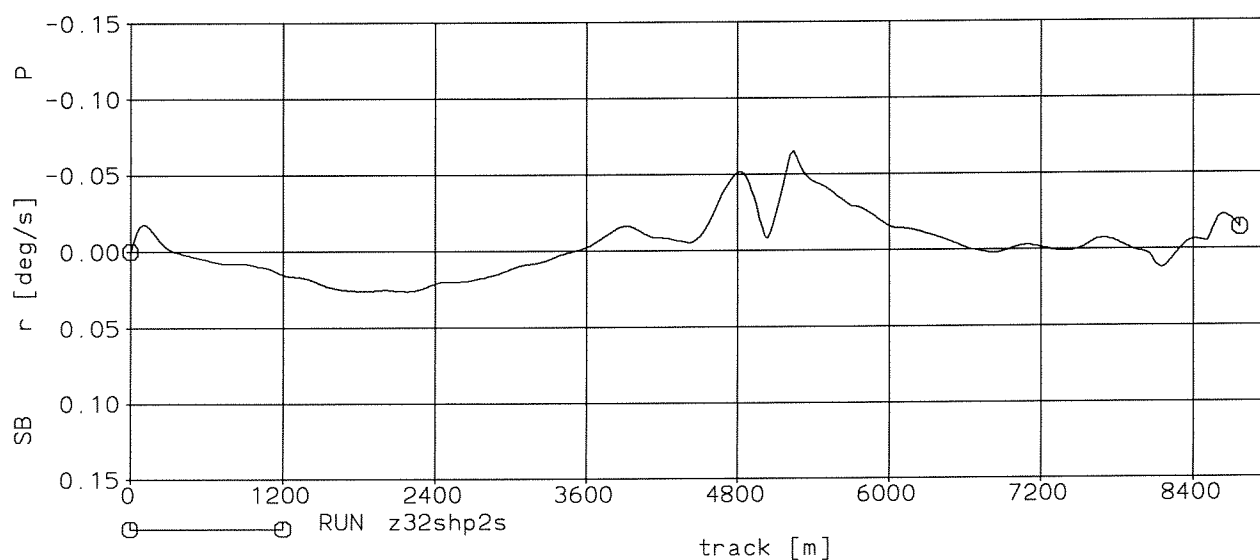
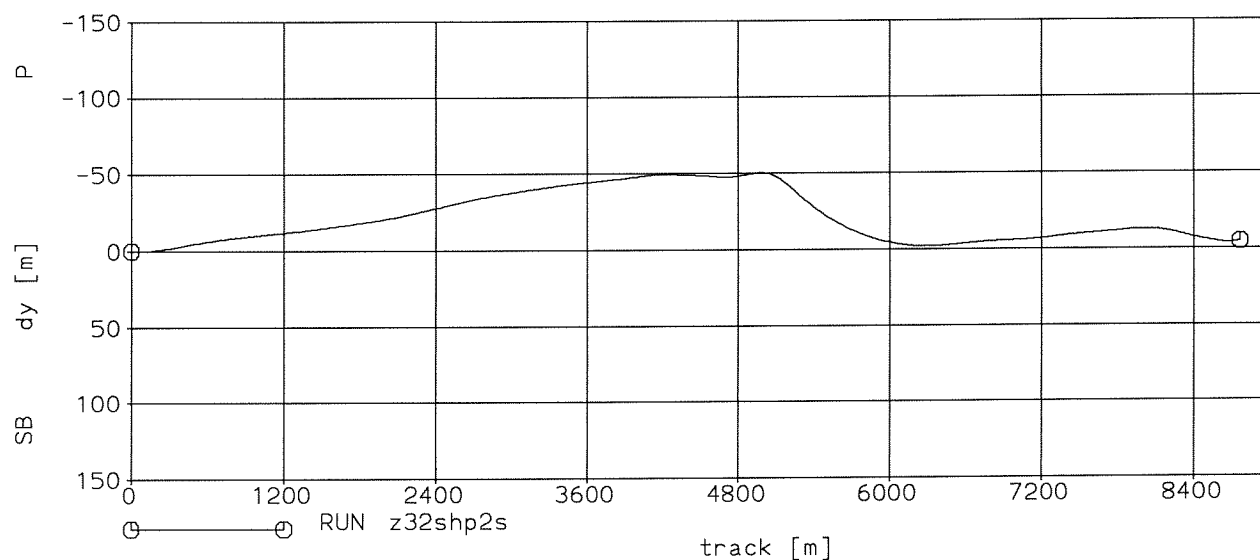
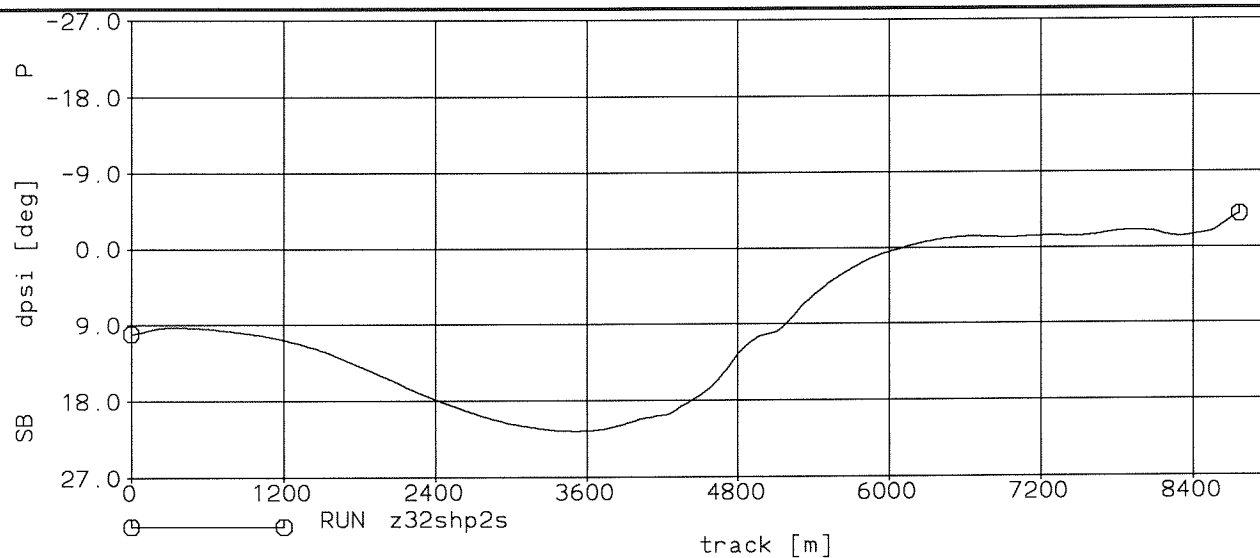
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z32/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z32s2s



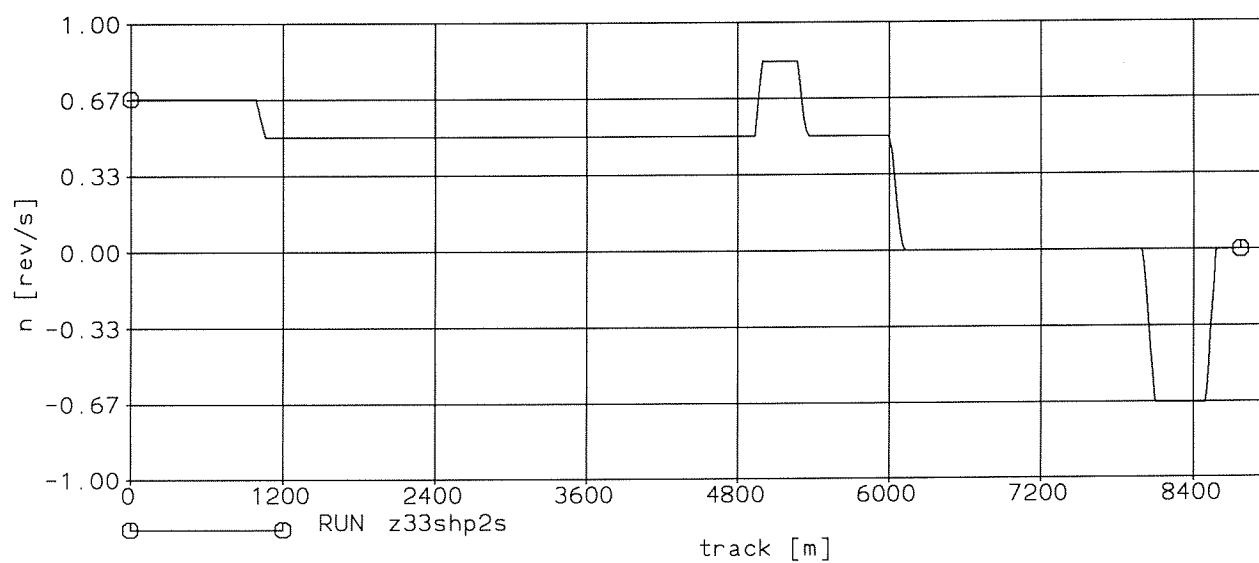
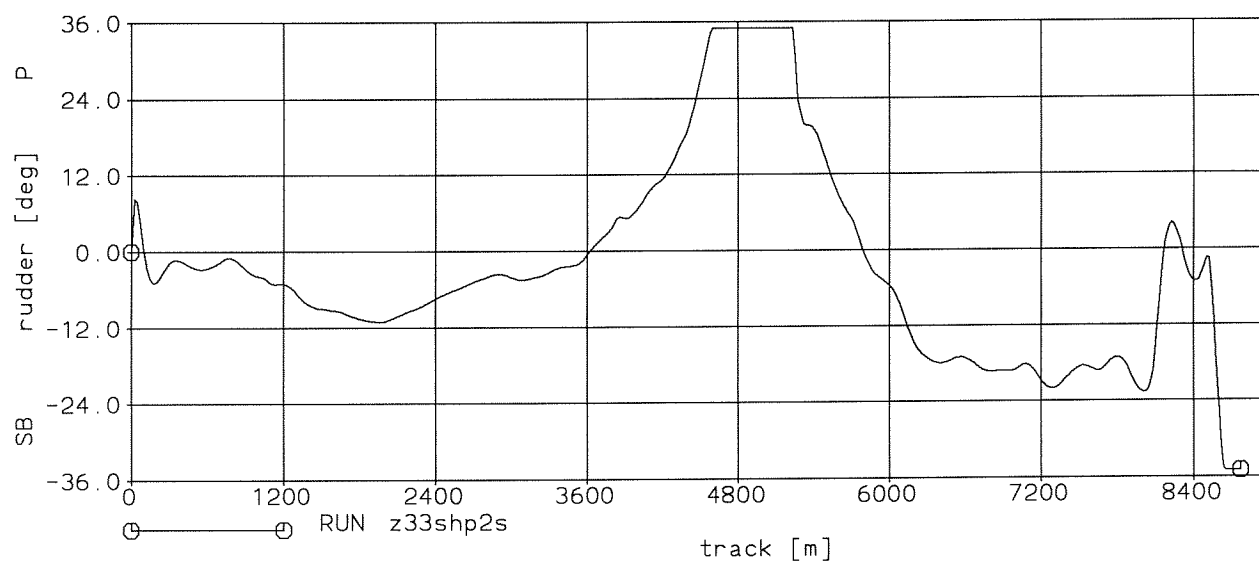
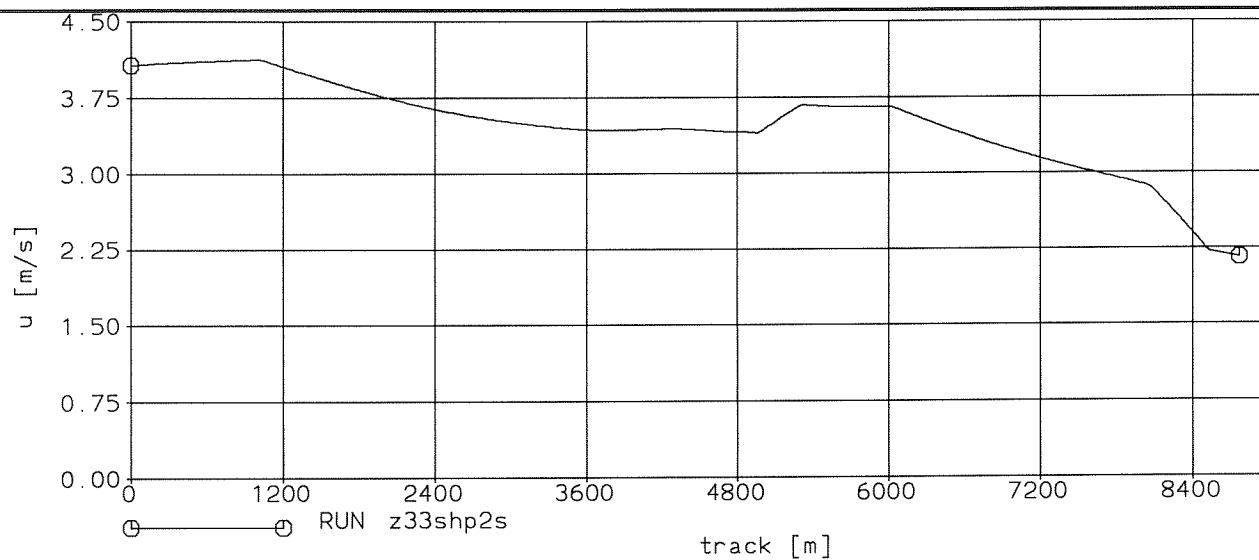
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z32/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z32s2s



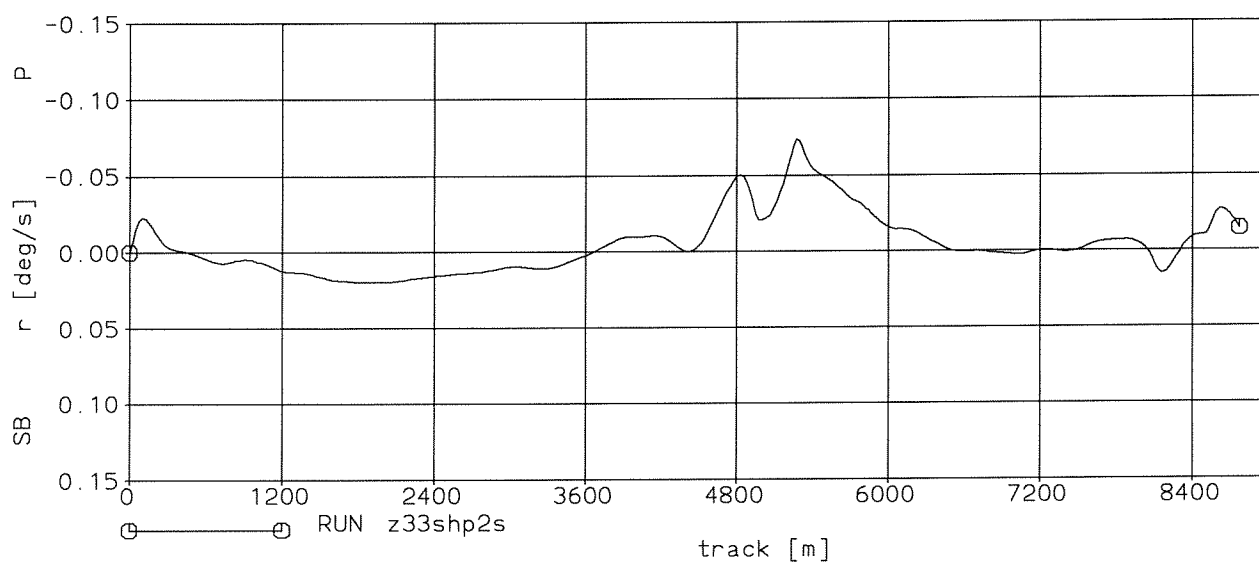
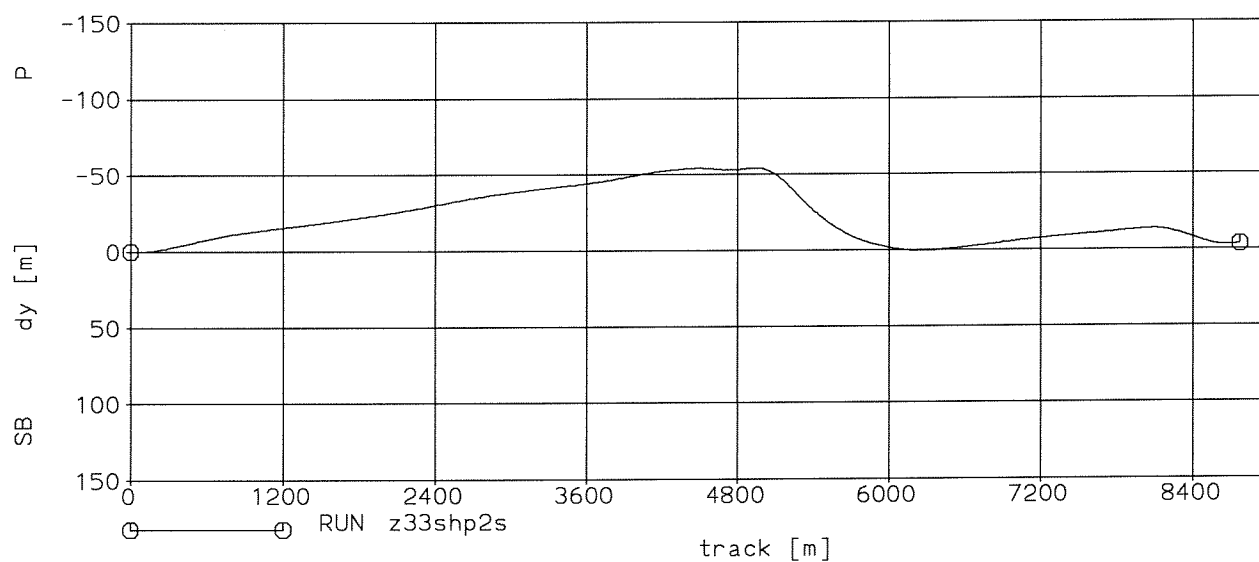
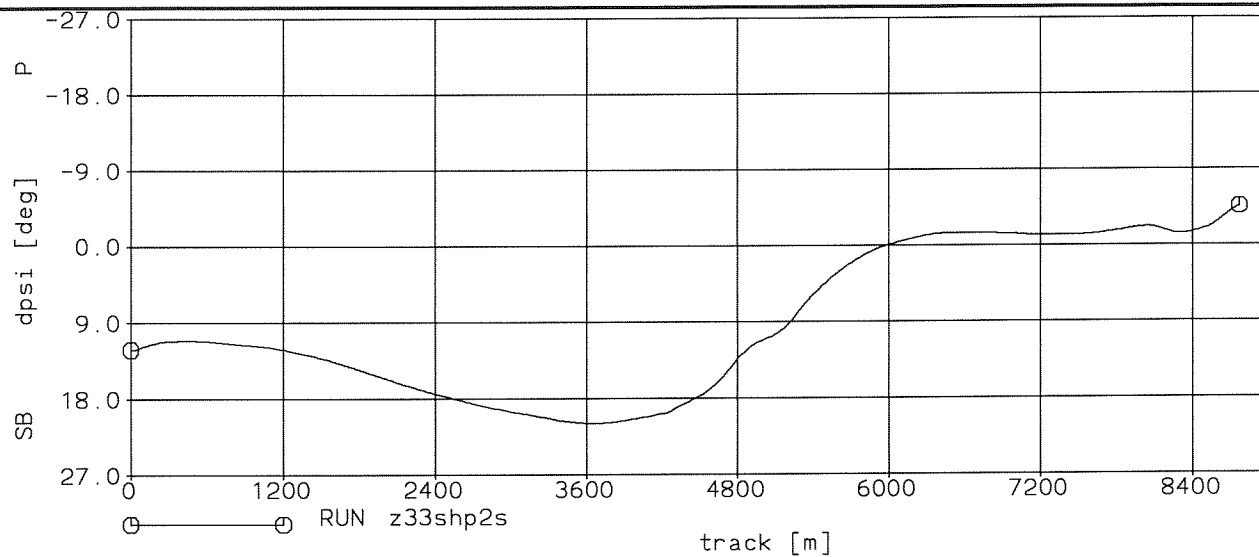
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegang manoeuvre

z33/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z33s2s



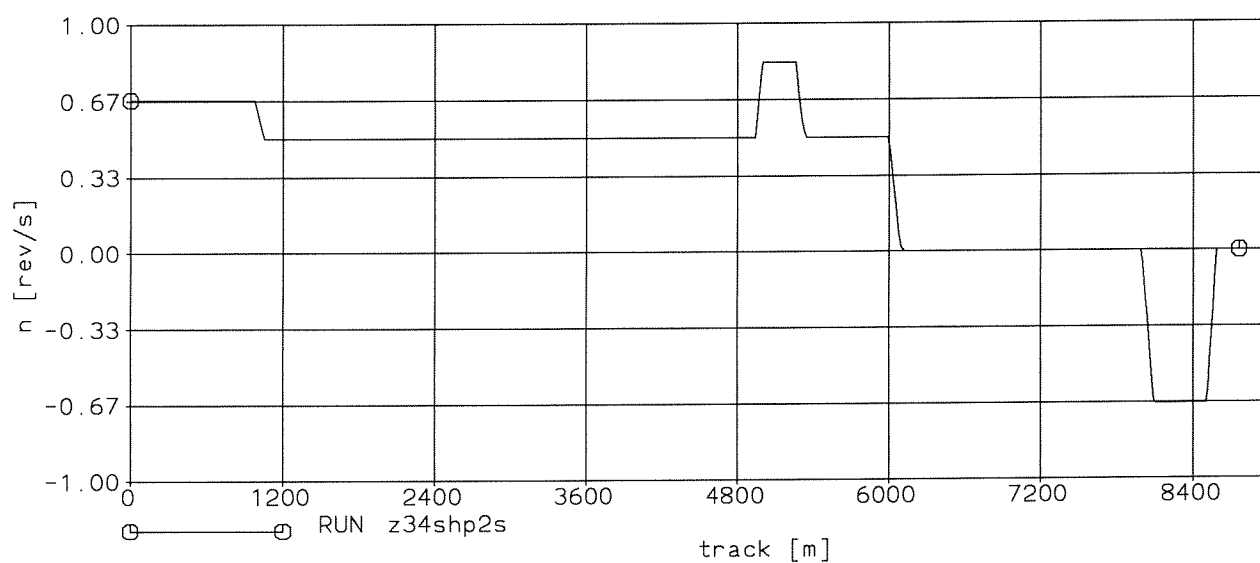
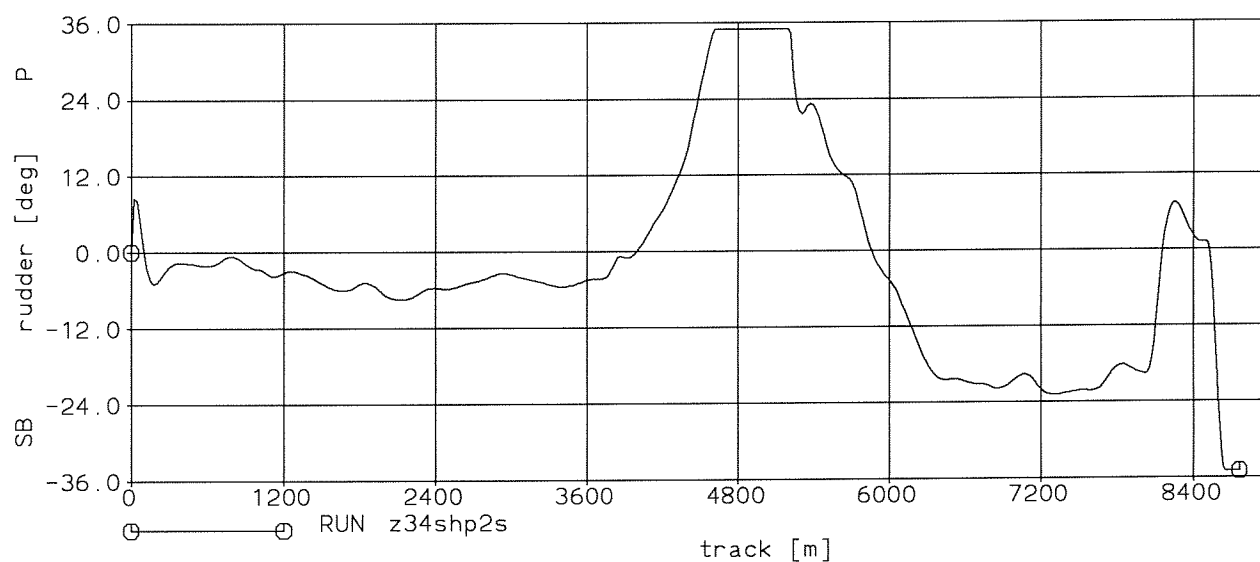
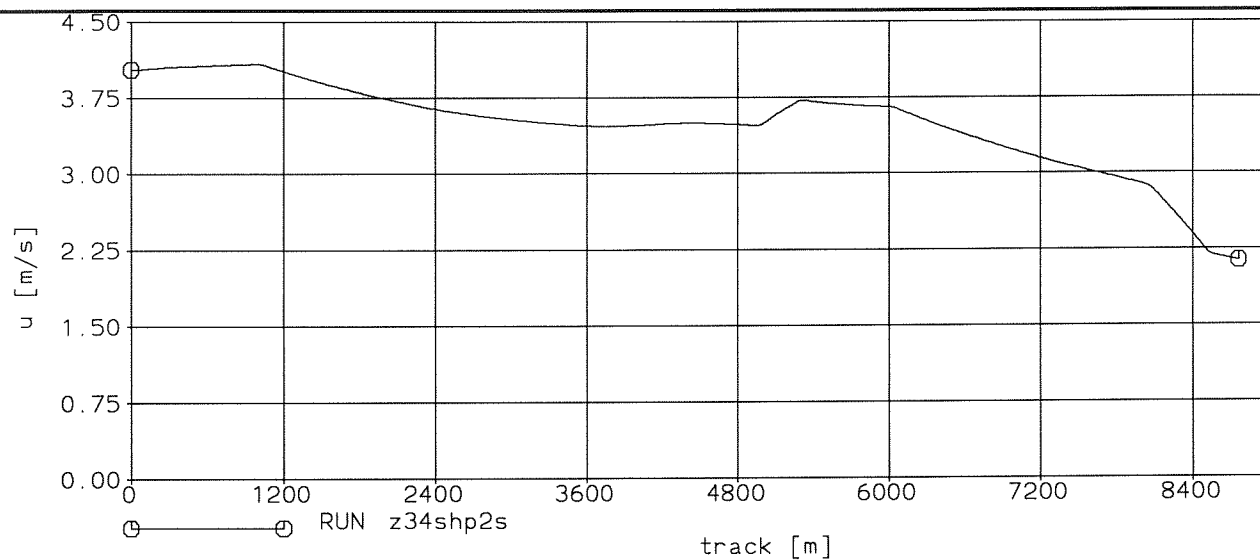
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z33/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z33s2s



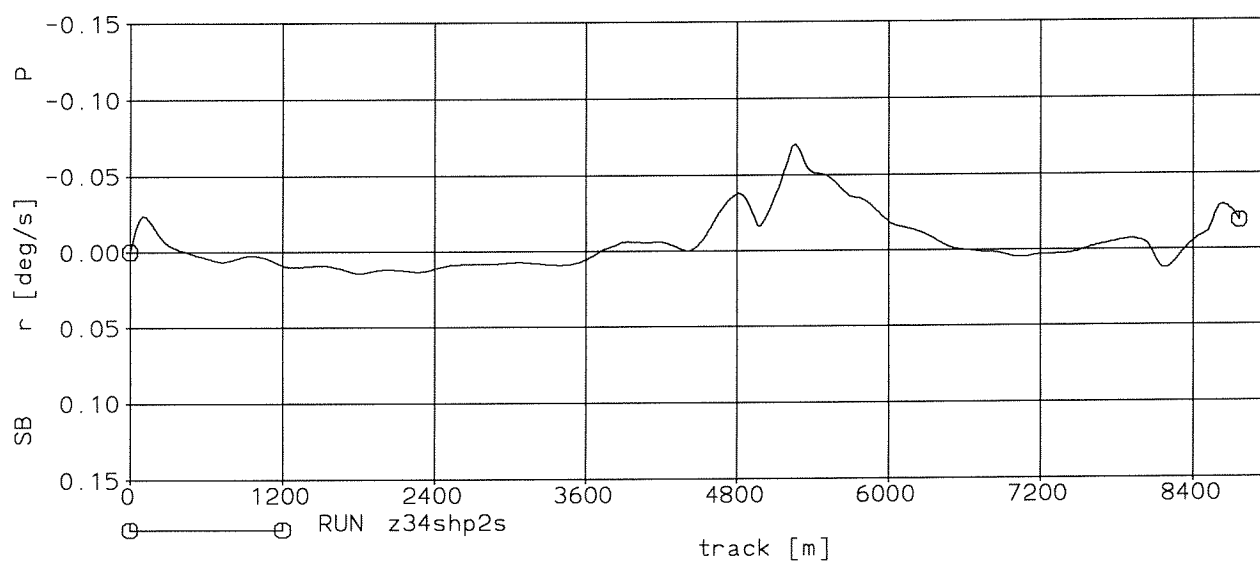
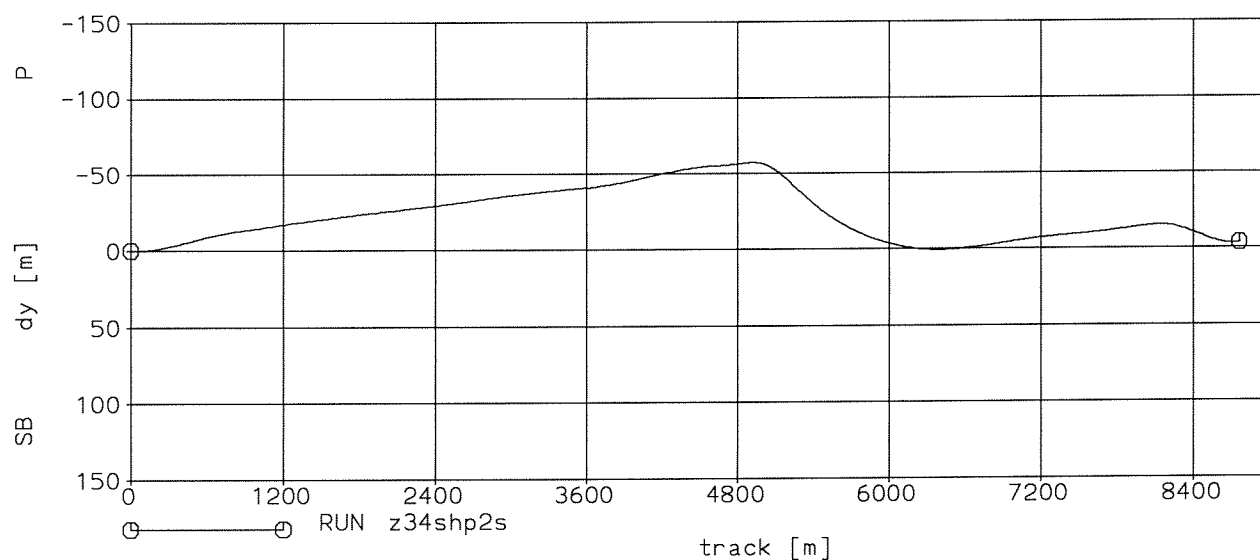
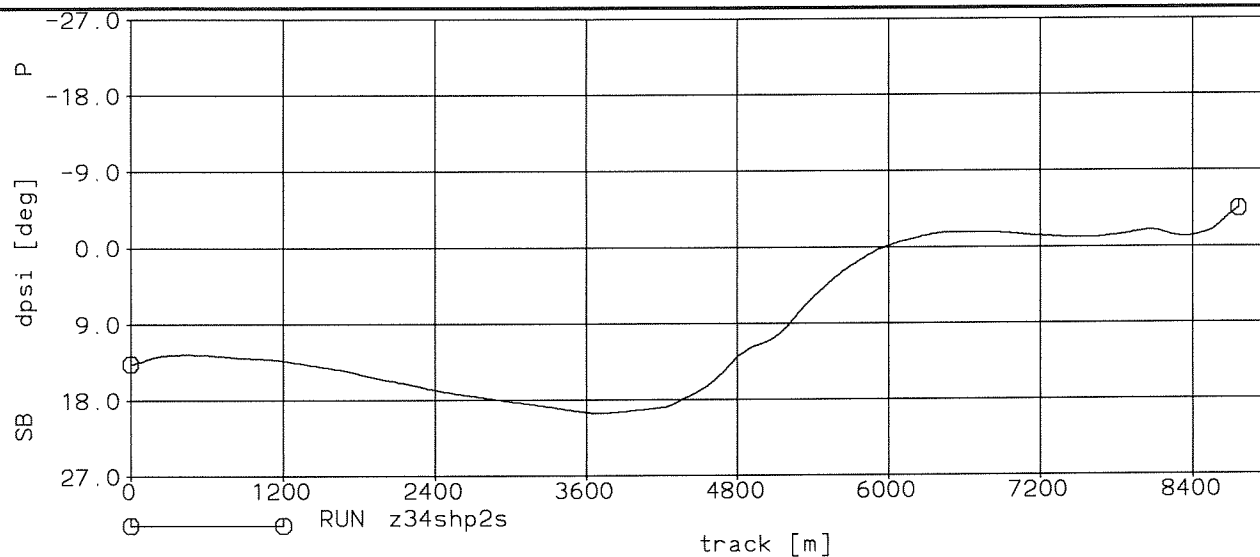
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z34/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z34s2s



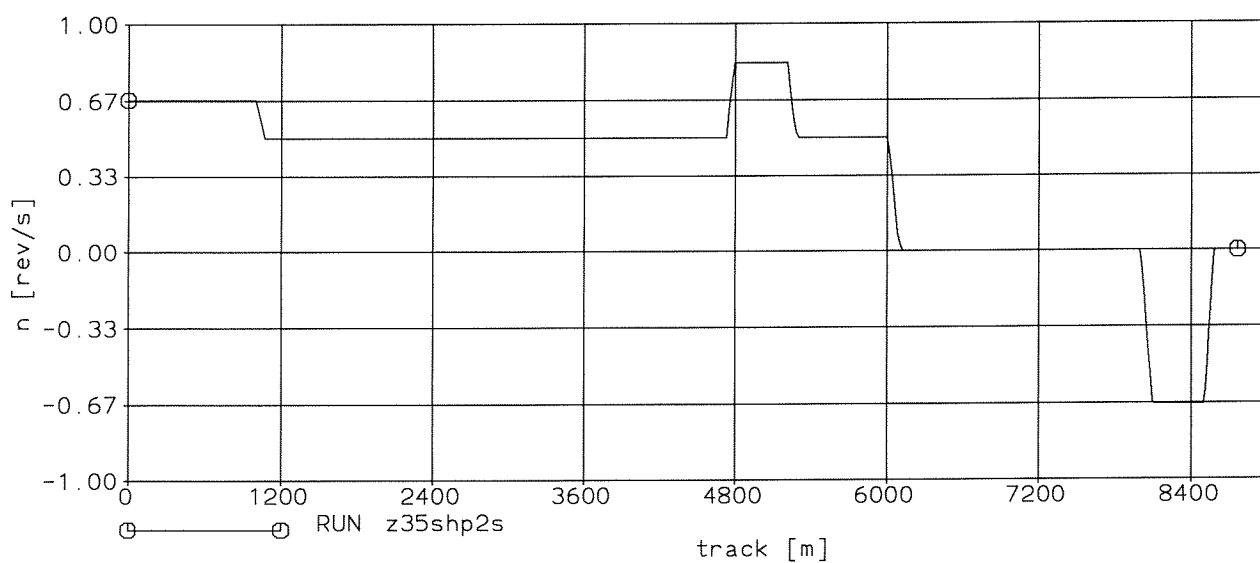
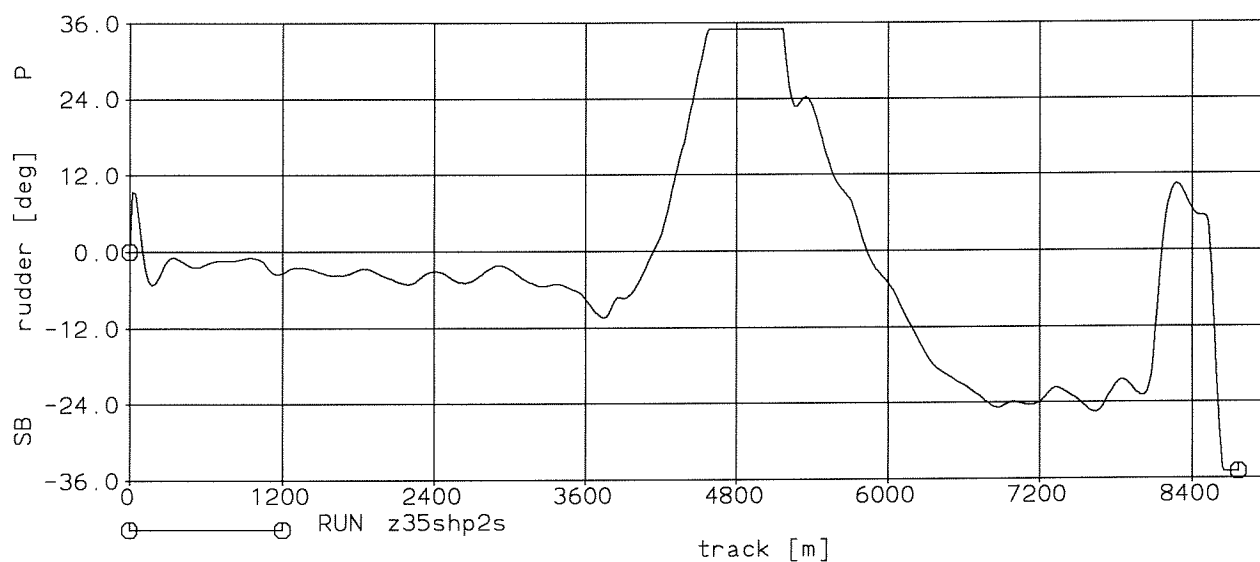
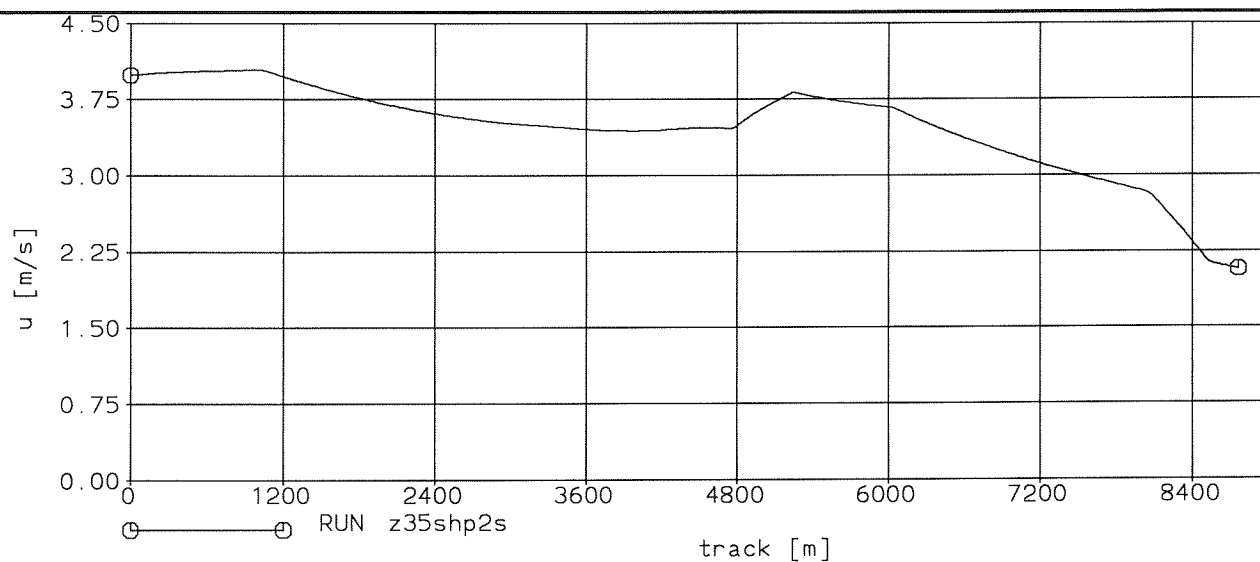
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z34/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z34s2s



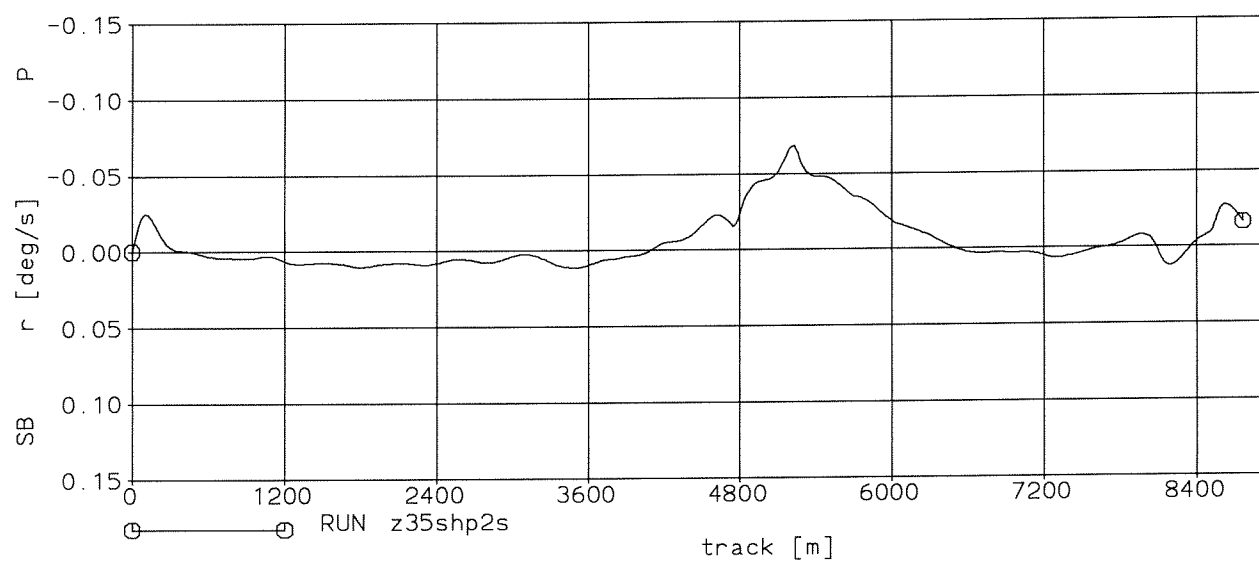
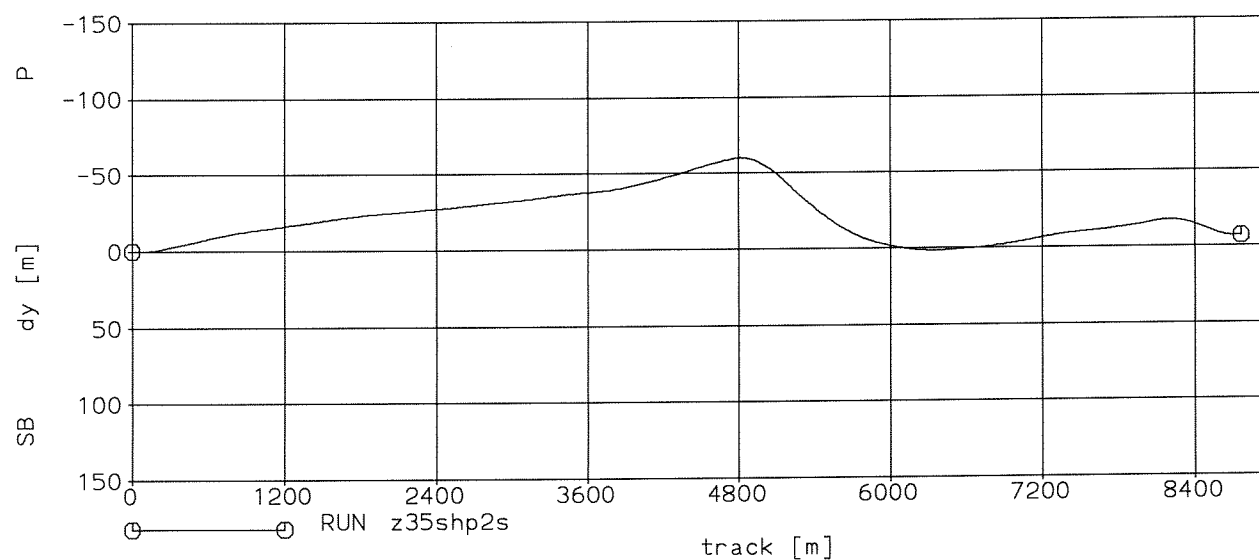
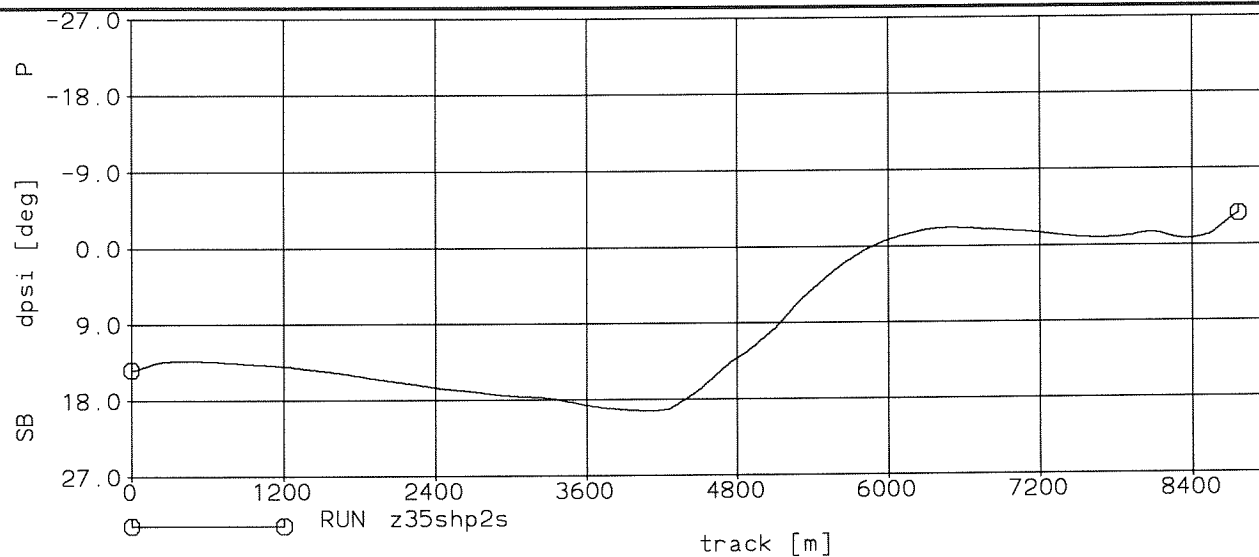
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegang manoeuvre

z35/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z35s2s



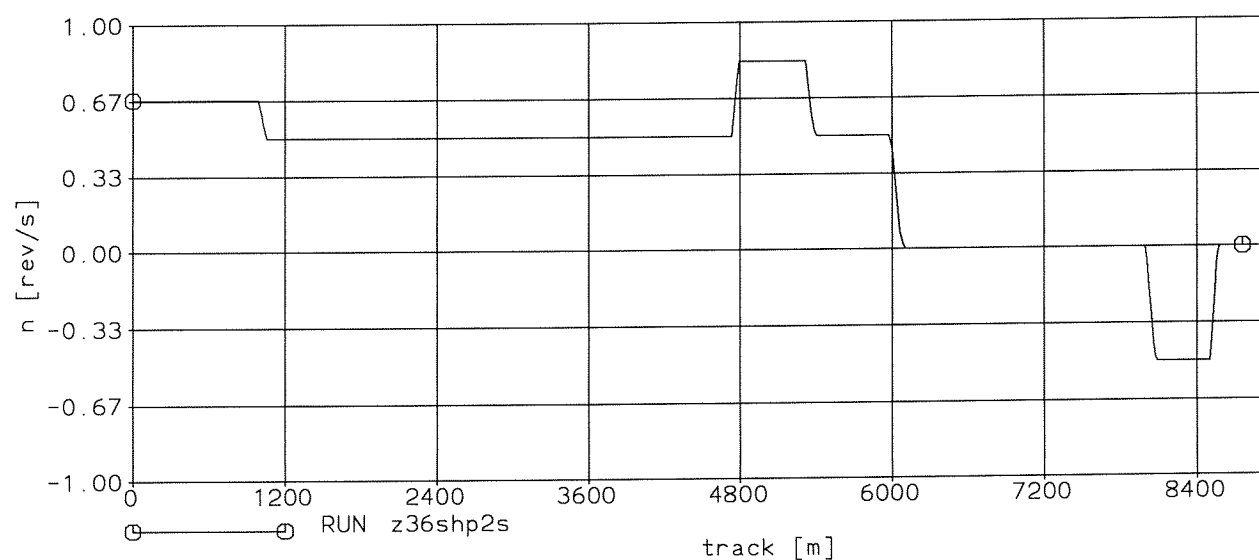
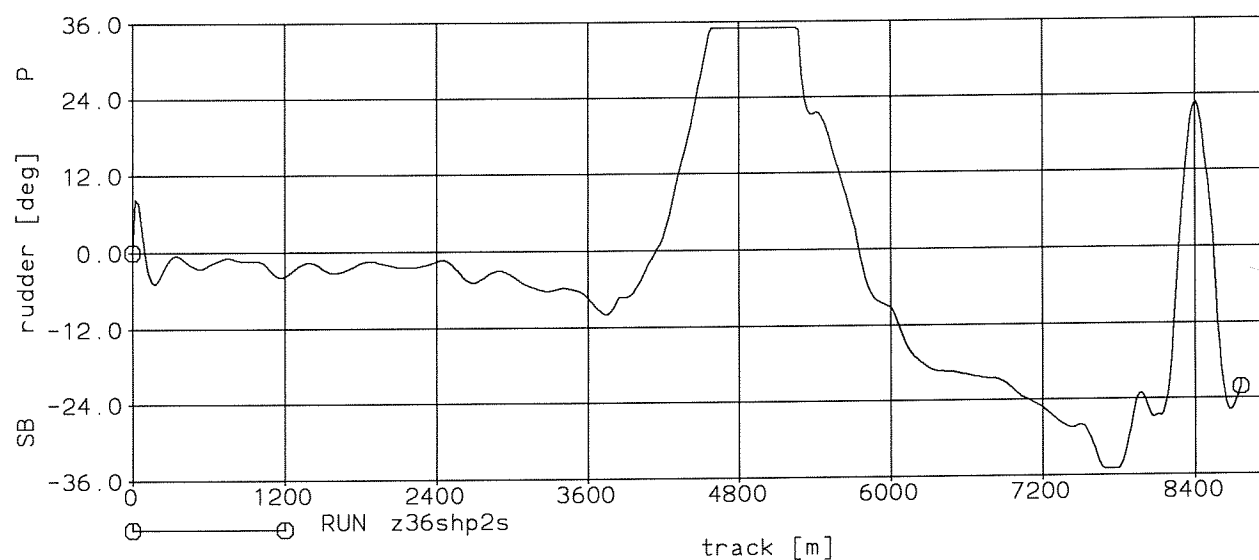
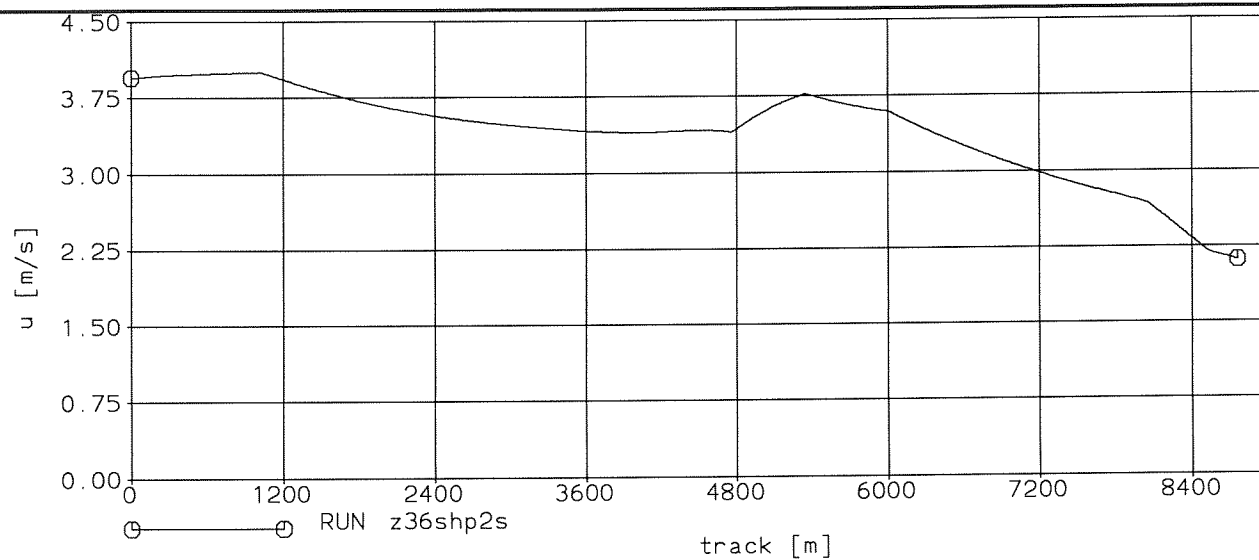
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z35/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z35s2s



