

Configuration Kalmanfilter on behalf of storm surge warning

Inventory and first selection of online locations

Project:

NAUTILUS

Working document:

RIKZ/OS-2000.125X



Opdrachtgever:
Hoofdkantoor van de Waterstaat
Programma WONS VEILIGHEID

Configuration Kalmanfilter on behalf of storm surge warning

Inventory and first selection of online locations

Project:	NAUTILUS
Working document:	RIKZ/OS/2000.125X
Date:	August 2000
Authors:	D. Dillingh A.W. Gebraad M. Verlaan

Contents

.....

Contents.....	3
1 Introduction	5
2 Approach.....	9
3 Selection criteria from theory and modelling	11
4 Expert experience	13
5 Inventory of on line locations	15
6 First selection of locations	19
7 Inventory of measurements	25
Appendix A: Operational reliability British locations	31
Appendix B: Geometrical situation of all locations.....	33
Appendix C: Reproduction of the astronomical tide.....	37
Appendix D: Specific remarks from experts about certain locations.....	39
Appendix E: Reports of the interviews with the experts	41

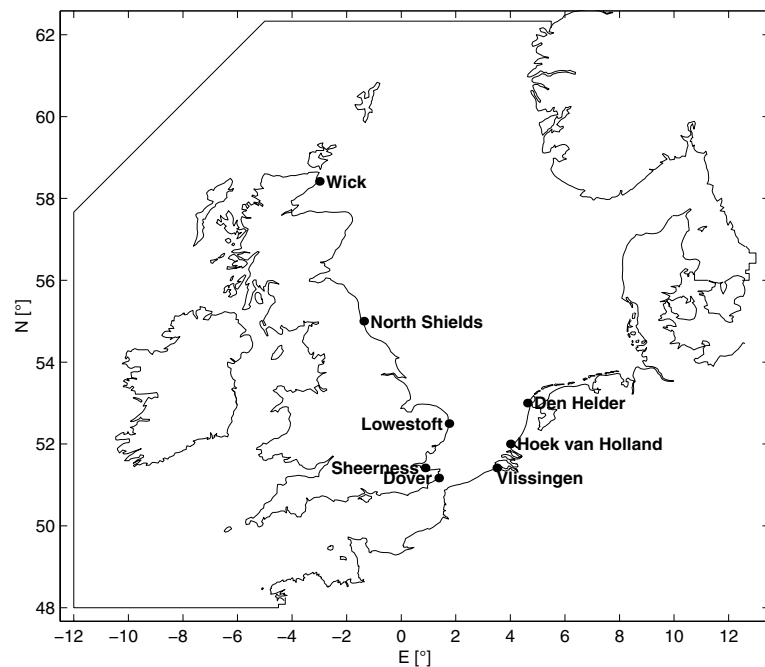
1 Introduction

Rijkswaterstaat is responsible for the storm surge warning for the Dutch coast, for operating storm surge barriers and for forecasting the water levels to provide access to the Dutch North Sea ports. To fulfill this responsibility Rijkswaterstaat has developed a system to forecast the water levels and storm surges in the North Sea. This system is based on a numerical model (the Dutch Continental Shelf Model, DCSM) that describes the tidal flows and the effects of the meteorologically induced variation in water level in the entire Continental Shelf. The area of DCSM is chosen as shown in figure 1.1. It covers the European Shelf from latitudes 48° N to 62°30' N and longitudes 12° W to 13° E, with the exception of the northwest corner. The grid size used is 1/8° from West to East and 1/12° from North to South, which is about 8x8 km. The meteorological input of this hydrodynamic model is determined by predicted wind and pressure information provided by the Royal Dutch Meteorological Institute KNMI. To improve the water level forecasts by data assimilation a steady state Kalman filter is applied. This operational system is a very important tool for the Storm Surge Warning Service (SVSD).

A Kalman filter combines the information provided by the model and the noisy measurements taken from the actual system, to obtain an optimal (least squares) estimate of the state of the model. Both the model and the measurements are assumed to contain errors. When a new measurement comes available, a new estimate of the state can be made, which is equal to the best prediction of its value before the measurement is taken, plus a correction term of an optimal weighting value times the difference between the measurement and the best prediction of its value before it is actually taken. When the model is nearly linear and the measurements are available at regular time-intervals, this optimal weighting value is constant in time and can be computed once and off-line. This so-called steady state filter is much simpler and faster than the original Kalman filter.

Since 1992 the water levels and storm surge forecast system equipped with a steady state Kalman filter has been installed at the KNMI. The model errors are assumed to be errors in the windfield and/or the open boundary conditions. This system is fed on-line with data from eight gauge stations. The present configuration (see figure 1.1) of the assimilated water level stations exists of five stations at the British east coast (Wick, North Shields, Lowestoft, Sheerness and Dover) and three stations at the Dutch west coast (Vlissingen, Hoek van Holland and Den Helder). The three Dutch stations belong to the base stations of the Dutch Storm Surge Warning Service (SVSD). These eight locations are based on the tidal propagation in the North Sea: the main tide enters the North Sea along the Scottish coast and proceeds southwards along the east coast of Brittain after which it continues northwards along the Dutch coast due to the coriolis forcing.

Figure 1.1: Present configuration of the assimilated water level stations in the Kalman filter used for operational storm surge forecasting



A disadvantage of some stations in the present configuration is, that the water level on site is influenced by local effects that can not be reproduced in the DCSM because of the relative coarse grid. The water level at Vlissingen is for example influenced by the geometry of the Westerschelde, which in the DCSM is only represented by a pipe of three grid cells. This makes it clear that the water level at Vlissingen can not be properly predicted by the DCSM. This influences the forecast of the water level for other stations negatively, because the Kalman filter supposes that the error at Vlissingen is caused by an error in the wind or in the boundary conditions. Due to this, the Kalman filter adjusts the water levels of other stations on basis of wrong assumptions. It is therefore better to use stations for the data assimilation that are not influenced by very local conditions that are not reproduced by the model. For such stations forecasts can be made subsequently with more detailed models.

In this research, that is part of the NAUTILUS project, it is investigated if the present configuration of the Kalman stations can be improved in view of storm surge forecasts. Because recently more water level stations became available on line, and more will become available in the near future, it is possible to apply more stern criteria for selection of the Kalman filter.

Aim of the research:

Find an optimal configuration of Kalman stations for the DCSM. With "optimal" is meant that the forecasts of the water levels are as good as possible. In principle this concerns forecasts in the whole model area, but the focus will be on the Dutch coast.

In this document the first phase of the research is described (see chapter 2), in which an inventory and first selection of on line locations is performed.

This document will also be sent to organisations and persons in the concerned countries in order to get comments on what is stated about their water level stations and data transition. These comments will also be taken into

consideration to obtain the best configuration.

2 Approach

To reach to the goal of the research the following phases and actions are distinguished.

Phase 1: Preselection of water level stations that serve the purpose

- Make an overview of all operational seawater level stations that are situated in the area that is covered by de DCSM;
- Find out which stations are on line, now or in the near future, in all the countries of concern (Great Britain, Ireland, France, Belgium, The Netherlands, Germany, Denmark, Sweden and Norway);
- Formulate criteria for suitable water level stations based on the knowledge of physical processes and the way they are modelled, and on the experience of experts in the Netherlands in the field of Kalman filtering and of storm surge warning;
- Look how the stations meet the criteria;
- Make a preselection of stations that serve the purpose;
- Ask the institutions and persons involved for comments on the preselection.

Phase 2: Preselection of water level stations on basis of data analysis

- Collect measurement data of all the operational stations over the same period. At first the year 1999 was chosen;
- Make a simulation with the DCSM over the same period;
- Analyse and compare the measurements and the results of the simulation;
- Make a selection based on this analysis.

Phase 3: Selection of favourable configurations

- Perform some twin experiments with several configurations. A twin experiment regards the results of a simulation as a measurement. By modifying the windfield one can test if the Kalman filter is able to approach the measurement simulation for a certain configuration;
- Selection of a limited (≤ 5) number of favourable configurations;

Phase 4: Test favourable configurations on real storms

- Select a number of storms;
- Make forecasts for all selected configurations;
- Final selection of configuration based on the analysis of these forecasts.

3 Selection criteria from theory and modelling

The current configuration of Kalman locations is based on the tidal propagation in the North Sea: the main tide enters the North Sea along the Scottish coast and proceeds southwards along the east coast of Great Britain after which it continues northwards along the Dutch coast due to the coriolis forcing. Measurements at the east coast of Britain are therefore expected to be important for the prediction of waterlevels at the Dutch coast. For storm surge forecasting, the propagation of the surge is important, which will largely follow the propagation of the astronomical tide, but is also dependent on the wind direction and strength.