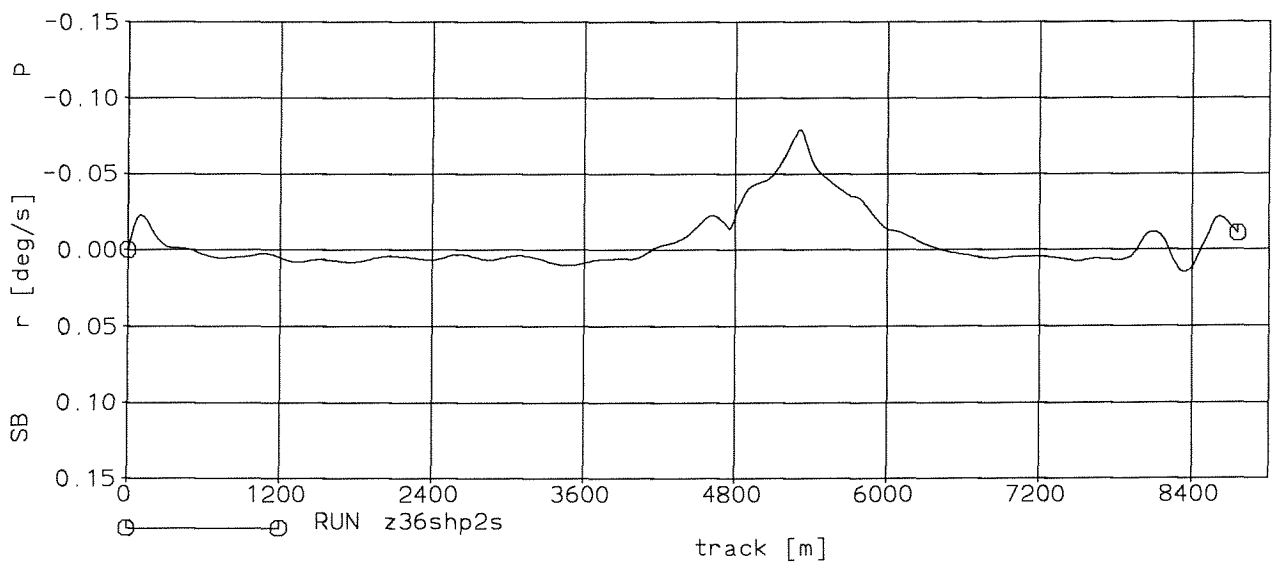
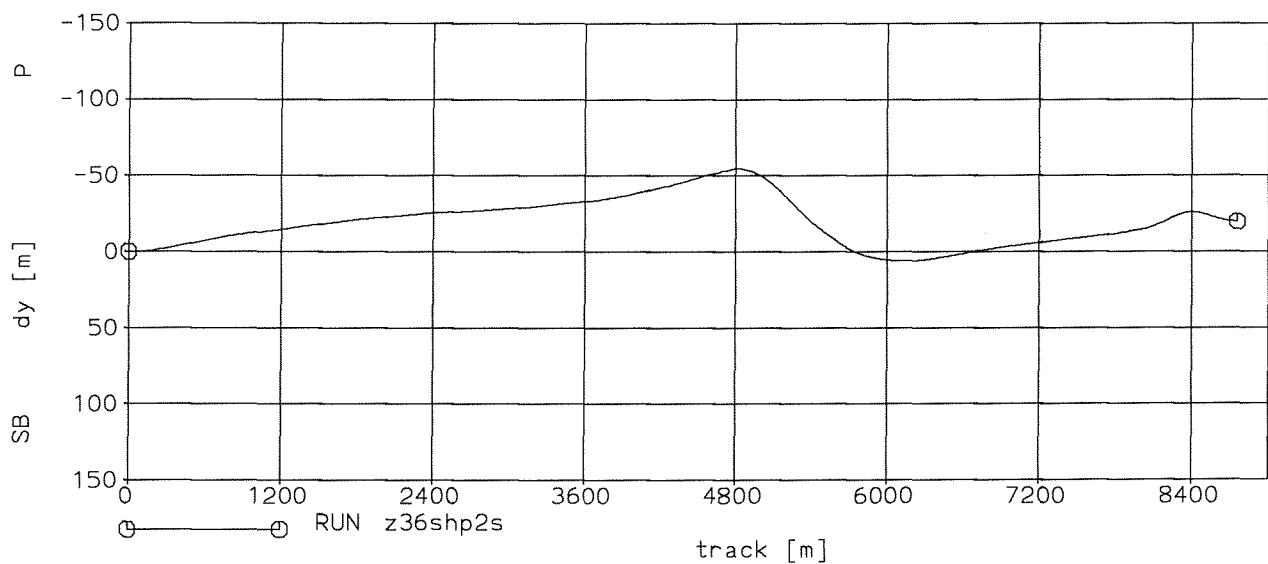
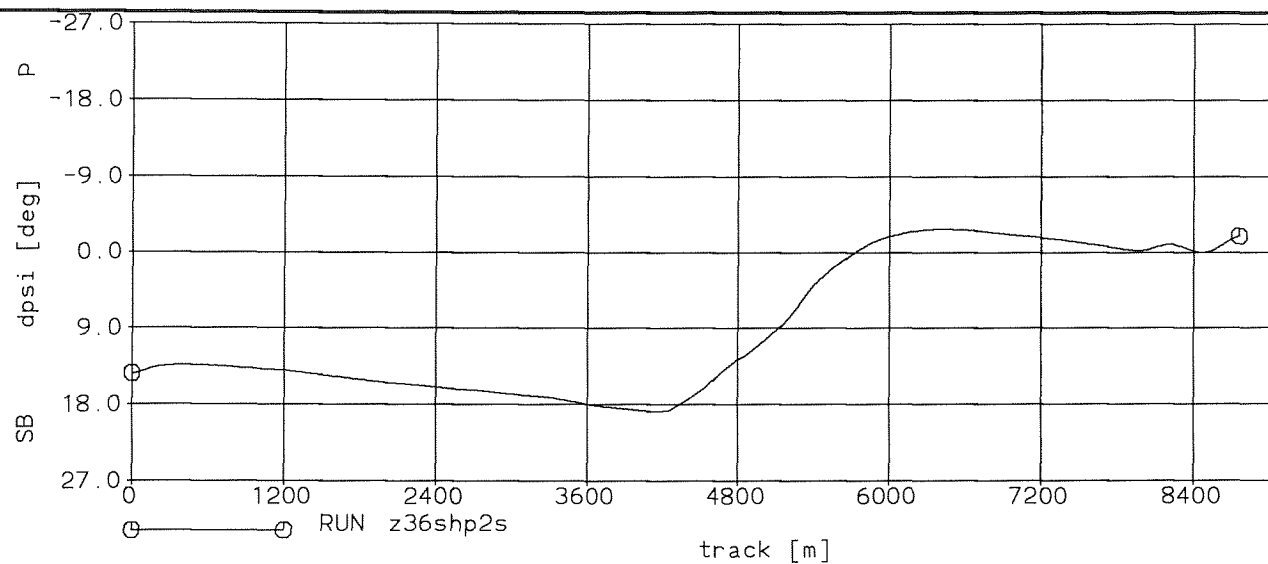
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegang manoeuvre

z36/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z36s2s



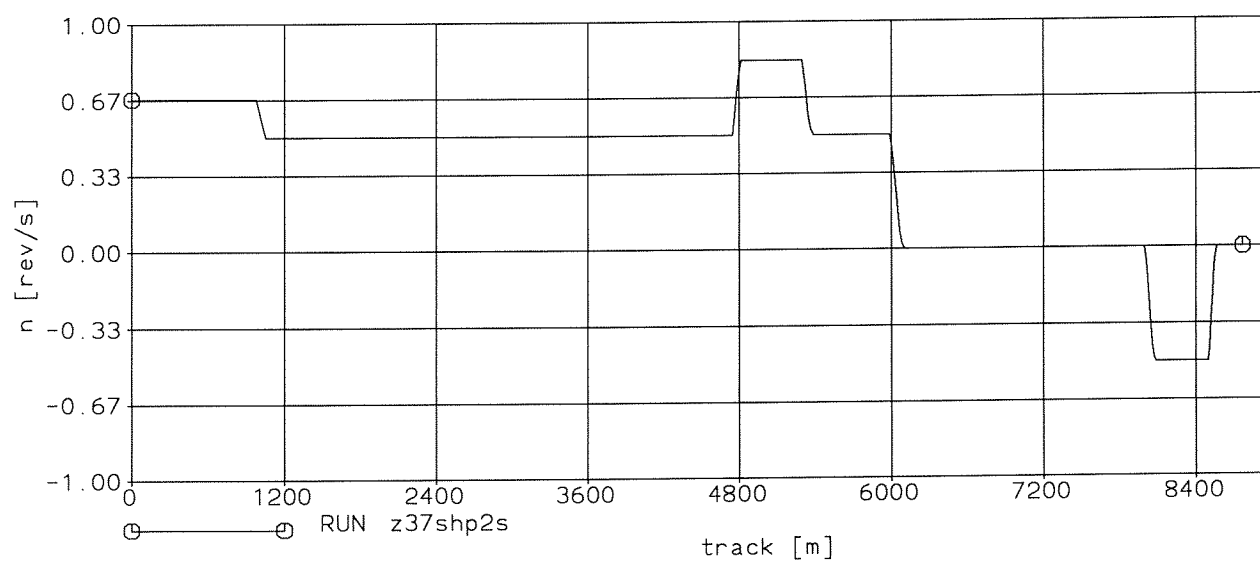
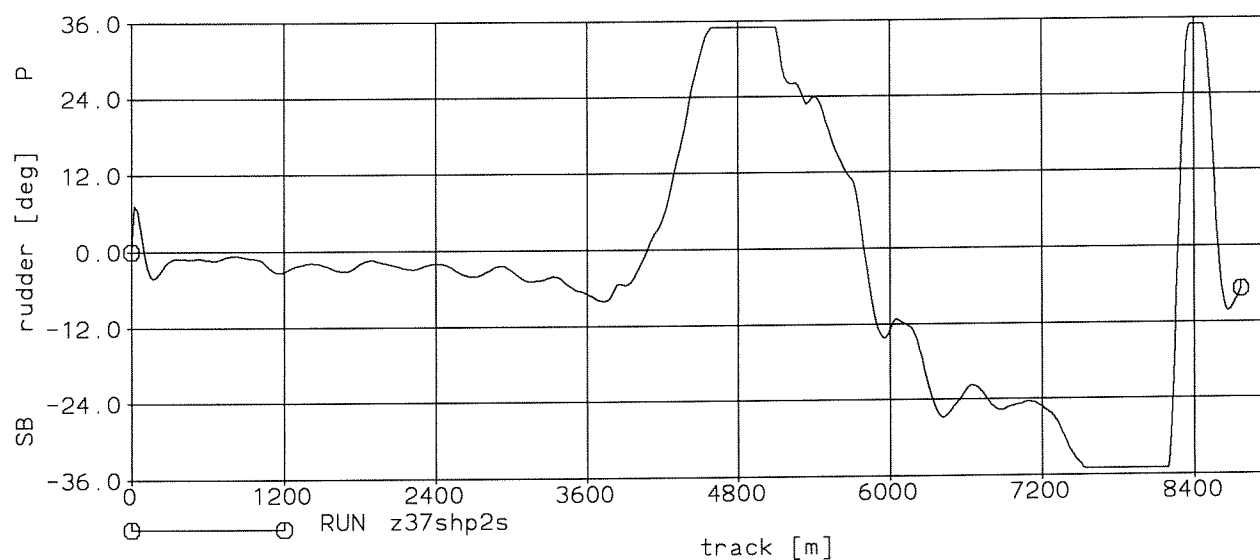
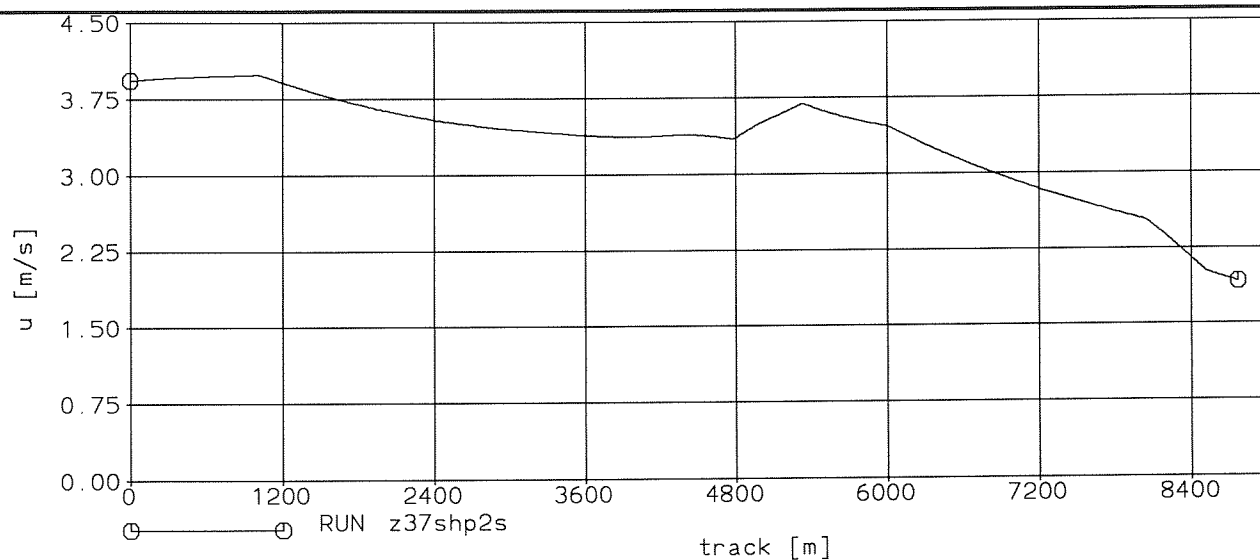
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z36/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z36s2s



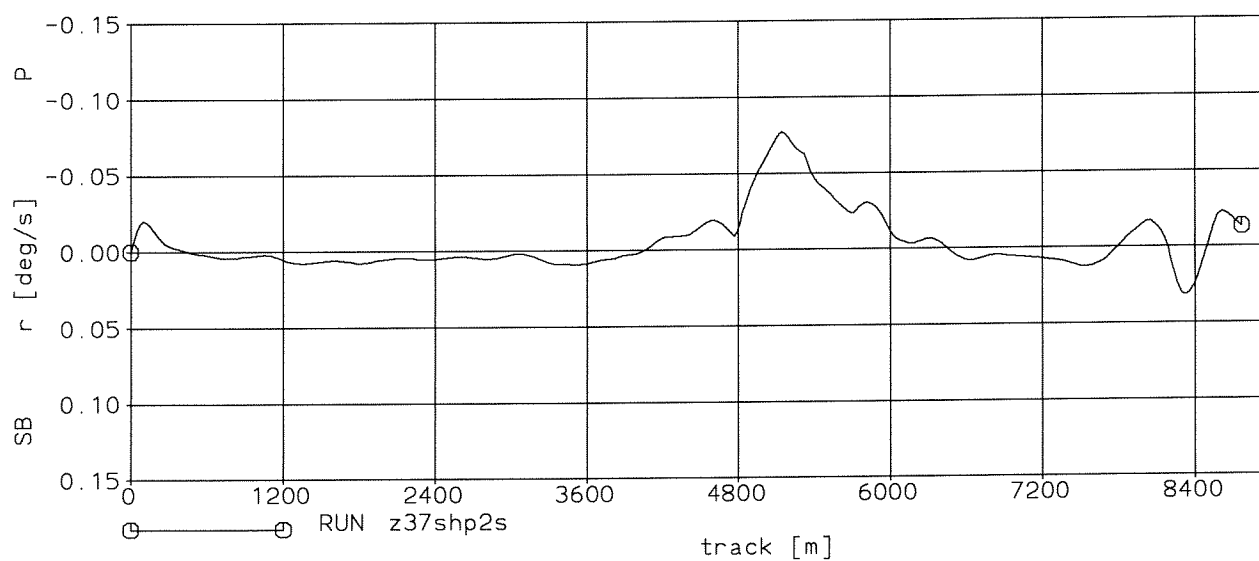
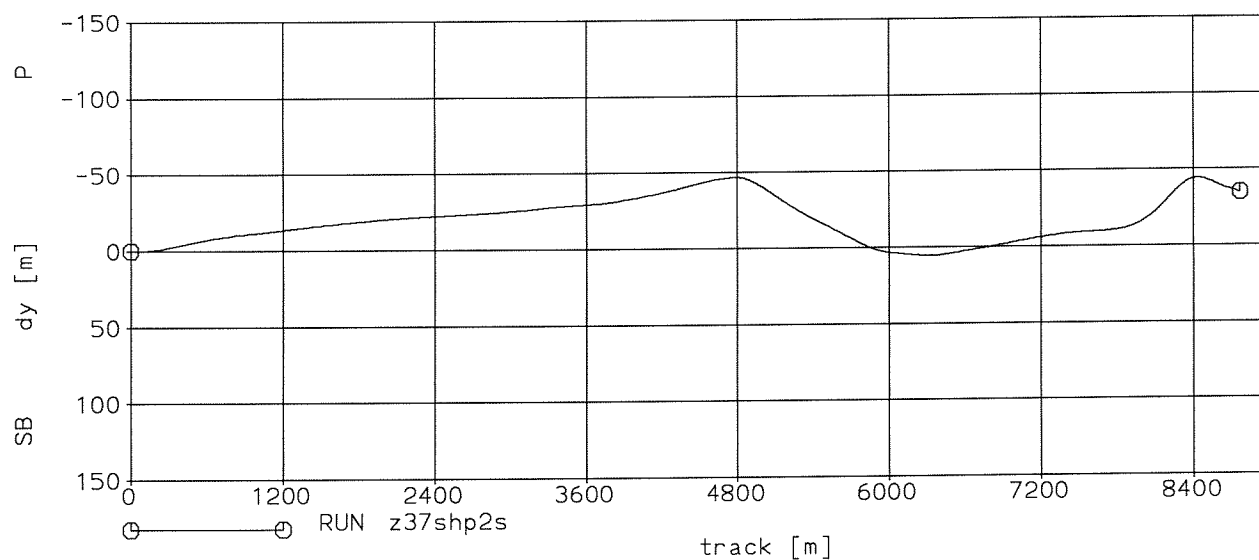
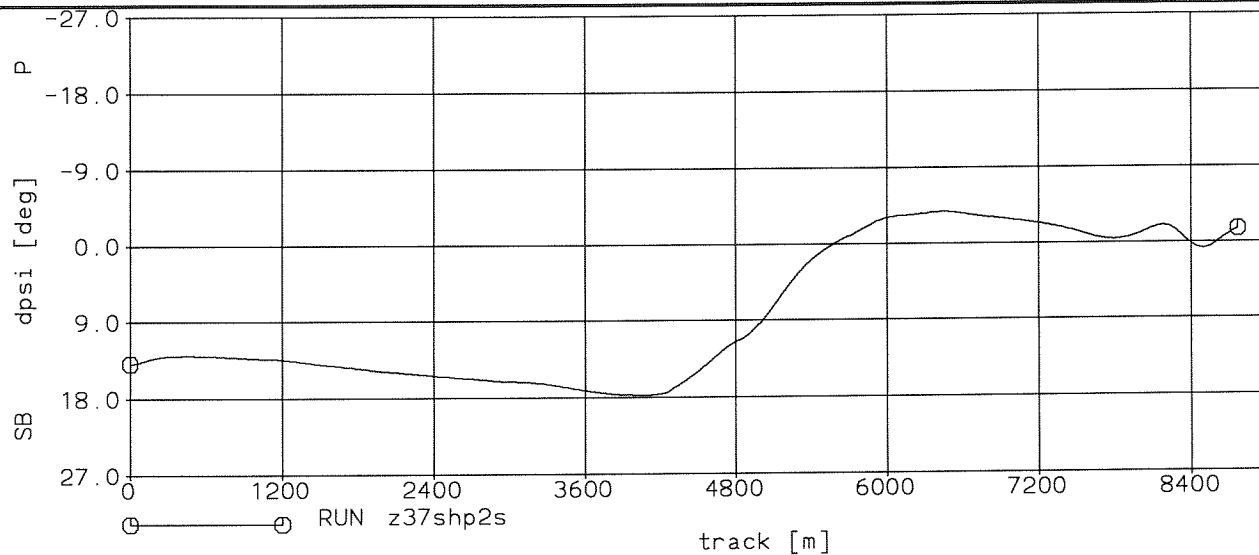
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegang manoeuvre

z37/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z37s2s



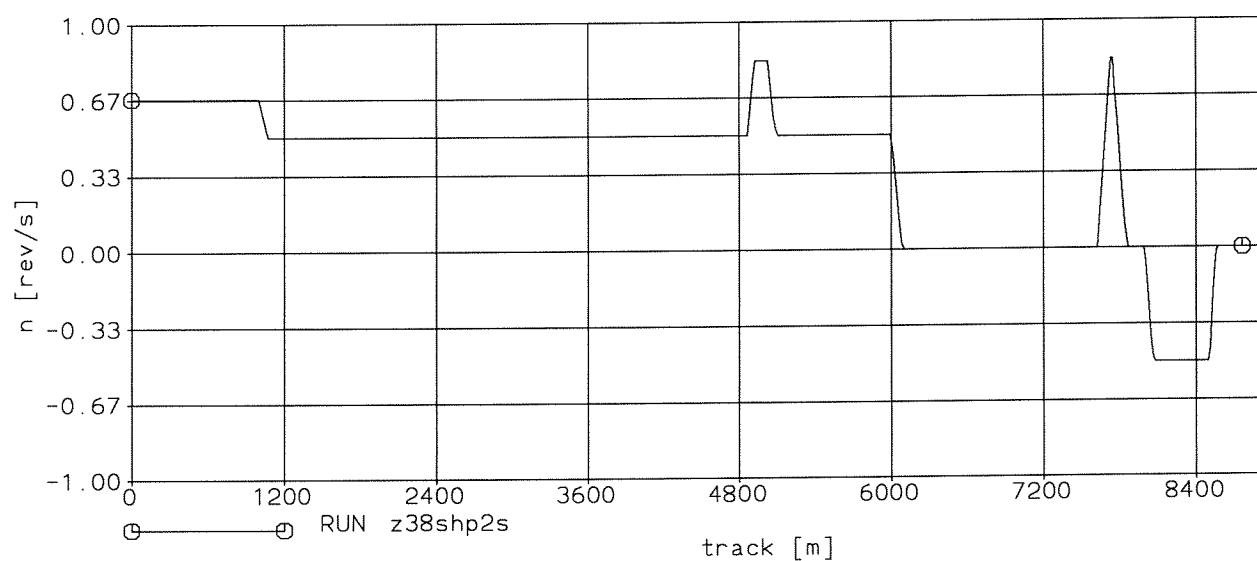
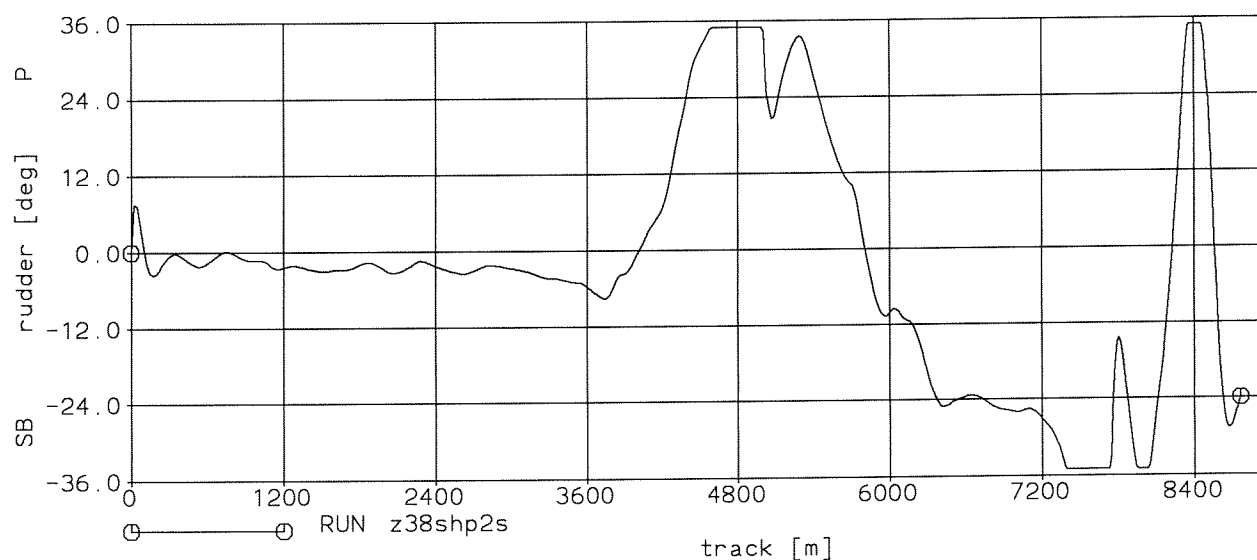
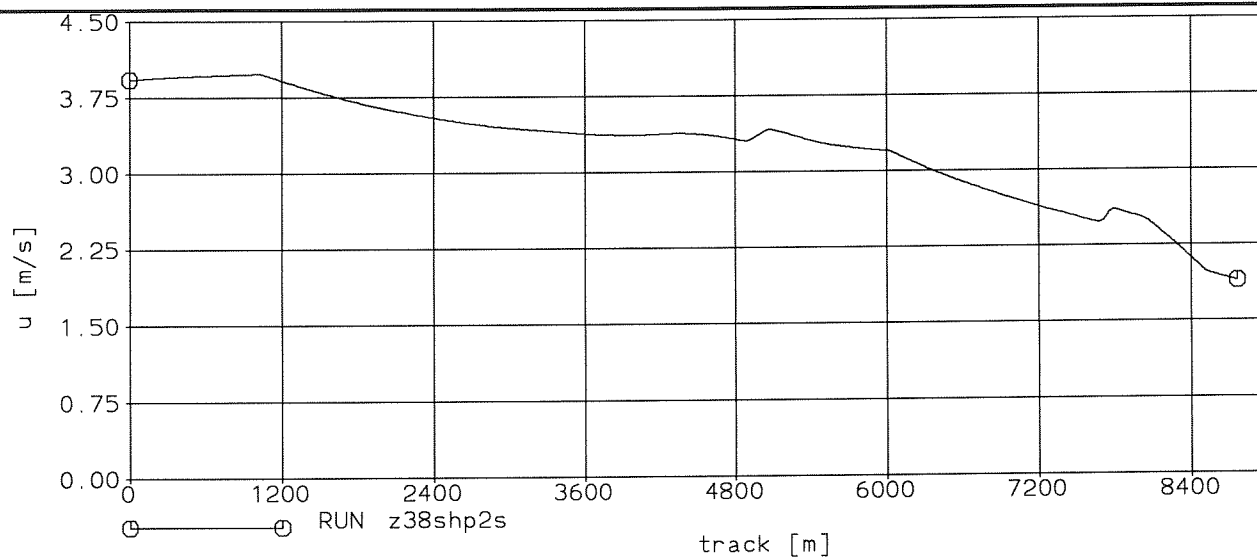
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z37/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z37s2s



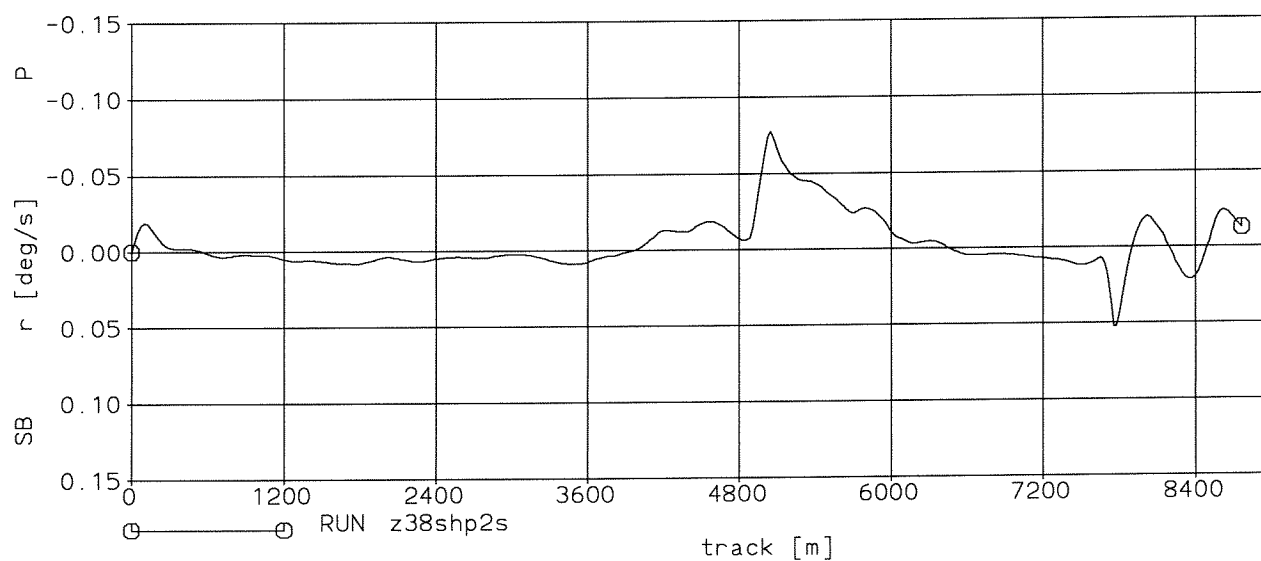
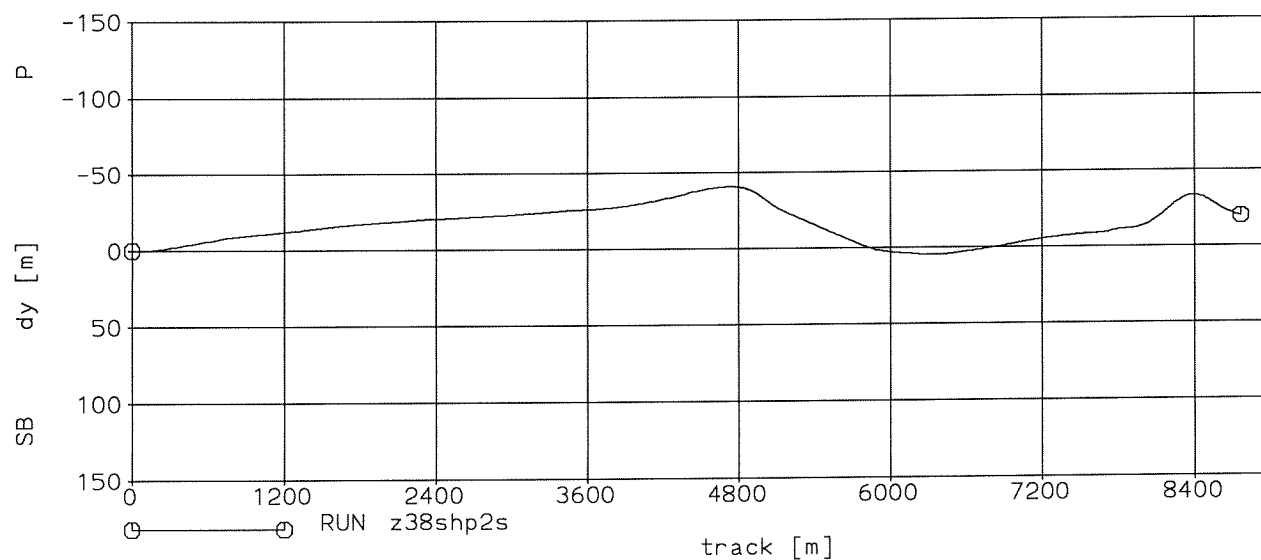
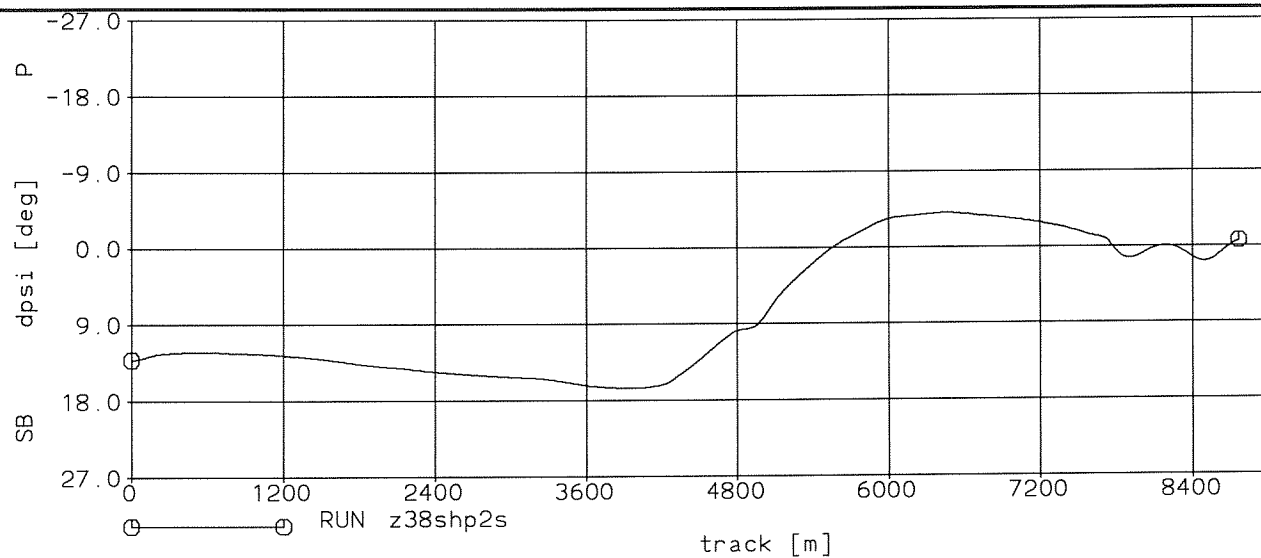
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z38/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z38s2s



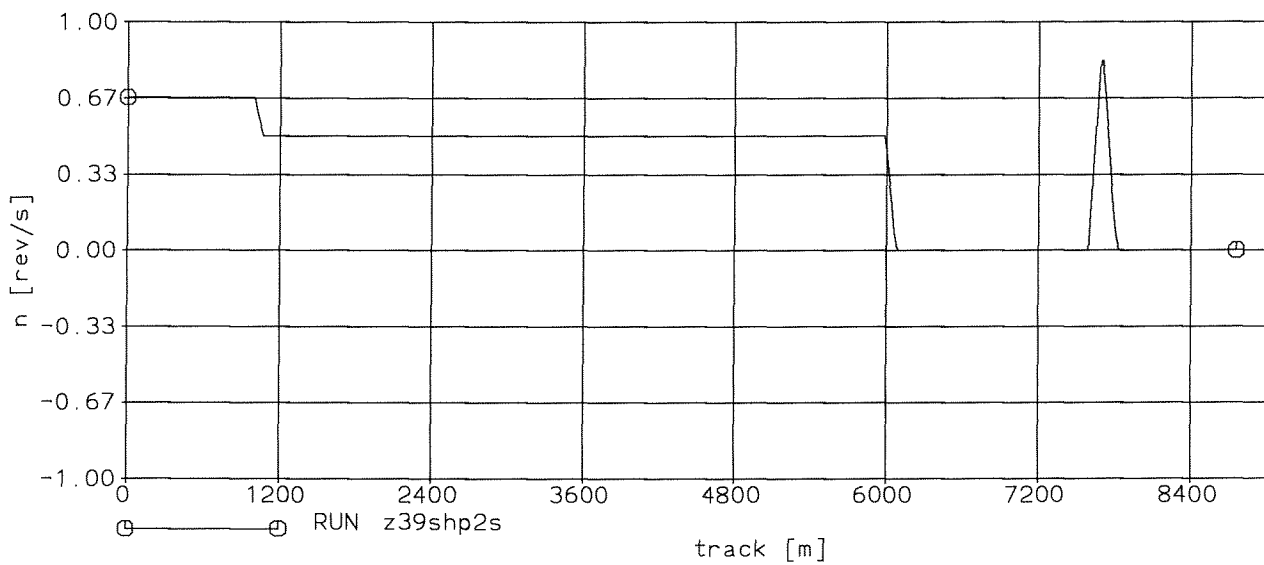
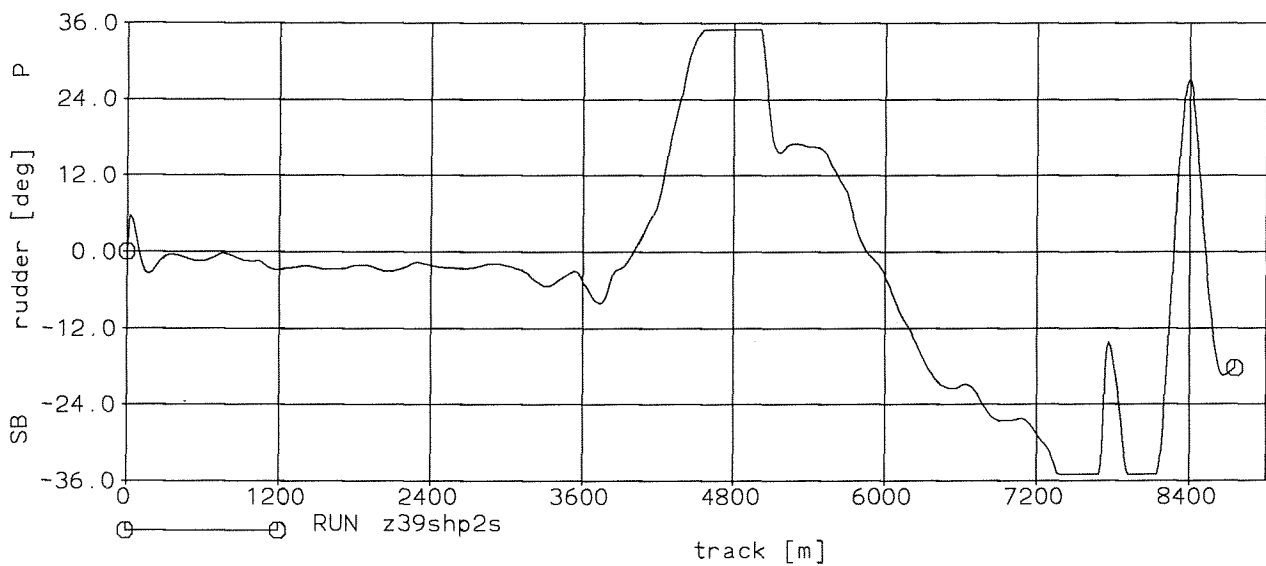
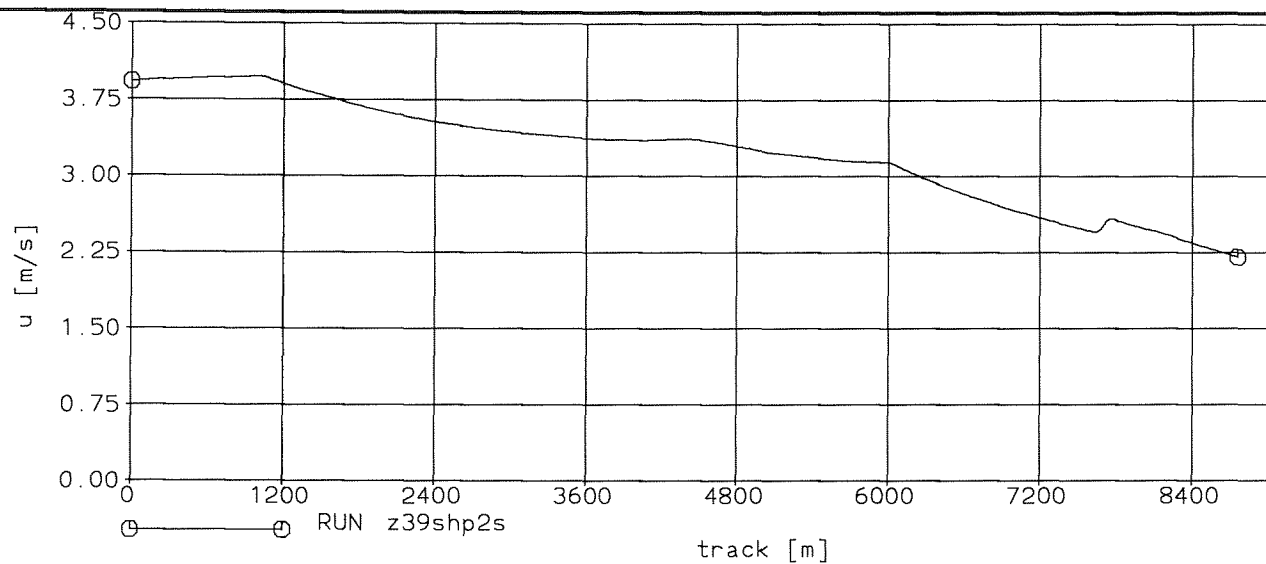
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegang manoeuvre

z38/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z38s2s



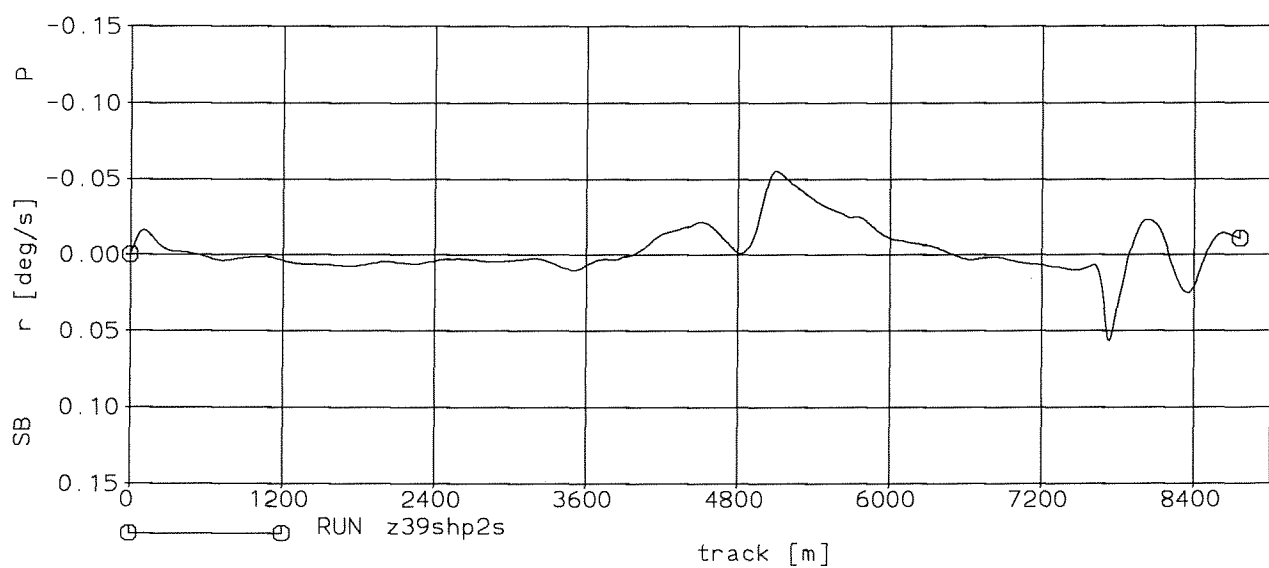
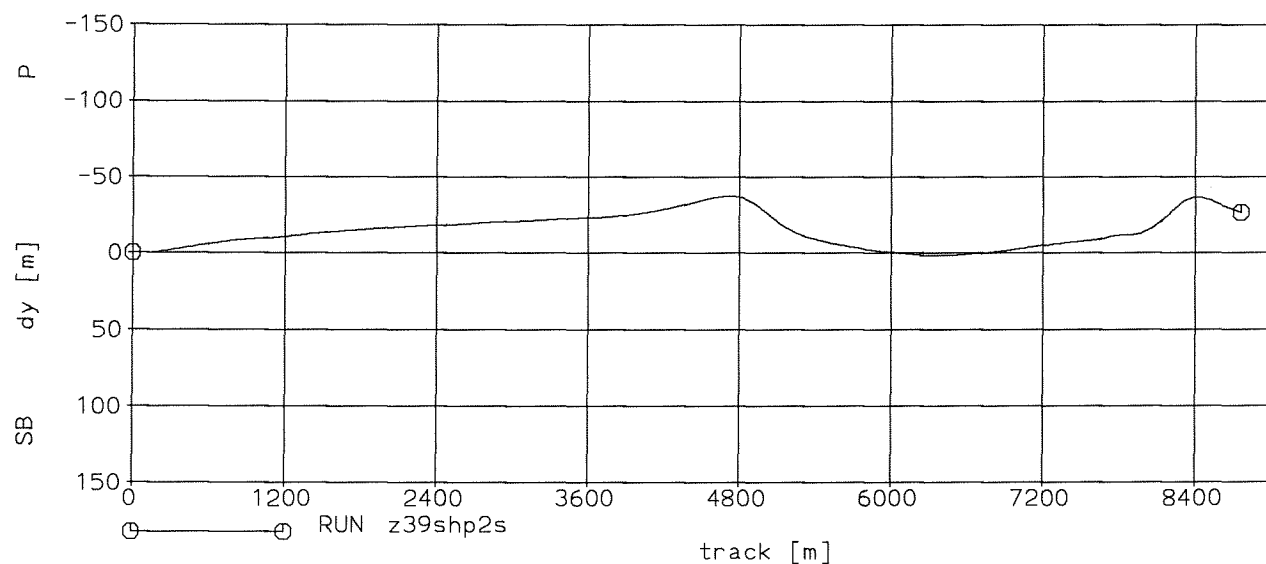
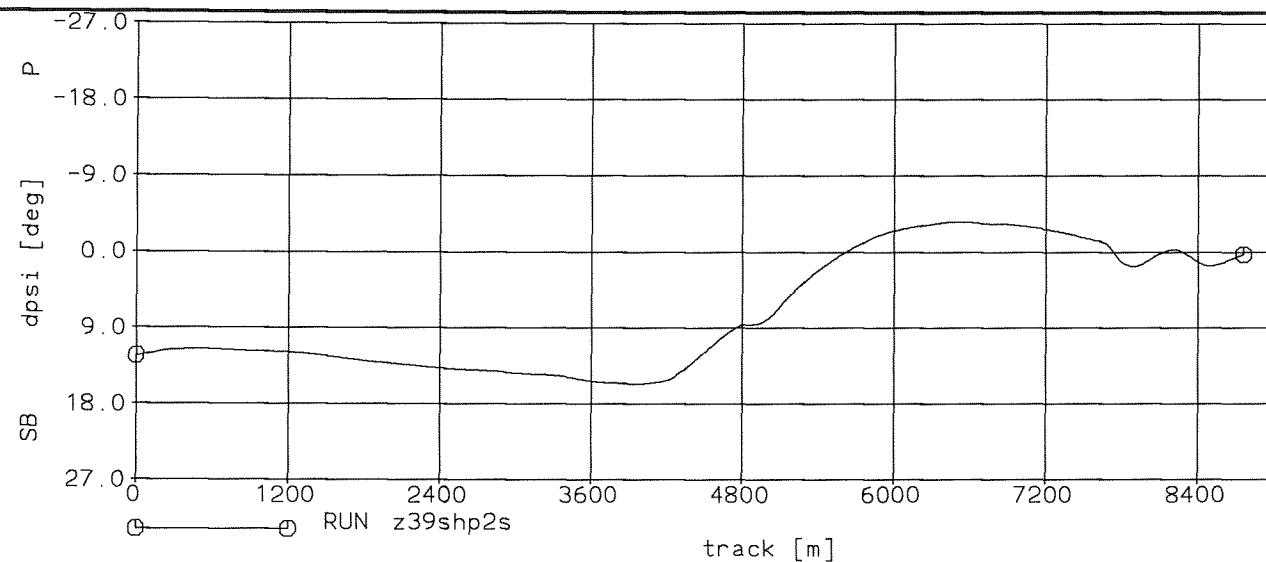
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z39/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z39s2s



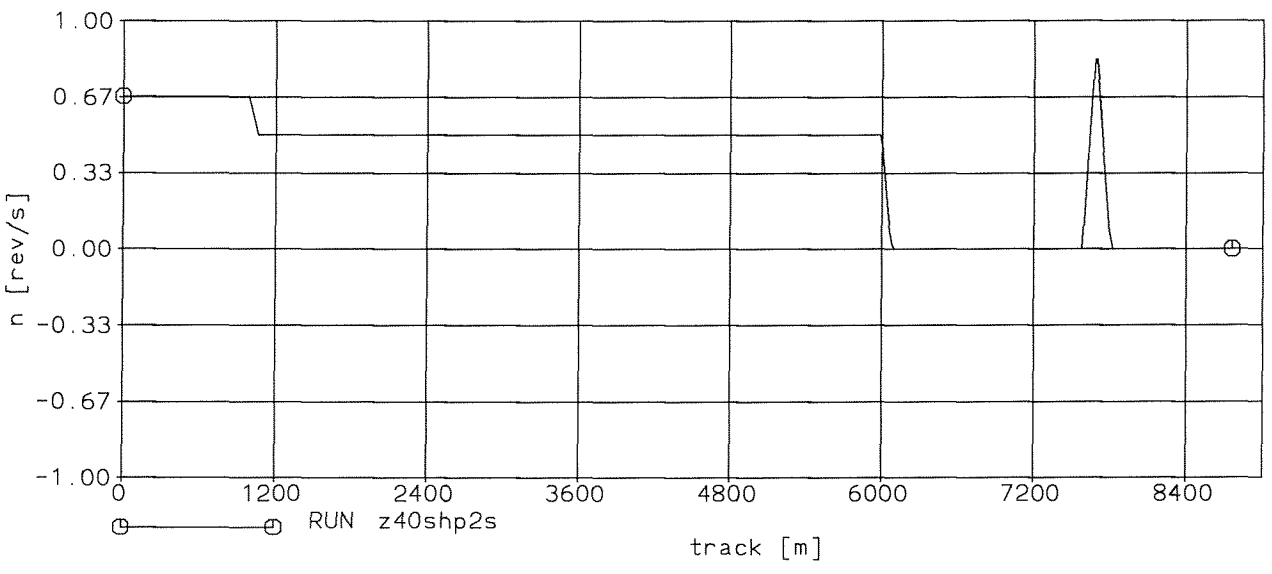
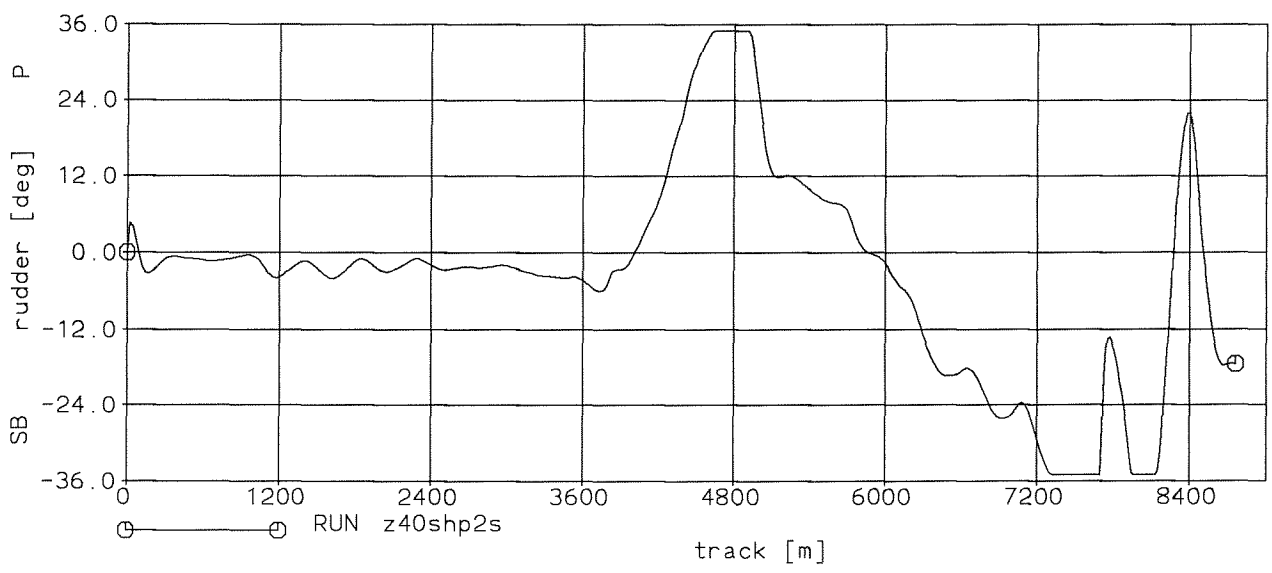
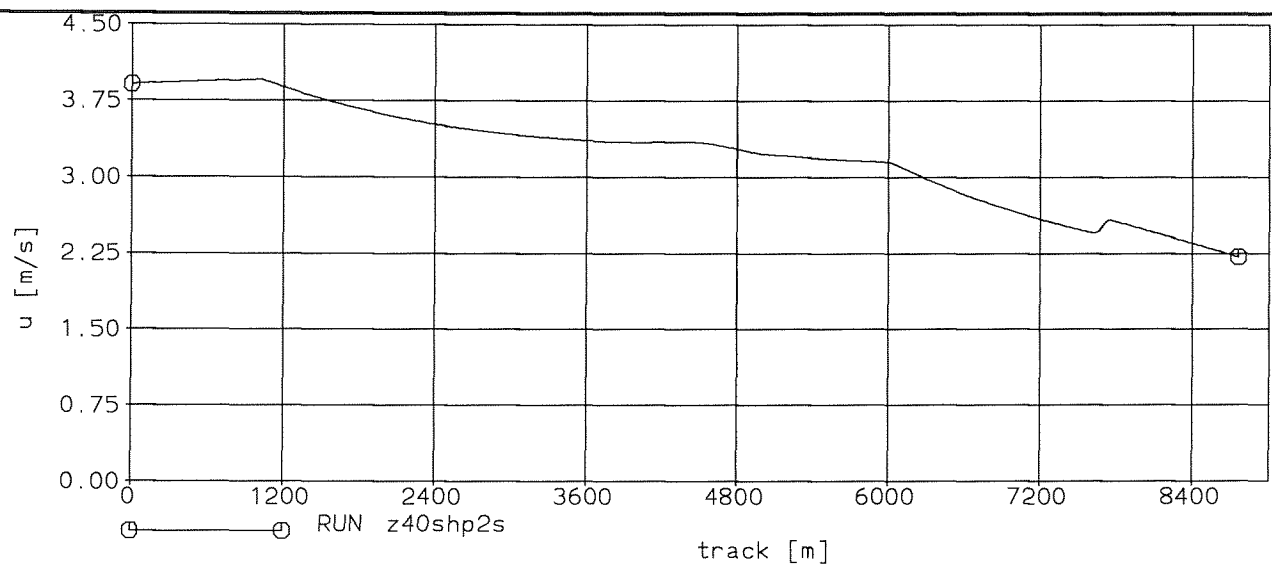
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z39/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z39s2s



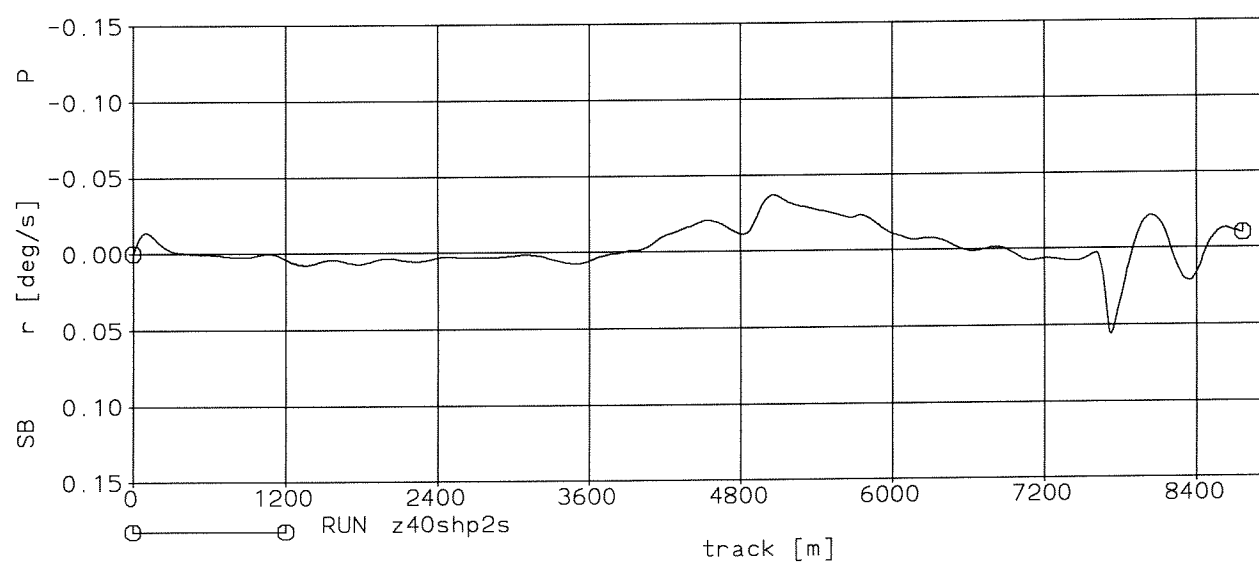
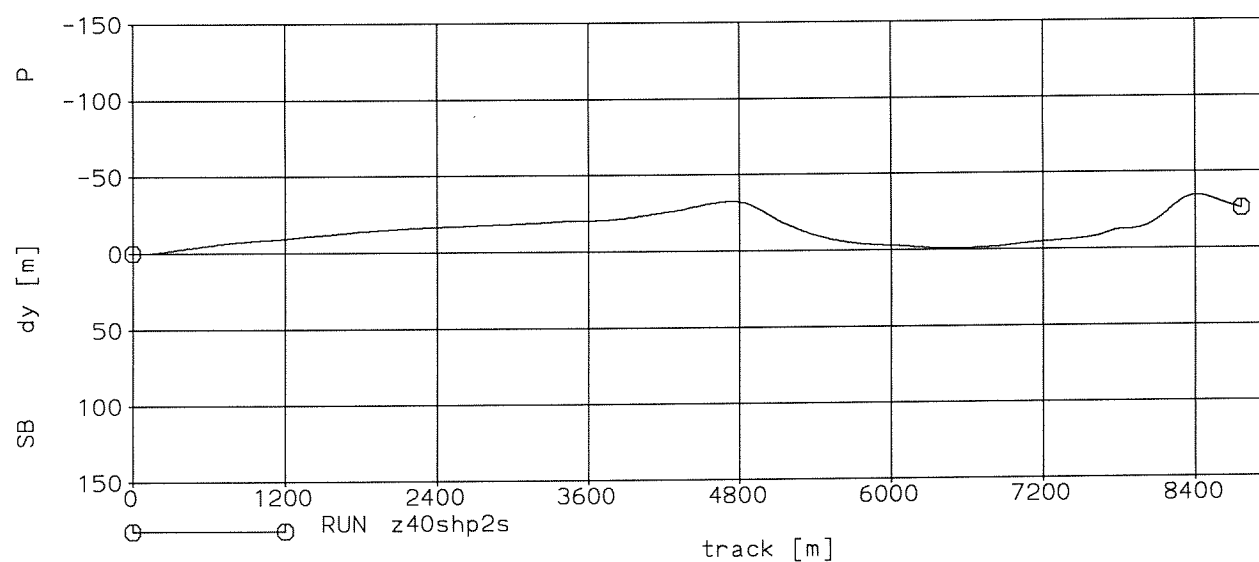
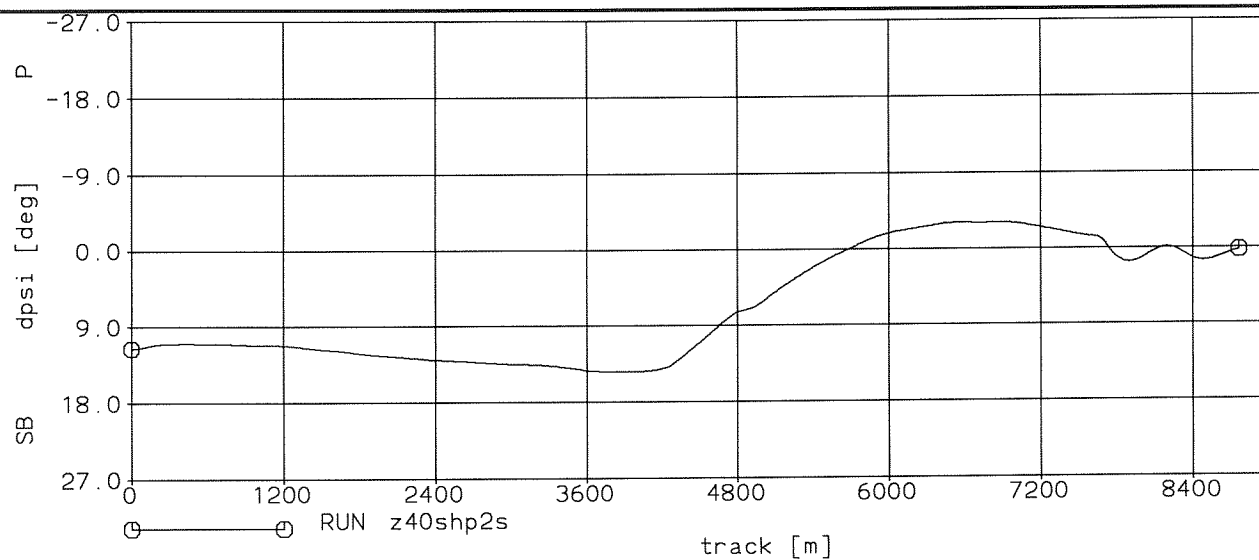
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z40/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z40s2s



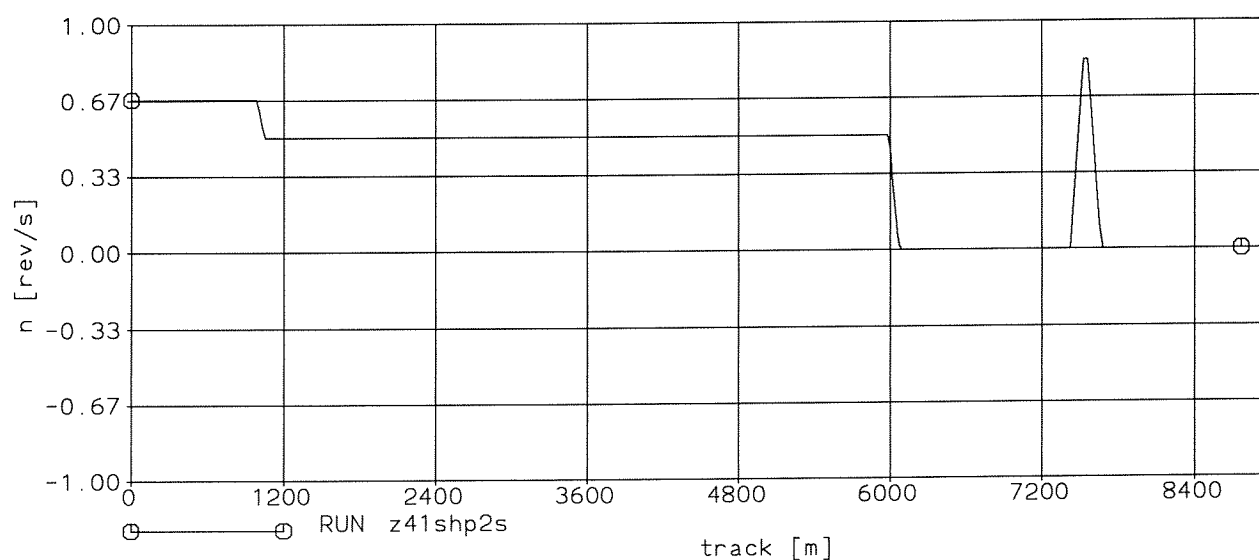
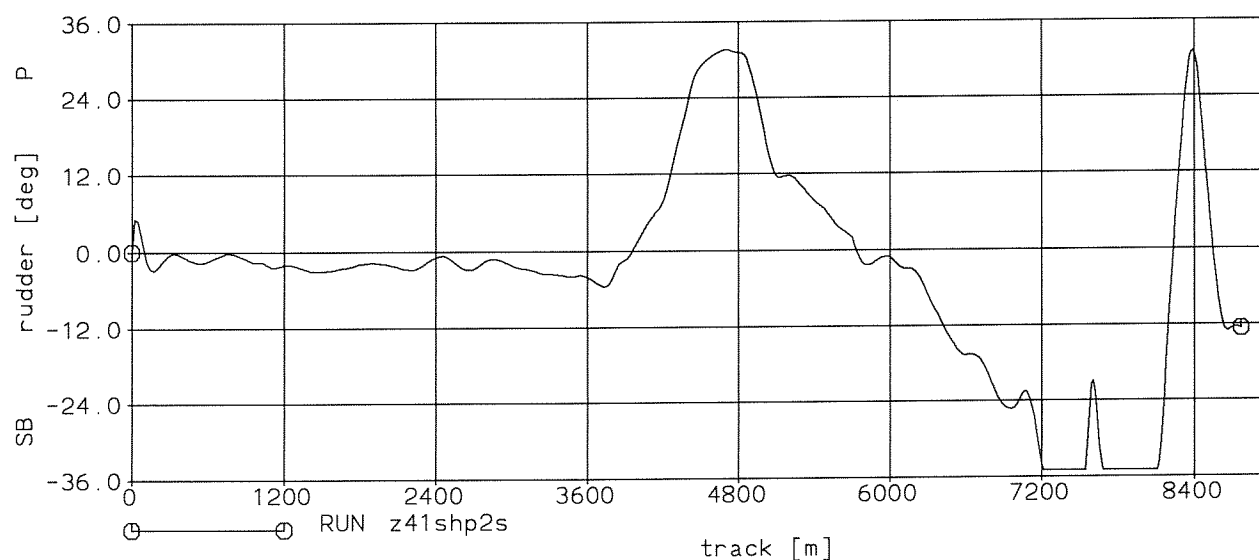
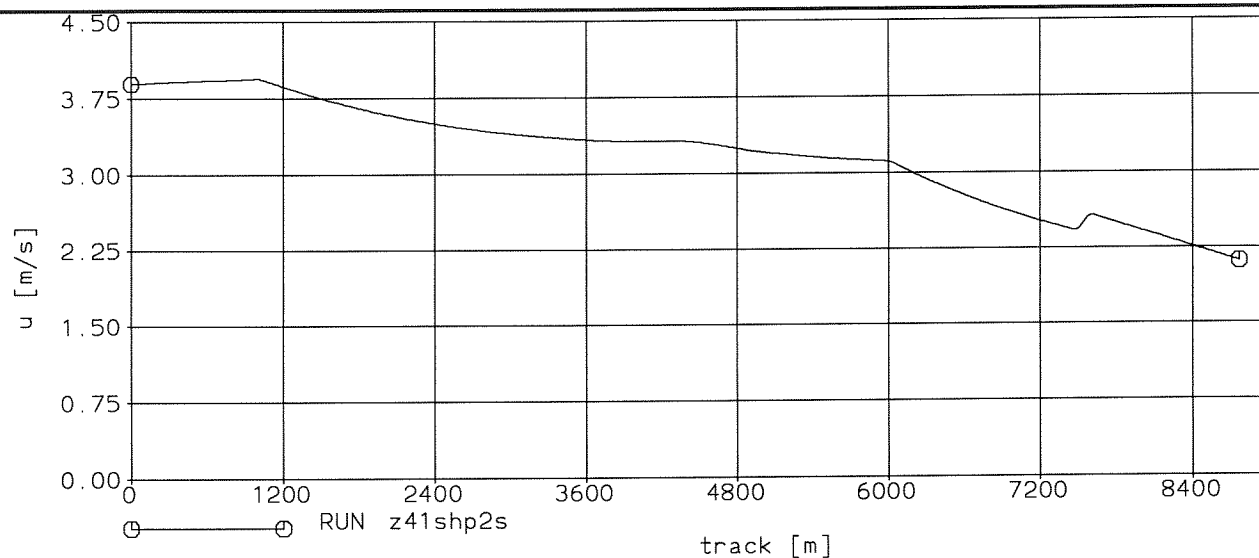
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z40/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z40s2s



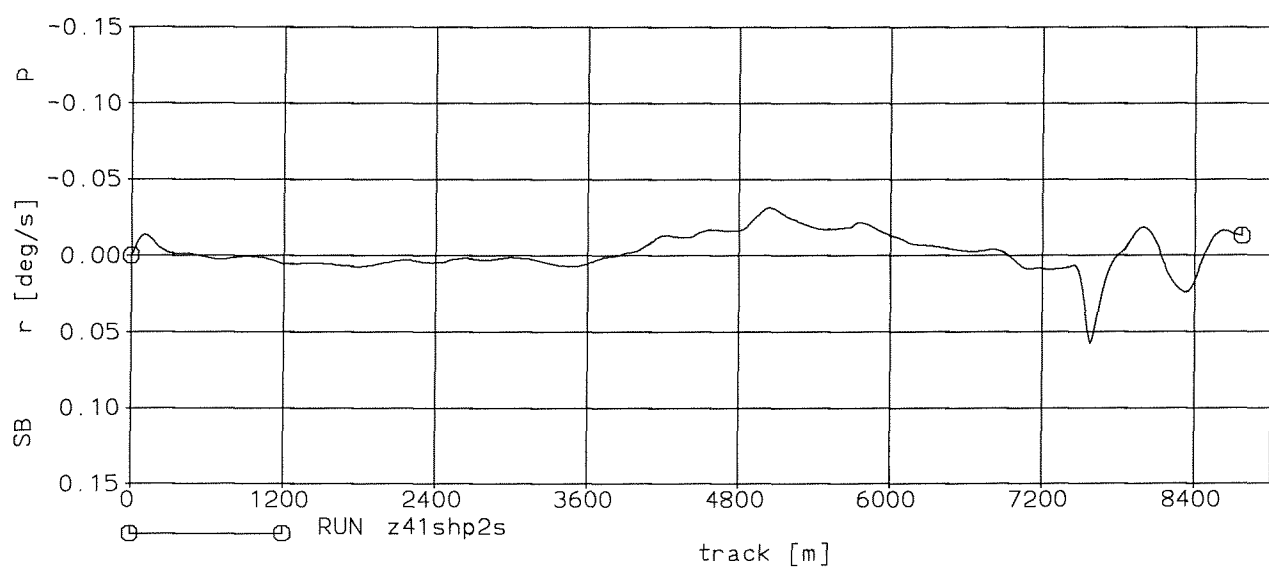
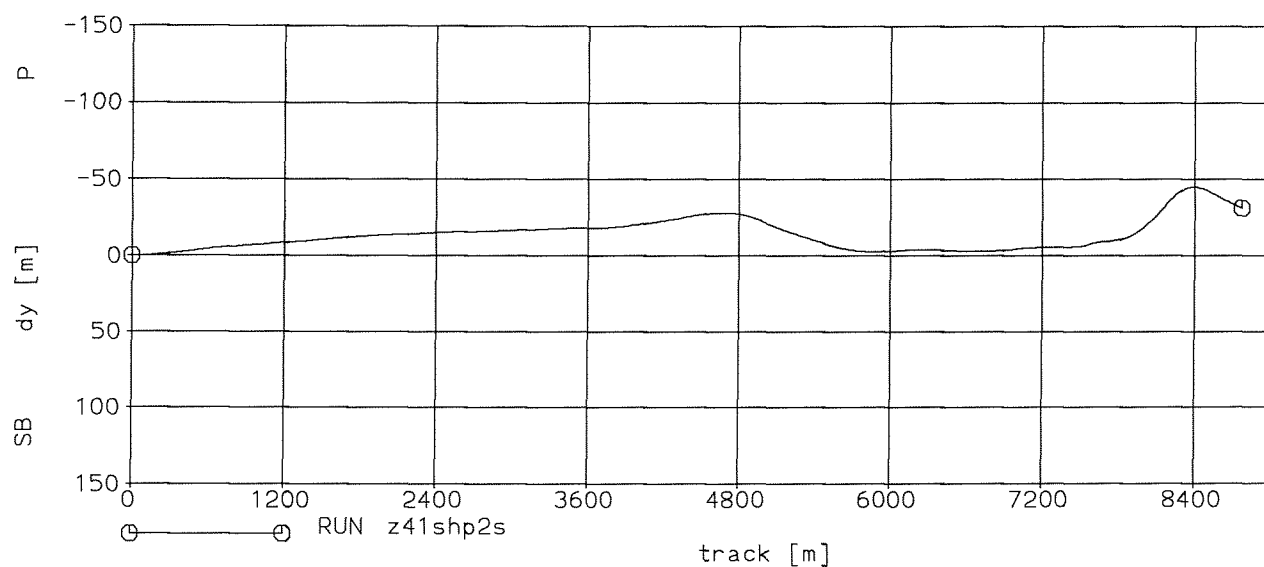
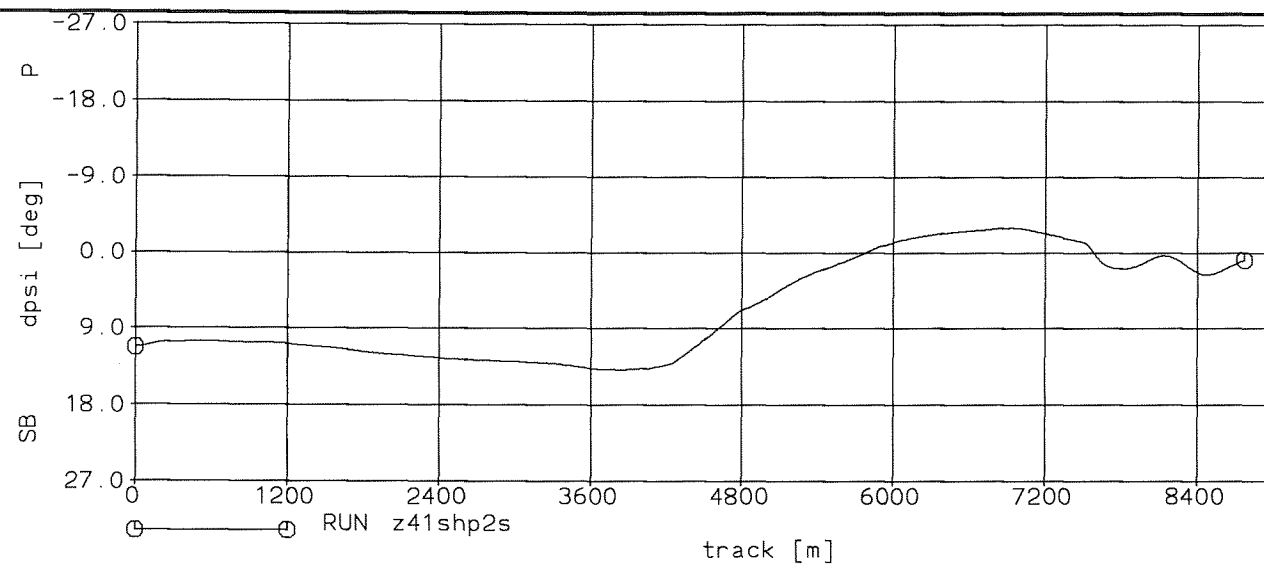
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z41/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z41s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z41/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z41s2s



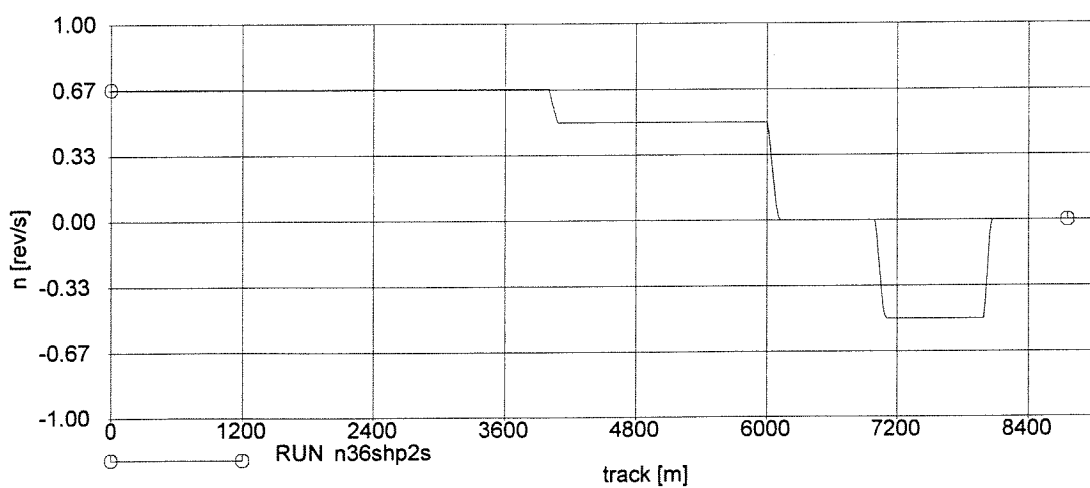
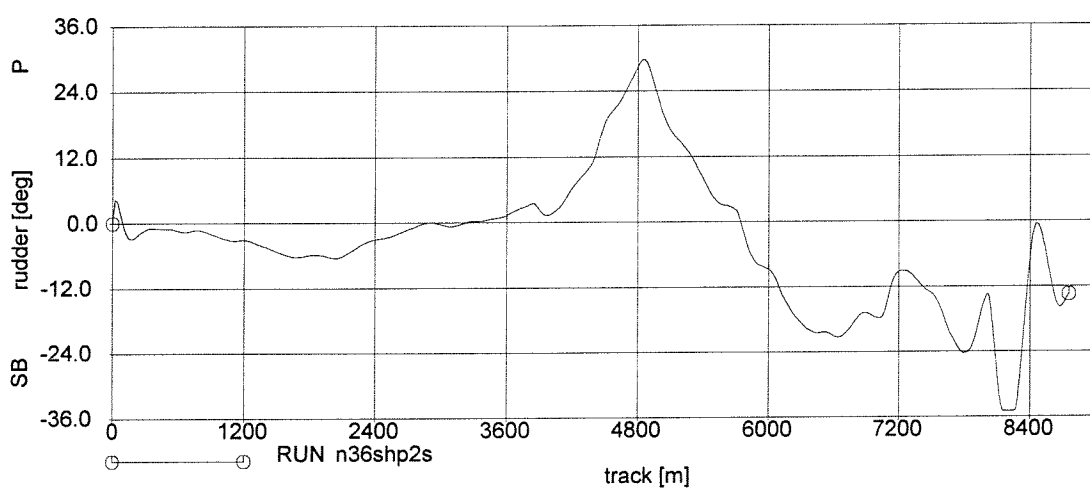
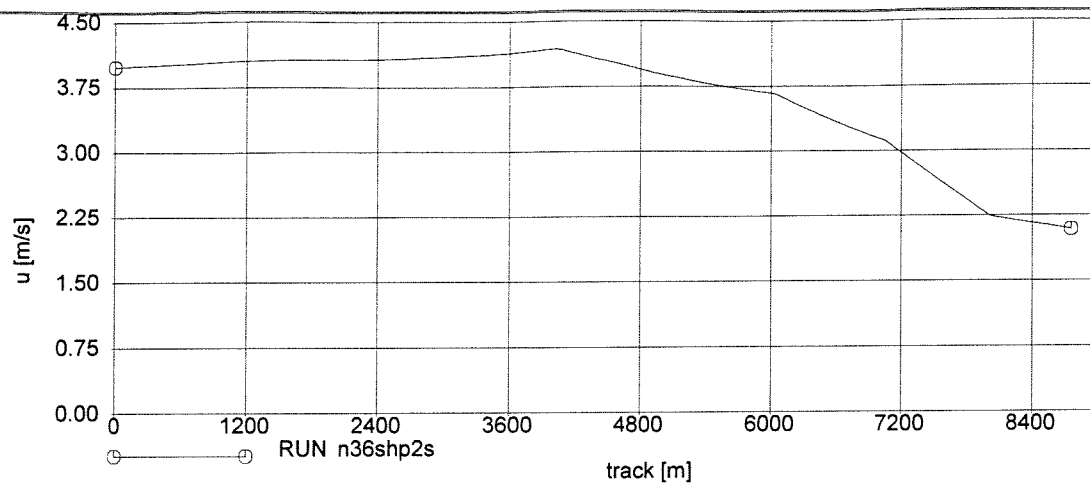
Bijlage M

Dataplots runs voor hoog snelheidsregime



Bijlage M-I

**Dataplots hoog snelheidsregime voor NW-
wind, schip 2, springtij, stap 36 t/m 39**



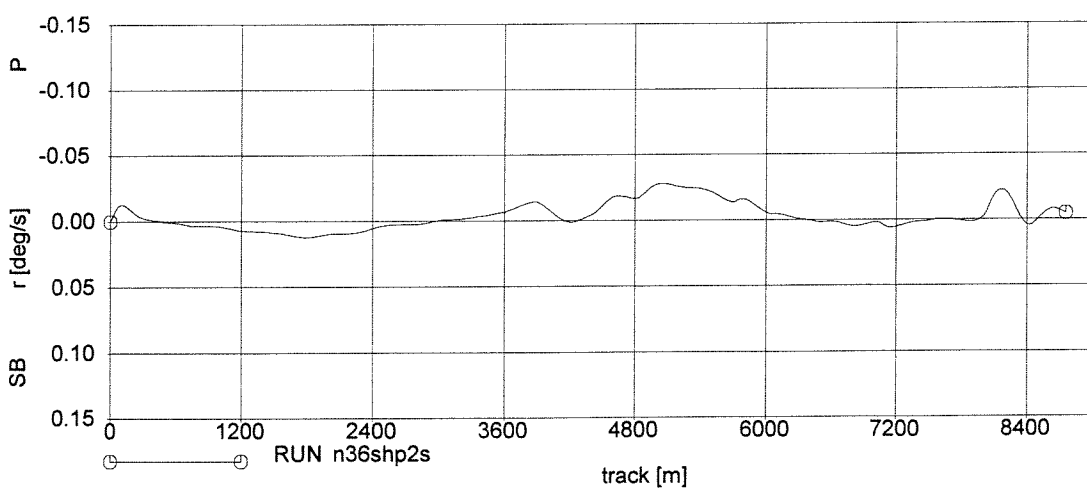
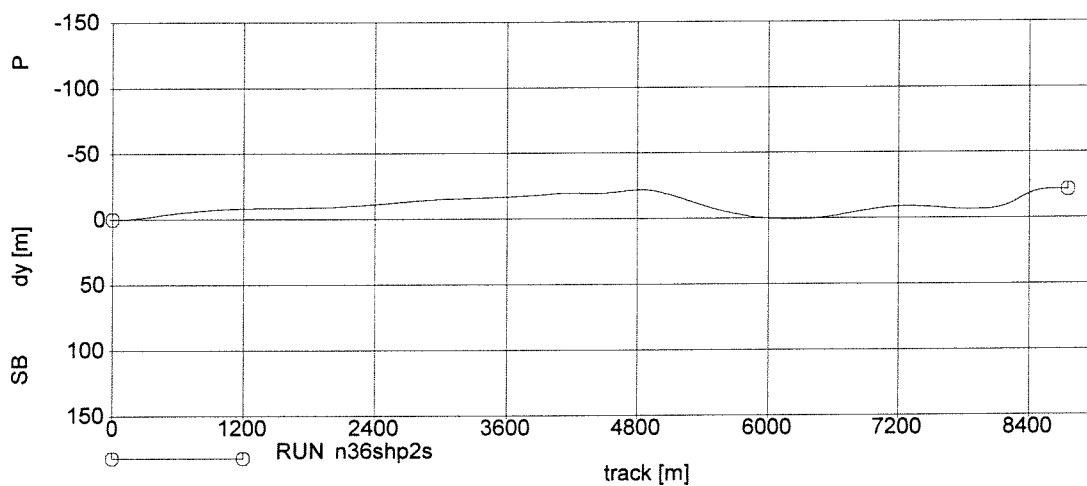
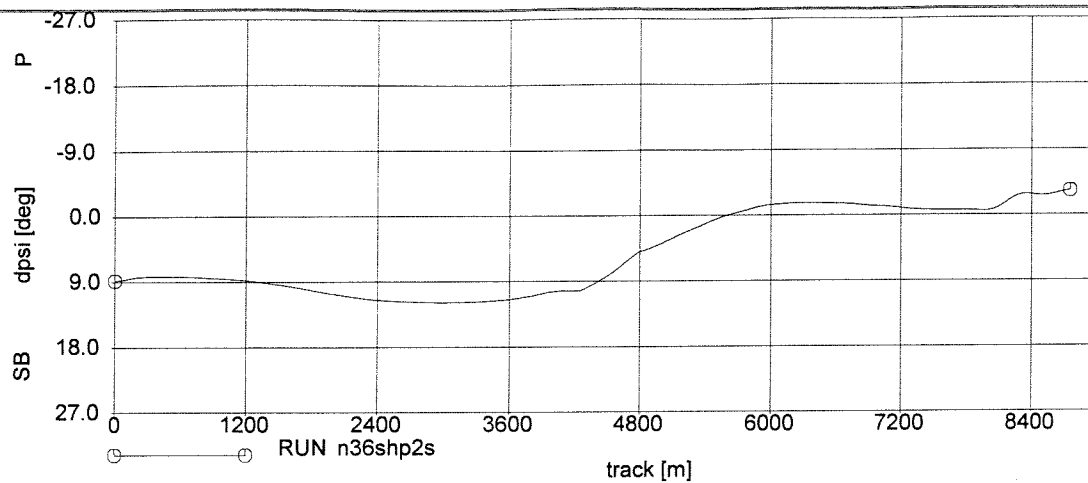
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n36/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n36s2s



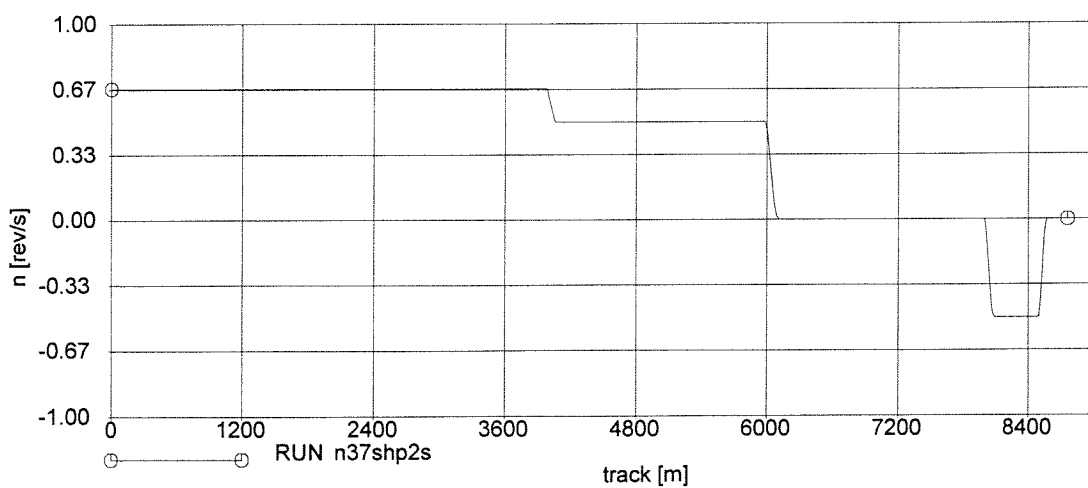
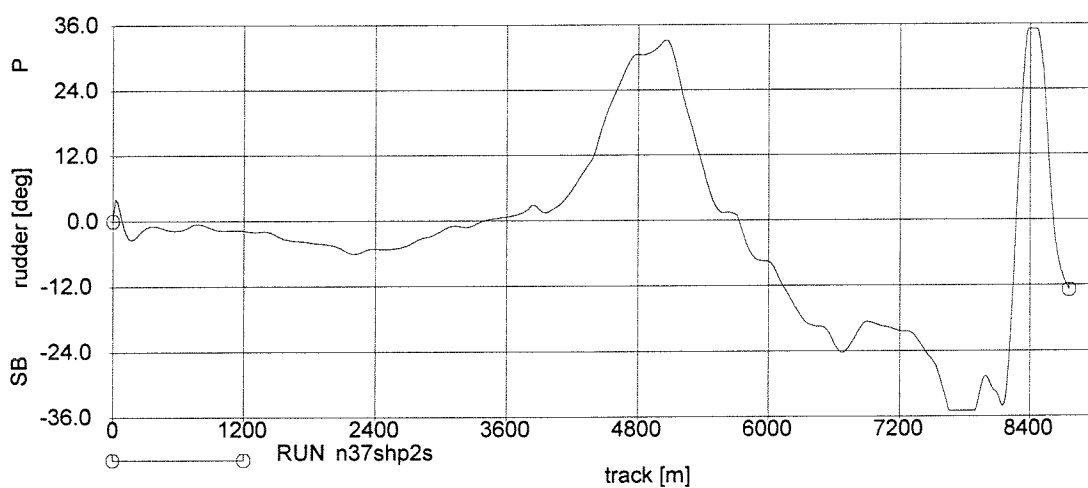
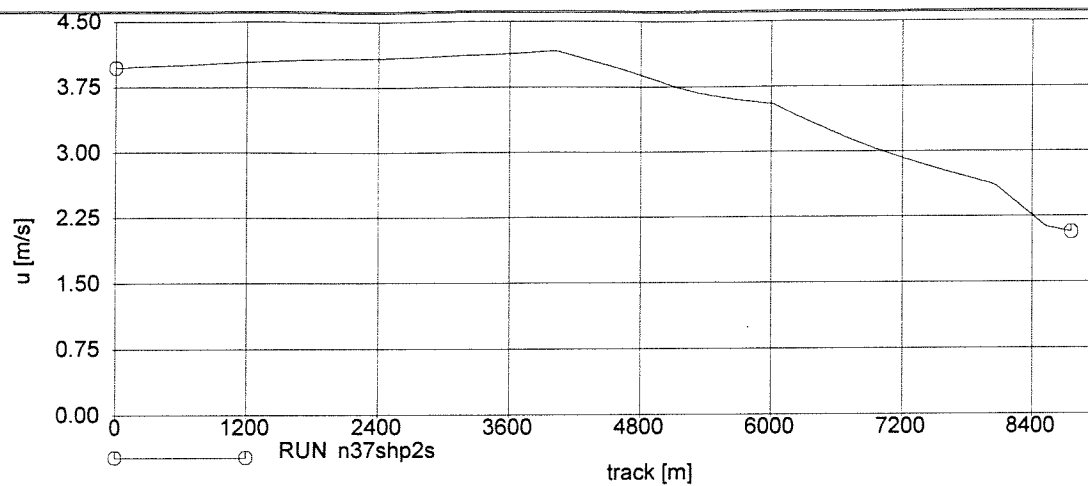
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n36/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n36s2s



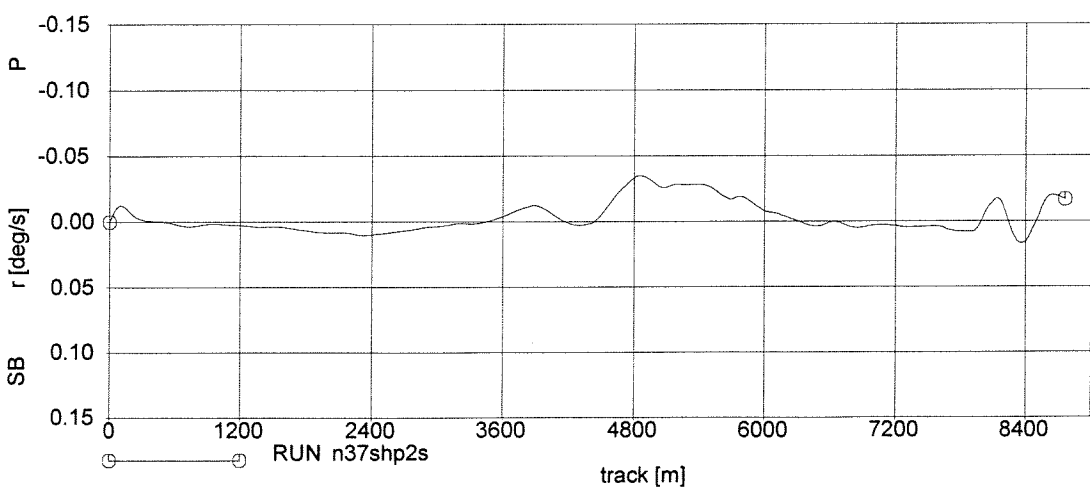
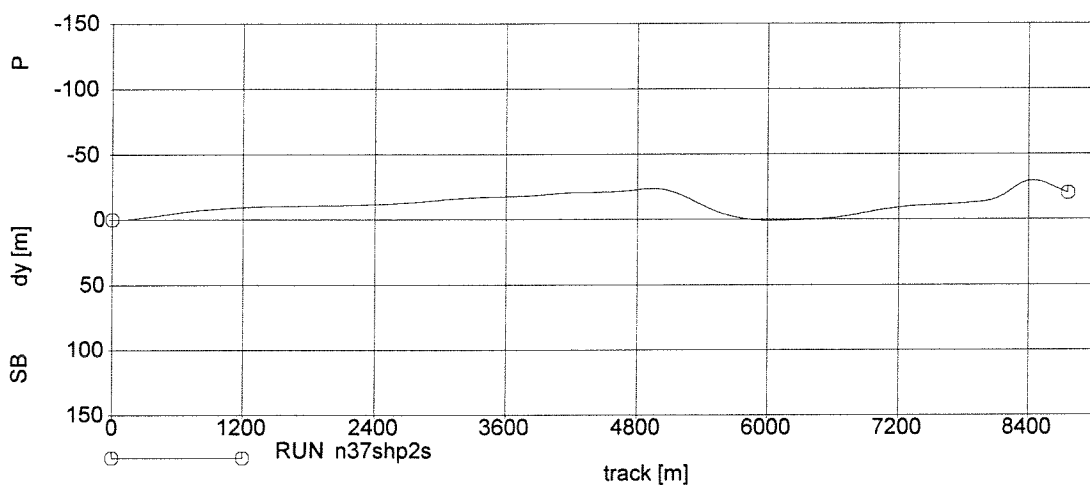
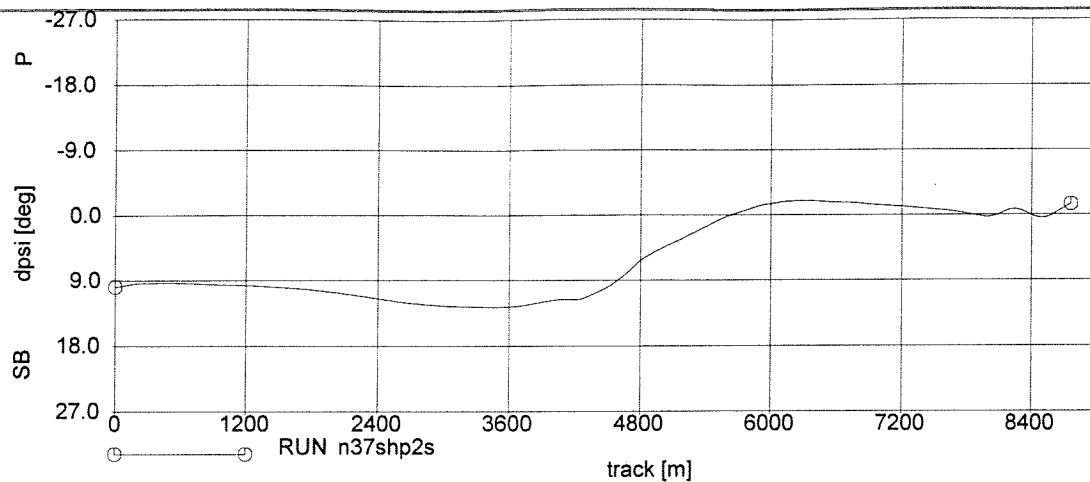
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n37/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n37s2s