Another consideration concerns the limitations of the model used. As mentioned in the introduction, the Dutch Continental Shelf Model has a grid size of about 8 km. Therefore, small scale geometry variations, such as bars and harbours, cannot be taken into account. This means that physical processes that are influenced by these structures cannot be reproduced by the model. Another simplification is that the model is a two-dimensional model. Thus, typical three-dimensional physical processes, such as stratification and mixing of salinity, are not taken into account. Near estuaries this approximation can affect the water level significantly.

Both the resolution and the absence of 3D-processes in the model can cause deviations from the measurements at locations where these approximations are not valid. However, the Kalman filter assumes that these model errors are only caused by errors in the windfield or in the open boundaries. It therefore adjusts the model state on wrong assumptions. To avoid this problem, in practice the residual used in the Kalman filter is derived from the difference between the model surge and the measured surge. The model surge is determined by subtracting the simulated astronomical tide (DCSM with no meteorological influences) from the simulated waterlevels (DCSM with meteorological influences). In a similar way the 'measured' surge is calculated: the astronomical tide as derived from the measurements is subtracted from the real measurements. This approach (the so-called astro-correction) corrects for the first-order errors in the model that are not caused by errors in the meteorological data. However, this approach does not work for the errors in the non-linear interaction between the surge and the astronomical tide, which are caused by errors in the astronomical tide. Therefore, it is still important that the errors in the simulated astronomical tide are small. Furthermore, it is assumed that the astronomical tide derived from measurements is of good quality.

Summarizing, the following criteria for an ideal water level station may be listed, based on insight into the physical processes and the way they have been modelled:

- On line availability of the water level
- Reliable in operation
- Good position compared to the Dutch coast in relation with the direction of the tidal stream
- No local effects that influence the measurements but are not modelled or modelled badly, such as:

-
- river outflow
 - oscillations in harbours (seiches)
 - strong gradient in the bottom topography
 - local bars
 - complex coastal geometry

=> An ideal station is located at some distance from the shoreline.

- The astronomical tide as given by the DCSM and as derived from the measurements should resemble; this indicates that the local effects are not too large.
- Tidal range not too large because of the substantial consequences of a (even small) phase error. The idea is that the tidal range should also not be too small (so not too close to an amphidromy) because the phase of the tide changes rapidly going around an amphidromy. An amphidromy is a complicated point of which the consequences for Kalman filtering are not yet fully understood. On the other hand one could state that the consequence of a phase error near an amphidromy is small because of the small tidal range and a source of errors, the astronomical tide, is absent or small.
- The location of the station in the model must be representative for the measurement location.
- A good prediction of the astronomical tide derived from an (harmonic) analysis of measurement data must be available. This is important for the quality of the “measured” surge and consequently the effectiveness of the Kalman filter and the quality of the ultimate prediction of the waterlevel.

4 Expert experience

Interviews were held with experts from

- Rijkswaterstaat, RIKZ, Storm Surge Warning Service and modellers
- Rijkswaterstaat, Hydro Meteo Centrum Zeeland
- Delft University of Technology
- KNMI

Reports of these interviews are given in appendix E (in Dutch).

From the interviews in general a clear picture comes up:

- Stations preferably should be located at some distance from the coast;
- English east coast is the most important in view of the storm surge warning for The Netherlands;
- Also some stations in the English Channel are regarded sensible;
- Wick is very important;
- The more stations the better;
- Also stations at the German, Danish, Norwegian, Irish and English west coast may contribute to a better performance of the DCSM with Kalman filter and hence to a better storm surge forecast;
- In almost all interviews the astronomical tide problem rose. That means that the quality of the astronomical tide as predicted on the basis of a harmonic analysis of measured waterlevel data in recent years, is not always as high as wanted. Because of the astro-correction (see chapter 3) it is therefore regarded very important to have good quality in both the astronomical tides (from DCSM and from measurements).

5 Inventory of on line locations

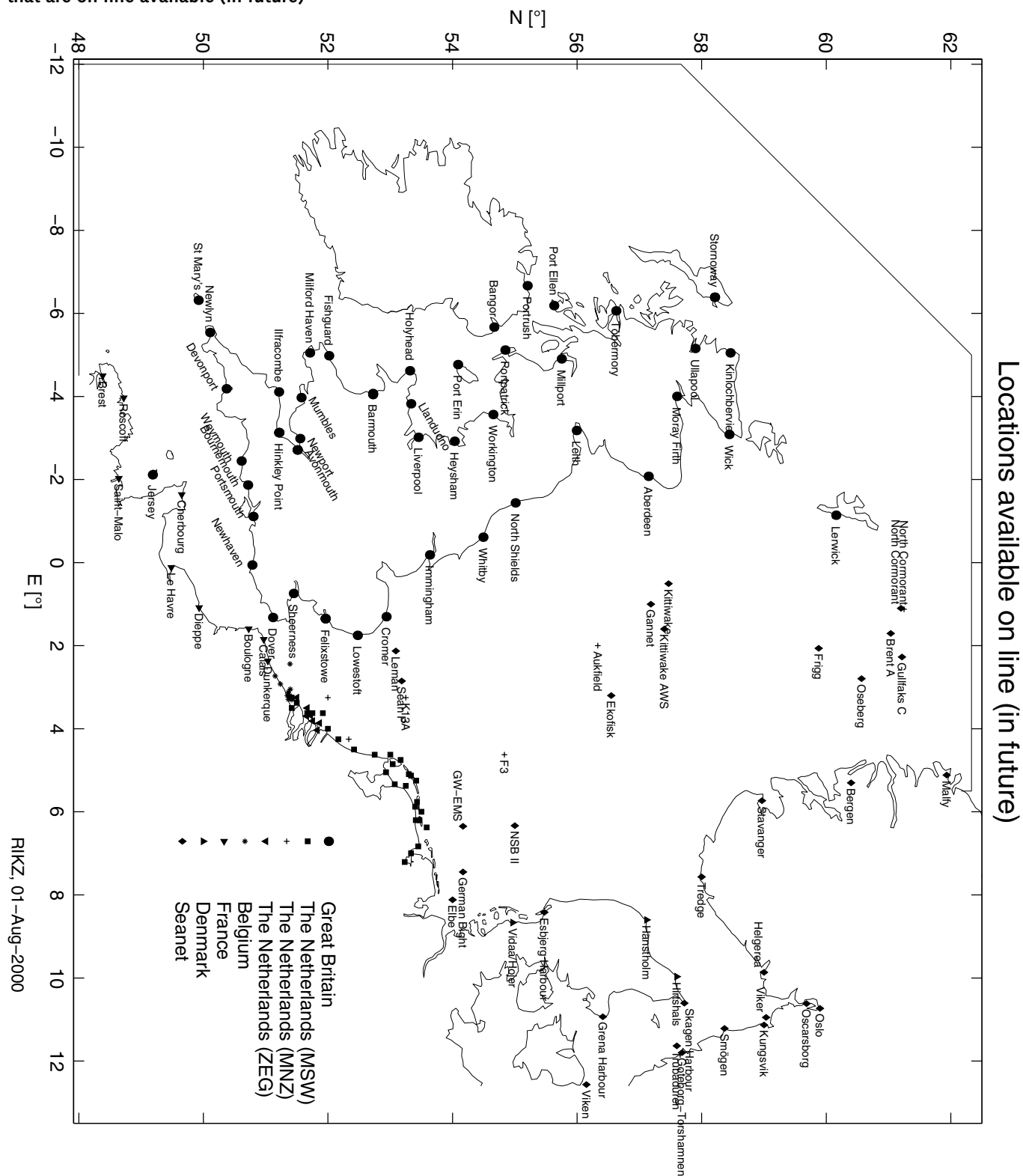
The first important criterium for a measurement location in the operational storm surge forecasting system is that the measurements are available on line or will be available on line in the near future. For the model area of DCSM, the countries involved are Great Britain, Ireland, France, Belgium, The Netherlands, Germany, Denmark, Sweden and Norway. For all these countries it is tried to get information about (near future) on line water level data. Besides, the European project Seanet is regarded as an interesting development, which will be a platform for on line data in future.

An overview of the information about on line locations collected so far is given in figure 5.1 (whole model area) and 5.2 (Dutch coast). The information is collected from:

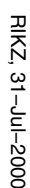
- Great Britain: BODC
 - These locations are the British locations that can be delivered online already.
- The Netherlands: Rijkswaterstaat
 - These locations are part of one of the three Dutch on line measurement networks, MSW (Monitoring Systeem Water), MNZ (Meetnet Noordzee) and ZEG (Meetnet Zeeuwse Getijdewateren). These measurements are online available already.
- Belgium: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
 - These locations are part of the Meetnet Vlaamse Banken which will become available online in near future.
- France: SHOM (French Navy)
 - These locations are the current on line available, near future online available and possibly in future available French locations.
- Denmark: DMI
 - These locations are online available already.
- Seanet (European Project)
 - These locations are part of the European Seanet project. When they will possibly become available online is not clear yet and will dependant of the succes of the Seanet project.