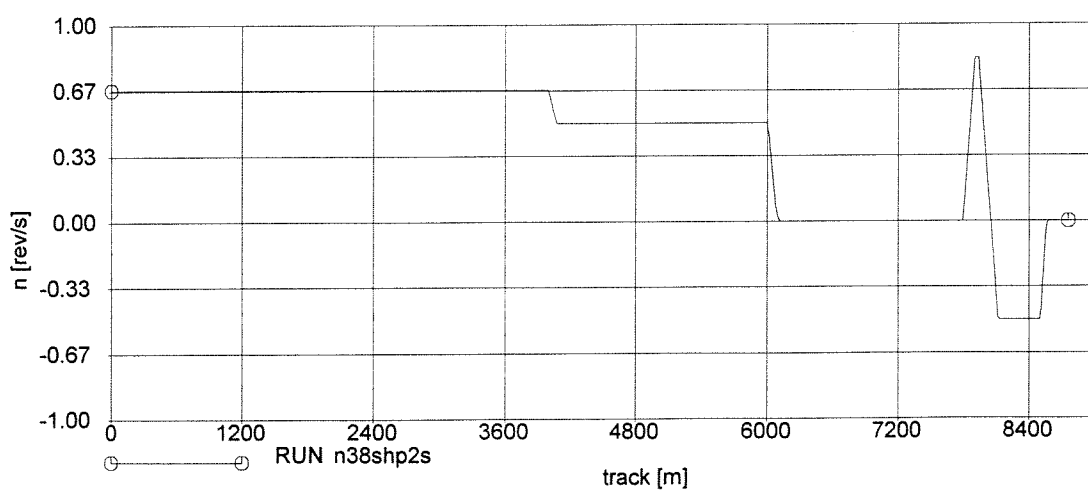
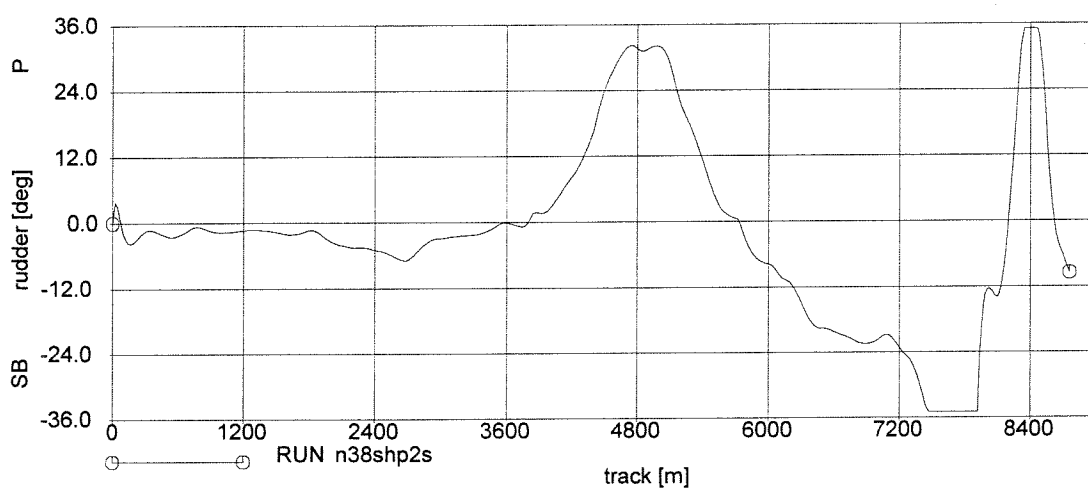
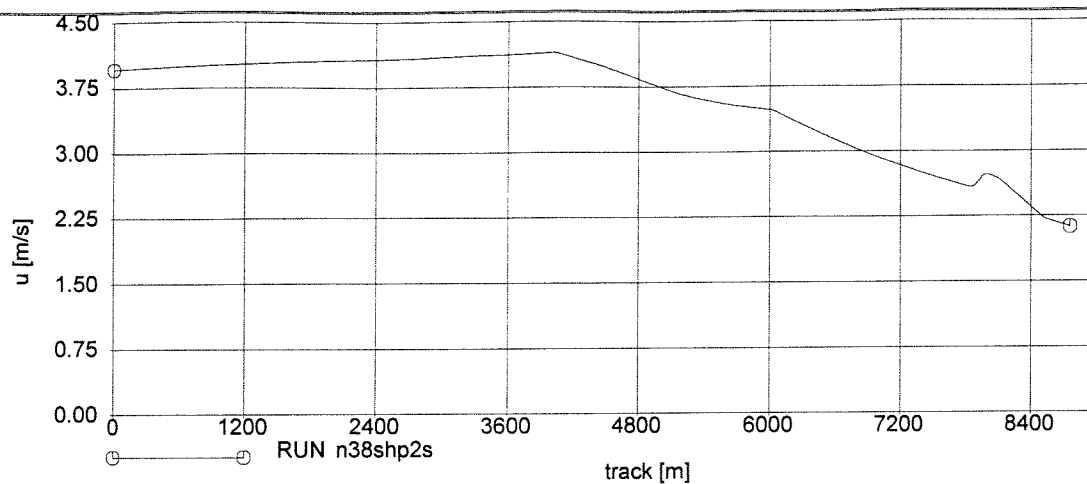
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n37/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n37s2s



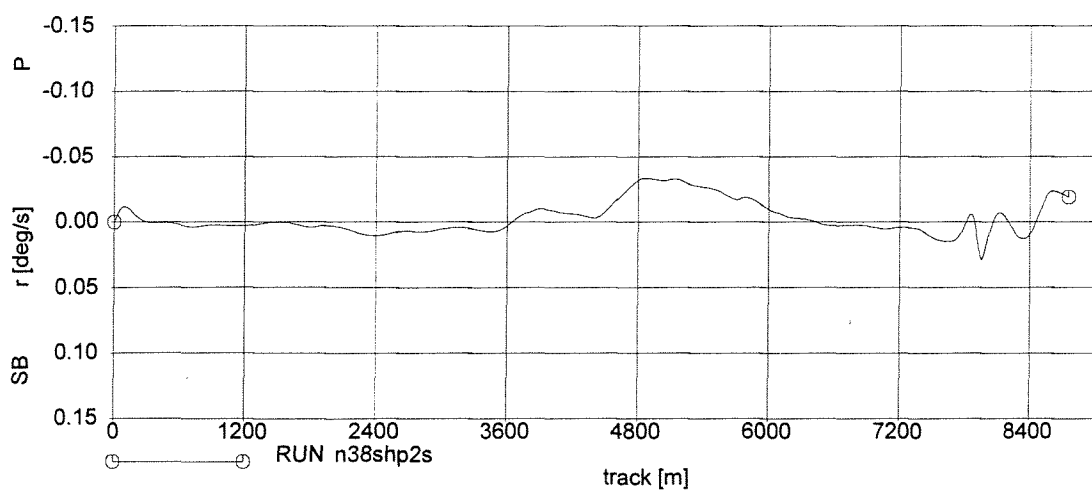
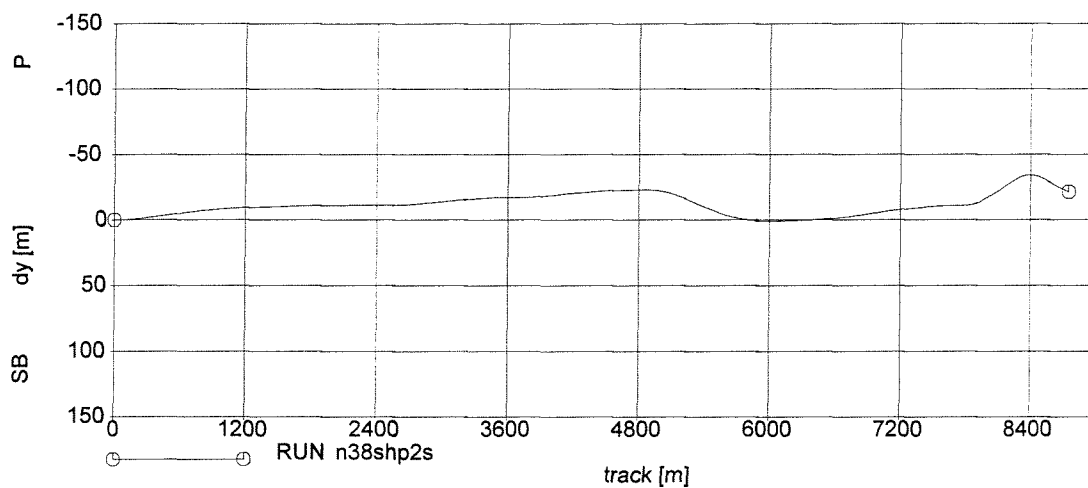
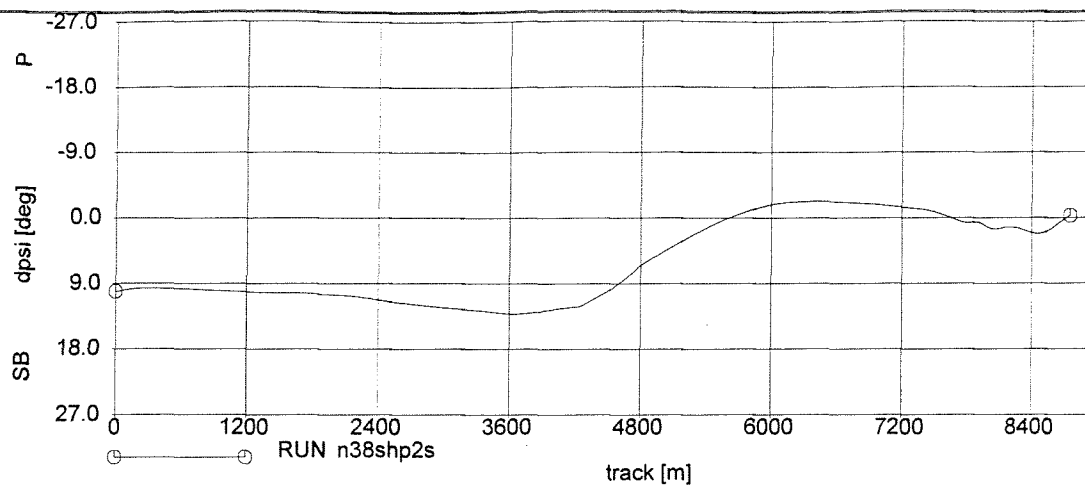
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegang manoeuvre

n38/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n38s2s



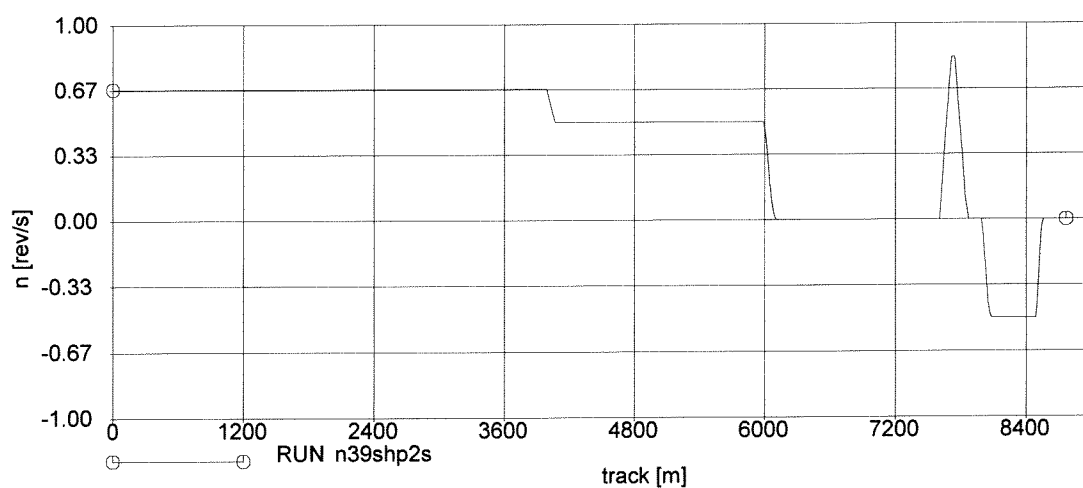
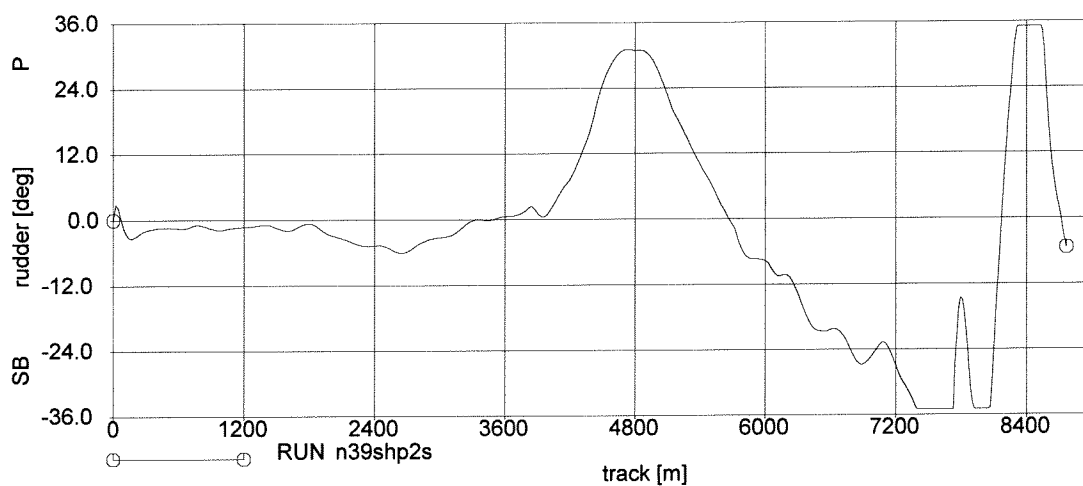
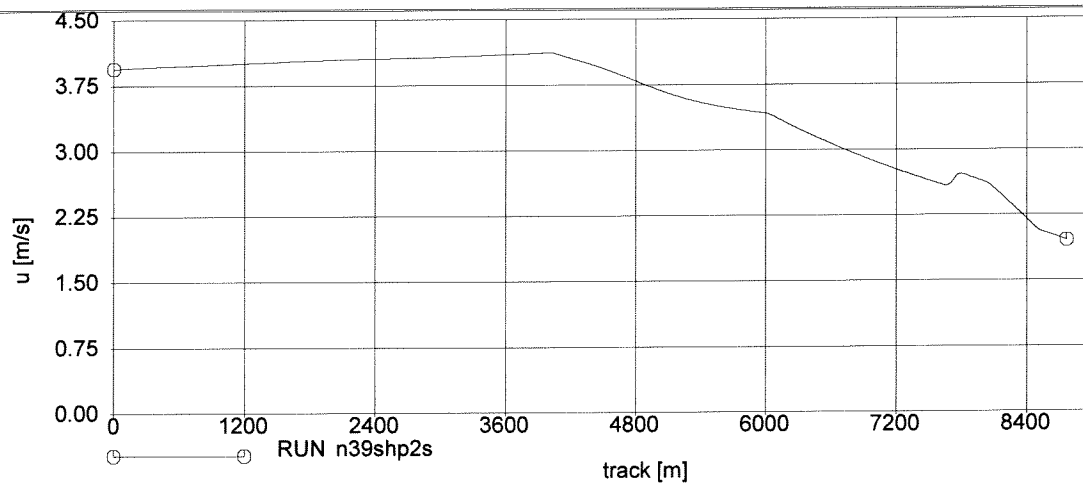
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n38/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n38s2s



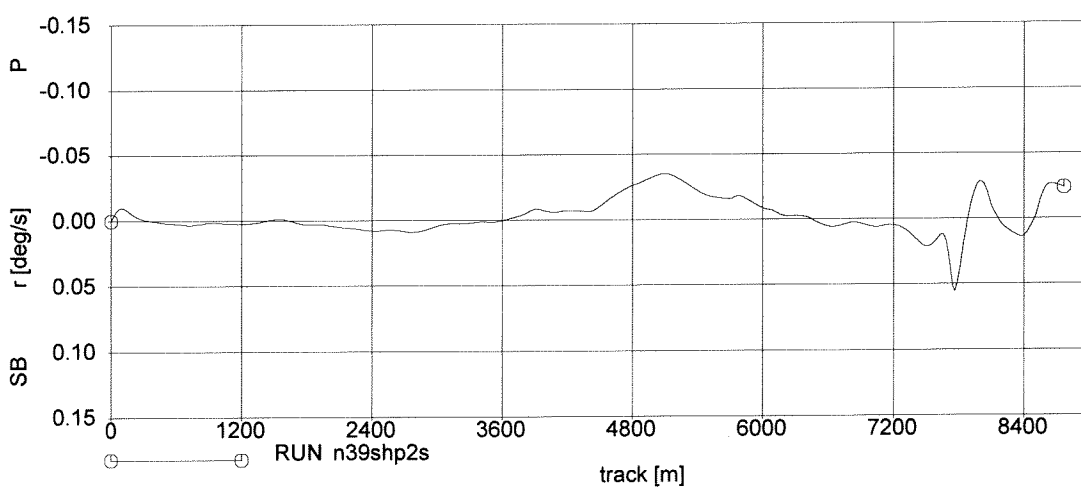
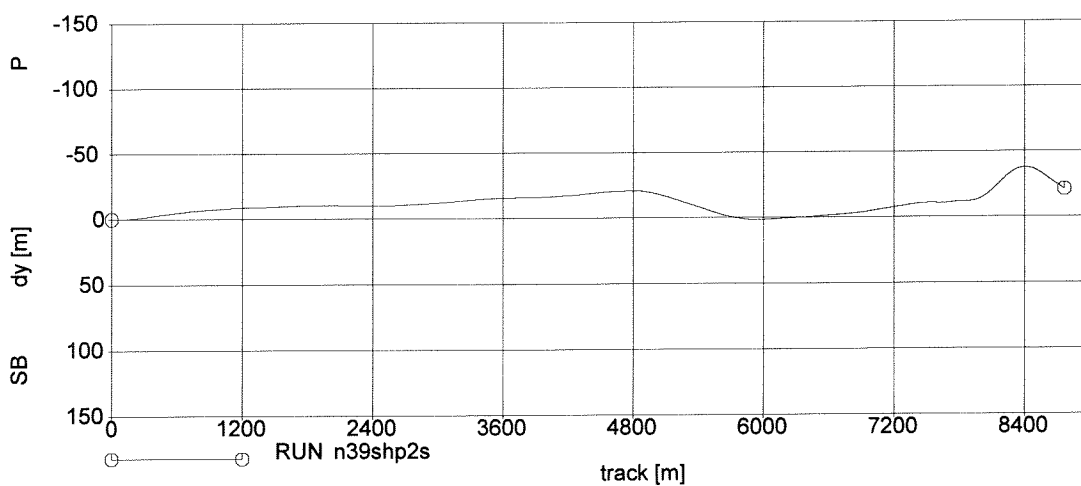
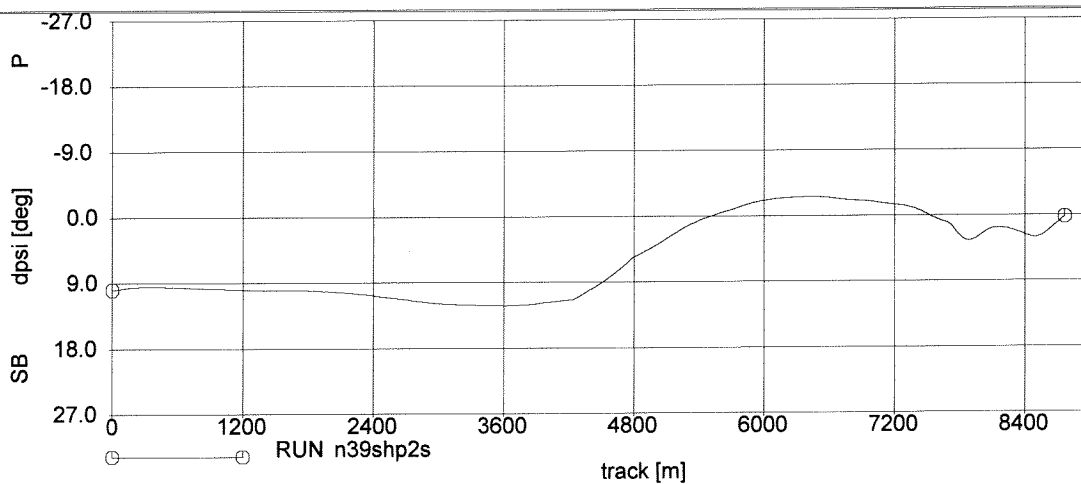
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n39/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. n39s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

n39/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

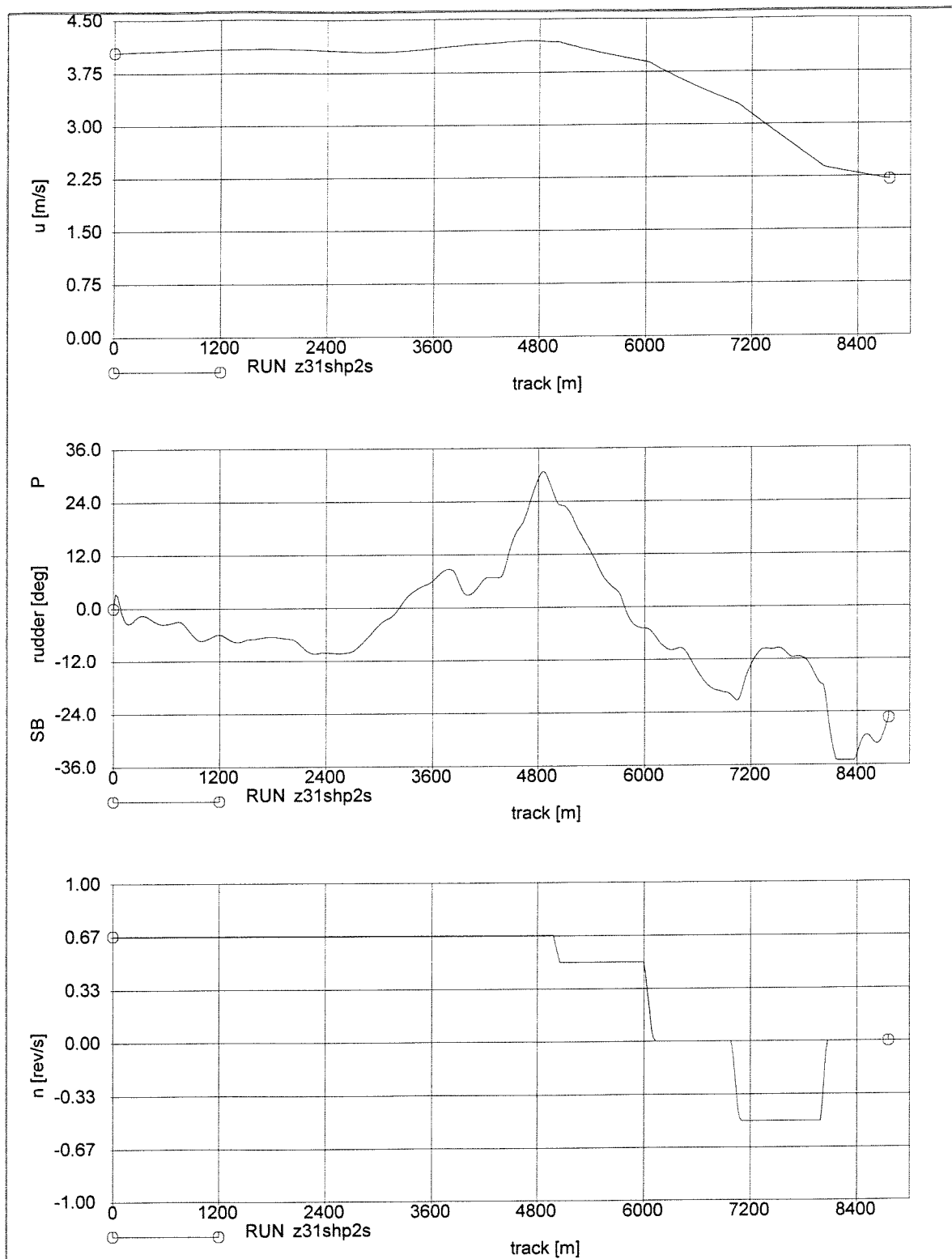
AvdHoek

FIG. n39s2s



Bijlage M-II

**Dataplots hoog snelheidsregime voor ZW-
wind, schip 2, springtij, stap 3 I t/m 39**



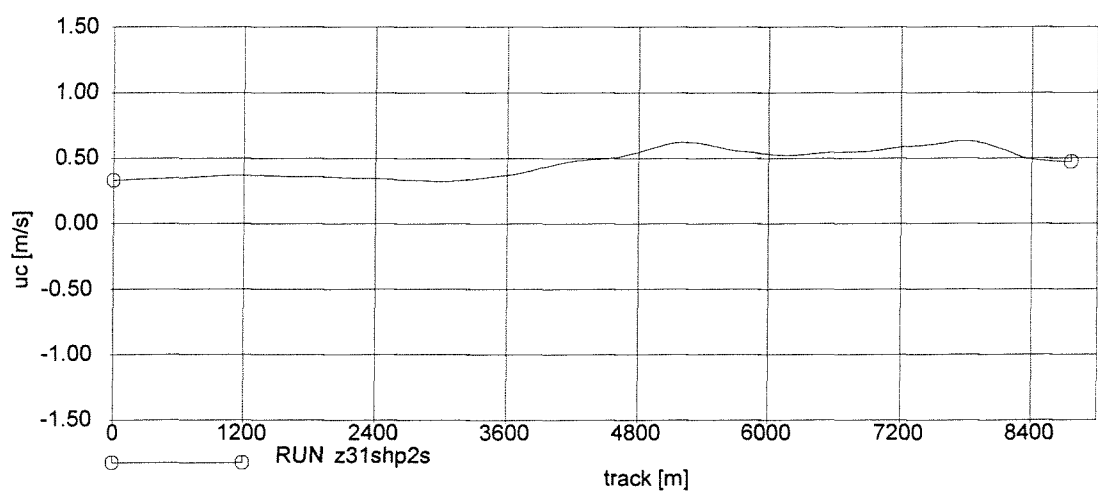
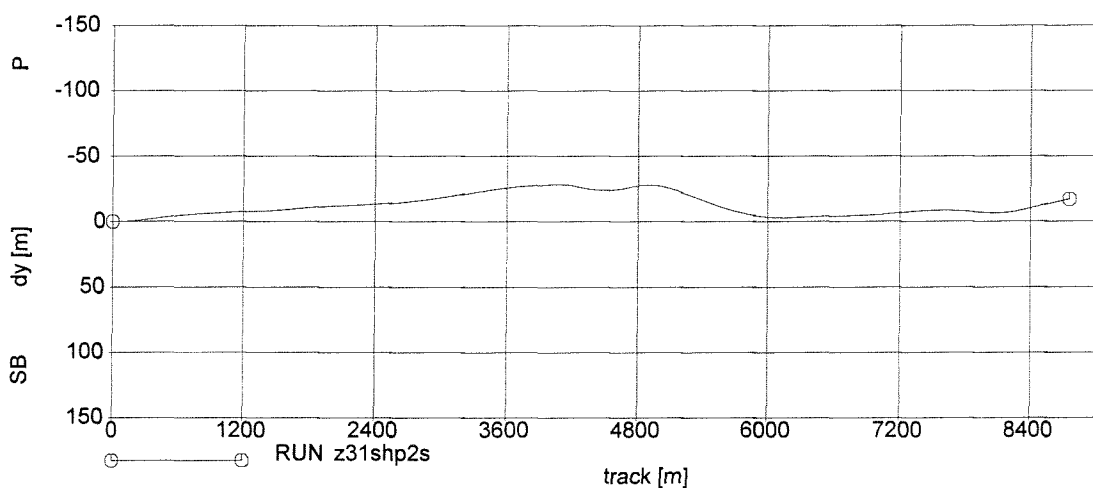
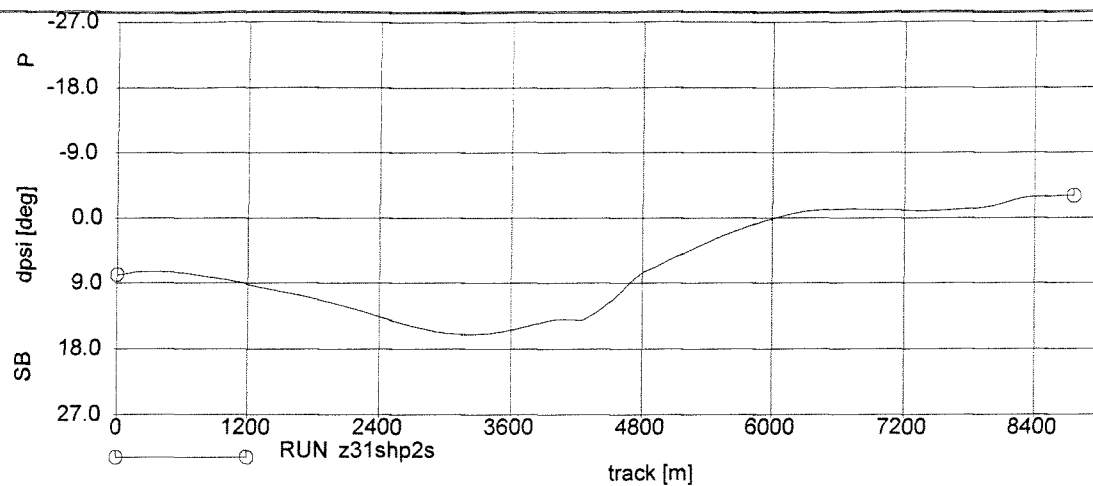
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z31/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z31s2s



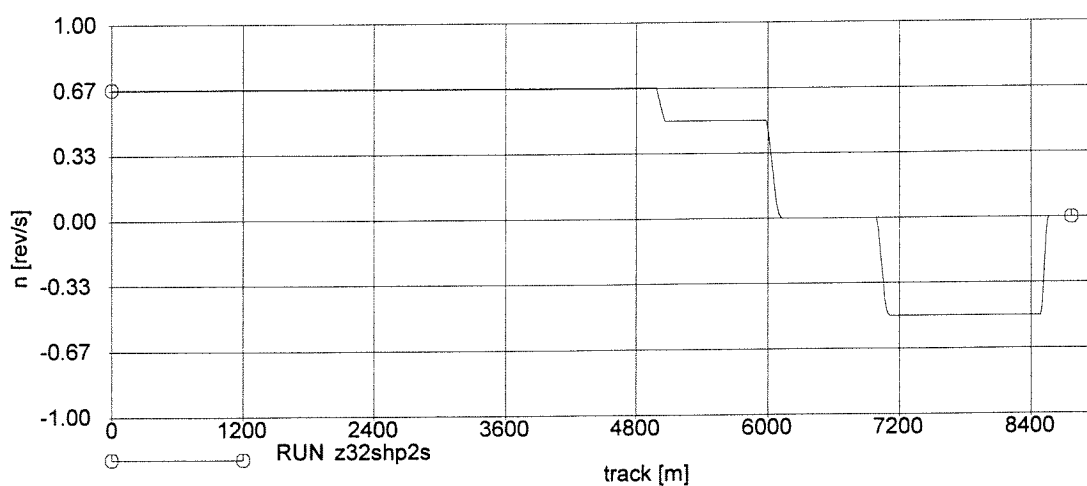
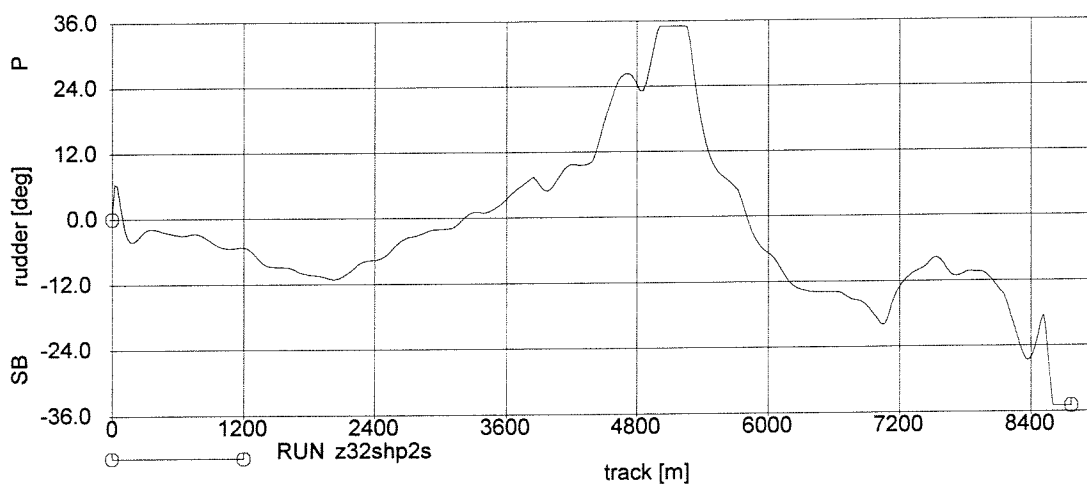
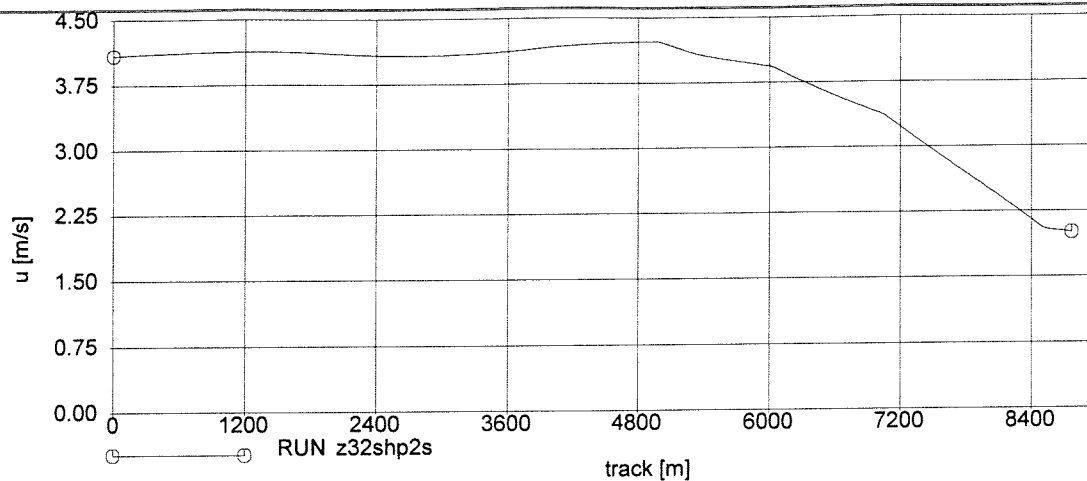
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z31/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z31s2s



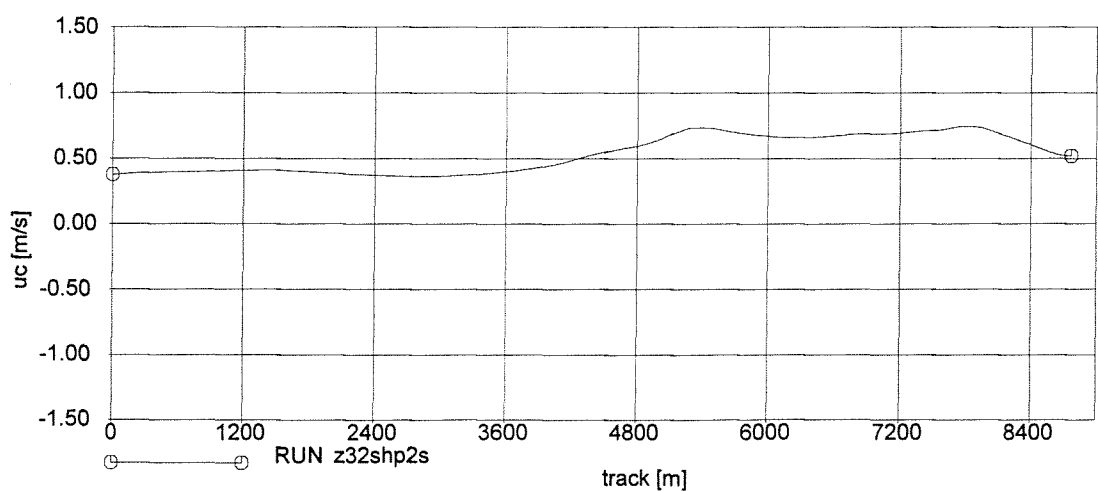
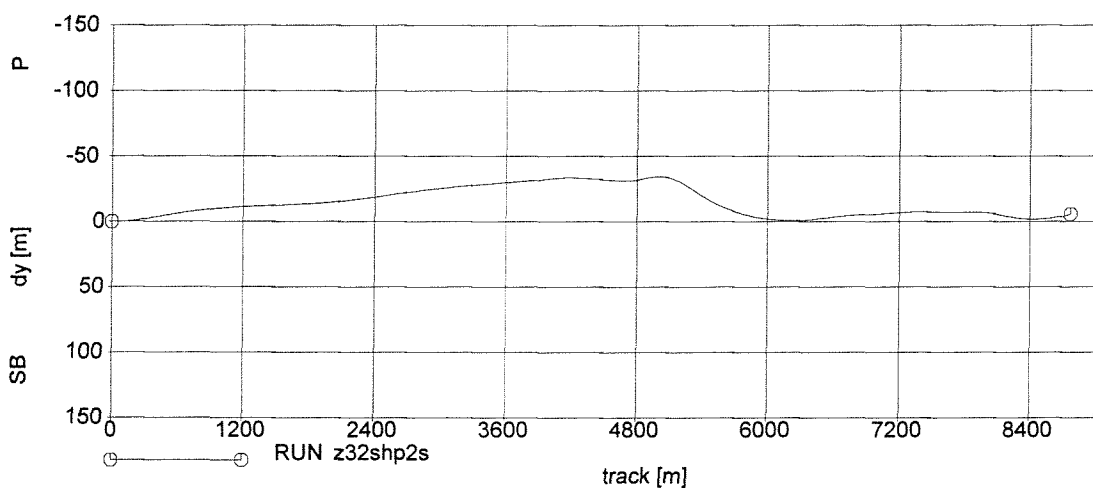
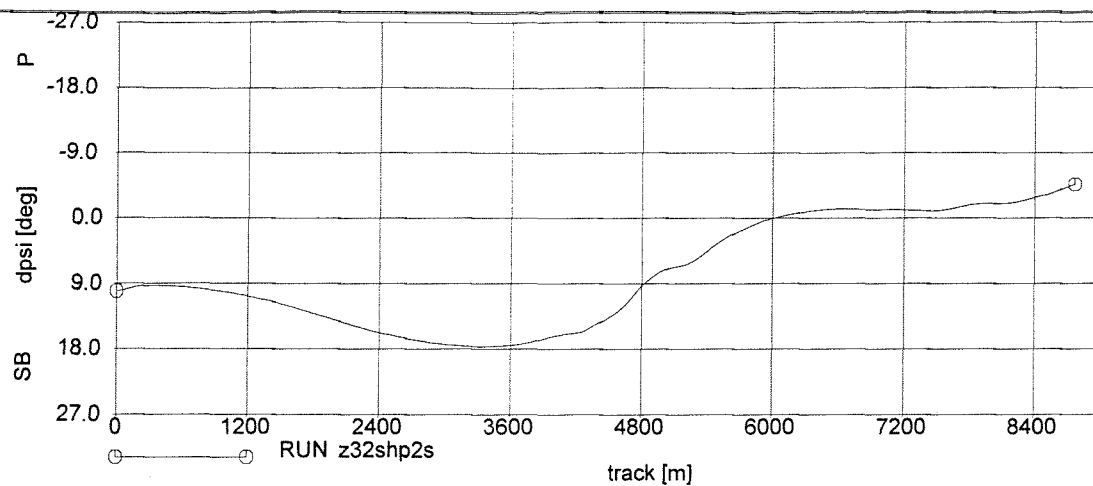
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegang manoeuvre

z32/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z32s2s



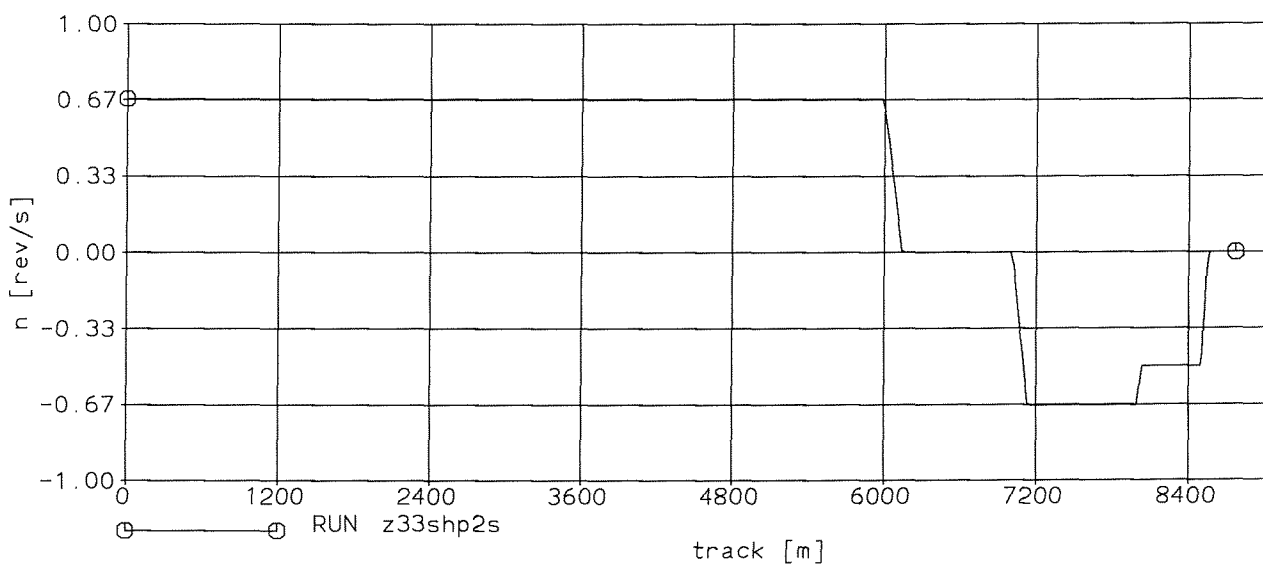
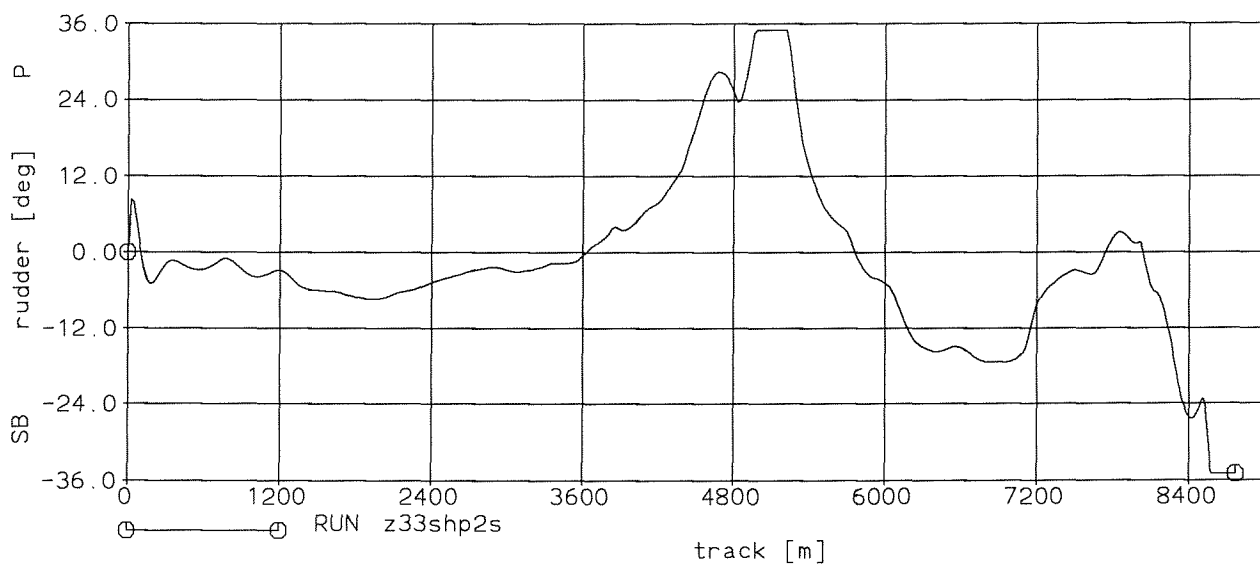
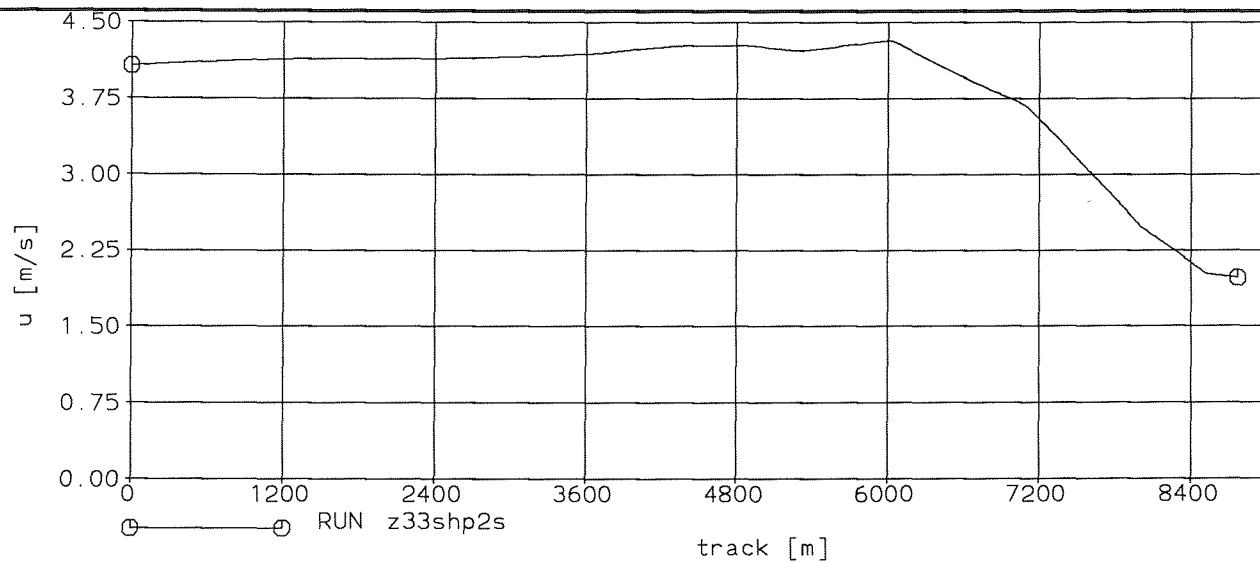
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z32/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z32s2s



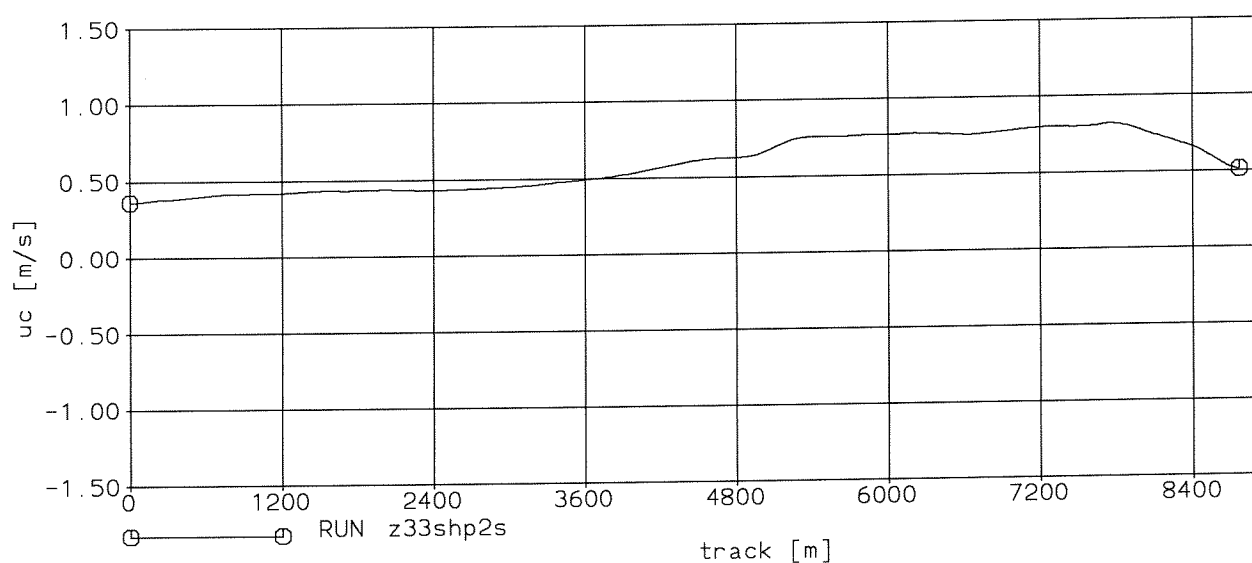
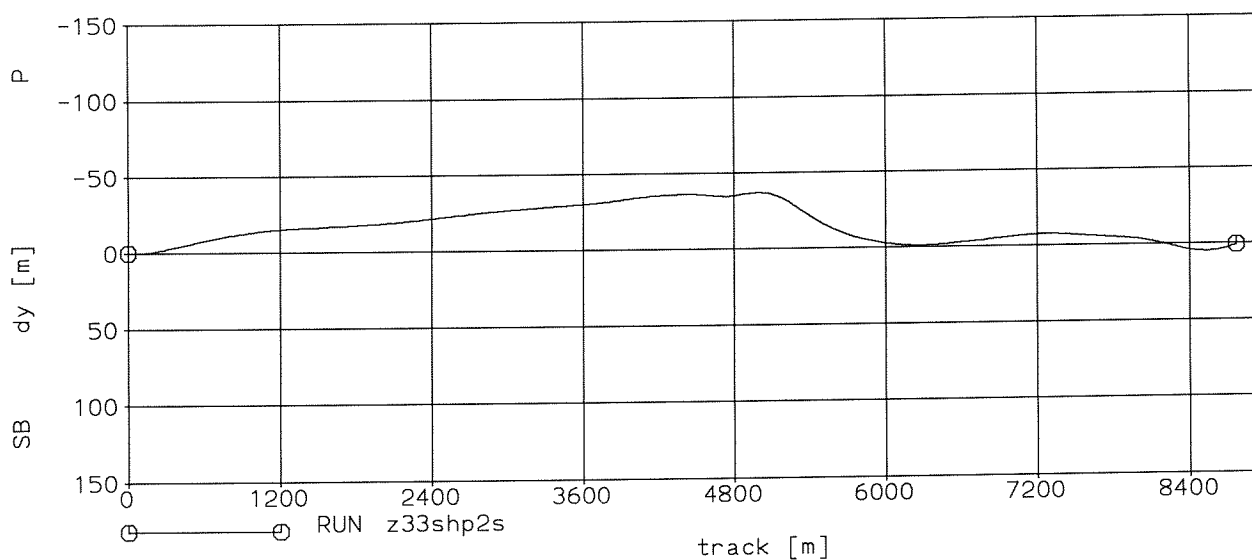
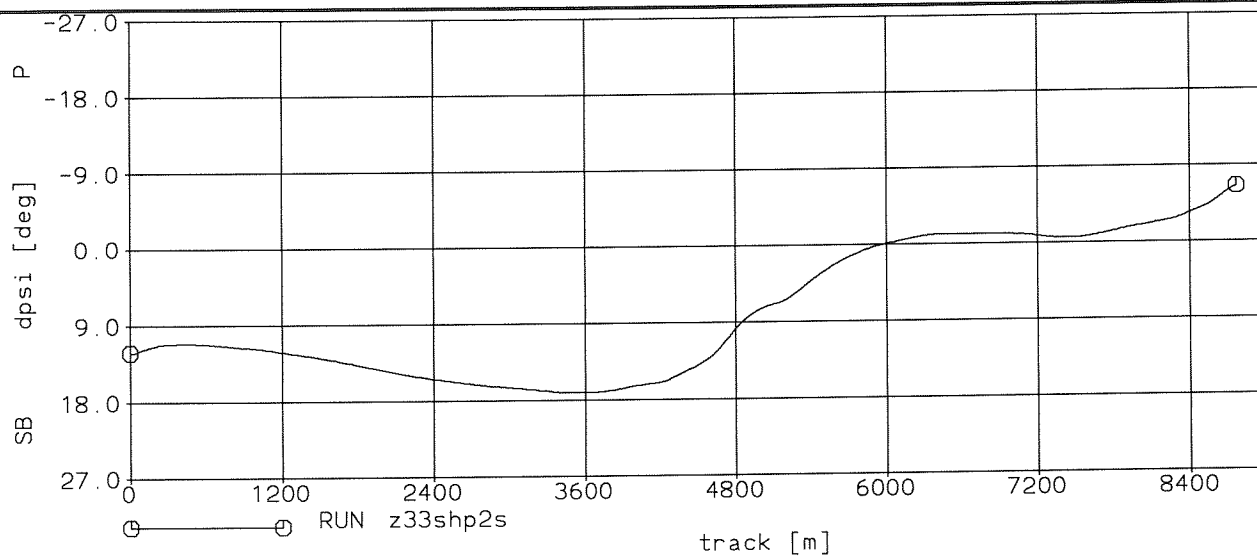
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z33/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z33s2s



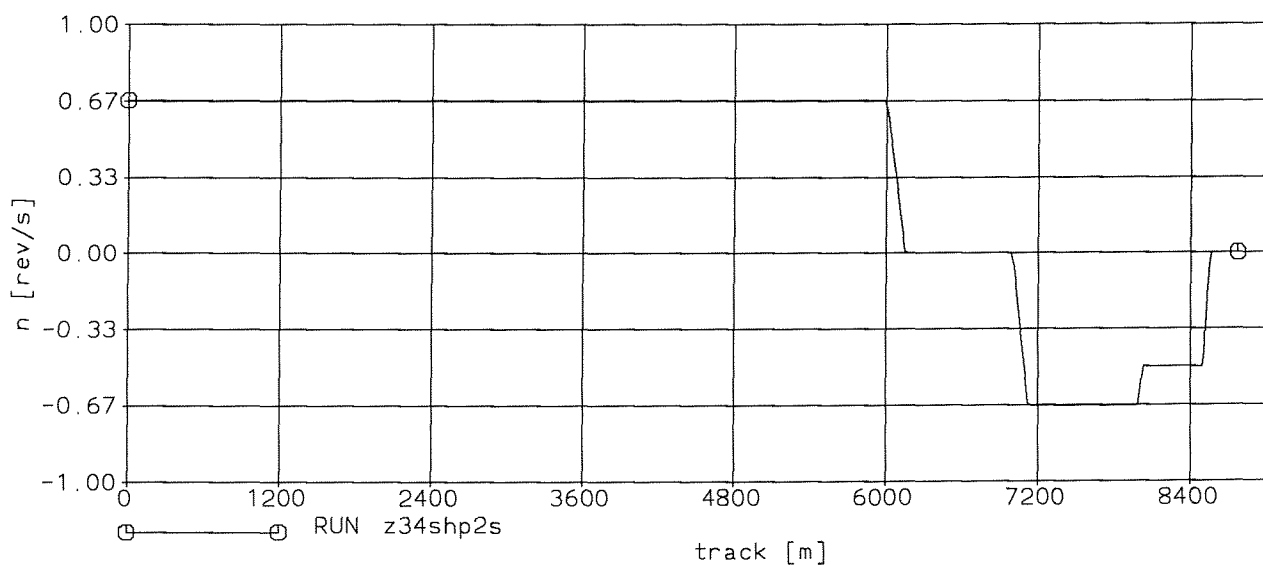
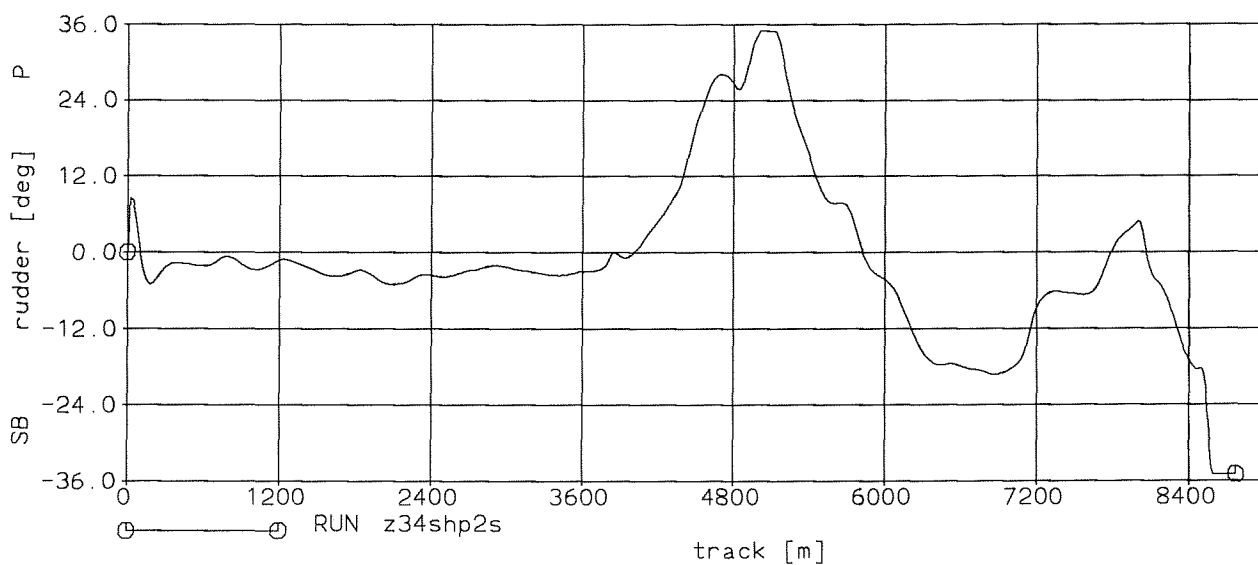
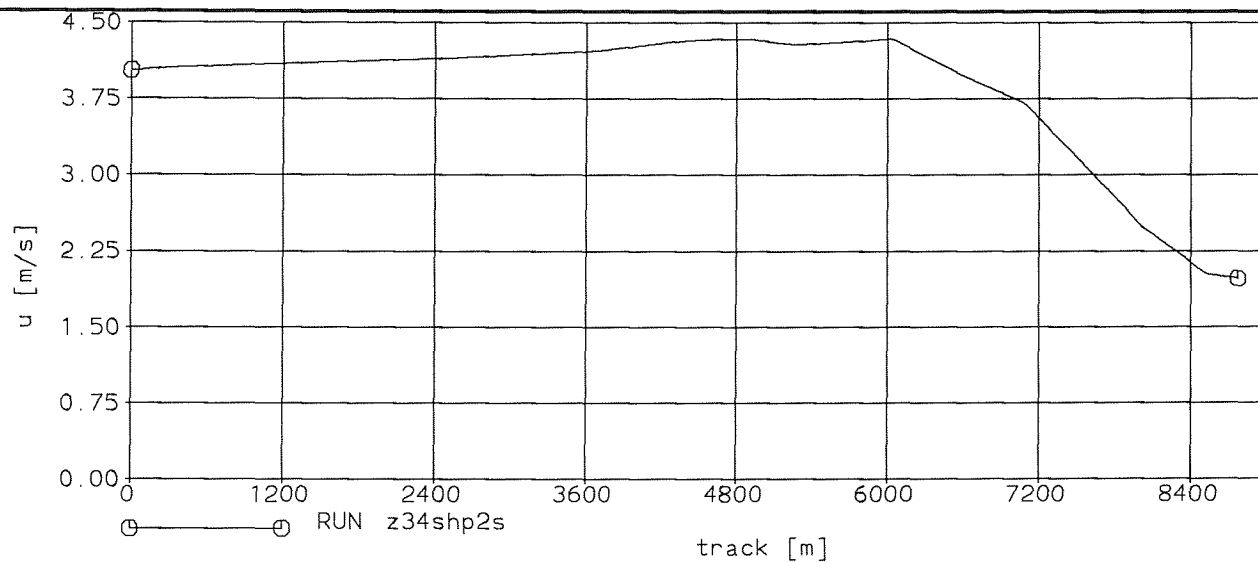
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z33/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z33s2s



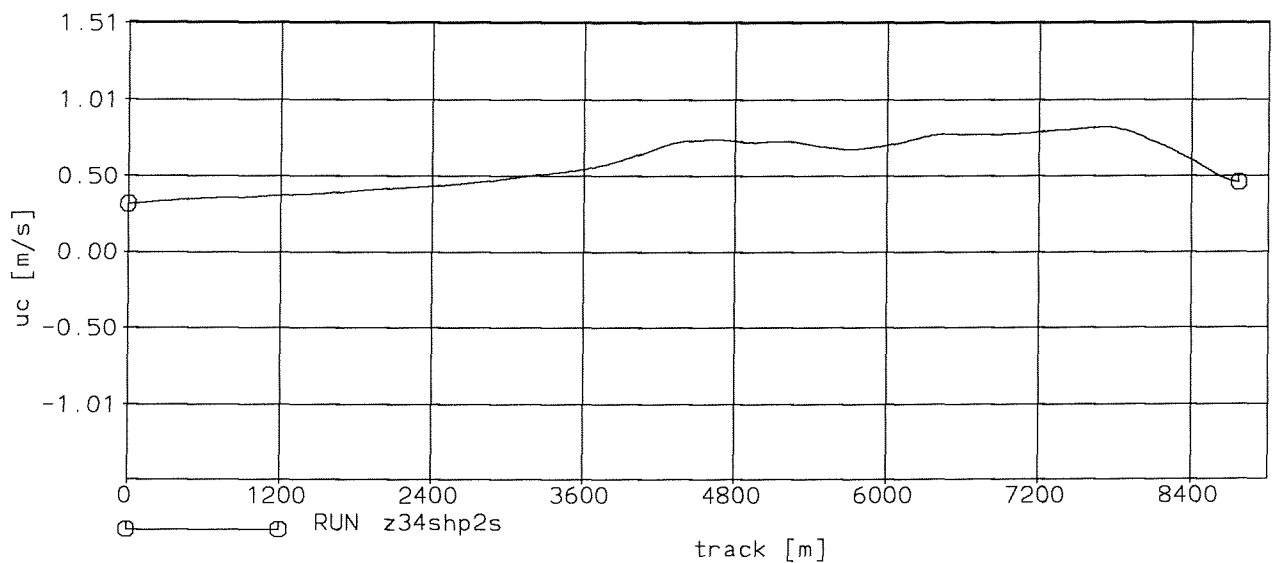
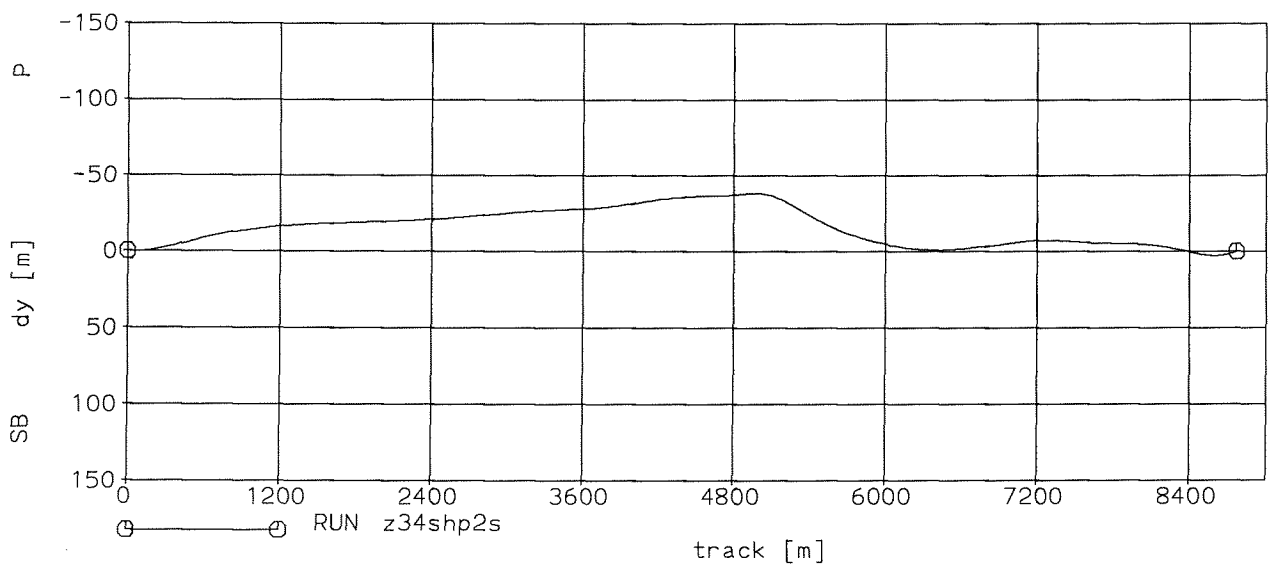
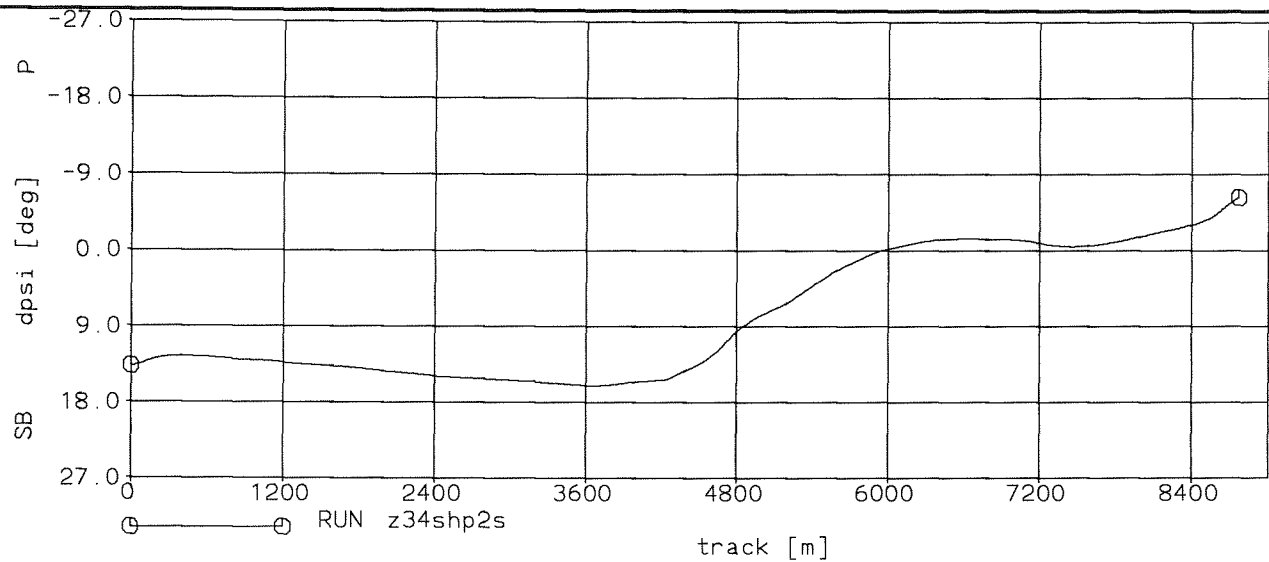
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z34/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z34s2s



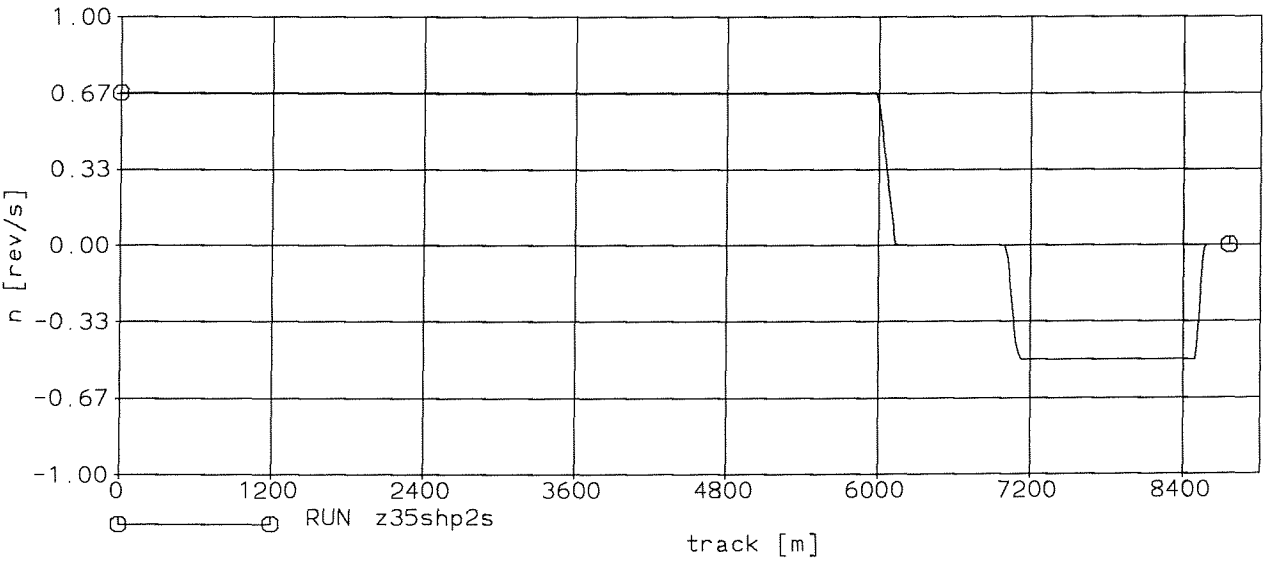
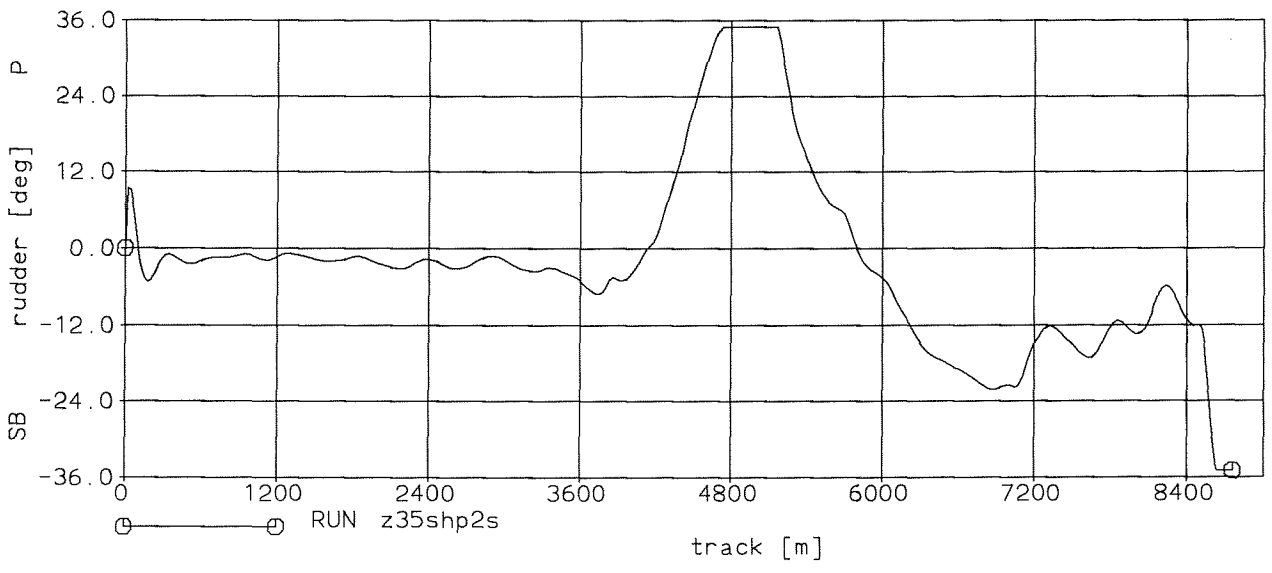
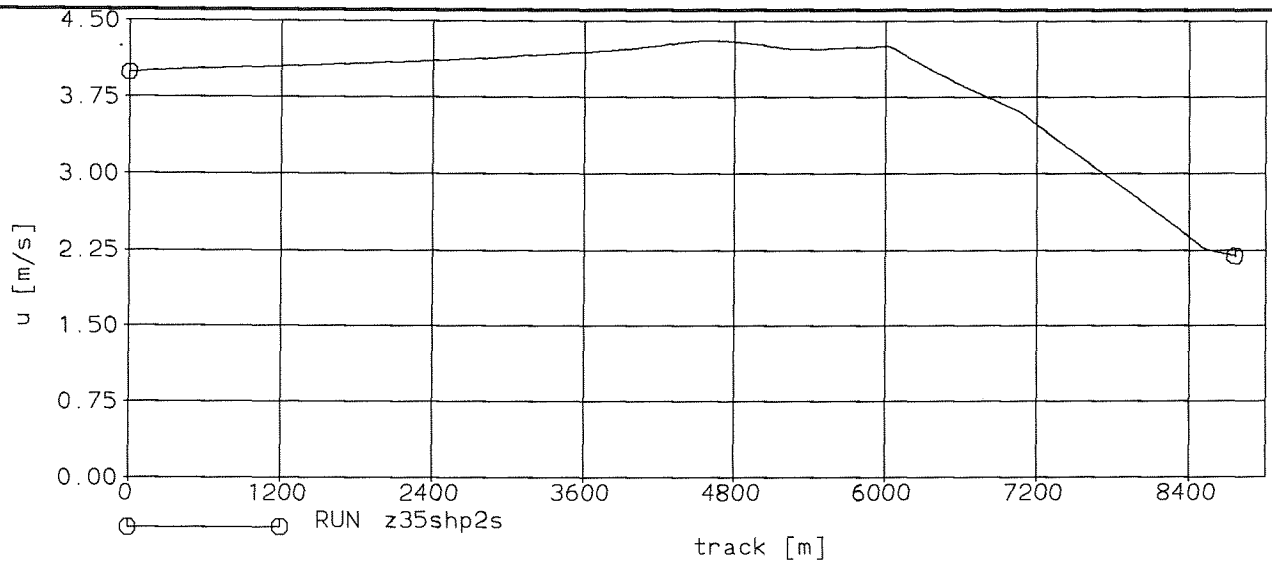
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z34/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z34s2s



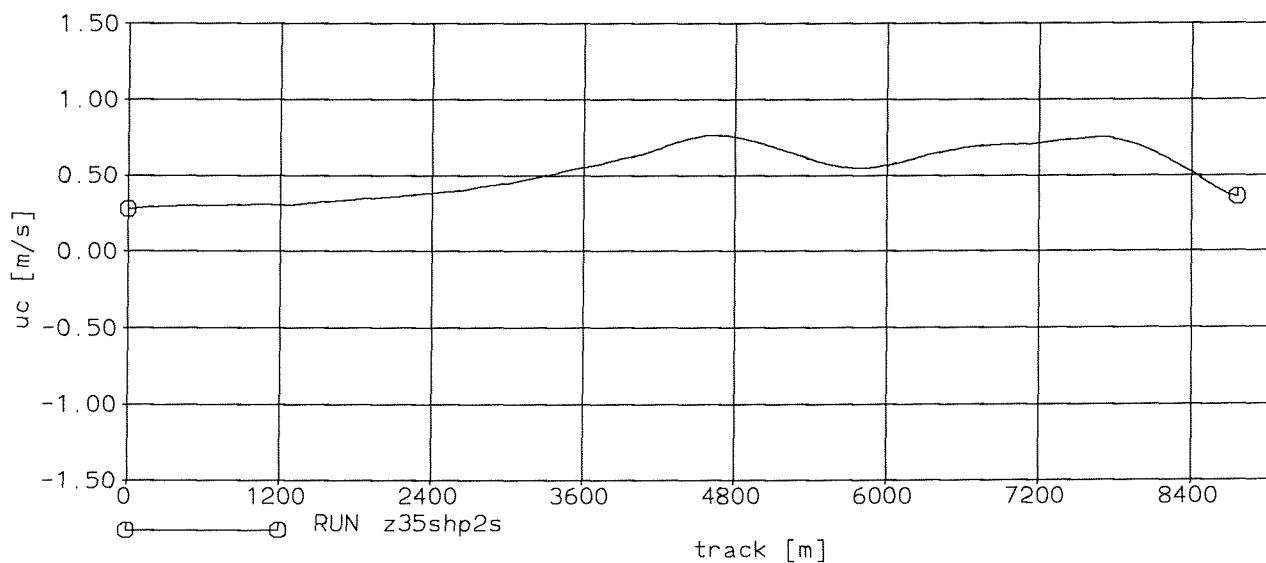
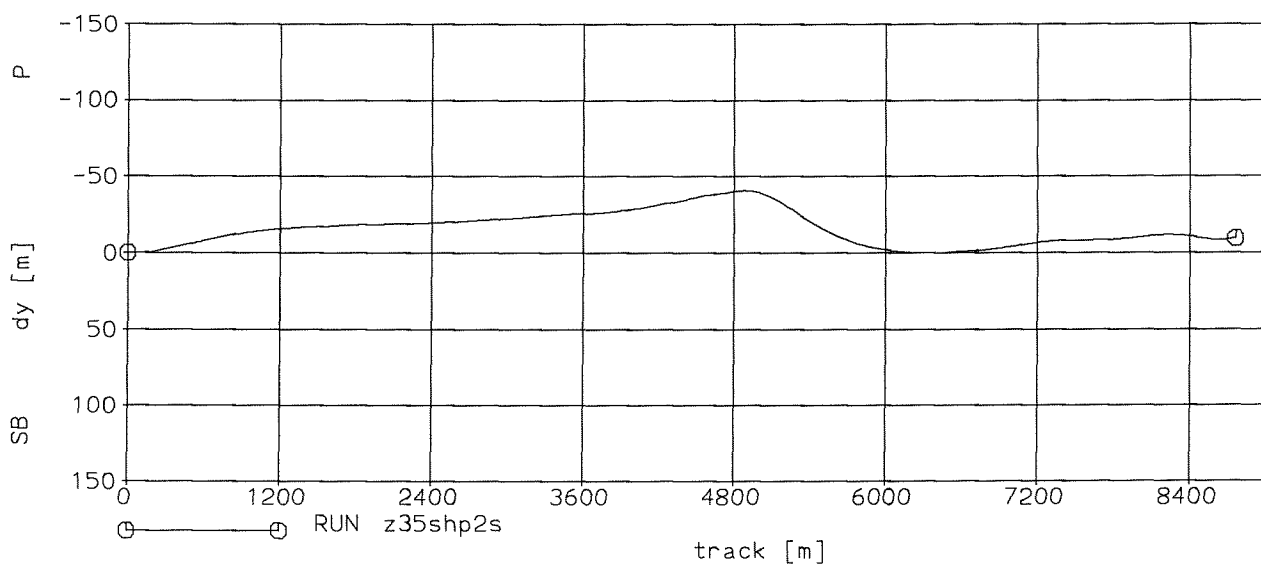
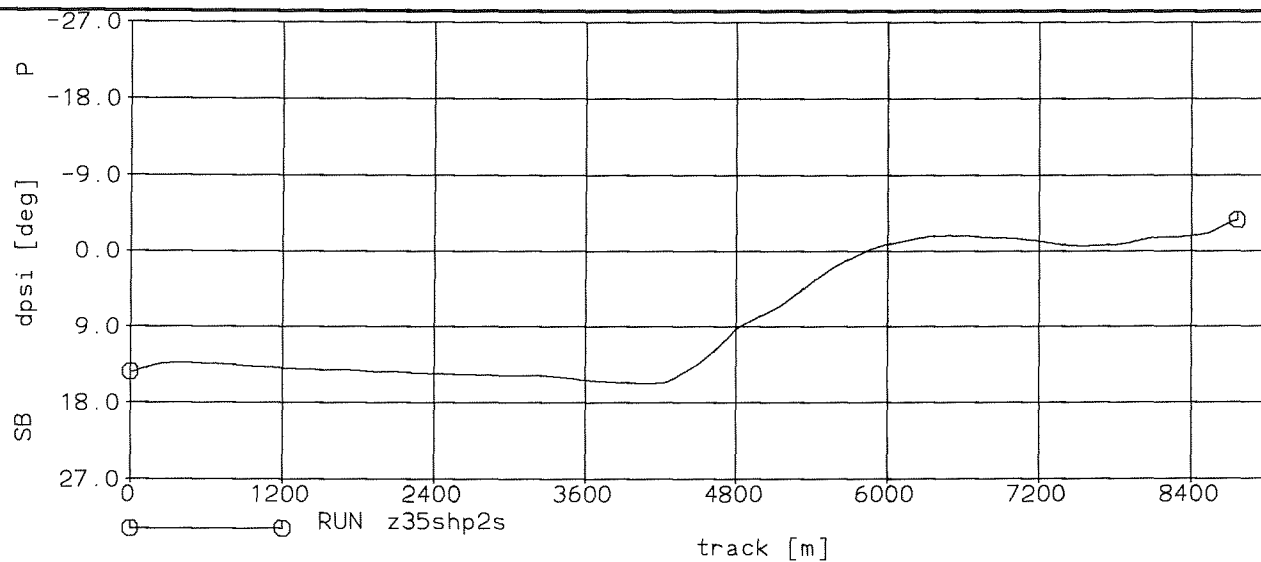
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z35/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z35s2s



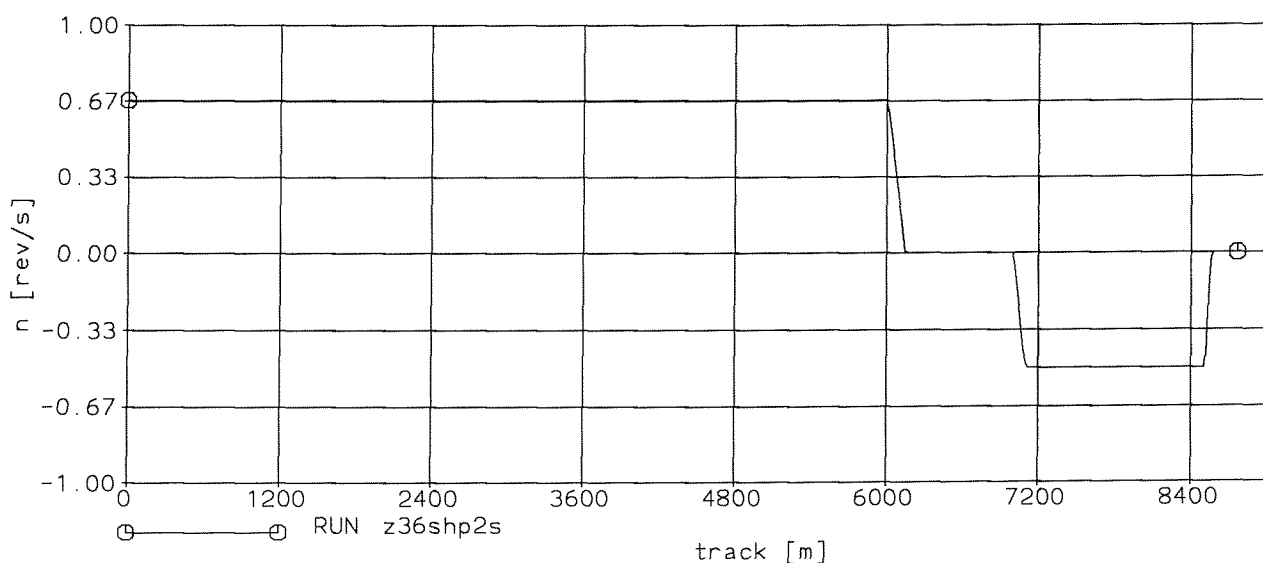
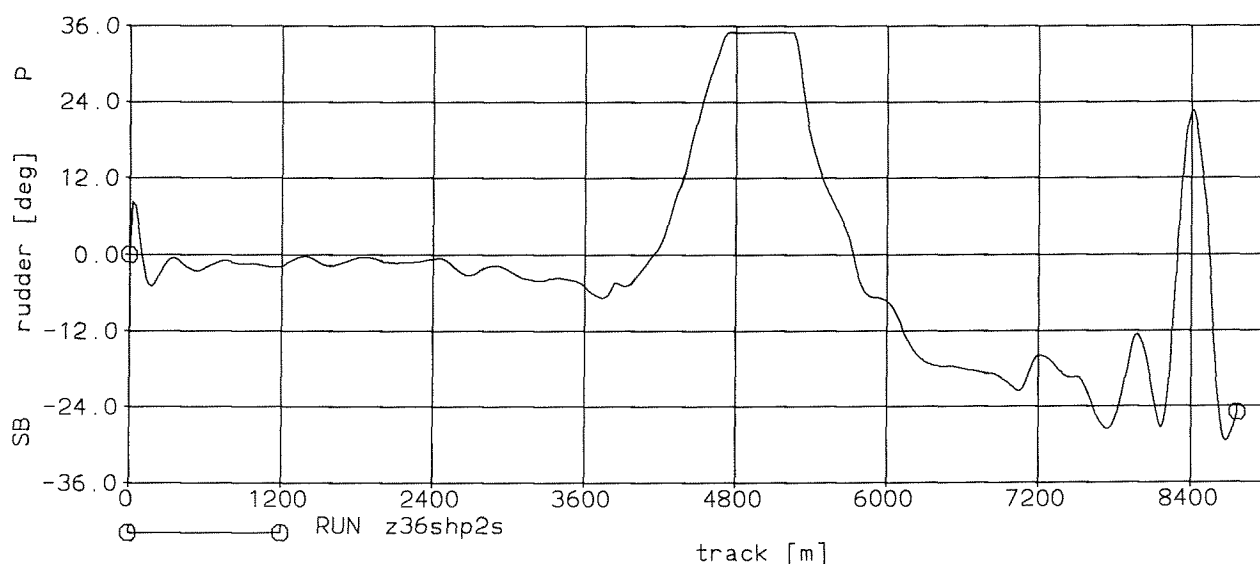
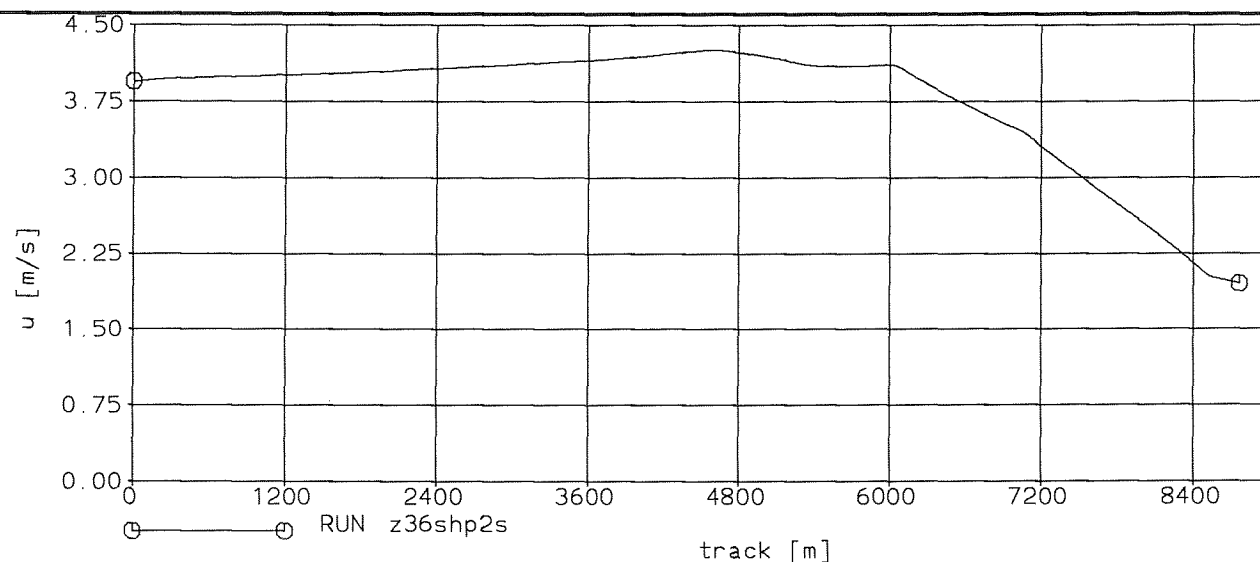
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z35/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z35s2s



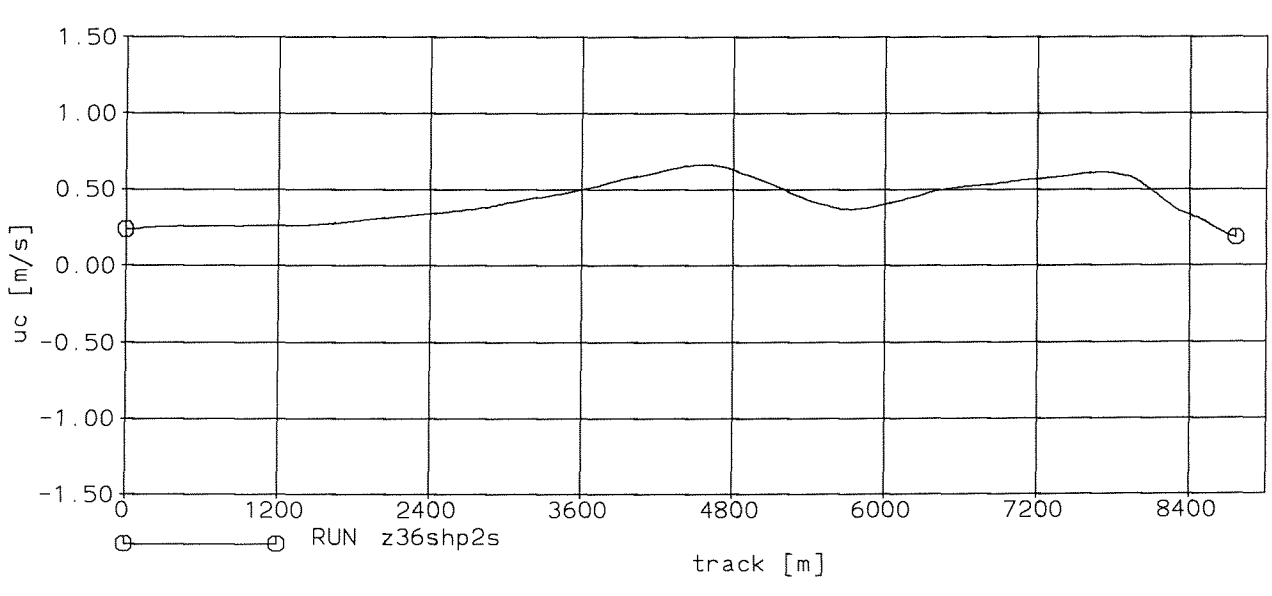
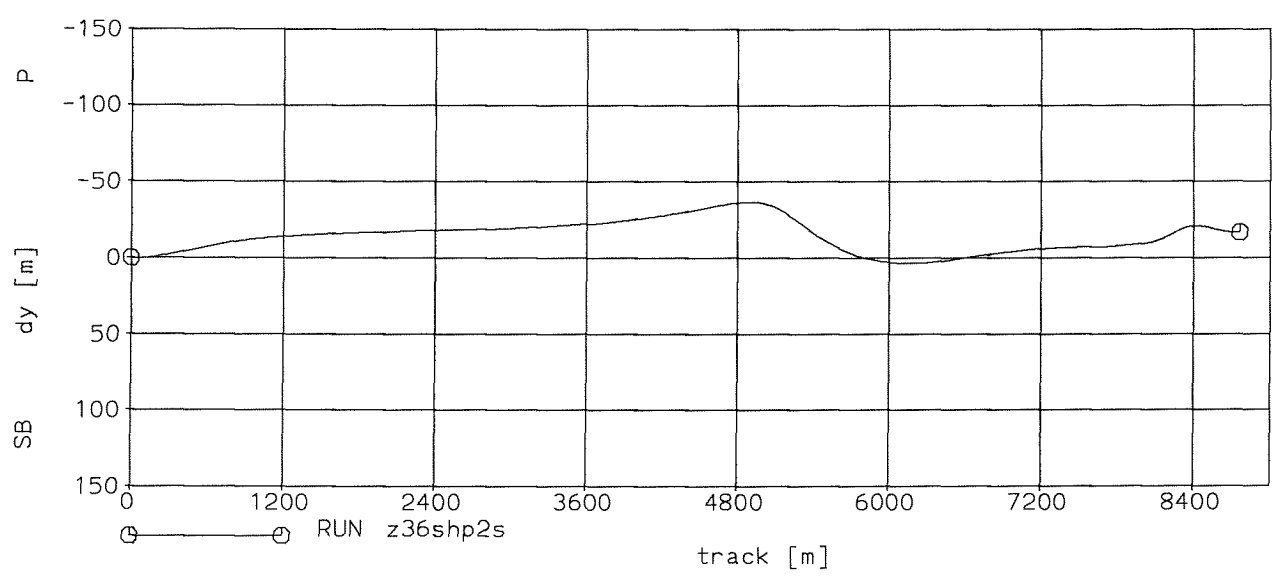
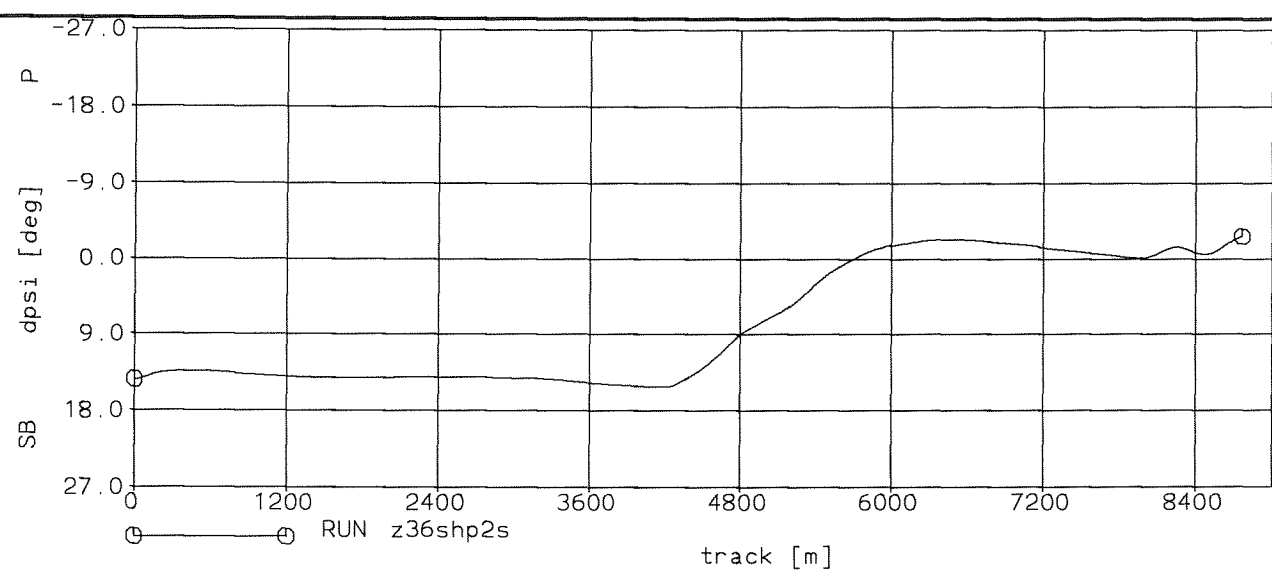
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z36/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z36s2s



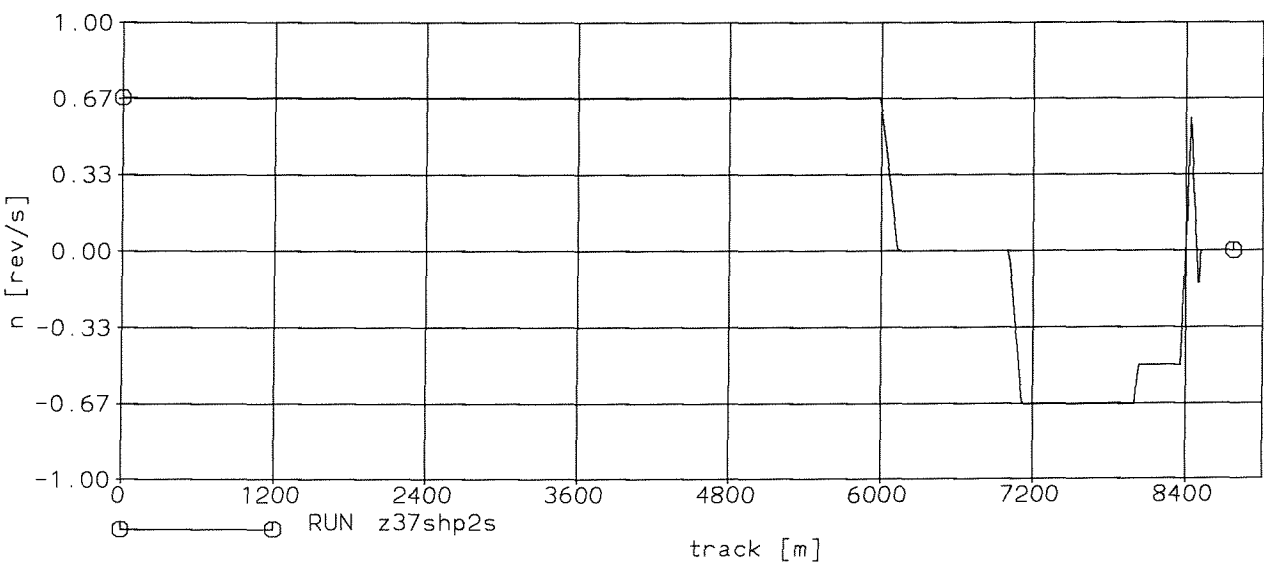
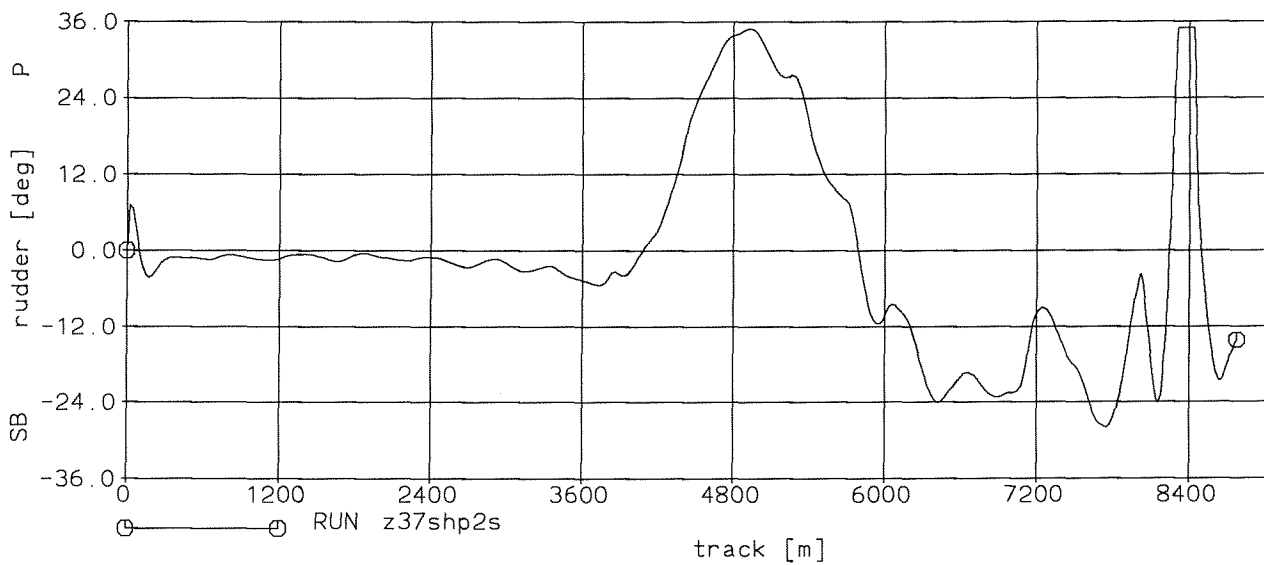
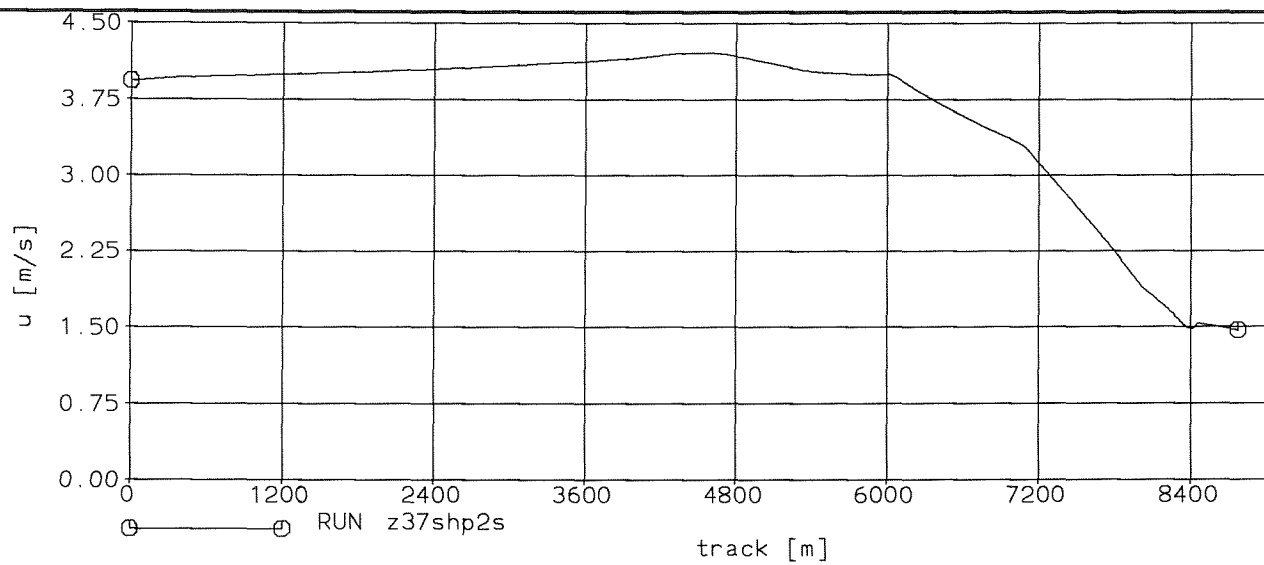
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z36/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z36s2s