At the moment, besides locations included in Seanet, no information is available about locations from Ireland, Germany, Sweden and Norway.

Figure 5.1: Overview of locations that are on line available (in future)



Dieppe



6 First selection of locations

The first selection of these 'on line' locations has been based on the following criteria as far as we have the knowledge:

- Reliability in operation. This criterium is not crucial for the first selection, as this reliability may change in the future. For the British locations this information is based on experience at the Hydro Meteo Centrum Zeeland (regarding a period of two months) and an evaluation of from the British Tidepol system, made available to the RIKZ by the KNMI (regarding a period of 1.5 year) (see also appendix B). Anyway both experiences concern the same dataflow. For the coastal Dutch locations the reliability is very high. Some offshore Dutch locations are not reliable (see also appendix D). Offshore locations always show less reliability because failures of instrumentation or transmission can be repaired or restored less quickly. A point of special interest for offshore locations is the longterm existence of the structure.
- No local effects that influence the measurements but are not modelled or modelled badly. Aspects that are taken into account:
 - Geometrical situation: local coast line, river outflow, harbour and local bathymetry. For the Dutch locations this information is completely available to us and locations are removed from the selection in case of bad geometrical situation in terms of reproducing the tide on a coarse grid and in a 2D-model. For the foreign locations we studied maps and sea charts (only for locations where measurements in the year 1999 are obtained) and asked organisations and persons in the concerned countries for comments on the draft version of this report (see also appendix D). These comments are also taken into consideration.
 - The astronomical tide as given by the DCSM and as derived from the measurements should resemble; this indicates that the local effects are not too large. The 'measured' astronomical tide is not for all locations available at the moment, but the information we have is listed in appendix C. This aspect is only used as additional information here. In phase 2 of the research this aspect will be studied further.

The selection of the locations based on these criteria is given in table 6.1. The following notation is used:

- + meets criterium satisfactory
- +/- meets criterium more or less
- does not meet criterium
- empty no information available so far

Table 6.1 is based on information given in appendix A, B, C and D. For the first selection all stations with a total score of "-" are removed. An overview of the first selection is given in figures 6.1 (whole model) and 6.2 (Dutch coast).

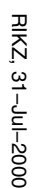
For further selection measurements of the year 1999 will be collected and data analysis will be performed (phase 2).

Table 6.1: Selection of locations
(see text)

Station	Country	Operational availability (appendix A and D)	Geometrical situation (appendix B and D)	Evaluation astronomical tide (appendix C and D)	Total
MP 0	Belgium		+/-		+/-
MP 1	Belgium		+/-		+/-
MP 2	Belgium		+/-		+/-
MP 3	Belgium		+/-		+/-
MP 4	Belgium		+/-		+/-
MP 7	Belgium		+		+
Nieuwpoort	Belgium	+	+		+
Oostende	Belgium		+/-		+/-
Zeebrugge LD	Belgium	+	-		+/-
Hanstholm	Denmark		+		+
Hirtshals	Denmark		+		+
Vidaa/Hojer	Denmark		-		-
Esbjerg Harbour	Denmark (Seanet)		-	-	-
Grena Harbour	Denmark (Seanet)		+		+
Skagen Harbour	Denmark (Seanet)		+		+
Boulogne	France		+		+
Brest	France		+/-		+/-
Calais	France		+	+	+
Cherbourg	France		+	+	+
Dieppe	France		+	+/-	+/-
Dunkerque	France		+	+	+
Le Havre	France		-		-
Roscoff	France		+	-	+/-
Saint-Malo	France		+/-		+/-
ELBE-unmanned	Germany (Seanet)		+		+
GermanBight-unmann	Germany (Seanet)		+		+
GW-EMS - unmanned	Germany (Seanet)		+		+
NorthSeaBuoy(NSBII)	Germany (Seanet)		+		+
Aberdeen	Great Britain	+	+/-	+	+
Avonmouth	Great Britain	+/-	-		+/-
Bangor	Great Britain		+/-		+/-
Barmouth	Great Britain	+	-		-
Bournemouth	Great Britain	+	+		+
Cromer	Great Britain	+/-	+	+/-	+/-
Devonport	Great Britain		-		-
Dover	Great Britain	+	+	+	+
Felixstowe	Great Britain	+	-		-
Fishguard	Great Britain	+/-	+		+
Heysham	Great Britain	+/-	-		-
Hinkley Point	Great Britain	+/-	-		+/-
Holyhead	Great Britain	+/-	+/-	-	+/-
Ilfracombe	Great Britain	+/-	+		+
Immingham	Great Britain	+/-	-	-	-
Jersey	Great Britain		+		+
Kinlochbervie	Great Britain	+/-	+/-		+/-
Leith	Great Britain	+	-	-	-
Lerwick	Great Britain		-		+/-
Liverpool	Great Britain	+/-	-		-

Station	Country	Operational availability (appendix A and D)	Geometrical situation (appendix B and D)	Evaluation astronomical tide (appendix C and D)	Total
Llandudno	Great Britain	+/-	+		+
Lowestoft	Great Britain	+/-	+/-	+	+/-
Milford Haven	Great Britain	+/-	-		-
Millport	Great Britain	+/-	-		-
Moray Firth	Great Britain		+/-		+/-
Mumbles	Great Britain	+/-	+		+
Newhaven	Great Britain	+/-	+	+	+
Newlyn	Great Britain	+/-	+	+	+/-
Newport	Great Britain	+/-	-		+/-
North Shields	Great Britain	+/-	+/-	+	+/-
Port Ellen	Great Britain		+		+
Port Erin	Great Britain		+		+
Portpatrick	Great Britain		+		+
Portrush	Great Britain		+/-		+
Portsmouth	Great Britain	+/-	+/-	-	+/-
Sheerness	Great Britain	+	-	-	-
St Mary's	Great Britain		+/-	+	+/-
Stornoway	Great Britain	+/-	+		+
Tobermory	Great Britain		-		-
Ullapool	Great Britain		-		-
Weymouth	Great Britain	+/-	+/-		+/-
Whitby	Great Britain	+/-	+		+
Wick	Great Britain	+	+	+/-	+
Workington	Great Britain	+/-	+/-		+/-
Brent A	Great Britain (Seanet)		+		+
Gannet	Great Britain (Seanet)		+		+
Kittiwake	Great Britain (Seanet)	+	+		+
Kittiwake AWS	Great Britain (Seanet)		+		+
Leman	Great Britain (Seanet)		+		+
North Cormorant	Great Britain (Seanet)	-	+		-
Sean P	Great Britain (Seanet)		+		+
Bergen	Norway	+	-		+/-
Ekofisk	Norway (Seanet)	+	+	+/-	+
Frigg	Norway (Seanet)	-	+		-
GullfaksC	Norway (Seanet)	-	+		-
Helgeroa	Norway	+	+		+
Maloy	Norway	+	+		+
Oscarsborg	Norway	+	-		+/-
Oseberg	Norway	-	+		-
Oslo	Norway	+	-		+/-
Stavanger	Norway	+	-		+/-
Tregde	Norway	+	+		+
Viker	Norway	+	+		+
Goteborg-Torshamnen	Sweden (Seanet)		+		+
Kungsvik	Sweden (Seanet)		+		+
Smögen	Sweden (Seanet)		+		+
Trubaduren	Sweden (Seanet)		+		+
Viken	Sweden (Seanet)		+		+
Aukfield	The Netherlands (MNZ)	-	+	+	+/-
Euro platform	The Netherlands (MNZ)		+	+	+
K13A	The Netherlands (MNZ)	+	+	+	+
LE Goeree	The Netherlands (MNZ)	+	+	+	+