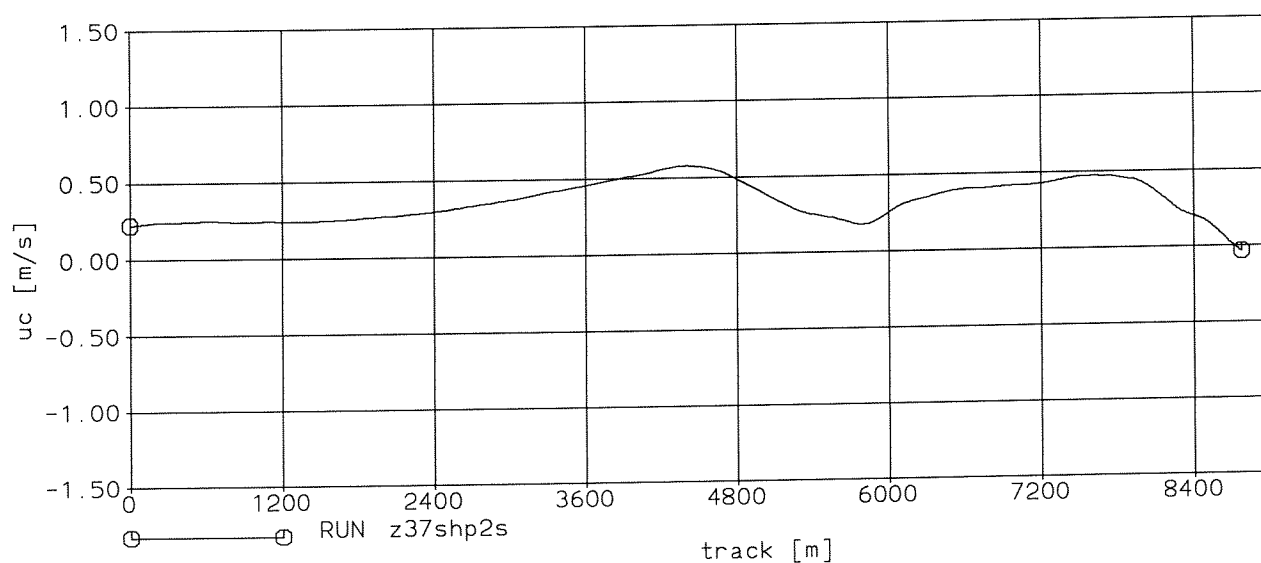
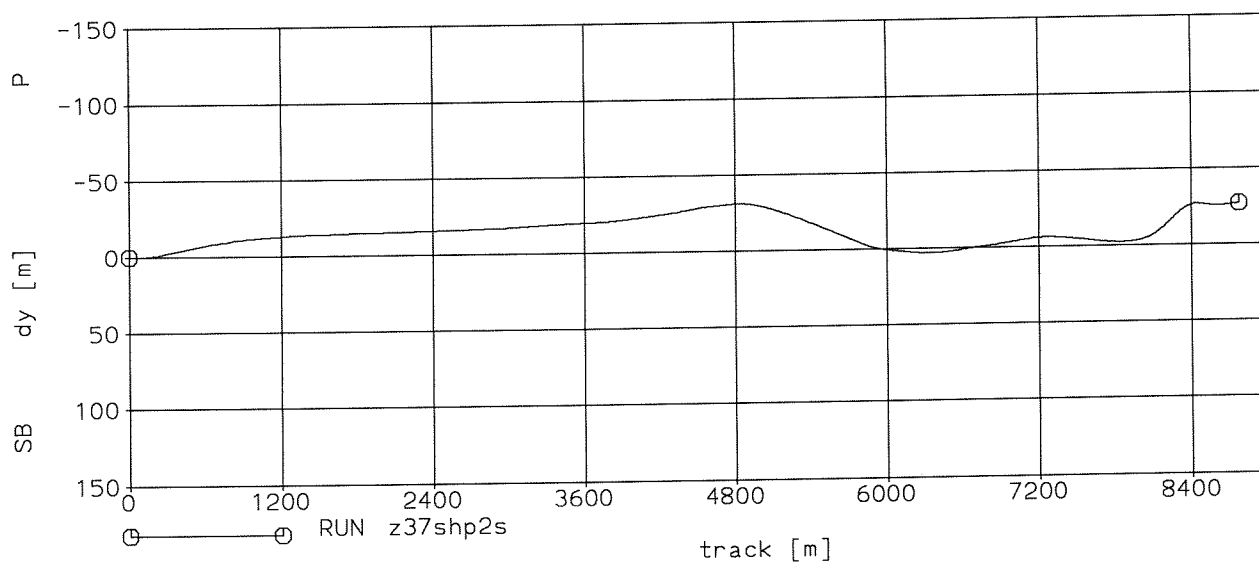
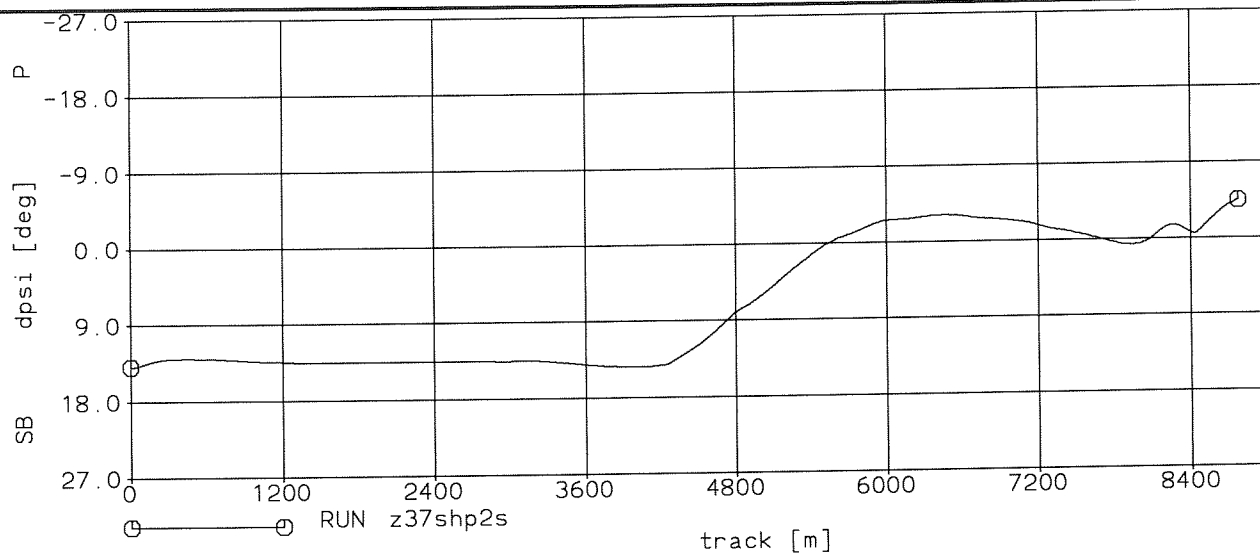
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z37/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z37s2s



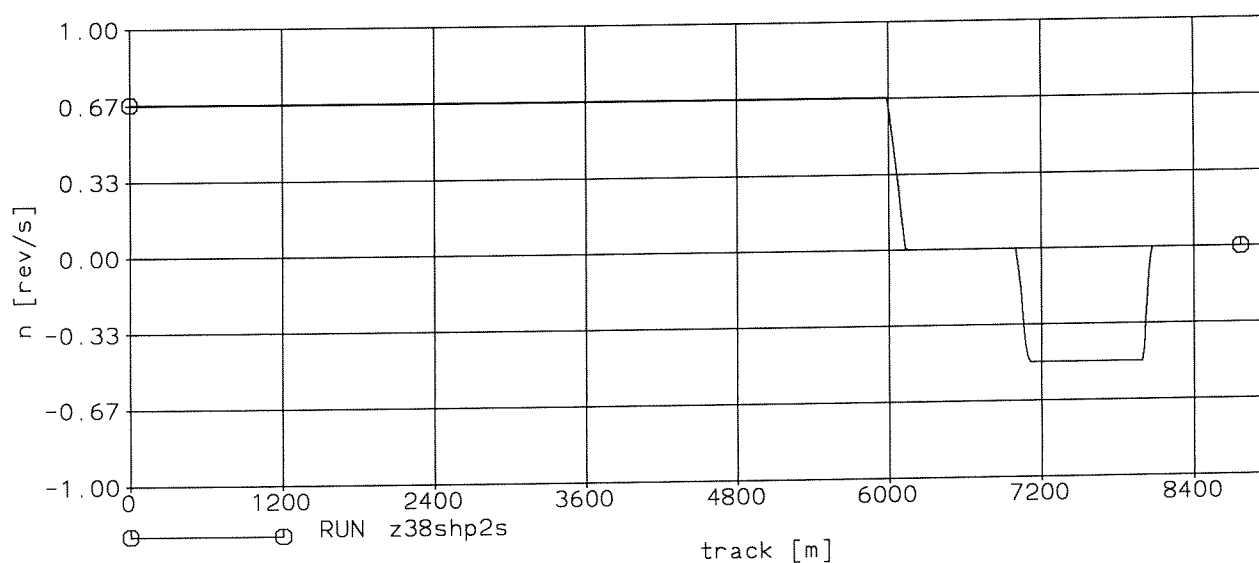
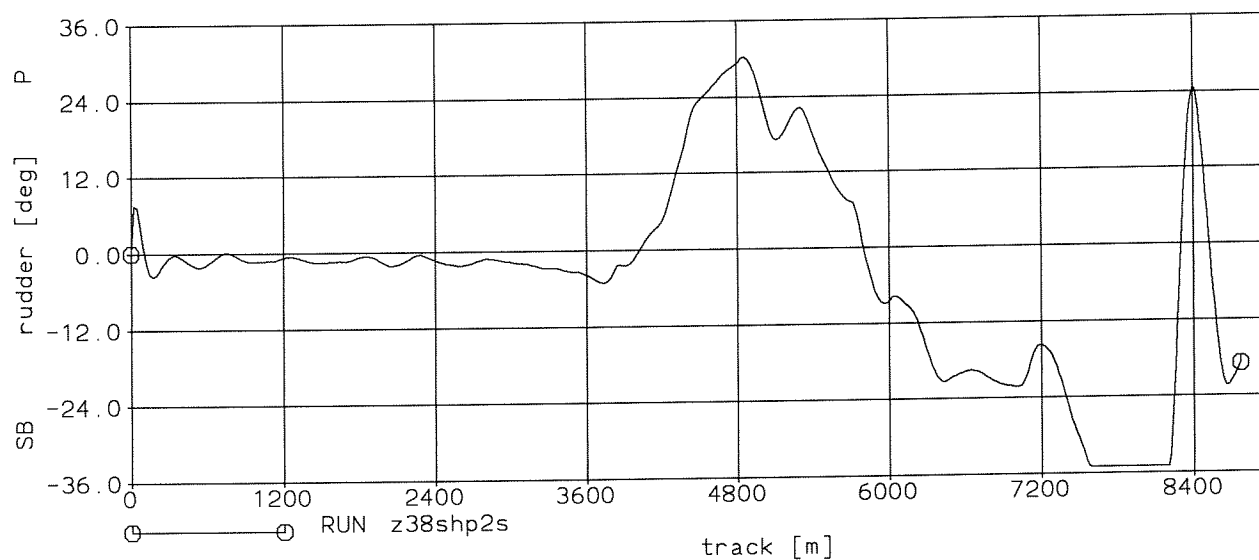
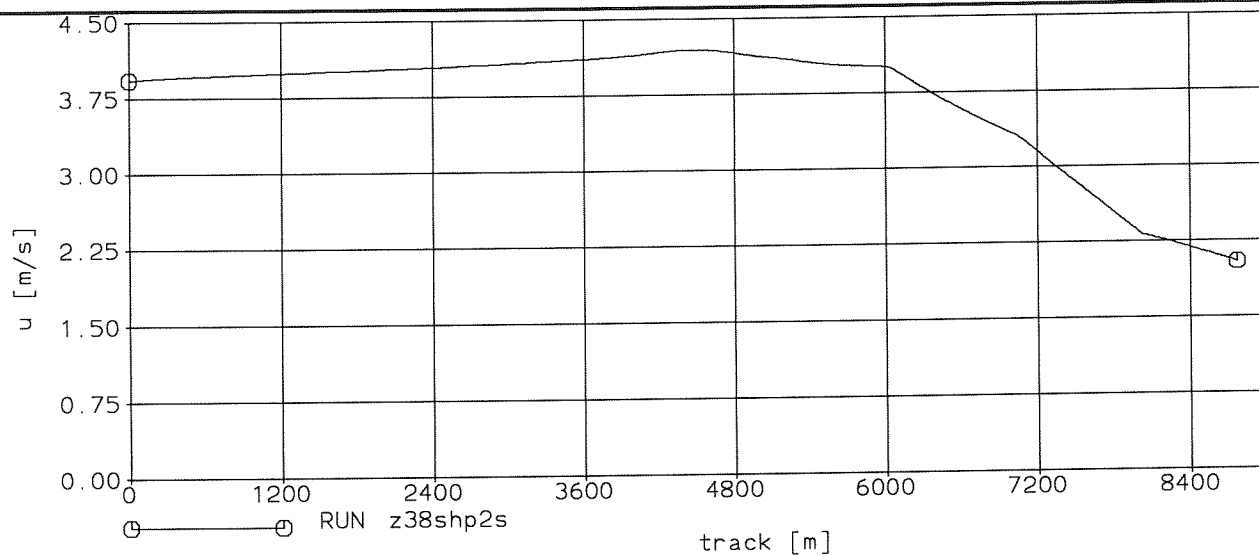
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z37/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z37s2s



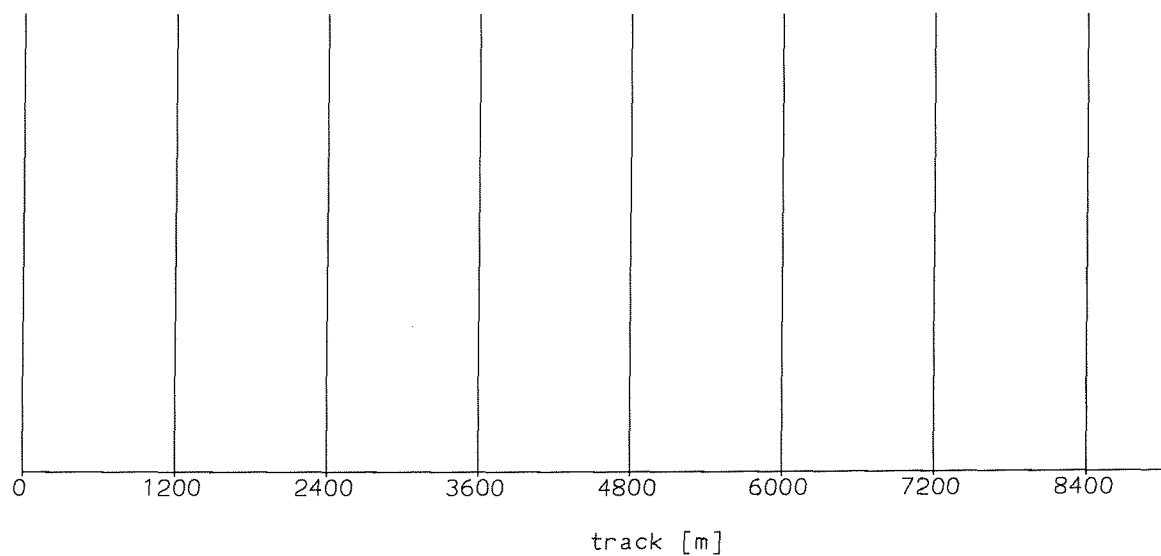
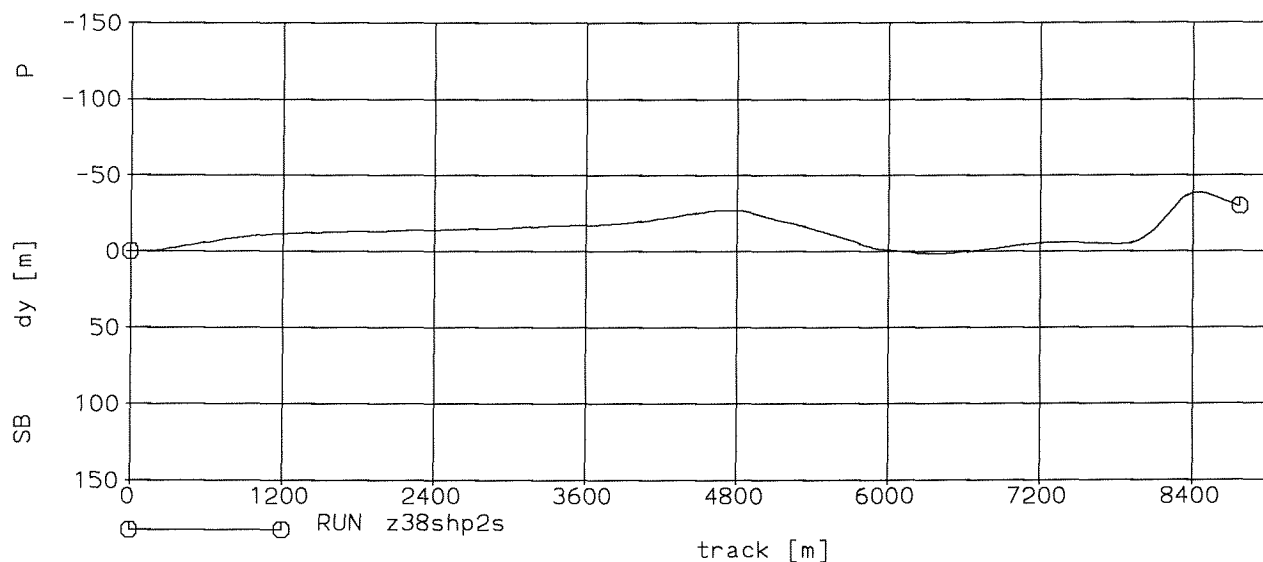
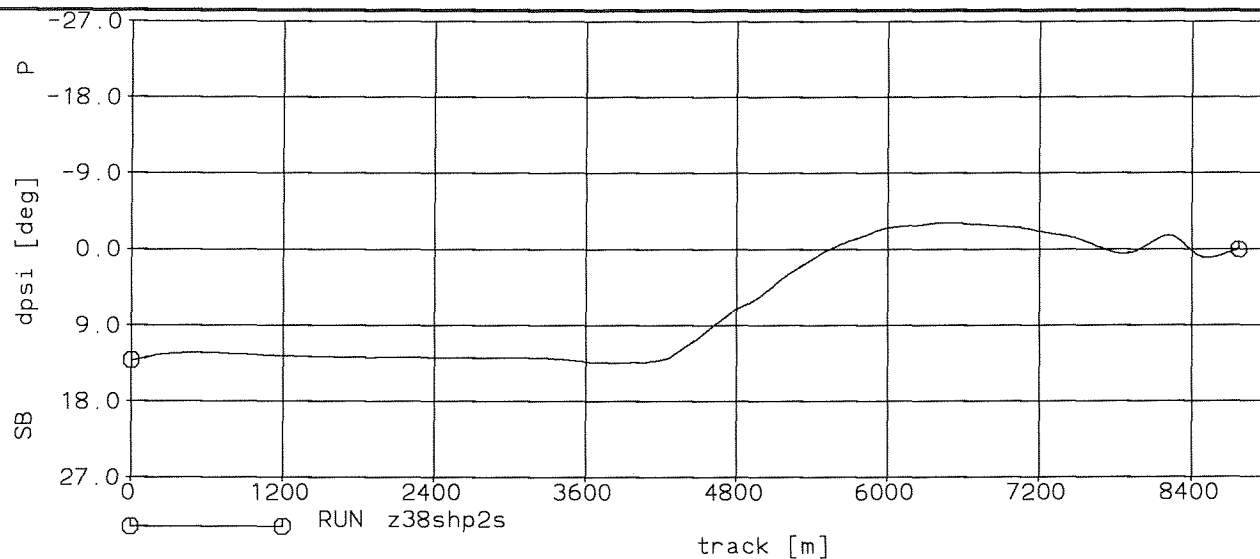
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z38/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z38s2s



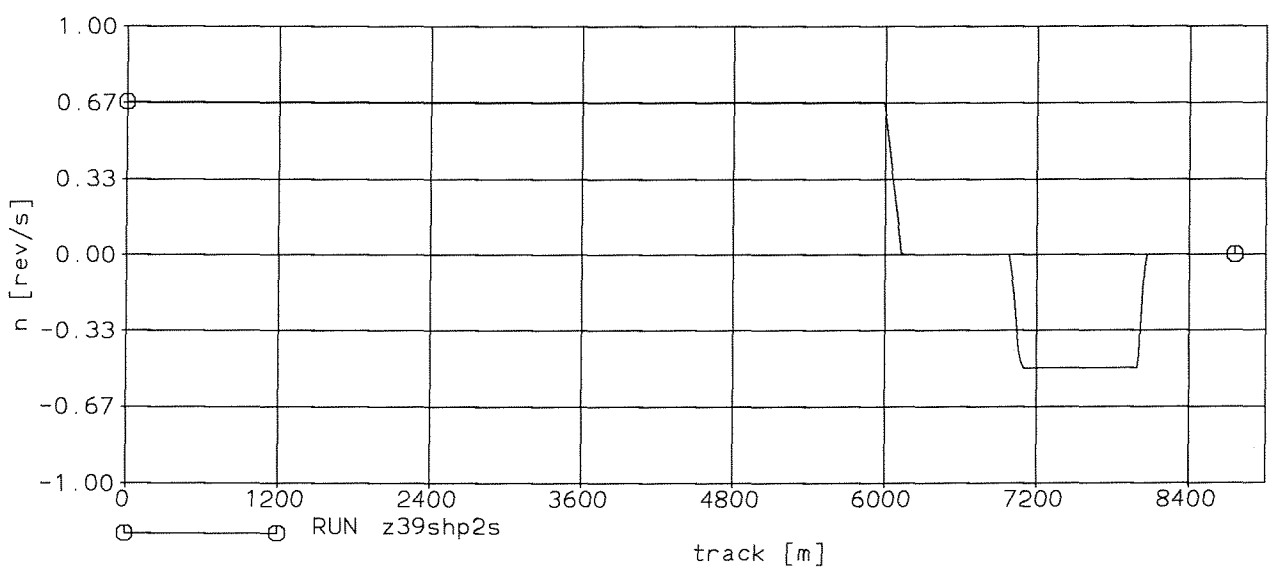
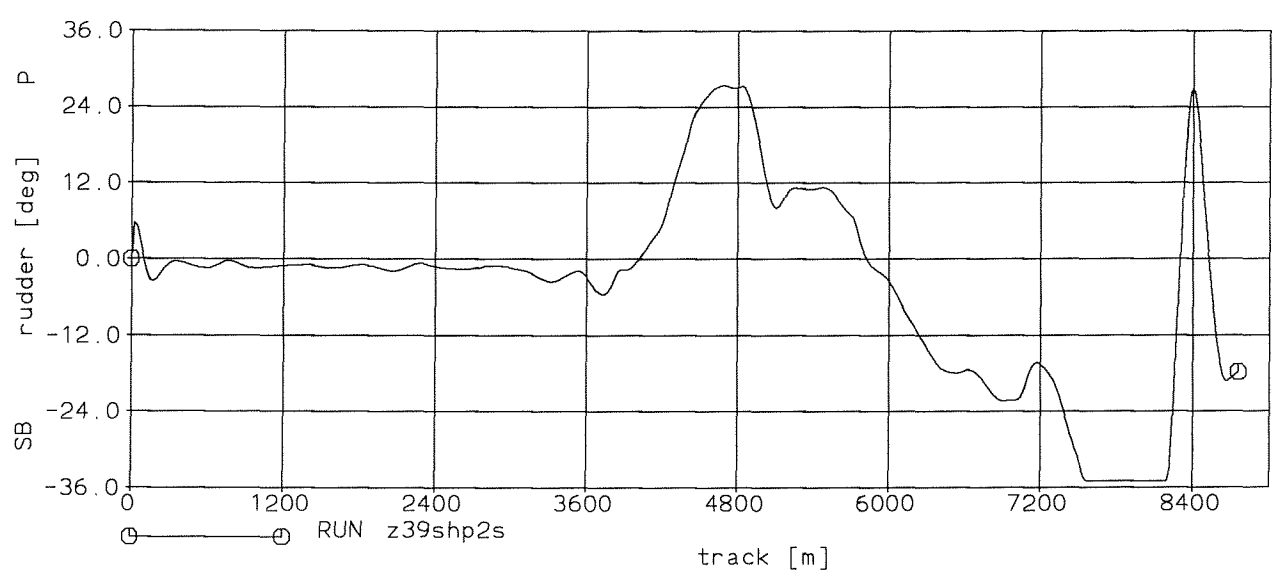
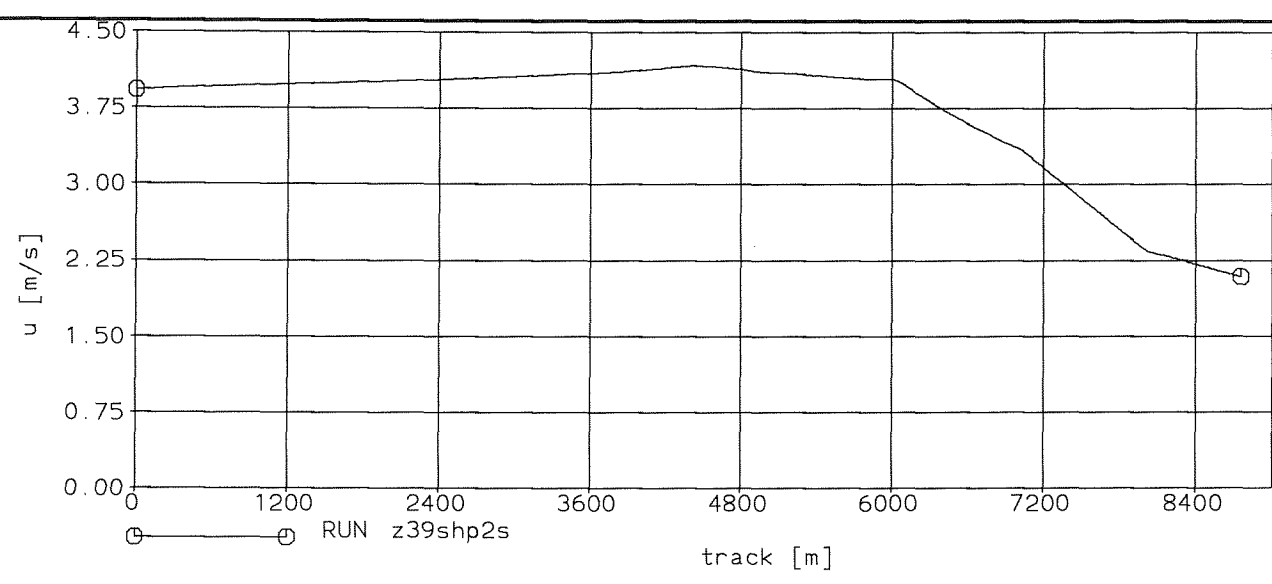
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z38/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z38s2s



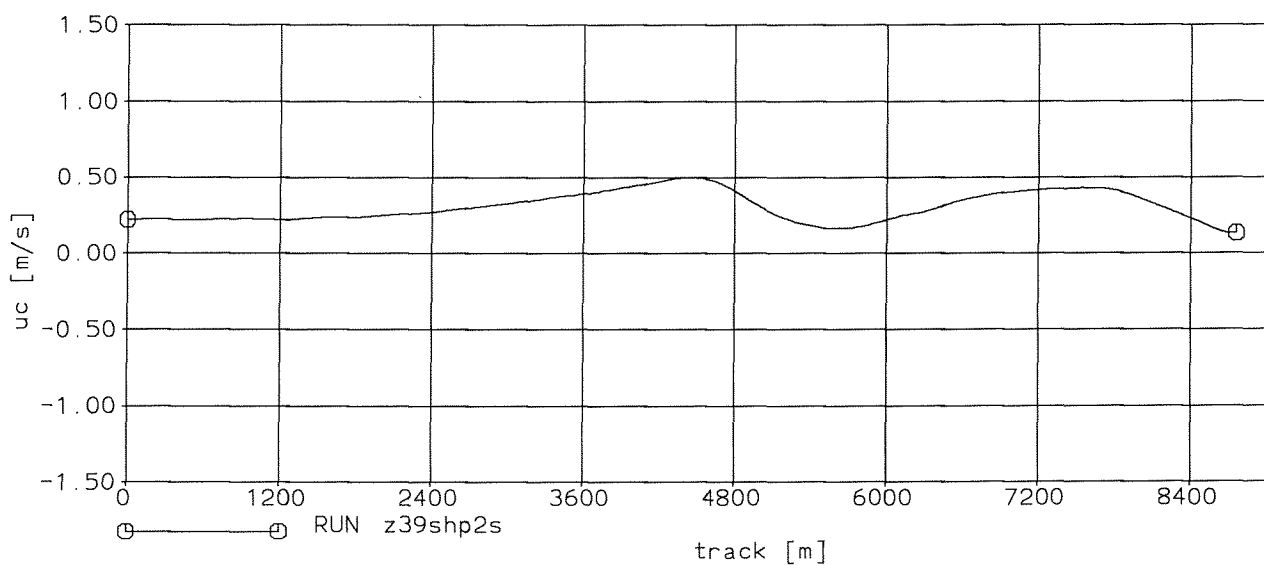
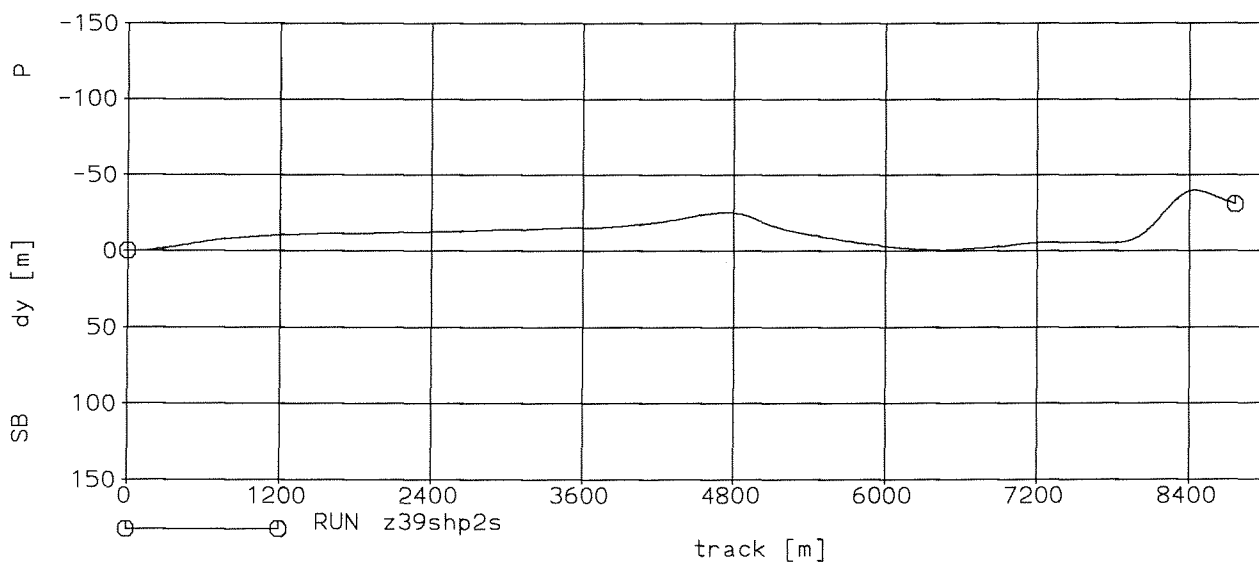
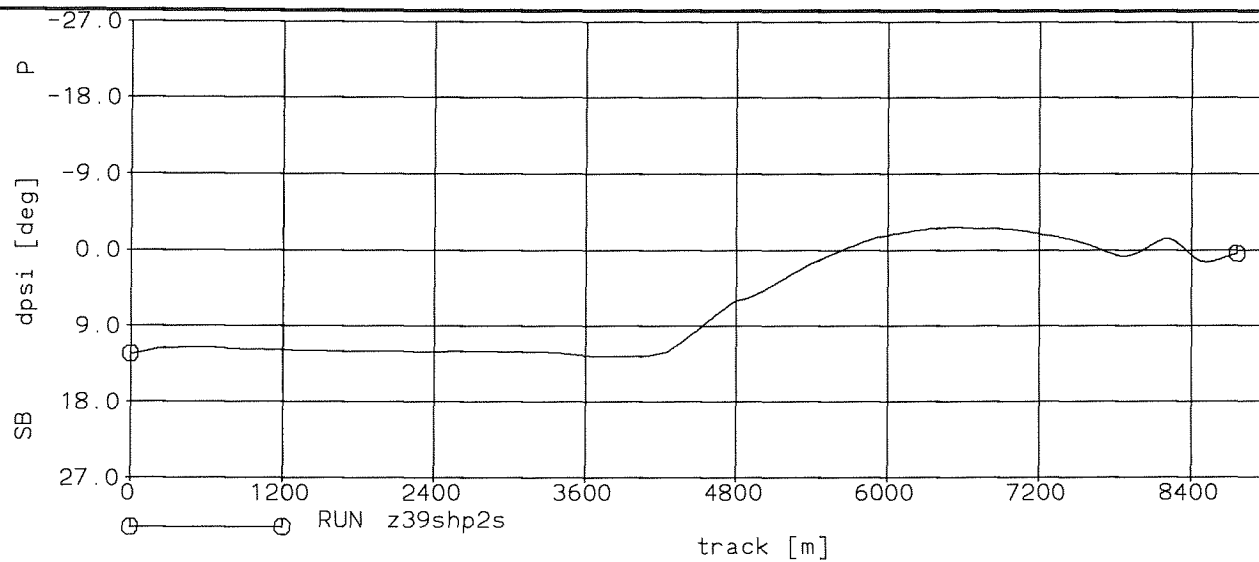
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z39/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z39s2s



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Simulatie toegangs manoeuvre

z39/shp2/spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. z39s2s



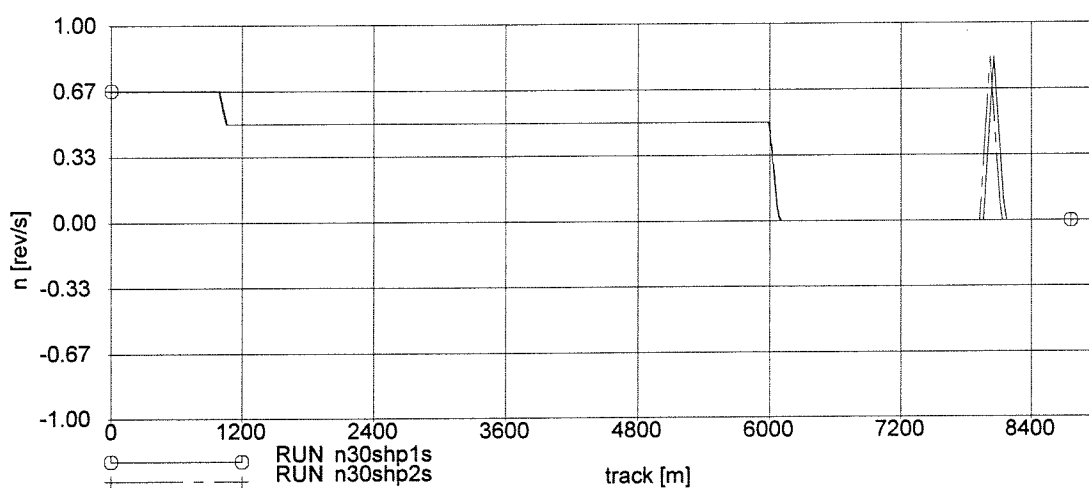
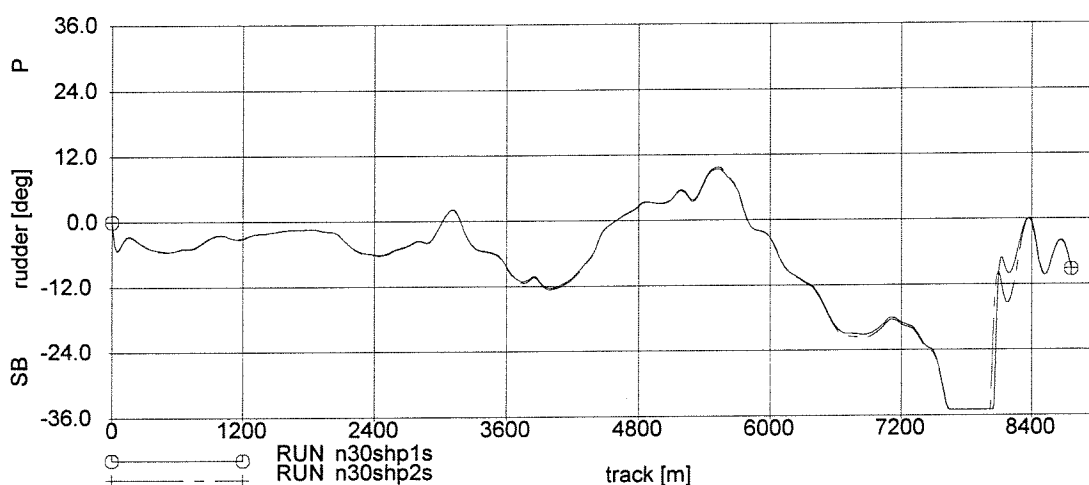
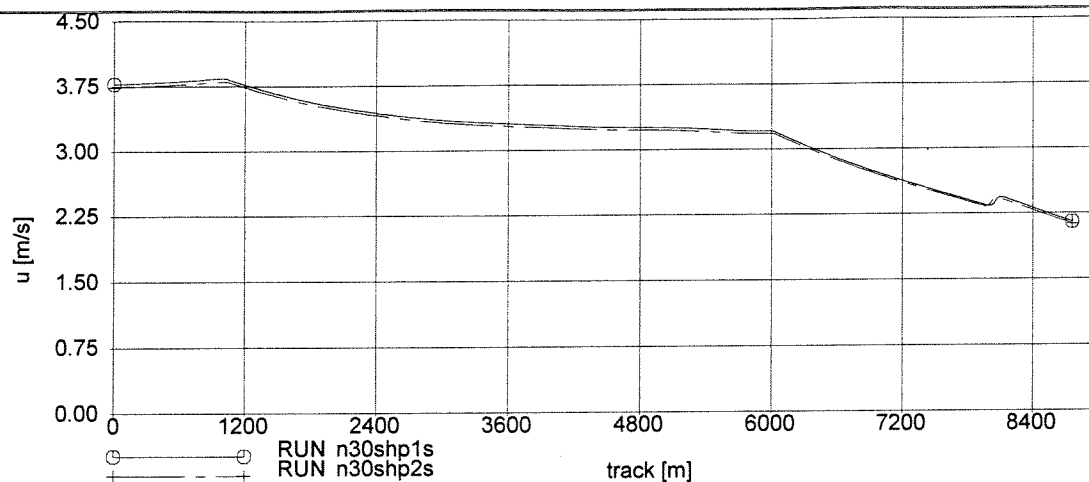
Bijlage N

Dataplots vergelijkingruns schip 1 en schip 2



Bijlage N-I

**Dataplots vergelijkingruns schip 1 en schip 2
voor NW-wind, springtij, stap 30, 37 en 41**



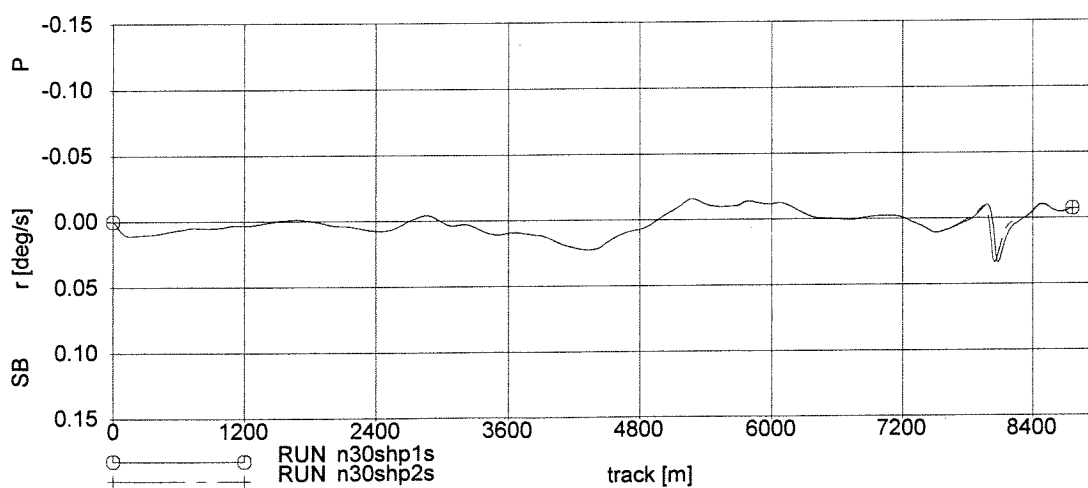
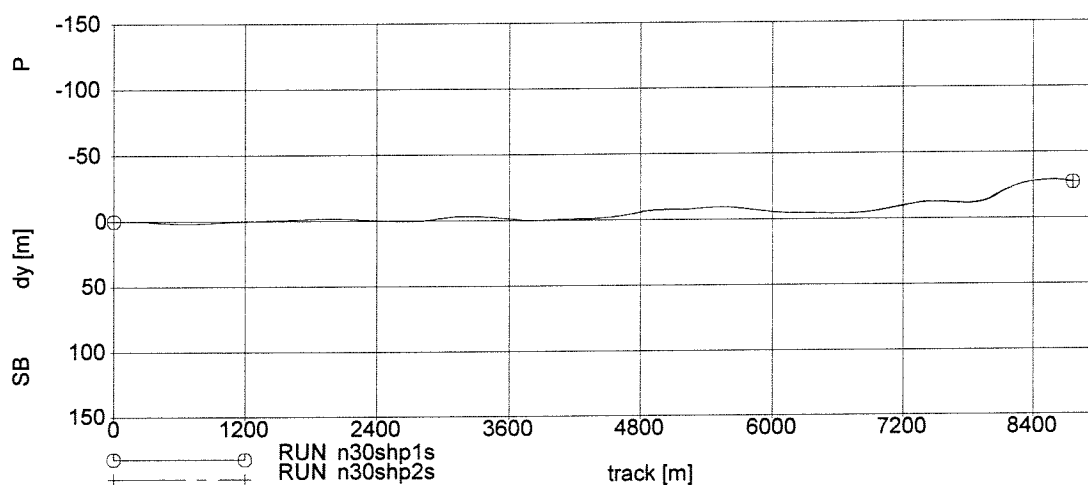
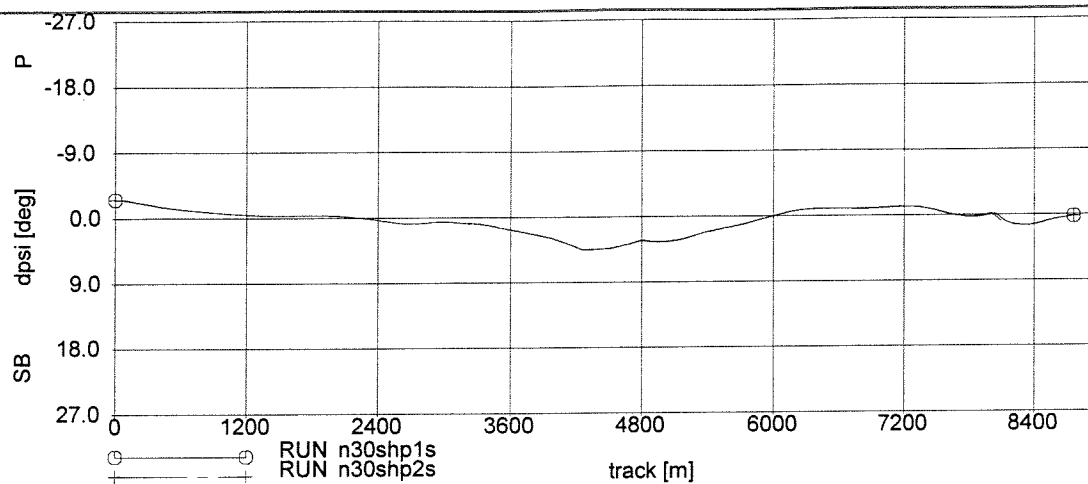
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

nw30 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



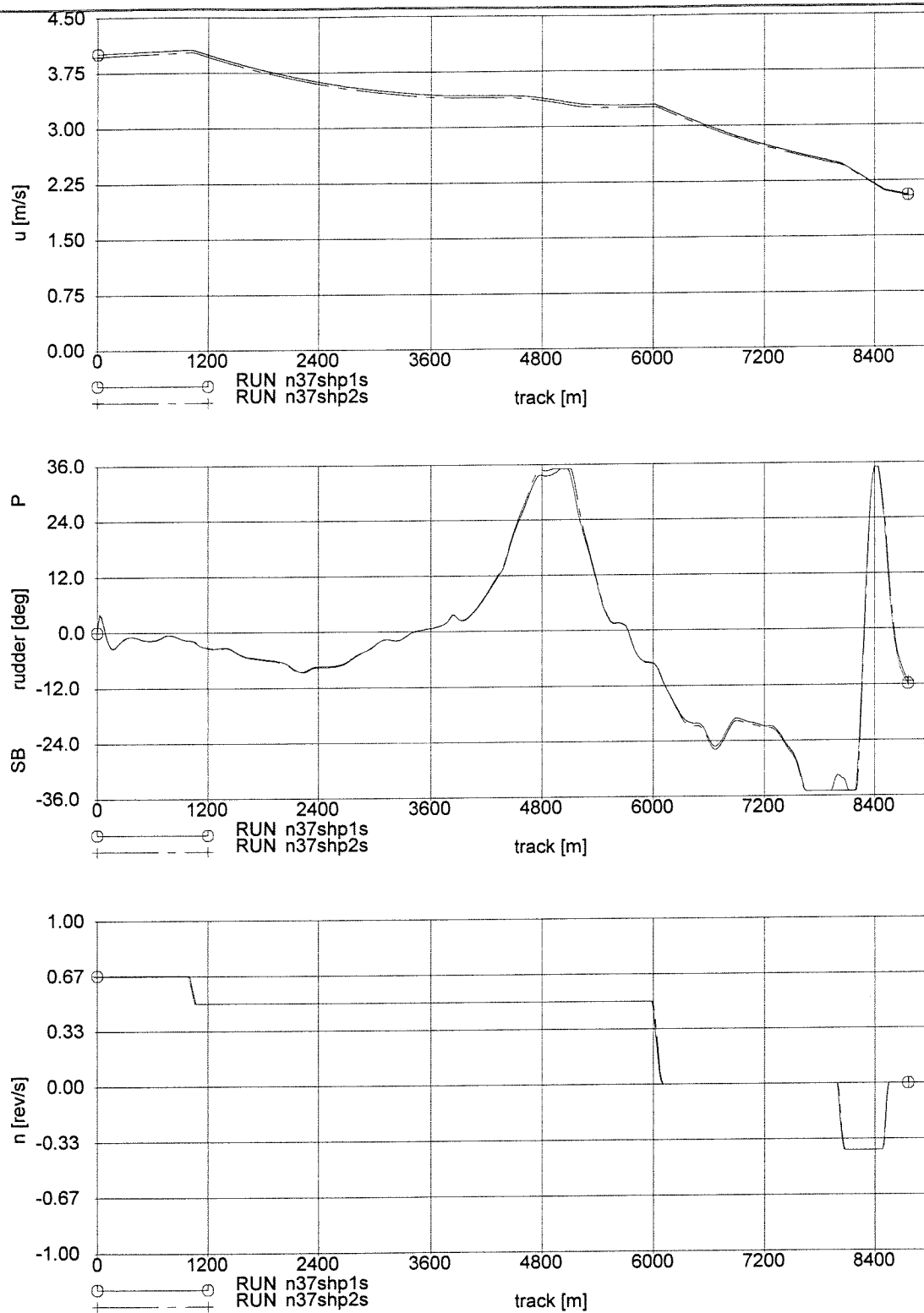
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