Station	Country	Operational availability (appendix A and D)	Geometrical situation (appendix B and D)	Evaluation astronomical tide (appendix C and D)	Total
Meetpost Noordwijk	The Netherlands (MNZ)	+	+	+/-	+
North Cormorant	The Netherlands (MNZ)	-	+		+/-
BG8	The Netherlands (MSW)	+	+/-		+/-
Cadzand	The Netherlands (MSW)	+	+/-	+/-	+/-
Delfzijl	The Netherlands (MSW)	+	-	-	-
Den Helder	The Netherlands (MSW)	+	-	+/-	-
Den Oever Bu	The Netherlands (MSW)	+	-		-
Eemshaven	The Netherlands (MSW)	+	-		-
HA10	The Netherlands (MSW)	+	+	+/-	+
Harlingen	The Netherlands (MSW)	+	-	+/-	-
Hoek van Holland	The Netherlands (MSW)	+	-	+	-
Holwerd	The Netherlands (MSW)	+	-		-
Huibertgat	The Netherlands (MSW)	+	+	+	+
IJmuiden Buitenhaven	The Netherlands (MSW)	+	+/-	+/-	+/-
Kornwerderzand Bu	The Netherlands (MSW)	+	-		-
Lauwersoog	The Netherlands (MSW)	+	-		-
Nes	The Netherlands (MSW)	+	-		-
Nieuwe Statenzijl	The Netherlands (MSW)	+	-		-
Oude Schild	The Netherlands (MSW)	+	-		-
Petten	The Netherlands (MSW)	+	+	+/-	+
Roompot Bu	The Netherlands (MSW)	+	+	+/-	+
Scheveningen	The Netherlands (MSW)	+	+/-	+/-	+/-
Schiermonnikoog	The Netherlands (MSW)	+	-	-	-
Stellendam Buiten	The Netherlands (MSW)	+	-		-
Terschel. Noordzee	The Netherlands (MSW)	+	+	+	+
Texel Noordzee	The Netherlands (MSW)	+	+	+/-	+/-
Vlieland Haven	The Netherlands (MSW)	+	-		-
Vlissingen	The Netherlands (MSW)	+	-	+/-	-
Westkapelle	The Netherlands (MSW)	+	-		-
West-Terschelling	The Netherlands (MSW)	+	-	-	-
Wierumergronden	The Netherlands (MSW)	+	+	+	+
BG-2	The Netherlands (ZEG)	+	+		+
OS-11	The Netherlands (ZEG)	+	+	+	+
OS14	The Netherlands (ZEG)	+	+		+
OS4	The Netherlands (ZEG)	+	-		-
VR-2	The Netherlands (ZEG)	+	+		+



Dieppe

7 Inventory of measurements

For the further selection of the locations data analysis will be performed (see chapter 2, phase 2). Measurements are/will be collected for the year 1999. So far the following measurements are derived or will be delivered soon (see also figure 7.1 and 7.2):

British measurements

Source: British Oceanographic Data Centre (BODC)

Station	Latitude			Longitude		
	N			E		
	°	'	"	°	'	"
Aberdeen	57	8	38.9	-2	-4	-43.2
Bangor	54	39	54.0	-5	-40	-9.0
Barmouth	52	43	8.4	-4	-3	-37.3
Bournemouth	50	42	47.9	-1	-52	0.0
Cromer	52	56	2.0	1	18	12.5
Devonport	50	22	4.2	-4	-11	-2.8
Dover	51	6	51.6	1	19	19.8
Felixstowe	51	57	25.9	1	20	54.0
Fishguard	52	0	45.8	-4	-58	-58.0
Heysham	54	1	52.8	-2	-55	-14.4
Hinkley Point	51	12	35.8	-3	-7	-43.1
Holyhead	53	18	49.0	-4	-37	-9.9
Ilfracombe	51	12	39.0	-4	-6	-36.3
Immingham	53	37	58.2	0	-11	-13.0
Jersey	49	11	0.0	-2	-7	0.0
Kinlochbervie	58	27	25.9	-5	-2	-58.5
Leith	55	59	23.3	-3	-10	-49.5
Lerwick	60	9	16.8	-1	-8	-24.0
Liverpool	53	26	59.4	-3	-1	-6.6
Llandudno	53	19	53.4	-3	-49	-25.2
Lowestoft	52	28	20.9	1	45	6.4
Milford Haven	51	42	24.7	-5	-3	-2.3
Millport	55	44	58.9	-4	-54	-16.8
Moray Firth	57	35	57.6	-4	0	-9.6
Mumbles	51	34	11.0	-3	-58	-25.2
Newhaven	50	46	51.6	0	3	29.4
Newlyn	50	6	8.4	-5	-32	-30.6
Newport	51	32	58.7	-2	-59	-9.6
North Shields	55	0	26.1	-1	-26	-17.9
Port Ellen	55	37	40.1	-6	-11	-21.4
Port Erin	54	5	7.2	-4	-46	-0.9
Portpatrick	54	50	32.7	-5	-7	-0.8
Portrush	55	12	0.0	-6	-40	0.0
Portsmouth	50	47	55.8	-1	-6	-42.0
Sheerness	51	26	45.0	0	44	35.4
St Mary's	49	55	4.4	-6	-18	-56.0
Stornoway	58	12	29.2	-6	-23	-16.4
Tobermory	56	37	23.3	-6	-3	-47.3
Ullapool	57	53	43.8	-5	-9	-24.5

Weymouth	50	36	28.5	-2	-26	-47.4
Whitby	54	29	23.7	0	-36	-45.5
Wick	58	26	28.8	-3	-5	-5.7
Workington	54	39	2.2	-3	-33	-58.2

Dutch measurements

Source: Rijkswaterstaat

Station	Latitude N			Longitude E		
Aukfield	56	23	59	2	3	56
BG-2	51	46	6	3	37	6
BG8	51	45	5.6	3	48	46.6
Cadzand	51	22	48	3	22	39
Euro platform	51	59	55	3	16	35
HA10	51	51	49.6	3	51	42.0
Huibertgat	53	34	28	6	23	59
IJmuiden Buitenhaven	52	27	47	4	33	22
K13A	53	13	4	3	13	13
LE Goeree	51	55	33	3	40	11
Meetpost Noordwijk	51	16	26	4	17	46
North Cormorant	61	14	24	1	9	0
OS-11	51	38	39	3	28	53
OS14	51	43	15.1	3	40	40.5
Petten	52	47	21	4	39	58
Roompot Bu	51	37	13	3	41	0
Scheveningen	52	5	59	4	15	54
Terschel. Noordzee	53	26	36	5	20	4
Texel Noordzee	53	7	17	4	44	4
VR-2	51	30	16	3	14	37
Wierumergronden	53	30	60	5	57	34

Danish measurements:

Source: DMI

Station	Latitude N			Longitude E		
Esbjerg Harbour	55	28	30.0	8	25	6.0
Hirtshals	57	36	0.0	9	58	0.0
Hanstholm	57	7	0.0	8	36	0.0
Vidaa/Hojer	54	58	0.0	8	40	0.0

French measurements:

Source: SHOM (French Navy)

Station	Latitude N			Longitude E		
Dunkerque	51	2	5.0	2	22	4.0
Calais	50	58	7.0	1	50	58.0
Boulogne	50	43	42.0	1	35	36.0
Dieppe	49	55	48.0	1	5	6.0
Le Havre	49	29	0.0	0	7	0.0
Cherbourg	49	39	8.0	-1	-38	-8.0
Saint-Malo	48	38	30.0	-2	-1	-36.0
Roscoff	48	43	18.0	-3	-57	-48.0
Brest	48	23	0.0	-4	-29	-54.0