nw30 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 2



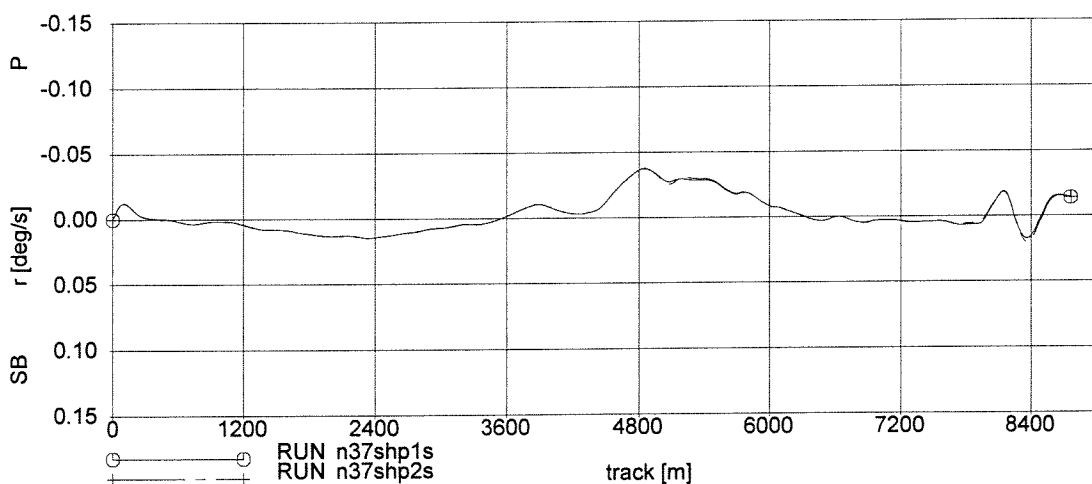
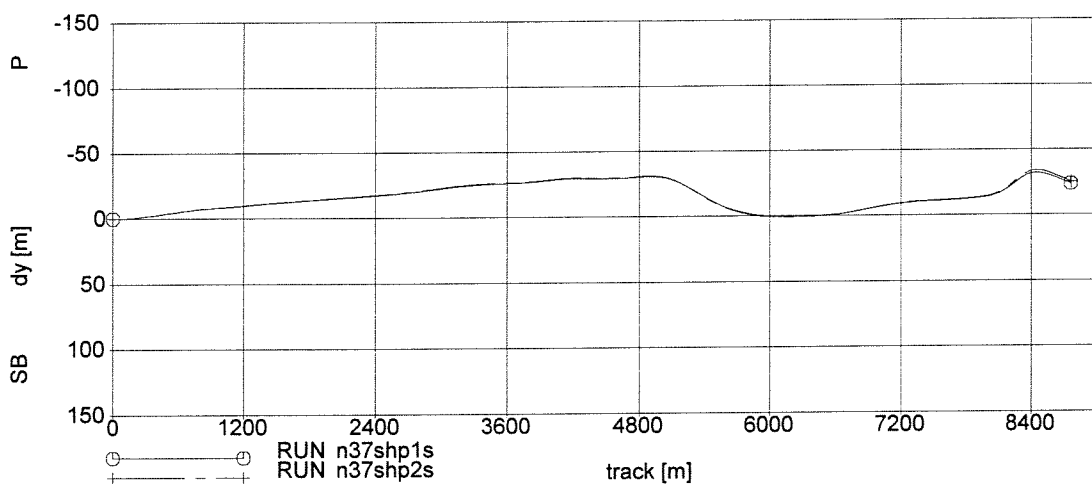
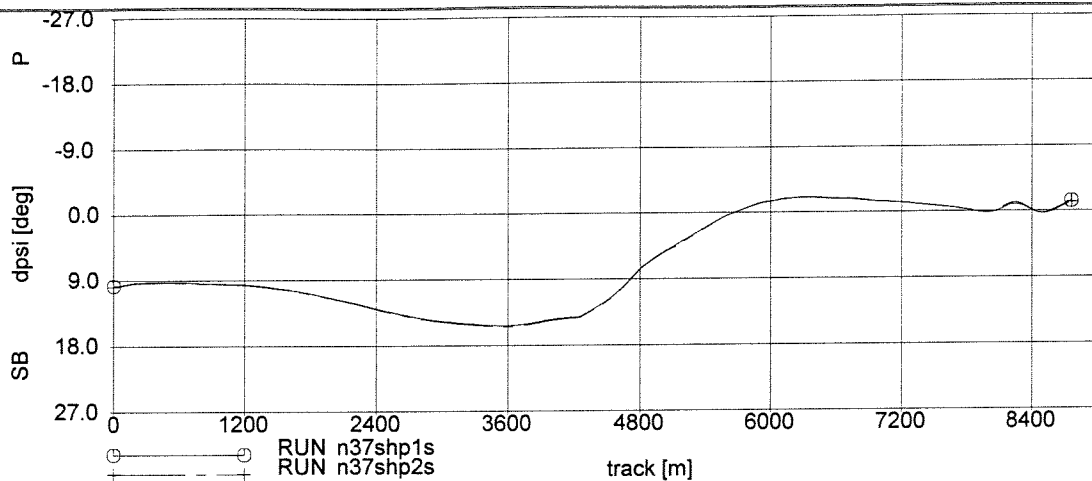
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

nw37 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



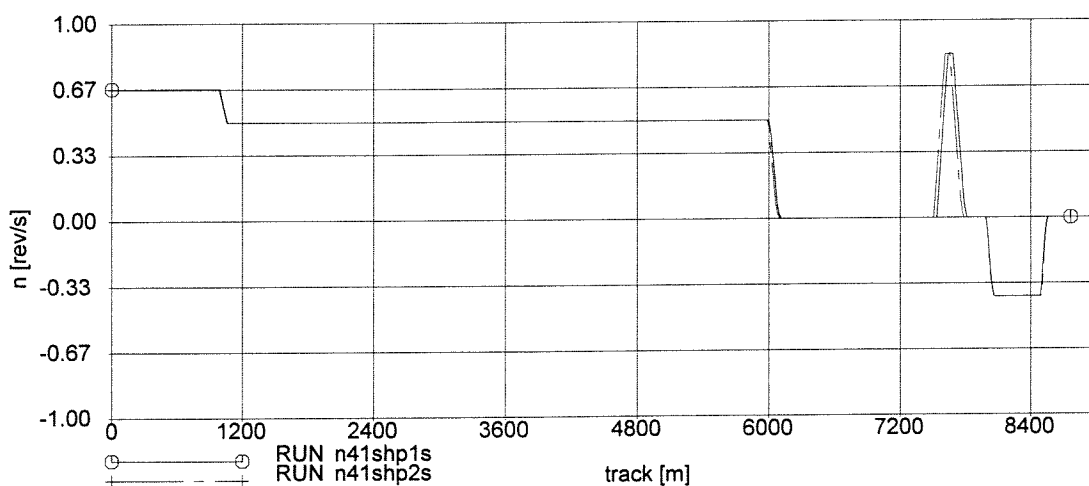
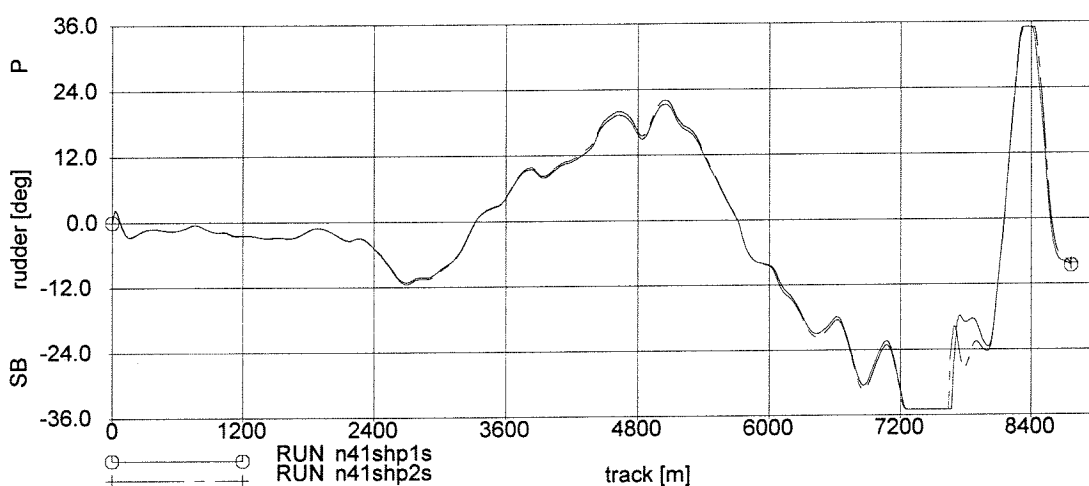
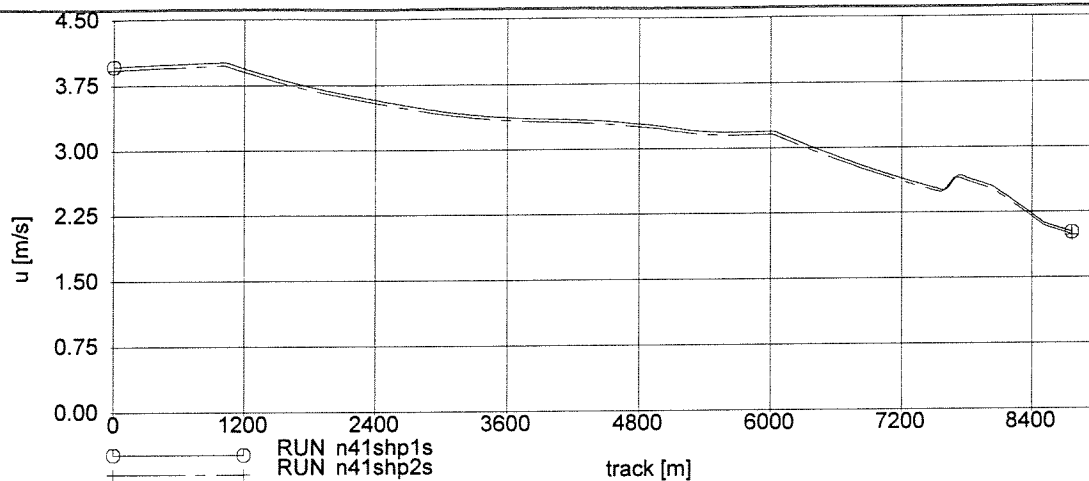
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

nw37 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 2



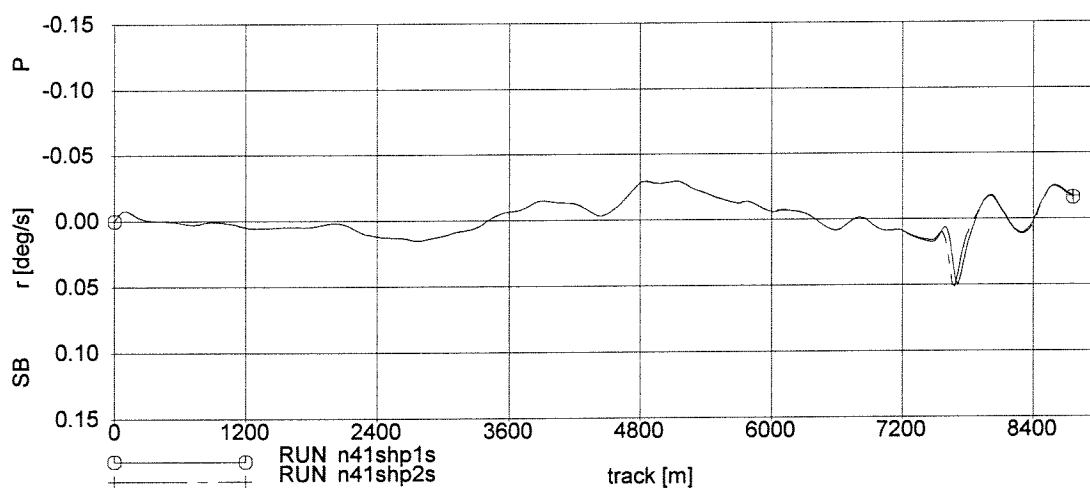
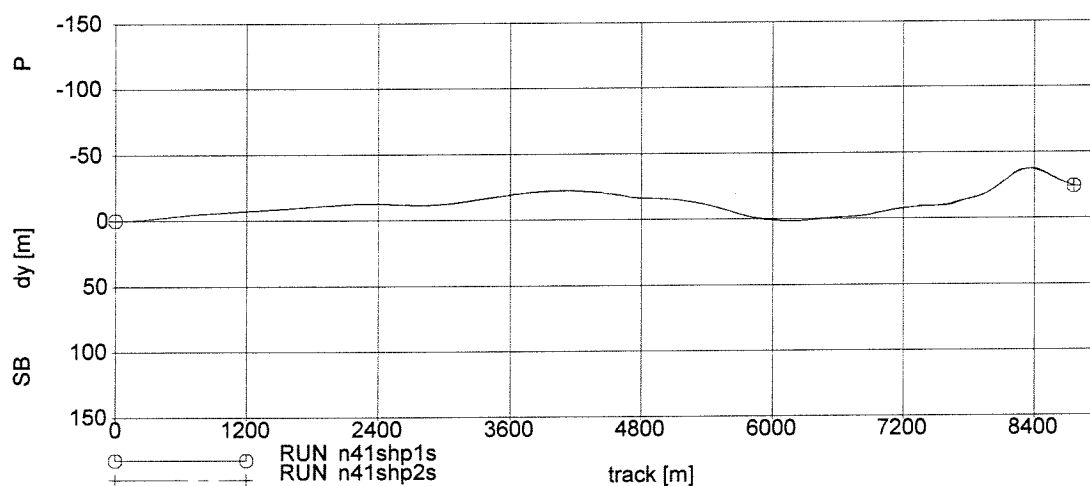
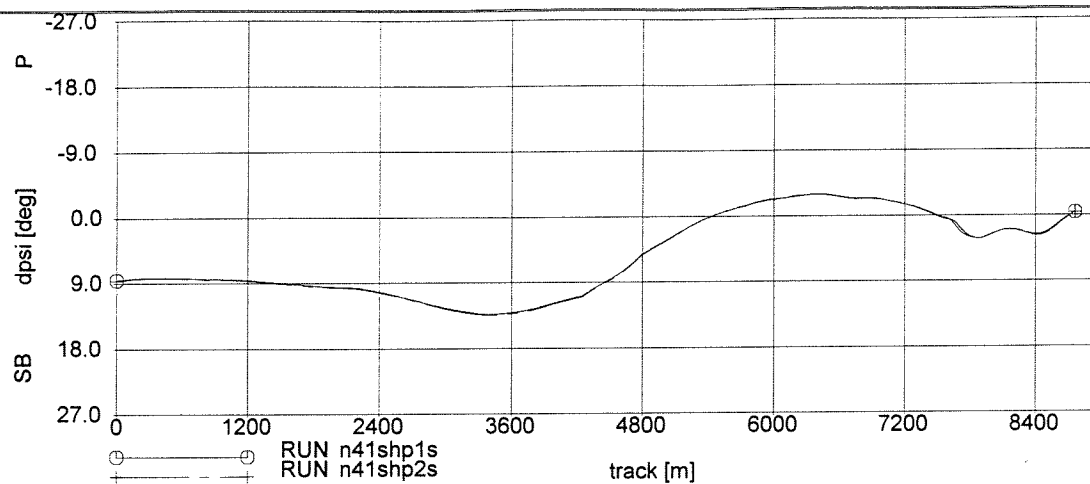
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

nw41 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

nw41 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

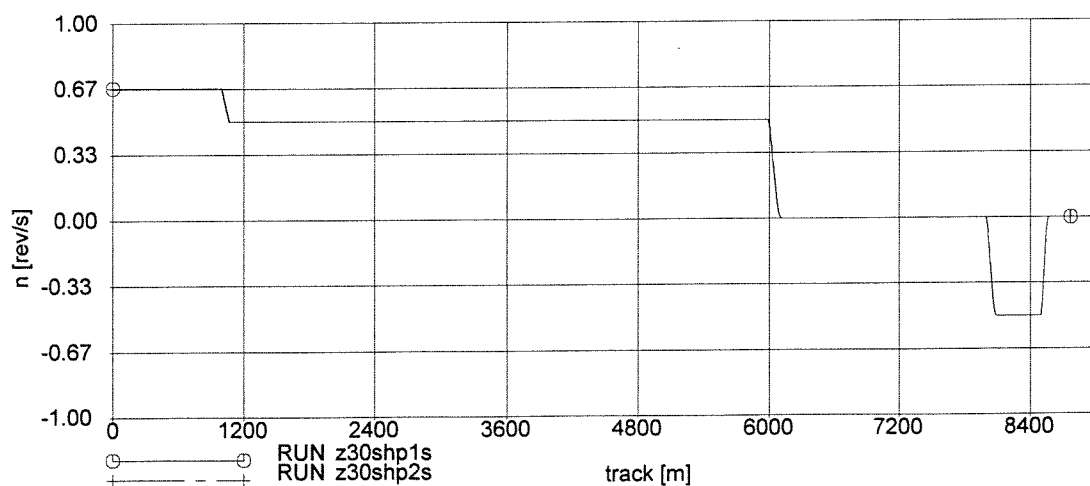
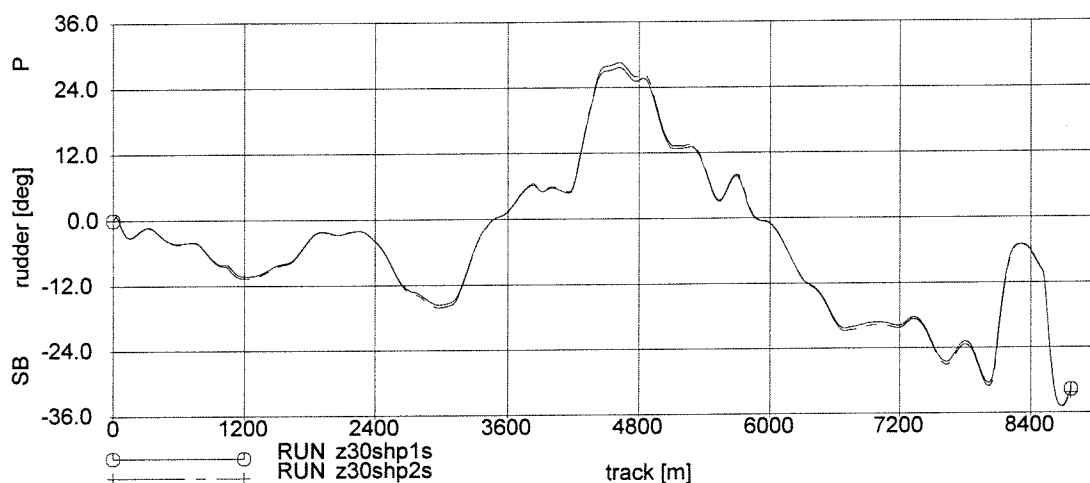
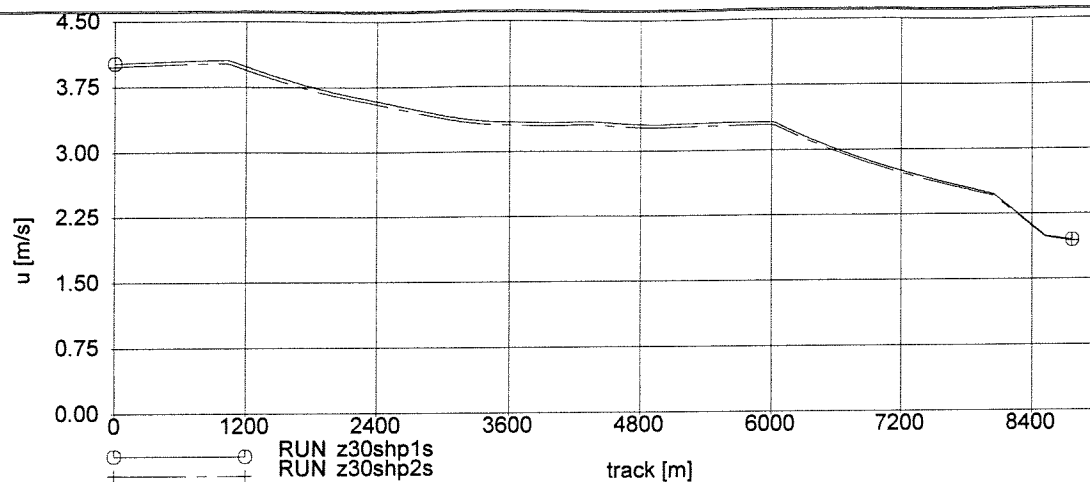
AvdHoek

FIG. blad 2



Bijlage N-II

**Dataplots vergelijkingruns schip 1 en schip 2
voor ZW-wind, springtij, stap 30, 34 en 41**



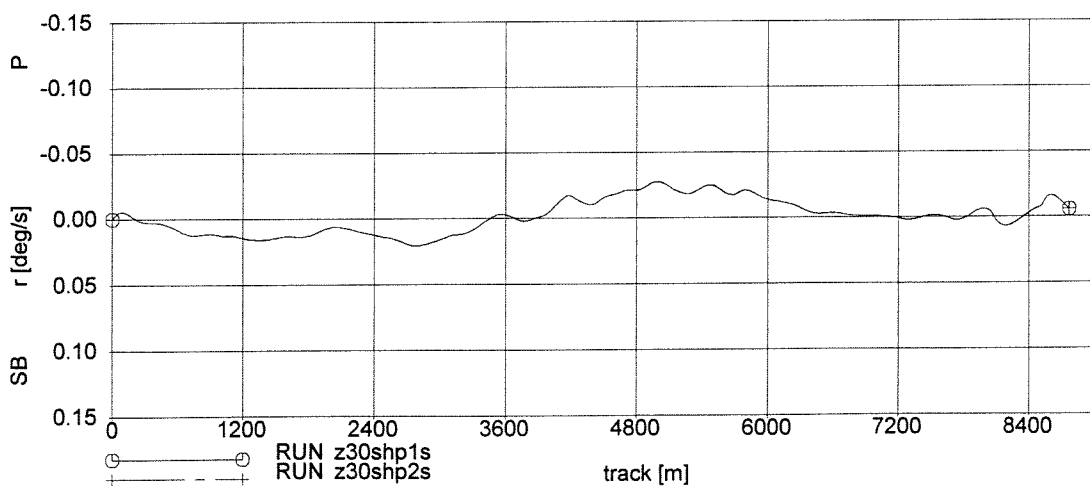
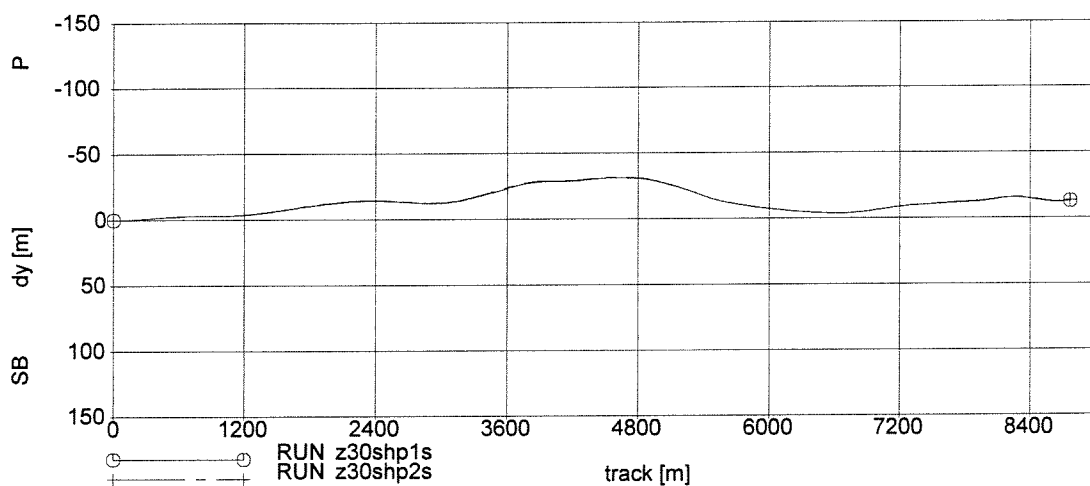
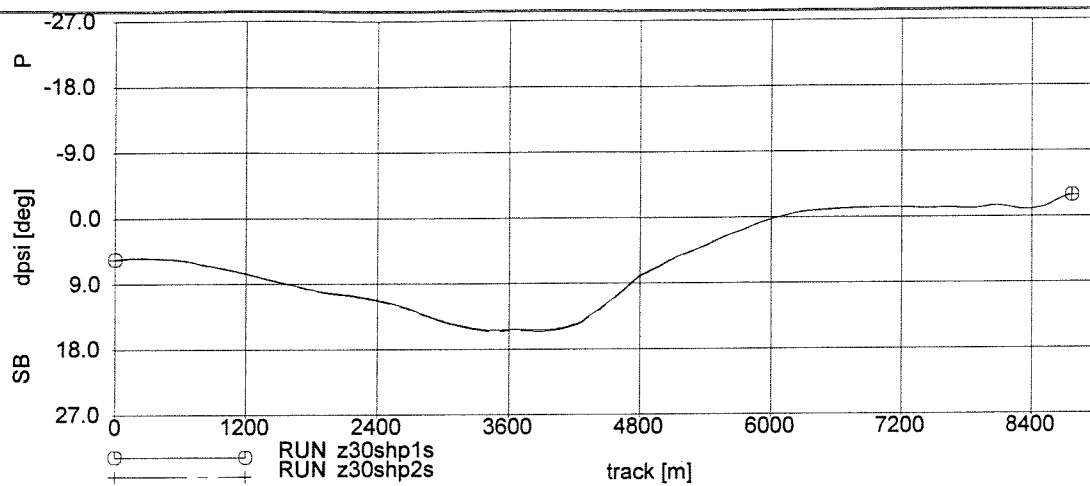
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

zw30 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



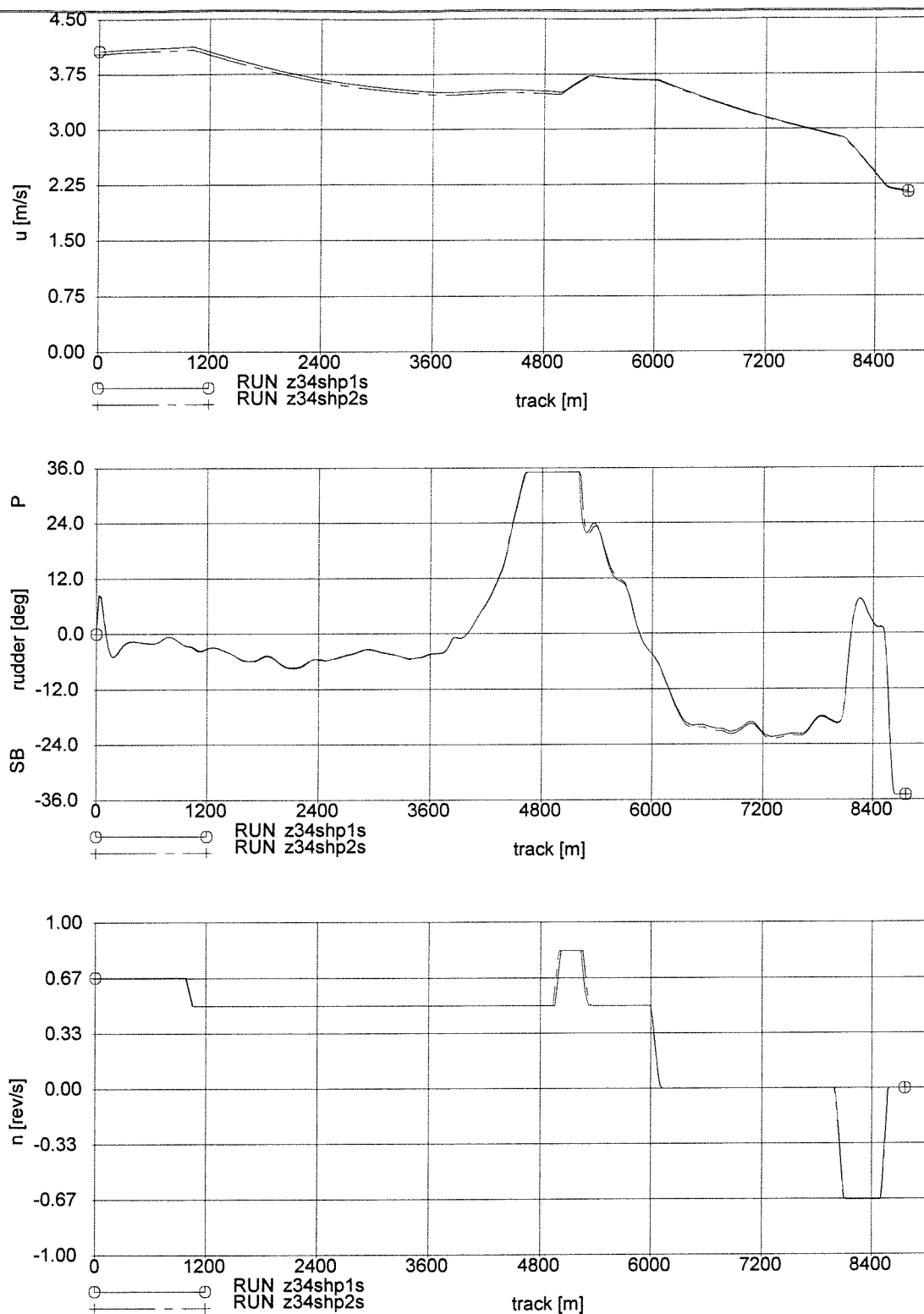
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

zw30 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 2



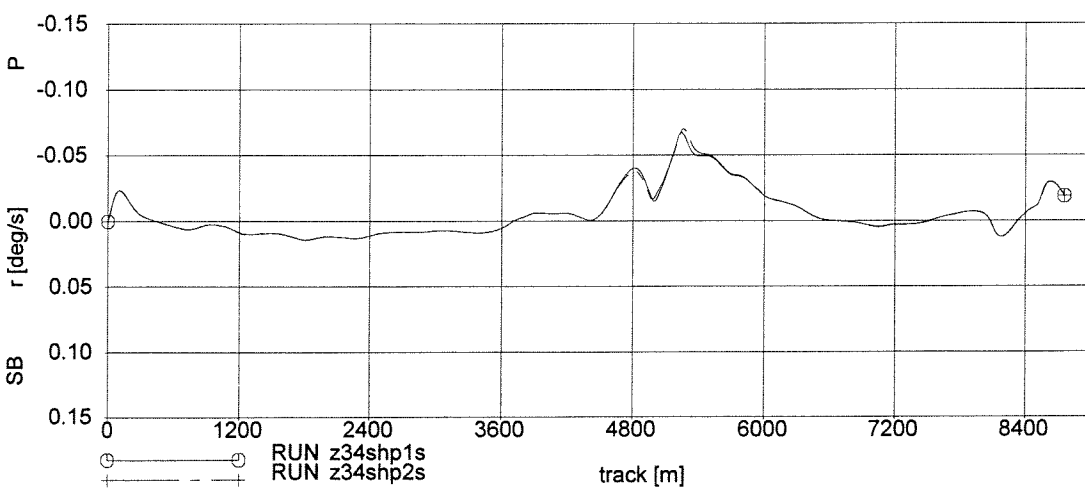
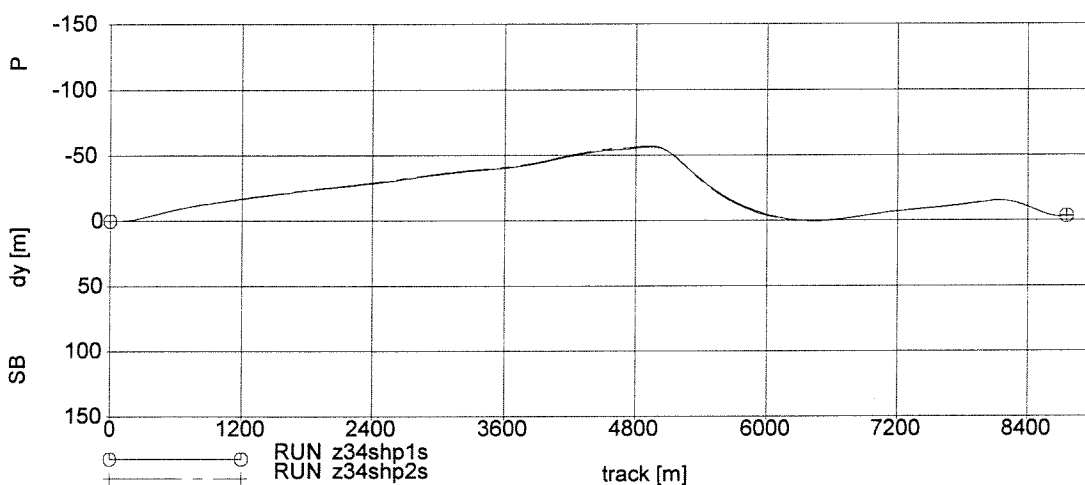
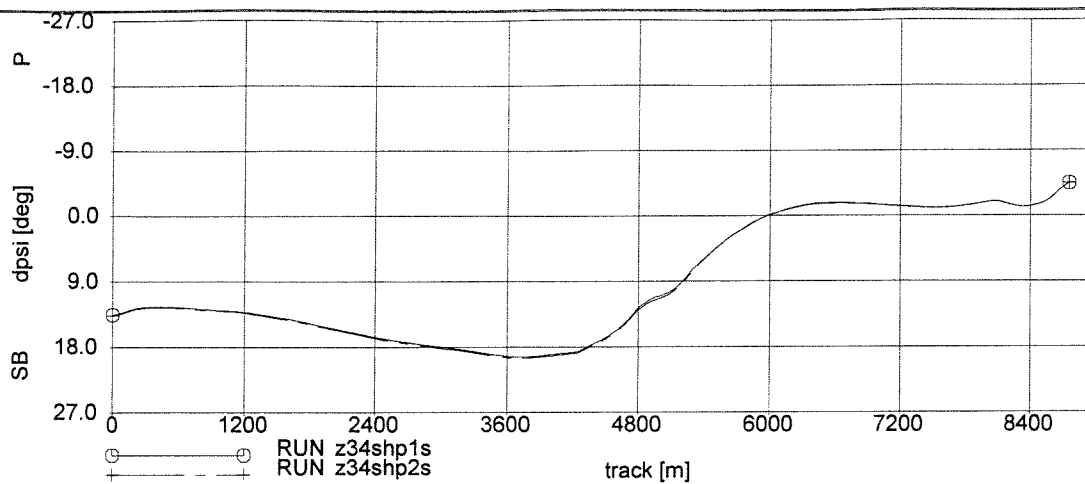
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

zw34 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



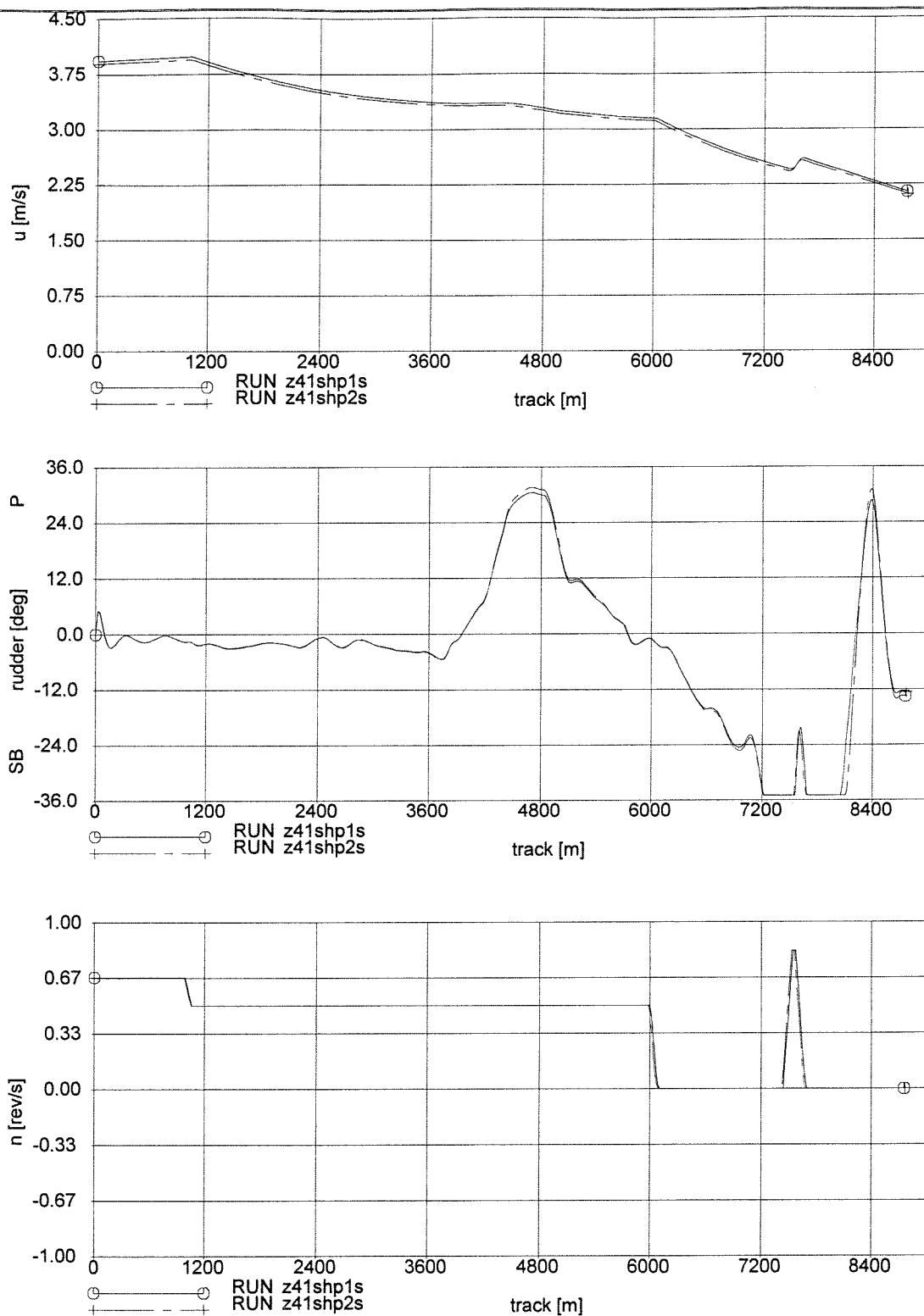
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

zw34 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 2



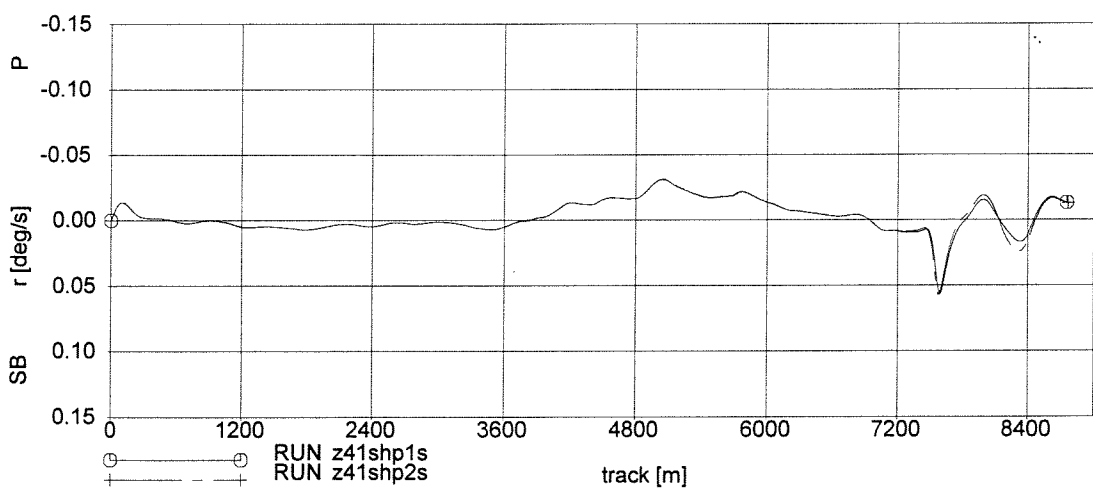
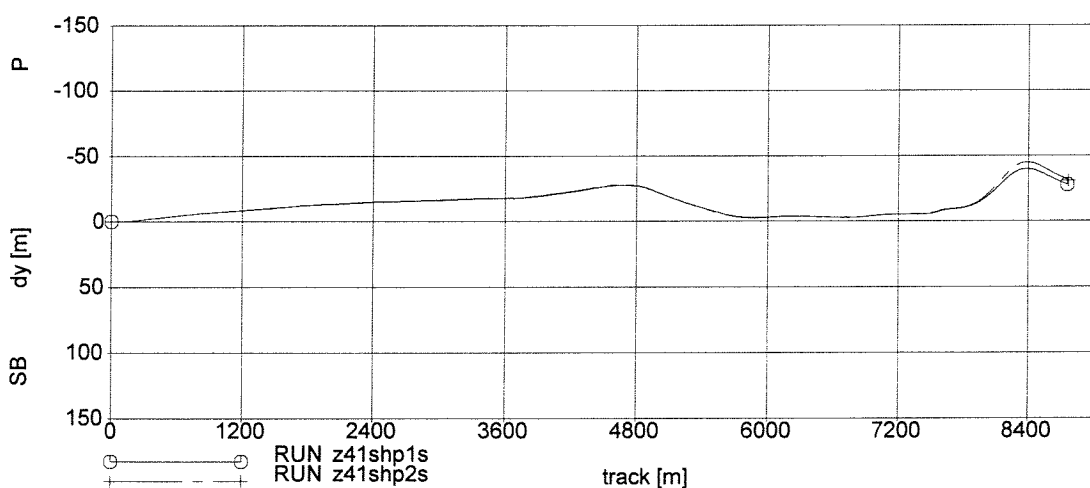
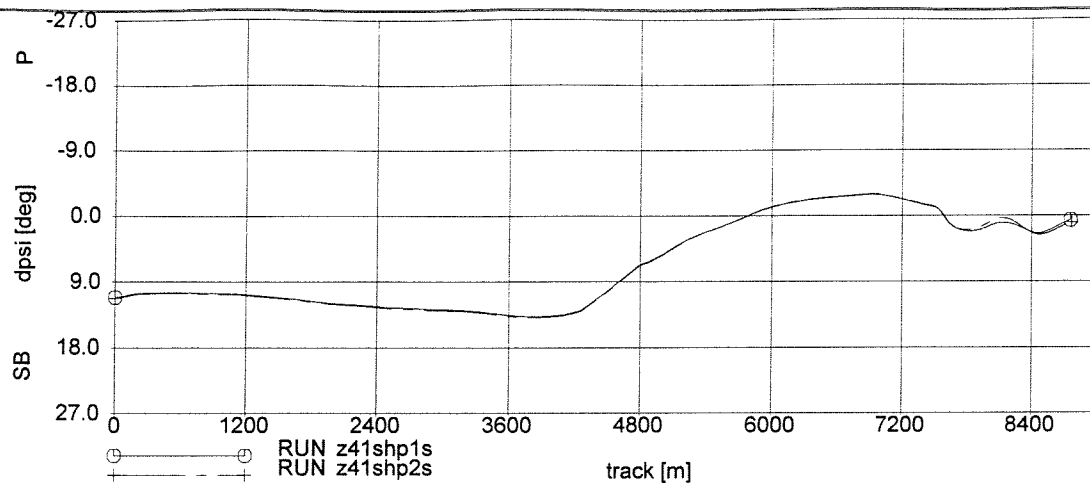
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

zw41 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vergelijking tussen schip 1 en 2

zw41 / spring

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 2



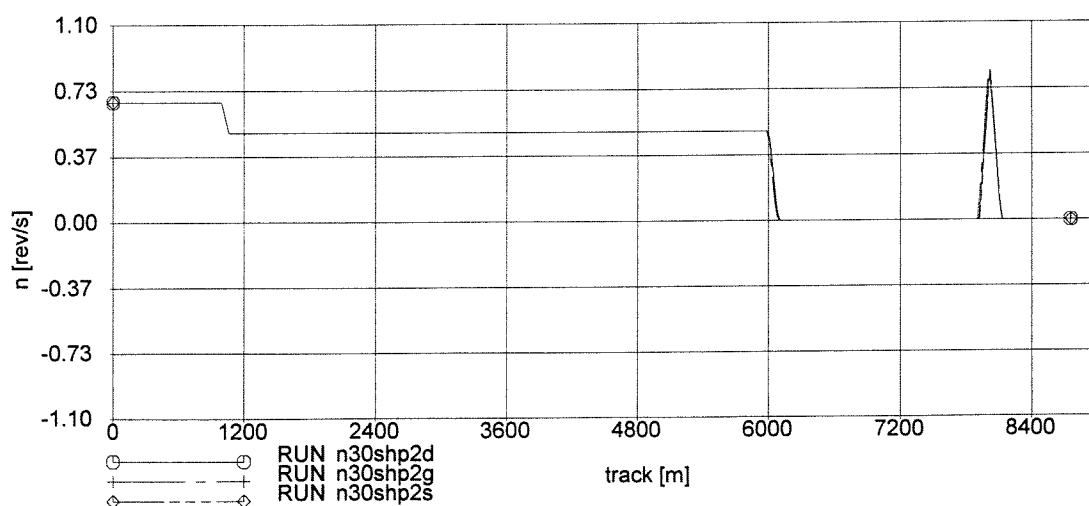
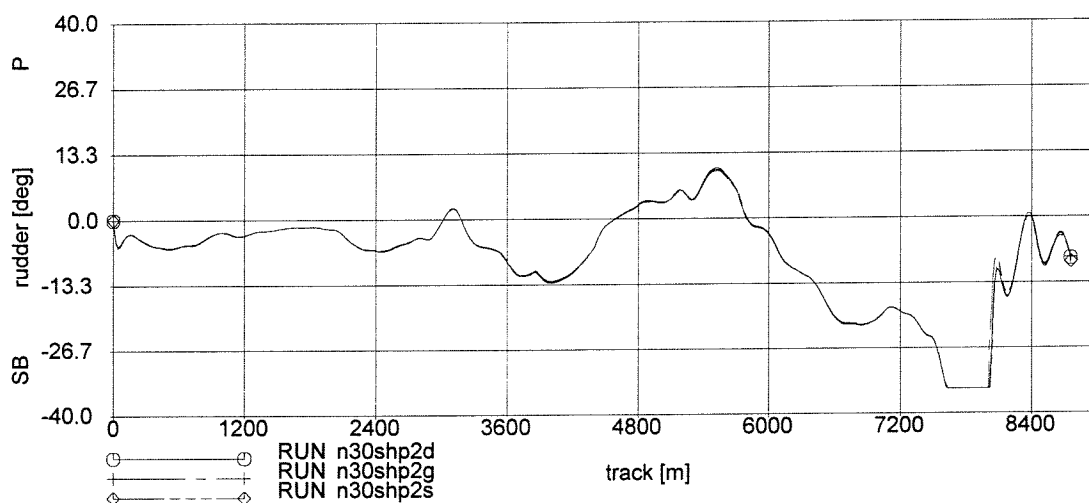
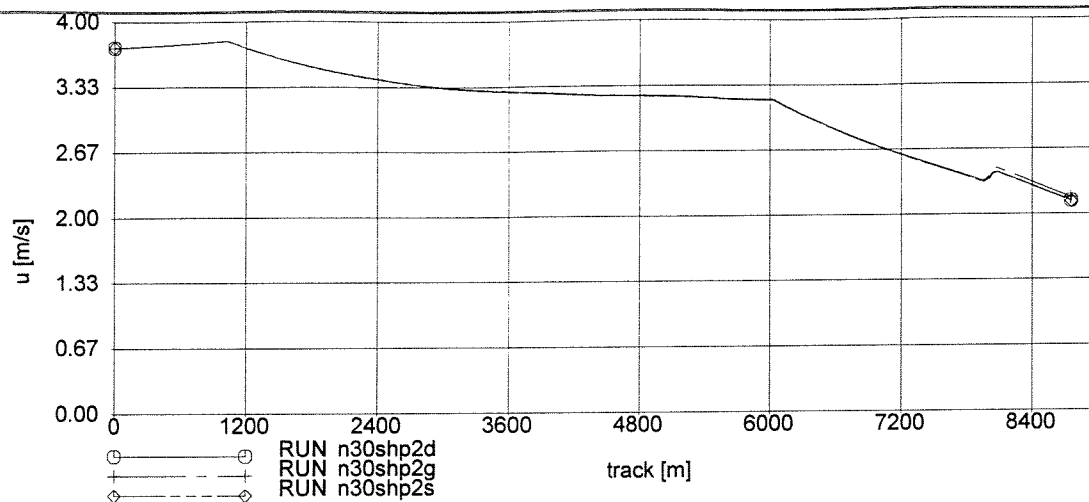
Bijlage O