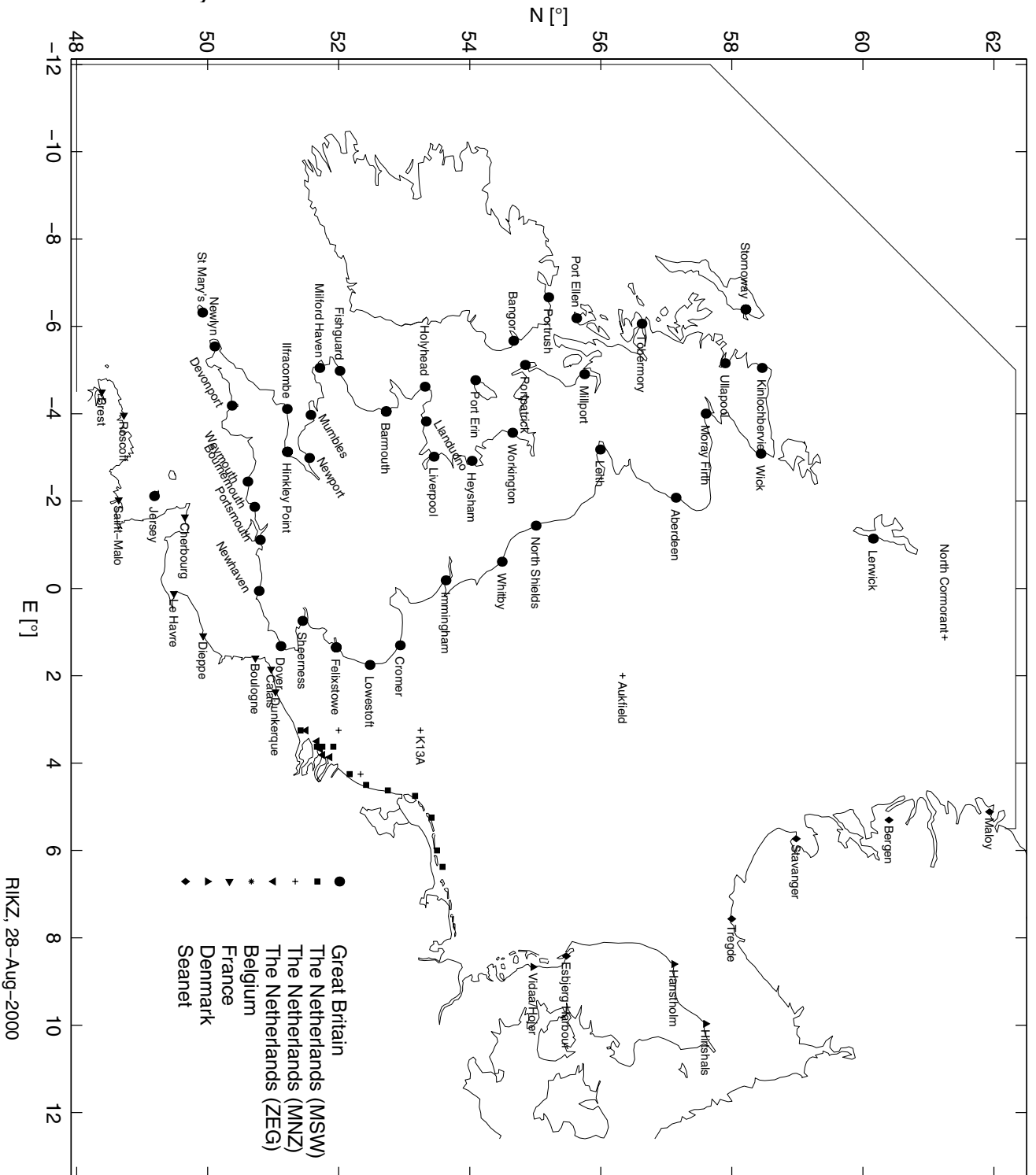
Norwegian measurements:

Source: Hydrographic Office (Statens Kartverk Sjøkartverket)

Station	Latitude N			Longitude E		
Tregde	58	0	0	7	34	0
Stavanger	58	59	0	5	44	0
Bergen	60	24	0	5	18	0
Maloy	61	56	0	5	7	0

Measurements 1999

Figure 7.1: Obtained measurements for the year 1999



Measurements 1999

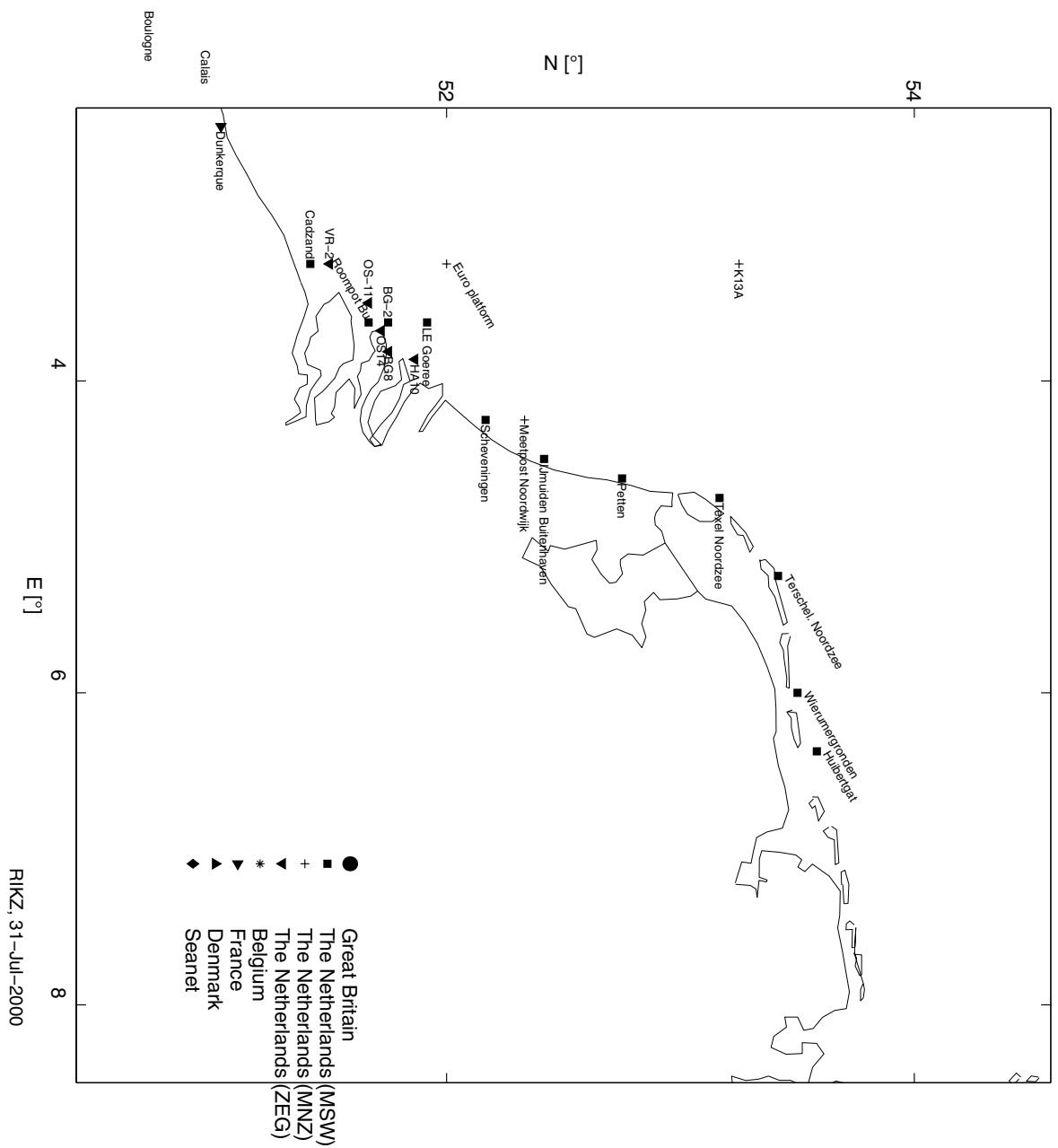


Figure 7.2: Obtained measurements for the year 1999 (Dutch coast)

Appendix A: Operational reliability British locations

In this appendix the operational availability is evaluated for the British locations.

In the table below the following notation is used:

- + is reliable in operation
- +/- is more or less reliable in operation
- is not reliable in operation
- empty no information available so far

Station	Evaluation KNMI (period 1/8/98-29/3/00)	Evaluation HMCZ (period 14/01/2000 - 14/03/2000)	Total
Aberdeen	+	+	+
Avonmouth	-	+	+/-
Barmouth	+/-	+	+
Barrow			
Bournemouth	+/-	+	+
Bangor			
Cromer	+/-	+/-	+/-
Devonport			
Dover	+	+	+
PortEllen			
PortErin			
Fishguard	+/-	+	+/-
Felixstowe *	+	+	+
Heysham	+/-	+	+/-
HinkleyPoint	+/-	+/-	+/-
Holyhead	+/-	+/-	+/-
Ilfracombe	+/-	+/-	+/-
Immingham	+	+/-	+/-
Jersey			
Kinlochbervie	-	+	+/-
Llandudno	+/-	+	+/-
Lerwick			
Leith	+	+	+
Lowestoft	+/-	+/-	+/-
Liverpool	+/-	+/-	+/-
StMary's			
MilfordHaven	+/-	+	+/-
Millport	+/-	+	+/-
MorayFirth			
Mumbles	+/-	+	+/-
Newport	+/-	+	+/-
Newlyn	+/-	+/-	+/-
NorthShields	+/-	+	+/-
Newhaven	+/-	+	+/-
Plymouth	+/-		+/-
Portsmouth	-	+	+/-
Portpatrick			
Portrush			
Sheerness	+	+	+
Stornoway	+/-	+/-	+/-
Tobermory			
Ullapool			

Station	Evaluation KNMI (period 1/8/98-29/3/00)	Evaluation HMCZ (period 14/01/2000 - 14/03/2000)	Total
Weymouth	+/-	+	+/-
Wick	+	+	+
Workington	+/-	+/-	+/-
Whitby	-	+	+/-

Appendix B: Geometrical situation of all locations

In this appendix the geometrical situation is evaluated for all locations. In this evaluation the local coast line, river outflow, harbour and local bathymetry are considered, as far as the information is available. The locations marked with * are studied on sea charts as measurements are obtained there. In the table below the following notation is used:

- + Geometrical situation is favourable considering the reproduction of the tide by DCSM (a coarse 2D-model)
- +/- Geometrical situation is dubious considering the reproduction of the tide by DCSM (a coarse 2D-model)
- Geometrical situation is not favourable considering the reproduction of the tide by DCSM (a coarse 2D-model)

Station	Geometrical situation	Conclusion
Aberdeen*	No special features	+
Aukfield	Offshore	+
Avonmouth	In estuary (river outflow)	-
Bangor *	At the beginning of an estuary (river outflow), deep	+/-
Barmouth *	At the beginning of an estuary (river outflow), shallow	-
Bergen *	Complex geometry, islands, fjords	-
BG-2	Offshore	+
BG8	Near Brouwersdam	+/-
Boulogne *	No special features, in small harbour	+
Bournemouth *	No special features	+
Brent A	Offshore	+
Brest *	In bay, complex geometry, large inlets	+/-
Cadzand	beginning of Westerschelde (river outflow)	+/-
Calais *	No special features, in small harbour	+
Cherbourg *	No special features, in very small harbour	+
Cromer *	No special features	+
Delfzijl	In Eems Dollard (river outflow)	-
Den Helder	Near harbour	-
Den Oever Bu	In Dutch Wadden Sea	-
Devonport *	In estuary, river outflow	-
Dieppe *	No special features, in small harbour	+
Dover *	Near harbour, no special features	+
Dunkerque *	No special features, coordinates ok?	+
Eemshaven	In Eems Dollard (river outflow) in harbour	-
Ekofisk	Offshore	+
ELBE-unmanned	Offshore	+
Esbjerg Harbour *	In Danish Wadden Sea	-
Euro platform	Offshore	+
F3	Offshore	+
Felixstowe	Near estuary (river outflow), complex bathymetry	-
Fishguard *	In bay, no special features	+
Frigg	Offshore	+
Gannet	Offshore	+
German Bight-unmanned	Offshore	+
Goteborg-Torshamnen	No special features	+
Grena Harbour	No special features	+
GullfaksC	Offshore	+
GW-EMS - unmanned	Offshore	+

Station	Geometrical situation	Conclusion
HA10	Offshore	+
Hanstholm *	No special features, in harbour	+
Harlingen	Near harbour, in Dutch Wadden Sea	-
Helgeroa	Near bay	+/-
Heysham *	In shallow estuary	-
Hinkley Point*	In the depth of an arm of the sea (Bristol Channel)	+/-
Hirtshals *	No special features, near harbour	+
Hoek van Holland	River outflow	-
Holwerd	In Dutch Wadden Sea	-
Holyhead *	Complex geometry (island), near open water	+/-
Huibertgat	Offshore	+
Ijmuiden Buitenhaven	Near harbour	+/-
Ilfracombe *	At the beginning of the Bristol Channel	+
Immingham *	In estuary (river Humber outflow)	-
Jersey	Island, in bay, near harbour	+
K13A	Offshore	+
Kinlochbervie *	In harbour, in inlet	+/-
Kittiwake	Offshore	+
Kittiwake AWS	Offshore	+
Kornwerderzand Bu	In Dutch Wadden Sea	-
Kungsvik	No special features	+
Lauwersoog	In Dutch Wadden Sea	-
LE Goeree	Offshore	+
Le Havre *	In estuary (river Seine outflow), in harbour	-
Leith *	In large estuary (river outflow)	-
Leman	Offshore	+
Lerwick *	Complex geometry, between two islands	+/-
Liverpool *	River outflow, in harbour	-
Llandudno *	No special features	+
Lowestoft *	Sandbanks	+/-
Maloy	Complex geometry	+
Meetpost Noordwijk	Offshore	+
Milford Haven *	In estuary (river outflow)	-
Millport *	Complex geometry, estuary (river outflow)	-
Moray Firth *	In large bay, canal outflow	+/-
MP 0	Near estuary, off shore	+/-
MP 1	Near estuary, off shore	+/-
MP 2	Near estuary, off shore	+/-
MP 3	Near estuary, off shore	+/-
MP 4	Near estuary, off shore	+/-
MP 7	Offshore	+
Mumbles *	At the beginning of the Bristol Channel	+
Nes	In Dutch Wadden Sea	-
Newhaven *	No special features	+
Newlyn *	No special features	+
Newport*	Harbour entrance in estuary (river outflow) in arm of sea	-
Nieuwe Statenzijl	In estuary (river outflow)	-
Nieuwpoort	No special features	+
North Cormorant	Offshore	+
North Cormorant (Seant)	Offshore	+
North Shields *	At the beginning of an estuary (river outflow)	+/-
NorthSeaBuoy(NSBII)	Offshore	+
Oostende	Near harbour	+/-
OS-11	Offshore	+
OS14	Offshore	+

Station	Geometrical situation	Conclusion
OS4	Near storm surge barrier	-
Oscarsborg	Within complicated fjord	-
Oseberg	Offshore	+
Oslo	Within complicated fjord, behind narrow sound	-
Oude Schild	In Dutch Wadden Sea	-
Petten	No special features	+
Port Ellen *	In bay, no special features	+
Port Erin *	Island, no special features	+
Portpatrick *	No special features	+
Portrush *	No special features	+
Portsmouth *	Between island and main coast, in harbour	+/-
Roompot Bu	Offshore	+
Roscoff *	No special features, small river, small island	+
Saint-Malo *	Near small estuary, tidal barrage	+/-
Scheveningen	Near harbour	+/-
Schiermonnikoog	In Dutch Wadden Sea	-
Sean P	Offshore	+
Sheerness *	In Thames estuary (river outflow)	-
Skagen Harbour	No special features	+
Smögen	No special features	+
St Mary's *	Complex geometry: islands	+/-
Stavanger *	Within complicated fjord, islands	+/-
Stellendam Buiten	Near dam	-
Stornoway *	Island, no special features	+
Terschel. Noordzee	Off shore	+
Texel Noordzee	Offshore	+
Tobermory *	Complex area, including inlets	-
Tregde *	No special features	+
Trubaduren	No special features	+
Ullapool *	In estuary (river outflow)	-
Vidaa/Hojer *	In Danish Wadden Sea	-
Viken	No special features	+
Viker	Near bay	+/-
Vlieland Haven	Near harbour, in Dutch Wadden Sea	-
Vlissingen	In estuary (river outflow), near harbour	-
VR-2	Offshore	+
Westkapelle	In estuary (river outflow), near harbour	-
West-Terschelling	Near harbour, in Dutch Wadden Sea	-
Weymouth *	Near harbour + islands	+/-
Whitby *	No special features (only very small river)	+
Wick *	In harbour, small river	+
Wierumergronden	Offshore	+
Workington *	Near large, deep estuary, small rivers, at open sea	+/-
Zeebrugge LD	Near harbour + dam	-

Appendix C: Reproduction of the astronomical tide

In this appendix the reproduction of the astronomical tide is evaluated for the locations where 'measured' astronomical information is available. For this purpose the standard deviation of the difference between the 'measured' astronomical tide and the astronomical tide calculated by DCSM is given in the table below. In the conclusion the tidal range and a visual inspection of the timeseries is included. This result should be regarded as preliminary. The tidal range played an important role in the (more or less subjective) visual inspection. In the table the following notation is used:

- + Astronomical tide is well reproduced by DCSM
- +/- Astronomical tide is moderately reproduced by DCSM
- Astronomical tide is badly reproduced by DCSM

Station	standard deviation (cm)	Conclusion
Aberdeen	7.9	+
Aukfield	3.3	+
Cadzand	14.6	+/-
Calais	11.7	+
Cherbourg	17.0	+
Cromer	15.9	+/-
Delfzijl	21.9	-
Den Helder	11.9	+/-
Dieppe	23.2	+/-
Dover	12.4	+
Dunkerque	12.7	+
Ekofisk	4.7	+/-
Esbjerg Harbour	27.8	-
Euro platform	6.8	+
HA10	13.7	+/-
Harlingen	10.6	+/-
Hoek van Holland	10.3	+
Holyhead	17.9	-
Huibertgat	8.7	+
IJmuiden Buitenhaven	9.1 (many higher harmonics)	+/-
Immingham	69.1	-
K13A	7.6	+
LE Goeree	9.4	+
Leith	29.8	-
Lowestoft	10.6	+
Meetpost Noordwijk	10.5	+/-
Newhaven	10.9	+
Newlyn	10.5	+
North Shields	9.0	+
OS-11	9.6	+
Petten	13.6	+/-
Portsmouth	16.0	-
Roompot Bu	15.3	+/-
Roscoff	31.7 (large tidal range)	-
Scheveningen	12.1	+/-
Schiermonnikoog	23.6	-
Sheerness	36.5	-

Station	standard deviation (cm)	Conclusion
St Mary's	8.9	+
Terschel. Noordzee	6.3	+
Texel Noordzee	14.9	+/-
Vlissingen	14.7	+/-
West-Terschelling	16.4	-
Wick	13.1	+/-
Wierumergronden	8.9	+

Appendix D: Specific remarks from experts about certain locations

In the table below specific remarks from some experts about some locations is given. This information is used for the tables in chapter 6, appendix A, B and C.