Dataplots vergelijkingruns dood, gemiddeld en springtij



Bijlage O-I

**Dataplots vergelijkingruns dood, gemiddeld
en springtij voor NW-wind, schip 2,
stap 30, 35 en 41**



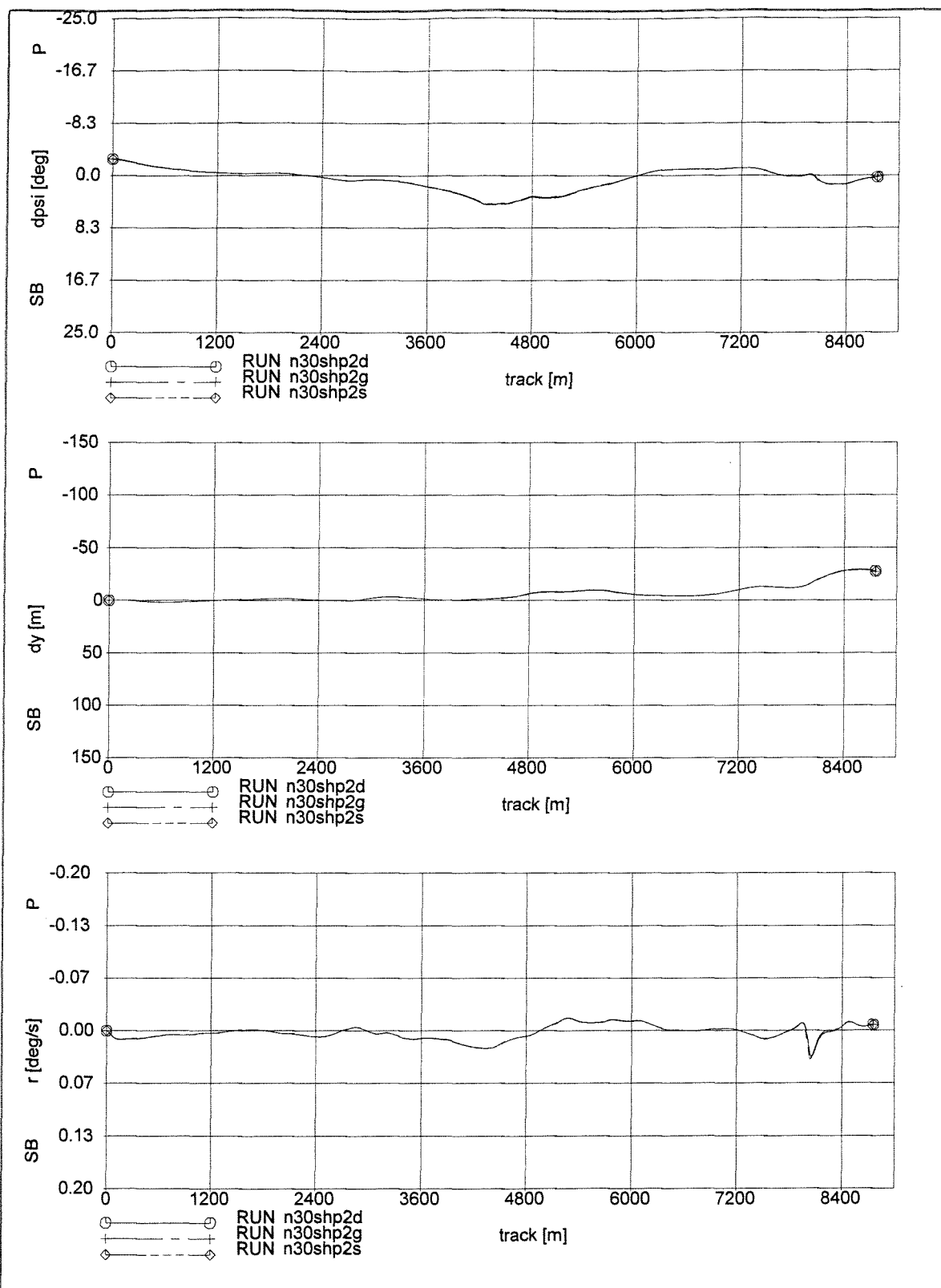
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, nw30

nw30, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



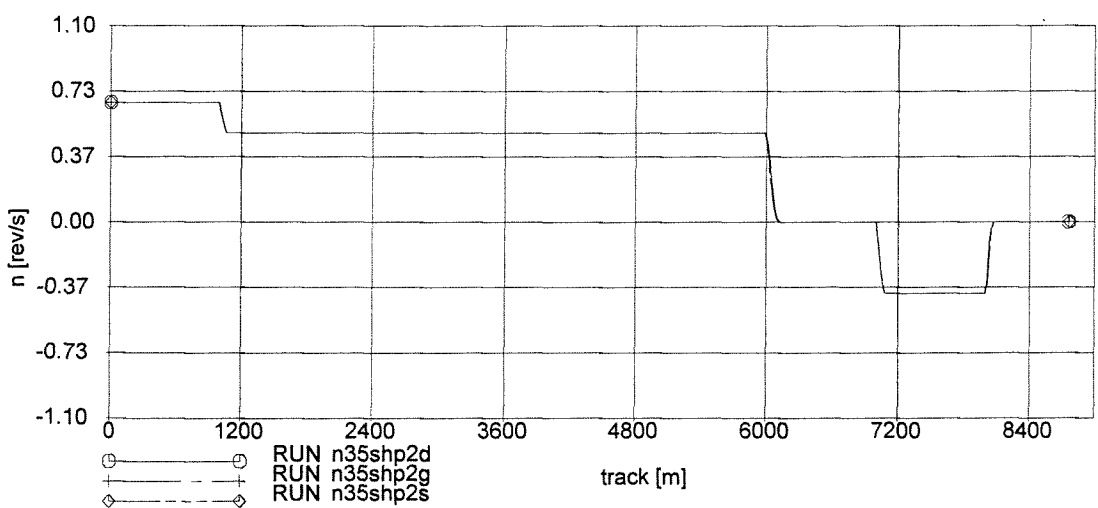
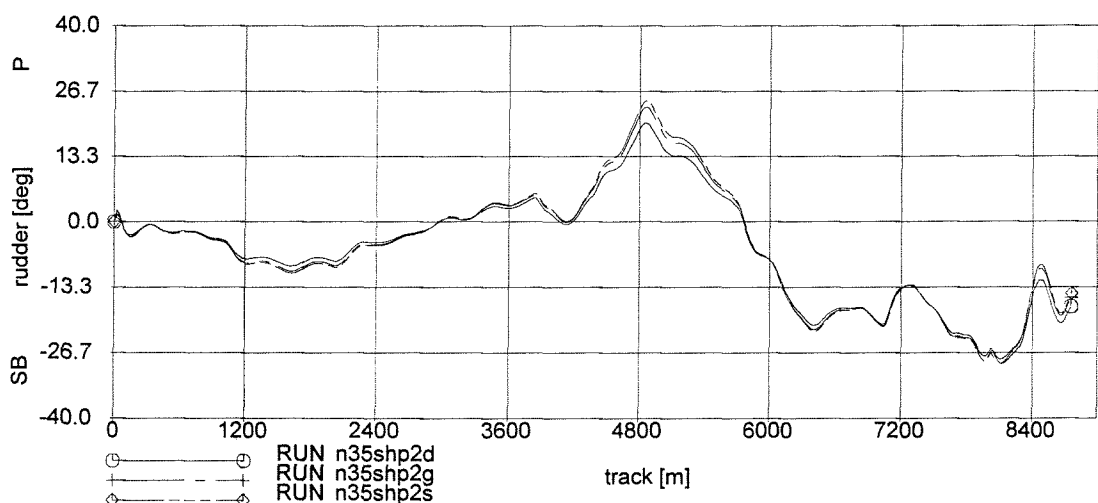
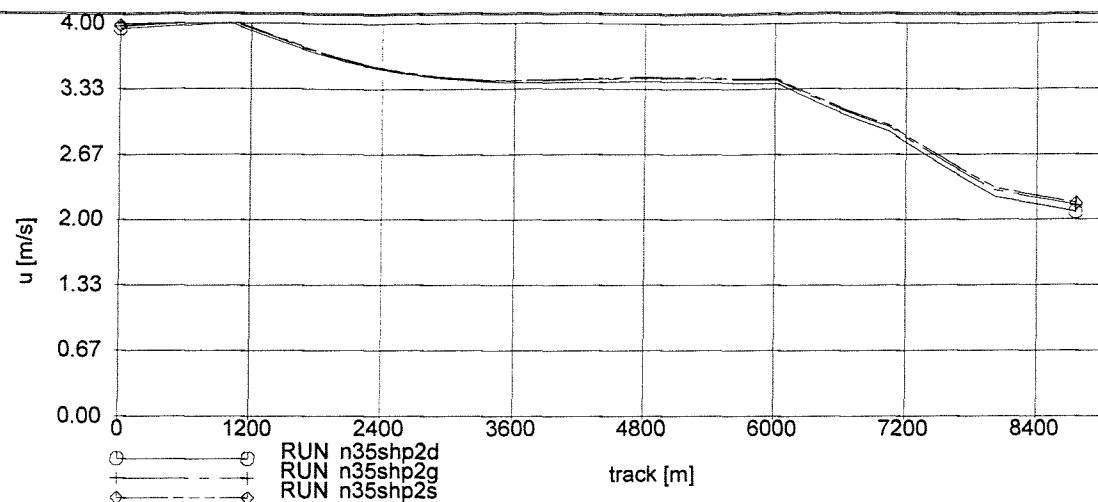
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, nw30

nw30, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 2



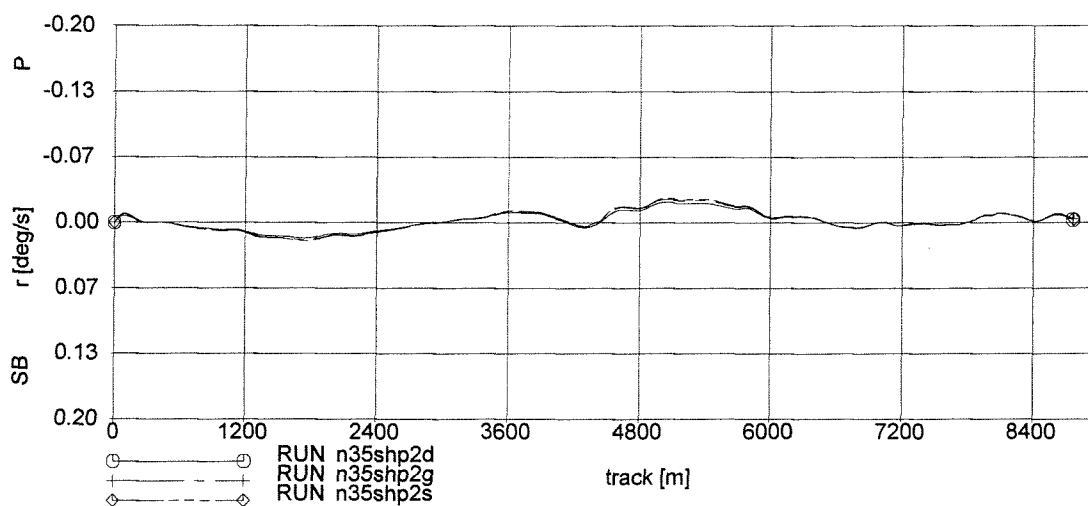
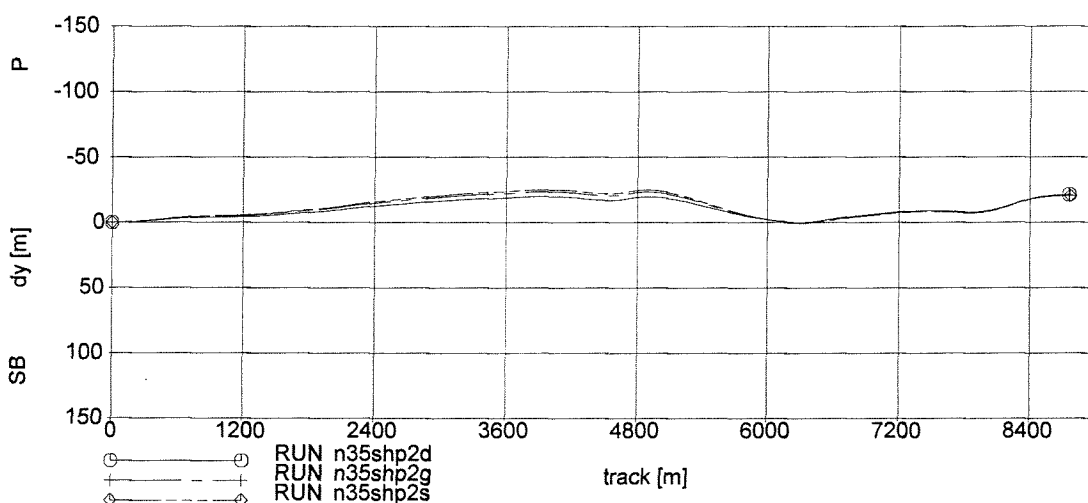
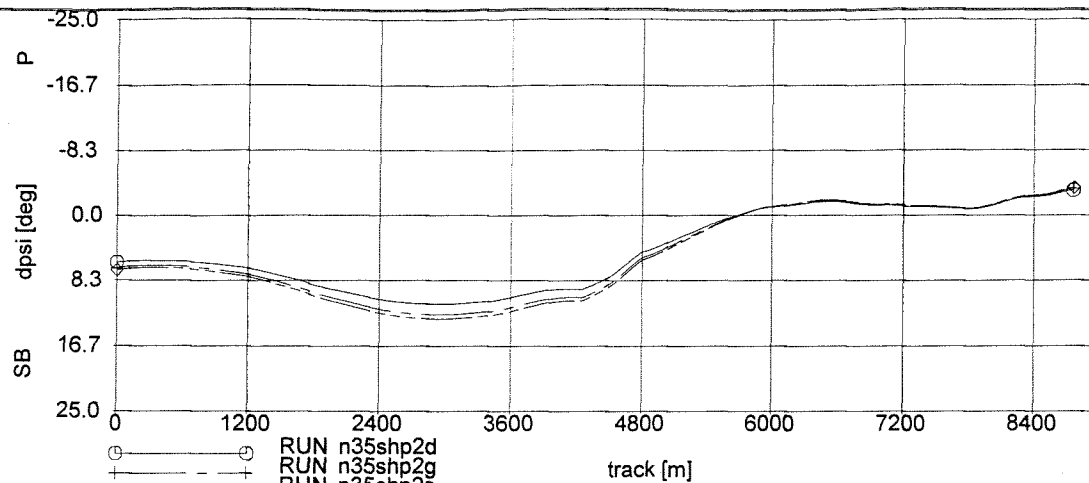
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, nw35

nw35, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



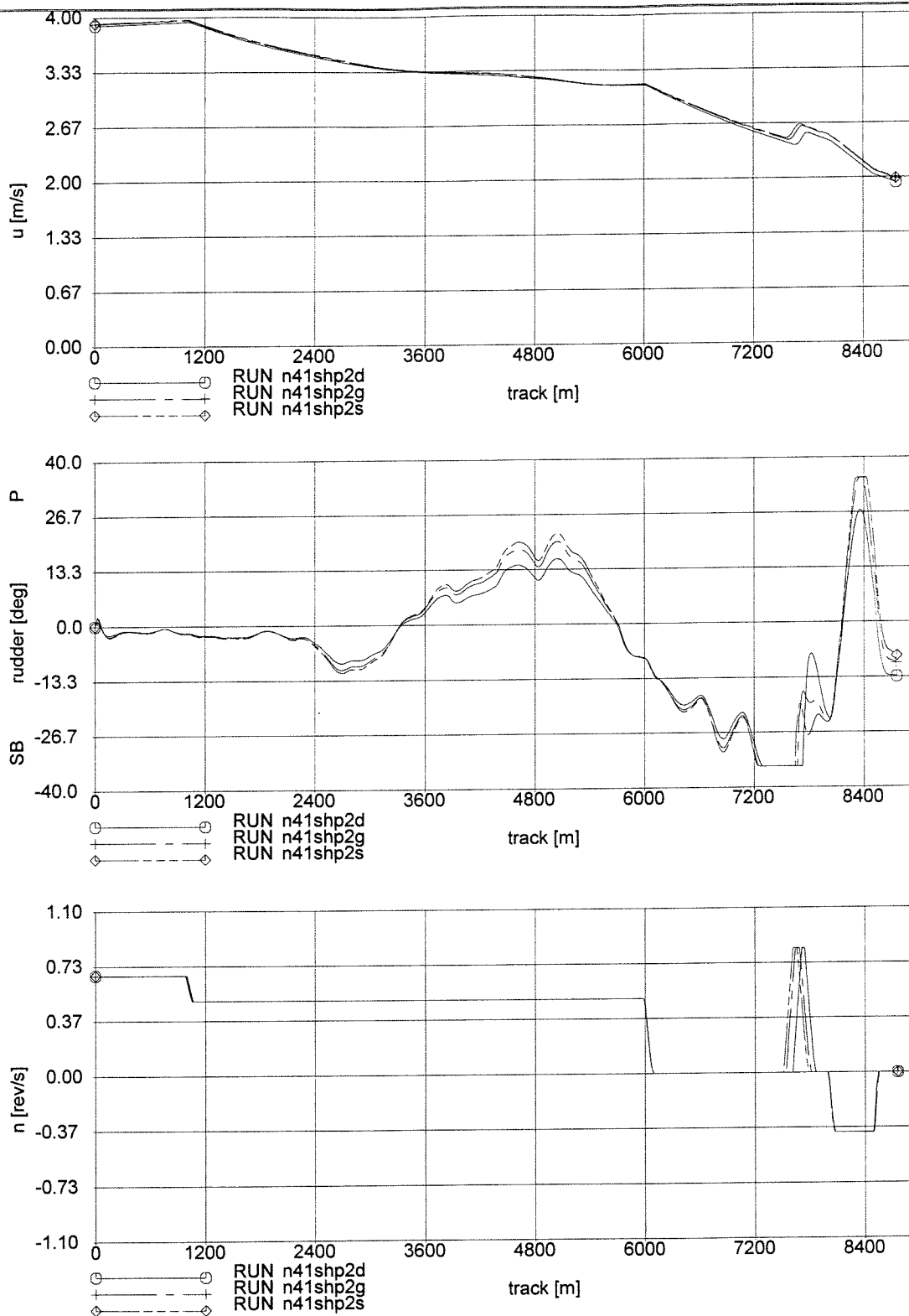
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, nw35

nw35, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 2



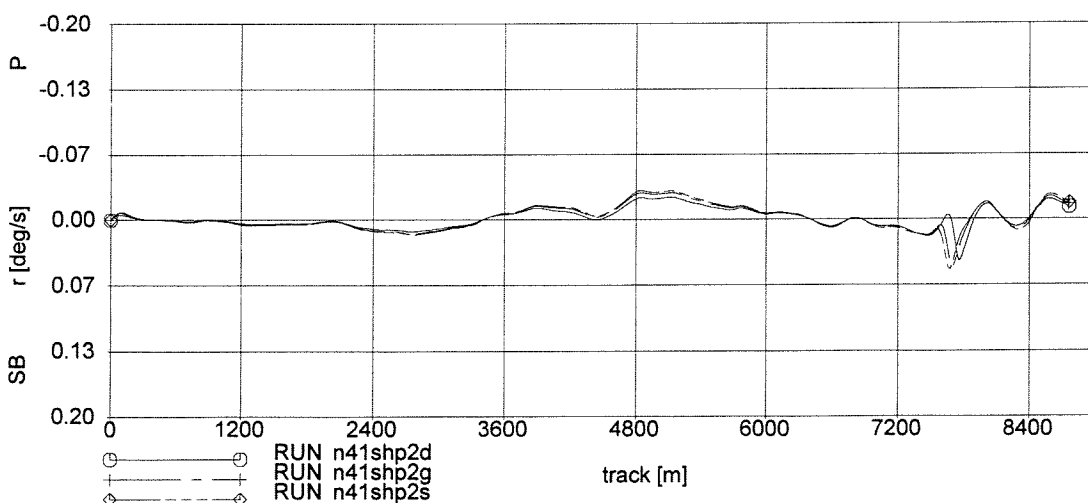
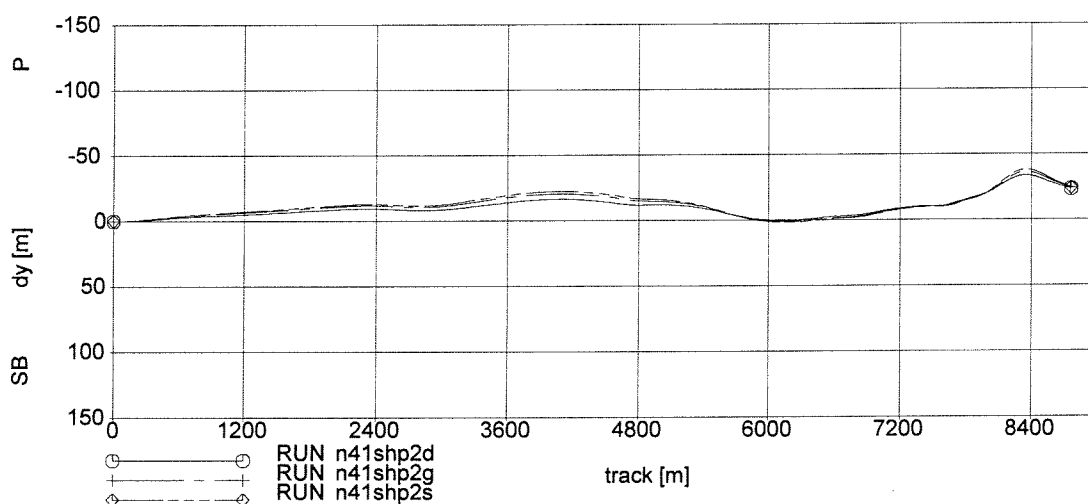
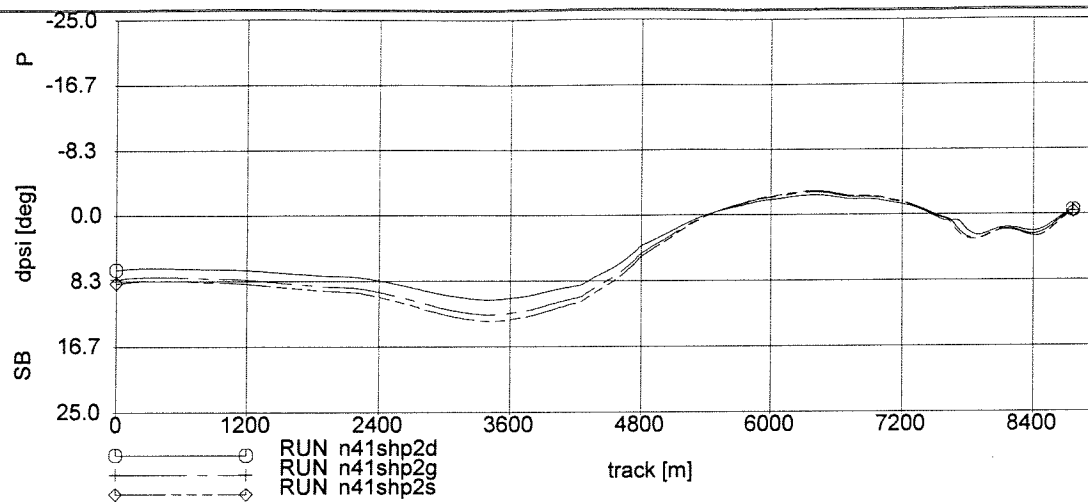
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, nw41

nw41, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, nw41

nw41, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

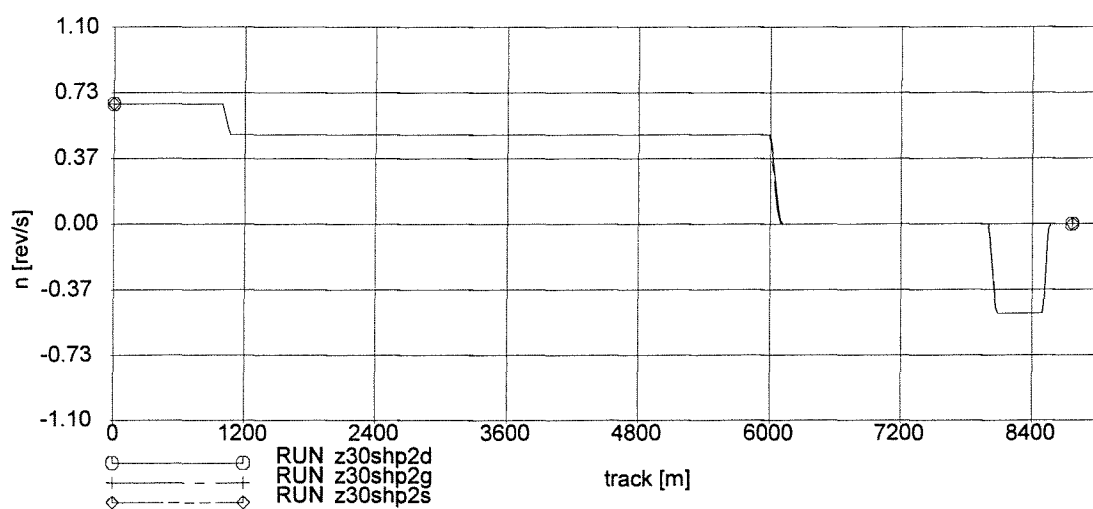
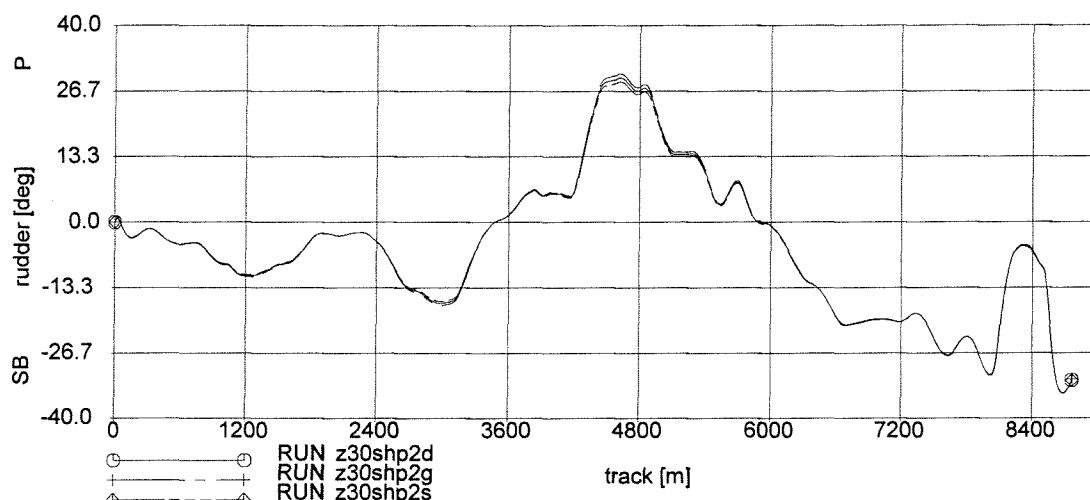
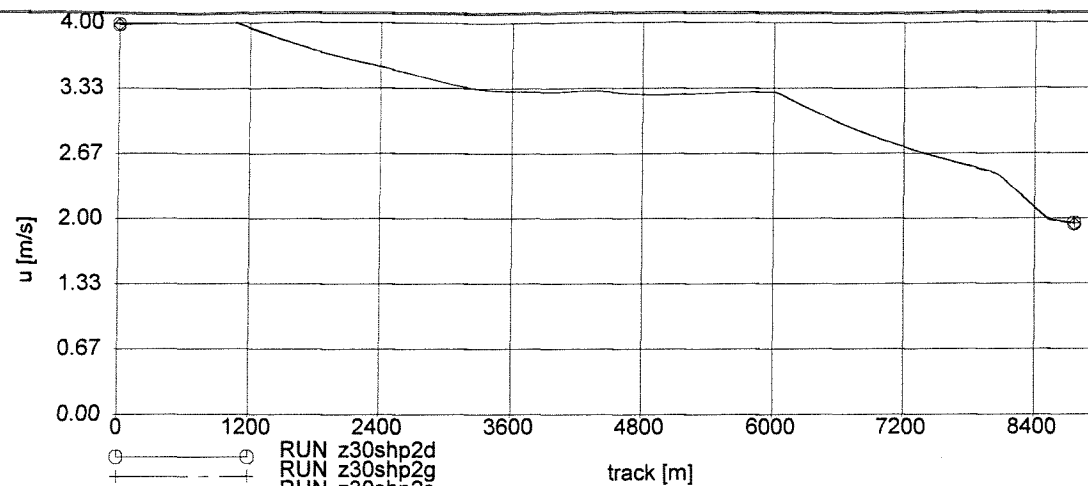
AvdHoek

FIG. blad 2



Bijlage O-II

**Dataplots vergelijkingsruns dood, gemiddeld
en springtij voor ZW-wind, schip 2,
stap 30, 35 en 41**



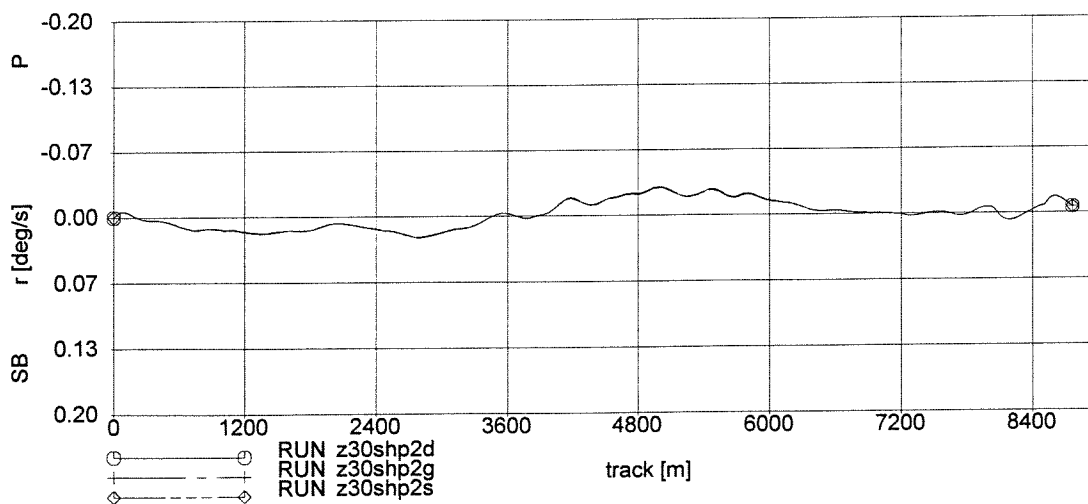
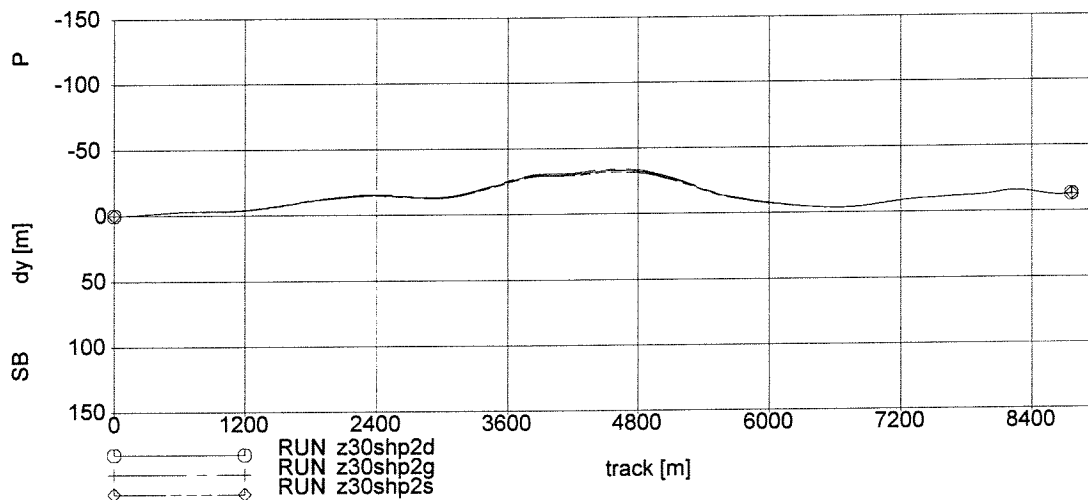
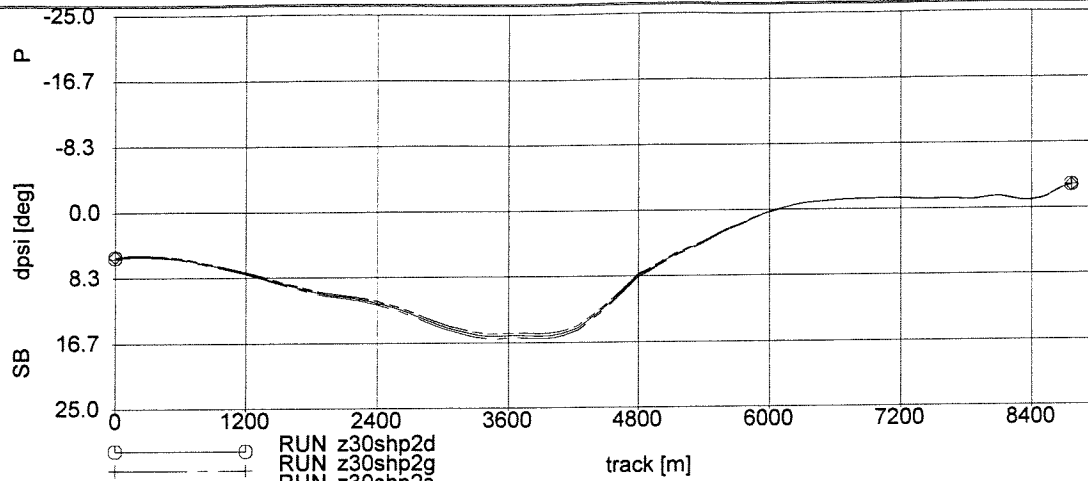
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, zw30

zw30, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



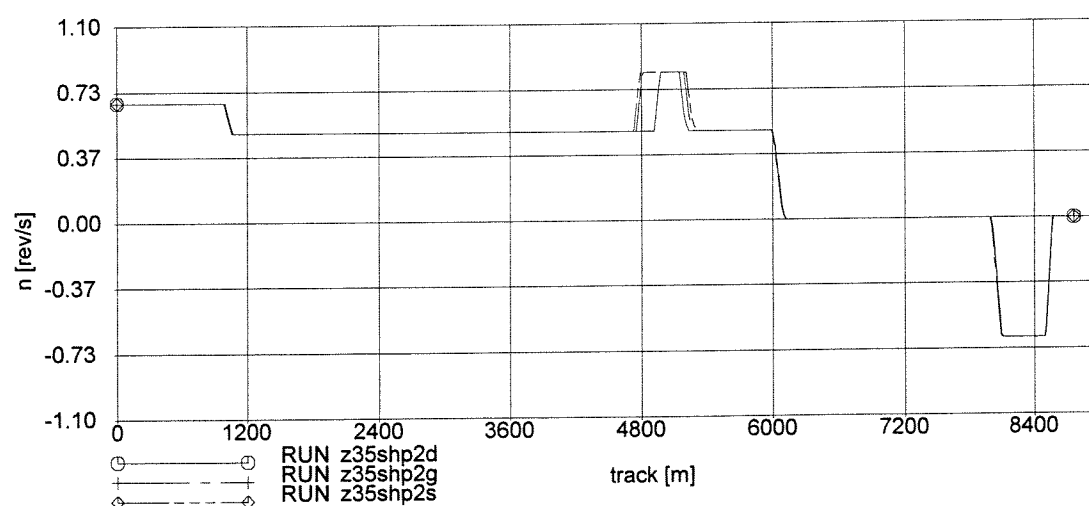
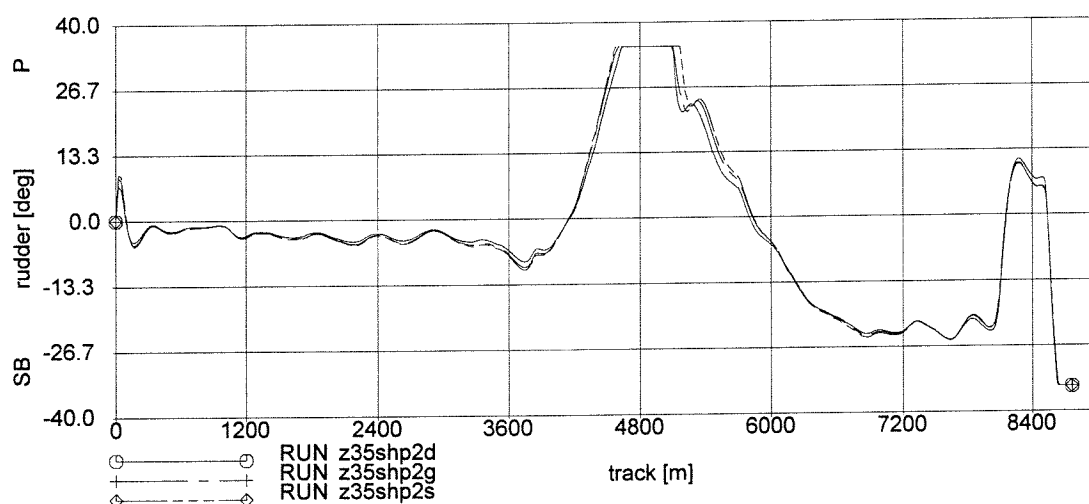
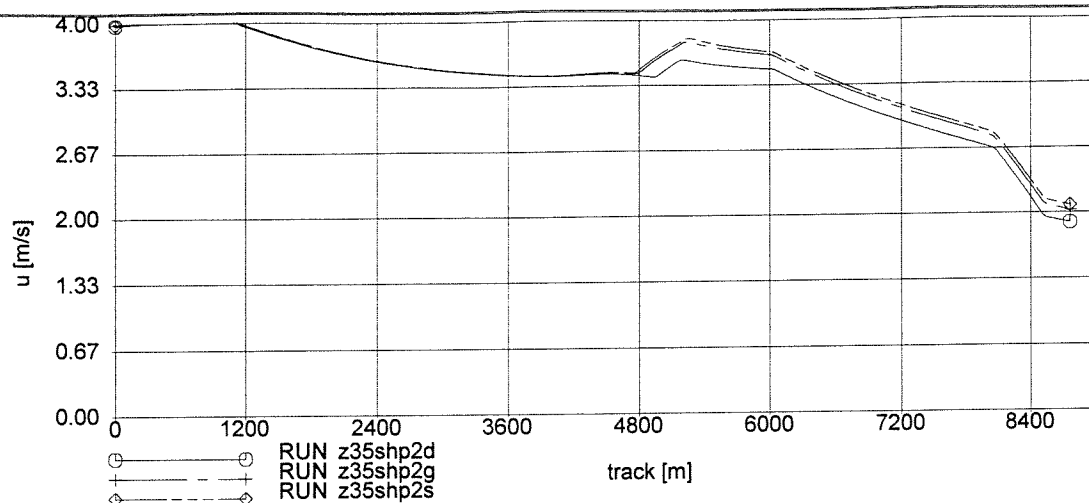
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, zw30

zw30, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 2



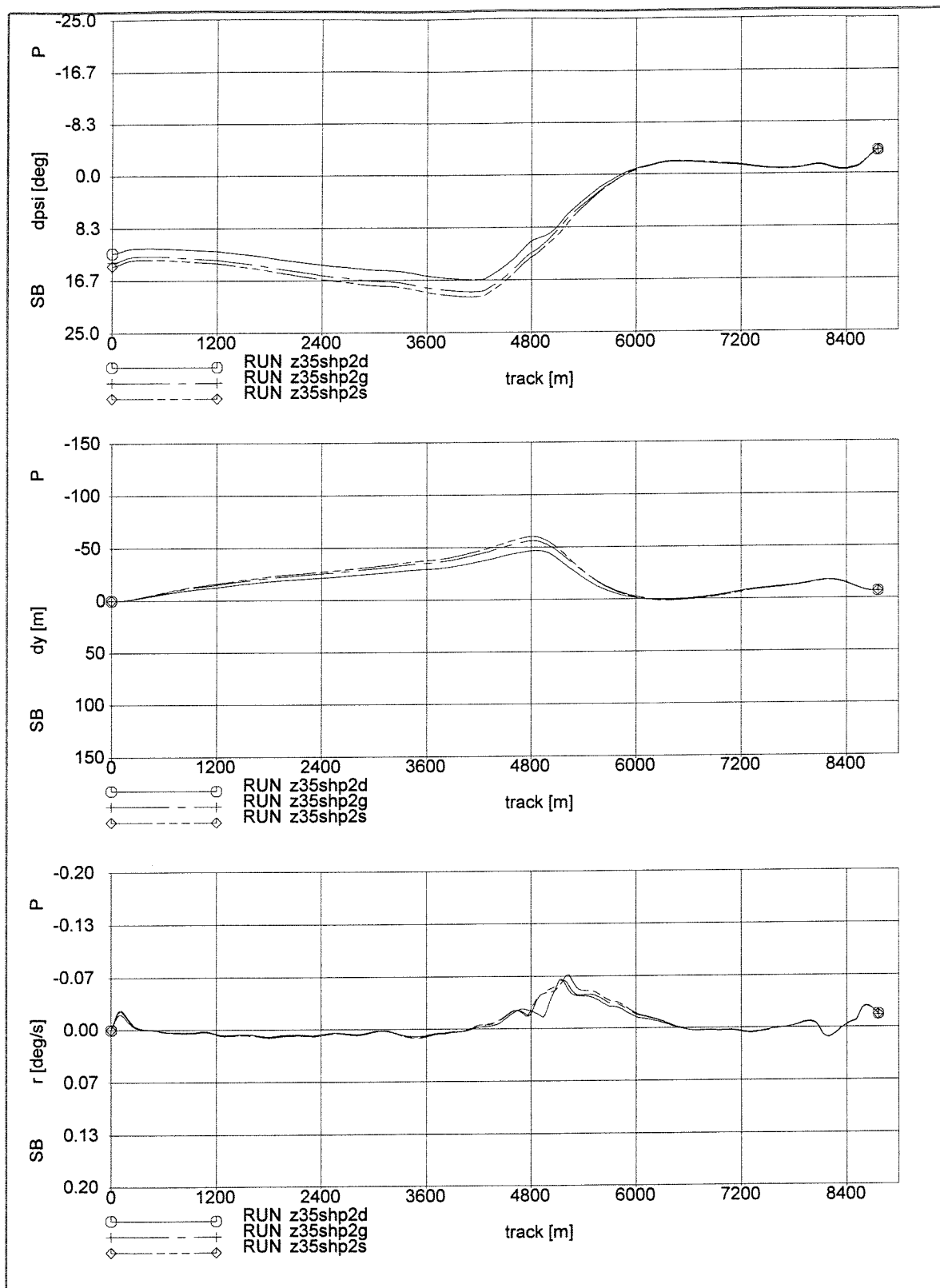
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, zw35

zw35, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



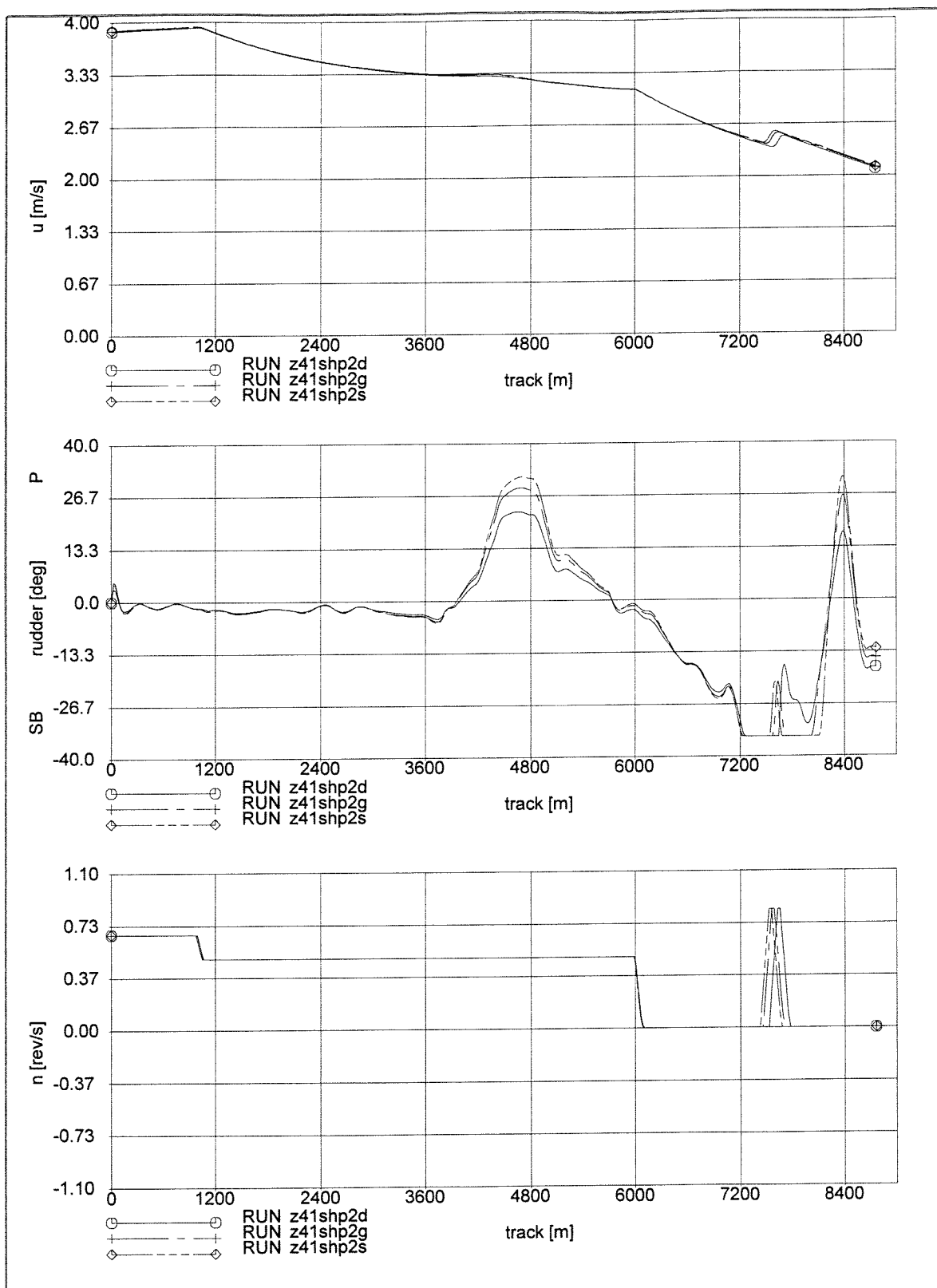
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, zw35

zw35, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 2



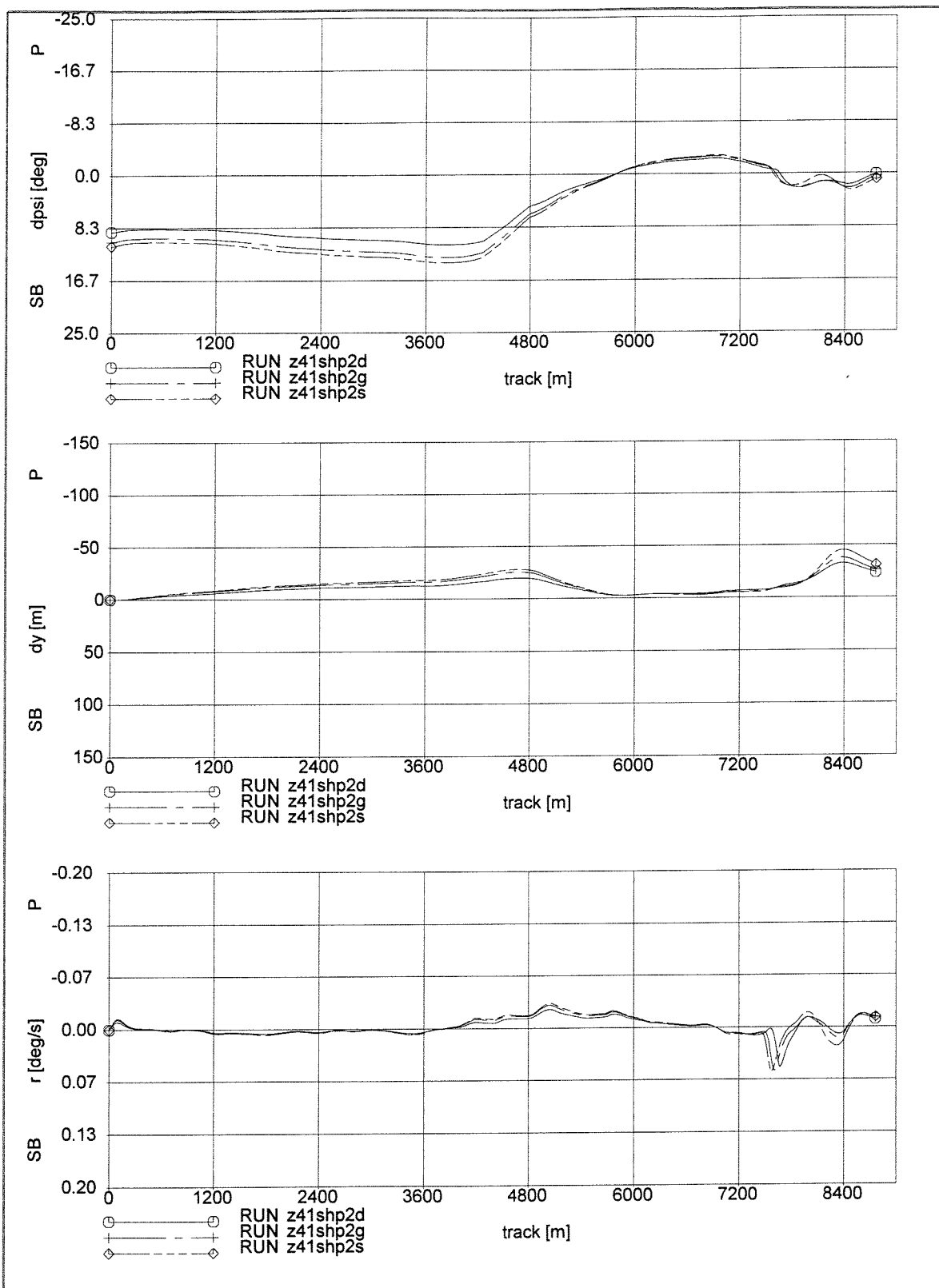
Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, zw41

zw41, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 1



Toelatingsbeleid Haven Rotterdam
Vgl. dood, gemid en spring, zw41

zw41, d/g/s

RWS, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

AvdHoek

FIG. blad 2