Station	Remark	Expert
Aberdeen Aukfield Bergen	'Measured' astronomical tide bad Most times disturbed signal; not reliable in operation Within complicated fjord Distance to open sea 15-20 km; tidal ampl. \pm 90 cm; condition not very different from open sea as the entrance is wide and deep	Hans de Vries (KNMI) Jan Kroos (RIKZ/SVSD) Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI) Noralf Slotsvik (Statkart)
Dover Ekofisk	Difficult to reproduce in DCSM Semi-online today; online available within the next year	HMCZ Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI)
Esbjerg Frigg	Location not ok for reproduction in 8 km No water level observations	Jacob Woge (DMI) Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI)
GullfaksC	No water level observations	Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI)
Hanstholm Helgeroa	Location ok for reproduction in 8 km Useful location	Jacob Woge (DMI) Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI)
Hirtshals Immingham Kittiwake Leith Maloy	Located close to open sea; representative for outer Oslofjord Location ok for reproduction in 8 km In estuary Data is not stored routinely In estuary Good location Distance to open sea 3-4 km; tidal ampl. \pm 113 cm; conditions not very different from open sea	Noralf Slotsvik (Statkart) Jacob Woge (DMI) HMCZ Koos Doekes (RIKZ) HMCZ Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI) Noralf Slotsvik (Statkart)
Newhaven North Cormorant North Shields North Shields Oscarsborg	Not available for some time; not reliable in operation Not reliable in operation River outflow Was not reliable in operation; is better now Within complicated fjord	HMCZ Jan Kroos (SVSD) HMCZ Hans de Vries Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI)
Oseberg	Representative for the inner part of the Oslofjord No water level observations	Noralf Slotsvik (Statkart) Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI)
Oslo	Within complicated fjord	Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI)
Plymouth Sheerness Stavanger	Narrow sound (Drobaksundet) between Oslo and Oscarsborg, so not that representative outside the sound Not available for some time; not reliable in operation In estuary Within complicated fjord Shallow water effects; 10-12 km from open sea; tidal ampl. \pm 45 cm; conditions not very different from open sea	Noralf Slotsvik (Statkart) HMCZ HMCZ Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI) Noralf Slotsvik (Statkart)

Tregde	Useful location	Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI)
Vidaa/Hojer	Tide is small, max. ampl. ± 20 cm; not far from open sea	Noralf Slotsvik (Statkart)
Viker	Location not ok for reproduction in 8 km	Jacob Woge (DMI)
	Useful location	Bruce Hackett (DNMI) and Knut Iden (DNMI)
	Located close to open sea; representative for outer Oslofjord	Noralf Slotsvik (Statkart)
Wick	Was not reliable in operation; is better now	Jan Kroos (SVSD)/Hans de Vries (KNMI)

Appendix E: Reports of the interviews with the experts

In this appendix the reports of the interviews with the experts are given (in Dutch). Interviews were held with the following experts:

- Jan Kroos, Rijkswaterstaat, RIKZ, Storm Surge Warning Service
- Arnold Heemink, Delft University of Technology
- Hans de Vries, KNMI
- Krijn Saman, Jan Rolf Hendriks and Adrie Beuns, Rijkswaterstaat, Hydro Meteo Centrum Sealand
- Ron van Dijk en Remco Plieger, Rijkswaterstaat, RIKZ, modellers

Configuratie Kalman Stations

Verslag gesprek met Jan Kroos

Datum gesprek: 2 maart 2000

- **Theoretisch:**

- Leeg kaartje: op welke locaties zou je idealiter Kalmanstations plaatsen?
- Wat zijn de overwegingen daarbij?
- Welke argumenten spelen er mee in het meenemen danwel afwijzen van stations?
- Wat is een optimaal aantal locaties?
Meerdere stations geven de mogelijkheid tot bijgissen.
- Is het aan te raden om zelf aan metingen te sleutelen of is het beter dat het Kalmanfilter zelf de meetfouten goed afhandelt?

- **Praktisch meetlocaties:**

(Kaart met huidige Kalmanstations en operationeel beschikbare stations)

- Zijn er problemen met operationele metingen? Zo ja welke?
AUK is meestal gestoord;
North Cormorant is niet betrouwbaar;
Wick viel vaak uit.
- Zijn er locaties die qua geometrie erg gunstig/ongunstig zijn?
Aberdeen laat vaak afwaaiing zien, hetgeen mogelijk een probleem is;
Gevoelsmatig beter Dover er in dan Sheerness;
- Welke stations spelen nu een belangrijke rol?
Wick is van belang voor de external surge
- Zijn er nog andere stations operationeel beschikbaar?
- Op welke locatie zou er idealiter nog een station bij moeten?
Station(s) uit het Meetnet Vlaamse Banken (weet Krijn Saman meer van)

- **Praktisch algemeen:**

- Wat zijn in het algemeen de ervaringen met het Kalmanfilter?
Bij CSM16 deed het filter nauwelijks iets; DCSM corrigeert een stuk beter (Jan mailt nog een overzicht van resultaten bij stormen)
- In welke omstandigheden fungeert het Kalmanfilter goed/niet goed?
Bij niet te snelle veranderingen in de meteo-omstandigheden doet het HIRLAM-model van het KNMI het goed en dan werkt het Kalmanfilter ook goed. Overigens was voor CSM16 de voorspelling van de HIRLAM-run van t-24 (gefilterde voorspelling beschikbaar op t-18: de zgn. 18-uurs voorspelling) vaak beter dan die van t-12 (de zgn. 6-uurs voorspelling).
Het begin van een storm is dus lastig. Bij een lange storm worden in het midden goede resultaten verkregen. Ook het einde van een storm zit er niet goed in. Dat is vooral bij de Wadden goed te zien en wordt dus niet goed beschreven. De opbouw is te langzaam, de afbouw te snel. Je verwacht dan dat het Kalmanfilter aan het begin en het eind van een storm zijn werk het beste doet. Dat komt er dus nog niet uit.
- Wanneer ontbreekt welke informatie?
- Zijn er nog andere problemen/aandachtspunten voor het Kalmanfilter? Het bijstellen van HIRLAM-resultaten aan de hand van recentere metingen geeft goede mogelijkheden.

Configuratie Kalman Stations

Verslag gesprek met Arnold Heemink

Datum gesprek: 7 maart 2000

- **Theoretisch:**

- Leeg kaartje: op welke locaties zou je idealiter Kalmanstations plaatsen?
Vooral Noordelijk Schotland, maar ook de Engelse kust en het Kanaal
- Wat zijn de overwegingen daarbij?
Noordelijk Schotland heeft te maken met de looptijd van 6-9 uur in het licht van een voorspeltermijn van 9-12 uur. Binnen het 6-9 uur voorspelgebied kun je niets doen aan een fout van het KNMI. Op langere termijn ben je volledig afhankelijk van meteo-invoer.
Arnold maakt onderscheid tussen verstoringen en astronomisch getij. De looptijd van een verstoring is anders dan van het astronomisch getij. Verstoringen planten zich vooral voort langs de kust van Engeland vanwege de Coriolis-kracht. De set-up die je meet moet teruggekoppeld worden voor de verbetering van de meteo-invoer.
Het eerste type fout (randeffecten/verstoring van buiten)draait rond (linksom). Het verbeteren van de windinvoer gaat goed in een stabiele situatie; alle stations (ook bij Duitsland, Denemarken etc.) dragen bij. Het Kanaal is minder belangrijk, toch is daar een station gewenst, het liefst aan de Franse zijde, omdat door het coriolis-effect de verstoring naar de Franse kust wordt gedrukt.
Stations bij Ierland hoeven niet, hooguit om instabiliteiten te voorkomen.
Noordwest Engeland zou kunnen helpen als het model een external surge creëert.
- Welke argumenten spelen er mee in het meenemen danwel afwijzen van stations?
Stations moeten iets zeggen over het geheel, dus niet teveel locale effecten. Zicht hierop kan worden verkregen door de uitvoer van een station naast de meting te leggen.
- Wat is een optimaal aantal locaties?
Een optimaal aantal is zoveel mogelijk. Het filter werkt immers op de set-up (astrotruc). Bovendien : hoe meer metingen, hoe minder bijdrage per meting en dus hoe minder effect van een fout station.
- Is het aan te raden om zelf aan metingen te sleutelen of is het beter dat het Kalmanfilter zelf de meetfouten goed afhandelt?
Het is goed van tevoren te controleren of de metingen goed zijn.

- **Praktisch meetlocaties:**

(Kaart met huidige Kalmanstations en operationeel beschikbare stations)

- Zijn er problemen met operationele metingen? Zo ja welke?
- Zijn er locaties die qua geometrie erg gunstig/ongunstig zijn?
- Welke stations spelen nu een belangrijke rol?
- Zijn er nog andere stations operationeel beschikbaar?
- Op welke locatie zou er idealiter nog een station bij moeten?

- **Praktisch algemeen:**

- Wat zijn in het algemeen de ervaringen met het Kalmanfilter?
- In welke omstandigheden fungeert het Kalmanfilter goed/niet goed?
- Wanneer ontbreekt welke informatie?
- Zijn er nog andere problemen/aandachtspunten voor het Kalmanfilter?

Het doorekenen van allerlei configuraties is aardig, maar gebruik vooral ook je gezonde verstand en fysisch inzicht. Er zitten nogal wat aannames in het filter die impact hebben op de nauwkeurigheid. Laat dus niet teveel door de "cijfertjes" bepalen, maar daar weet Martin alles van.

Configuratie Kalman Stations

Verslag gesprek met Hans de Vries

Datum gesprek: 9 maart 2000

- **Theoretisch:**

- Leeg kaartje: op welke locaties zou je idealiter Kalmanstations plaatsen?
Gezien de getijstroom is de Engelse oostkust van belang en dan met name North Shields. In Wick is meestal erg weinig opzet, zodat het gevoel is dat dat station weinig bijdraagt. Als er ook onzekerheid op de rand zou zitten (wat nu in het operationele systeem niet het geval is) zou Wick vooral een functie hebben voor de external surge (die in de orde van enkele cm ligt). Een station in het Kanaal lijkt ook zinvol, vanwege de getijstroom uit die richting. De Noorse en Deense kust zijn waarschijnlijk minder van belang; langs de Noorse kust kan de dieptegradient een probleem zijn. De westkant van Engeland heeft weinig invloed op de waterstand aan de Nederlandse kust, maar een meting daar kan er wel voor zorgen dat het Kalmanfilter stabiel blijft.
- Wat zijn de overwegingen daarbij?
De getijstroom is een belangrijk argument voor bovenstaande ideeën. Verder zou je de adjoint kunnen gebruiken om meer inzicht te krijgen in gevoeligheden.
- Welke argumenten spelen er mee in het meenemen danwel afwijzen van stations?
 - stations moeten goed in model liggen: modellocatie dicht bij werkelijke locatie
 - er moet een goede meet-astro aanwezig zijn
 - astro van waqua en meet-astro moeten op elkaar lijken
 - niet te grote getijslag (fase-fout leidt tot grote verschillen in astro's)
 - geen havens (seiches), rivieruitstroom, estuaria
 - een amfidroom in de buurt zou minder erg moeten zijn.
- Wat is een optimaal aantal locaties?
Zoveel mogelijk: hoe meer informatie, hoe beter.
- Is het aan te raden om zelf aan metingen te sleutelen of is het beter dat het Kalmanfilter zelf de meetfouten goed afhandelt?
Er wordt op dit moment een kwaliteitscontrole van de metingen gedaan: er wordt gecontroleerd op extreme waterstanden, extreme opzetten, constante waterstanden en gladheid van de curve. Hoewel deze controle niet feilloos werkt (er worden ook metingen onterecht verworpen) is dit beter dan het Kalmanfilter met grote meetfouten op te zadelen. Hans wil de kwaliteitscontrole graag verbeteren en heeft daar ook ideeën voor.

- **Praktisch meetlocaties:**

(Kaart met huidige Kalmanstations en operationeel beschikbare stations)

- Zijn er problemen met operationele metingen? Zo ja welke?
Met de Nederlandse stations zijn nooit problemen geweest. De Engelse stations waren in het verleden een stuk onbetrouwbarder, vooral Wick en North Shields. Tegenwoordig is dat wel verbeterd. Hans denkt dat de meet-astro van Aberdeen niet goed is, want toevoeging van dat station leverde problemen op.
- Zijn er locaties die qua geometrie erg gunstig/ongunstig zijn?
Ja; er moet vooral gelet worden op het verschil tussen meet-astro en WAQUA-astro.
- Welke stations spelen nu een belangrijke rol?
Vooral North Shields.
- Zijn er nog andere stations operationeel beschikbaar?
Hans heeft geen contacten met Noorwegen en Denemarken, maar denkt dat het lastig wordt om daar operationeel metingen vandaan te krijgen. België zou makkelijker moeten zijn. Hans heeft van de nieuwe Engelse stations ongeveer een jaar aan metingen, die hij graag aan ons geeft.
- Op welke locatie zou er idealiter nog een station bij moeten?
 -

- **Praktisch algemeen:**

- Wat zijn in het algemeen de ervaringen met het Kalmanfilter?
Hans is tevreden: het Kalmanfilter zorgt de eerste 12 uur altijd voor een verbetering van de voorspelling. Als

-
- dat niet het geval is wordt dat veroorzaakt door een foute meting.
- In welke omstandigheden fungeert het Kalmanfilter goed/niet goed?
Er zijn niet echt situaties aan te wijzen, waarin het goed/niet goed gaat. Zelfs afwaaing gaat meestal goed.
 - Wanneer ontbreekt welke informatie?
-
 - Zijn er nog andere problemen/aandachtspunten voor het Kalmanfilter?
Het is belangrijk dat er een goede meet-astro beschikbaar is.

Configuratie Kalman Stations

Verslag gesprek met Krijn Saman, Jan Rolf Hendriks en Adrie Beuns

Datum gesprek:

- **Theoretisch:**

- Leeg kaartje: op welke locaties zou je idealiter Kalmanstations plaatsen?
Er worden drie kaartjes ingetekend, die veel op elkaar lijken. Alle stations worden bewust ver van de kustlijn ingetekend om aan te geven dat punten die slecht gemodelleerd zijn, wat vaak het geval is bij kuststations, niet mogen meedoen. Drie stations langs de Engelse westkust, ongeveer ter hoogte van Wick, Leith en Immingham, twee stations in het Kanaal, één oostelijk en één westelijk. Verder bij K13, OS11, ergens zeewaarts van Den Helder, in de Duitse Bocht en voor de gesloten kust van Denemarken. Adrie heeft ook een punt boven Schotland getekend en een punt bij de ingang van het Kanaal (westelijke zijde). Mogelijk is Stornoway aan te bevelen.
- Wat zijn de overwegingen daarbij?
Voorbij Zeeland hoeven eigenlijk geen stations wat het HMCZ betreft. Met locaties als Den Helder kun je vanwege gebrekkige astro ook ellende introduceren. Als de astro goed is, is er wel meerwaarde. Bij het HMCZ worden de randen niet gecorrigeerd door het filter. De Engelse westkust en Ierland zijn daarom niet zo belangrijk voor hen.
- Welke argumenten spelen er mee in het meenemen dan wel afwijzen van stations?
Het Nauw van Calais is lastig om daar iets astronomisch van te bakken. Door de grote getijslag geven kleine faseverschillen grote setup-verschillen.
- Wat is een optimaal aantal locaties?
Het valideren van de metingen gaat behoorlijk snel. Voor het HMCZ is het geen probleem als er meer meetstations bijkomen.
- Is het aan te raden om zelf aan metingen te sleutelen of is het beter dat het Kalmanfilter zelf de meetfouten goed afhandelt?
Het HMCZ bekijkt de metingen eerst en corrigeert/perfectioneert zonodig. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de omstandigheid dat het verloop van de opzet zich redelijk laat voorspellen.

- **Praktisch meetlocaties:**

(Kaart met huidige Kalmanstations en operationeel beschikbare stations)

- Zijn er problemen met operationele metingen? Zo ja welke?
Het HMCZ heeft een overzicht van het functioneren van de meetstations. Het gaat daarbij om betrouwbaarheid en uitval. Het overzicht wordt ons nagestuurd.
- Zijn er locaties die qua geometrie erg gunstig/ongunstig zijn?
Leith, Immingham en Sheerness zijn niet gunstig vanwege hun ligging in een estuarium. Whitby is wat dat betreft beter. North Shields is ook niet geweldig vanwege de ligging in een inham bij een riviertje. Cadzand is gunstiger dan Vlissingen, omdat de Westerschelde slecht is gemodelleerd. Zeeland vindt vooral OS11 belangrijk.
- Welke stations spelen nu een belangrijke rol?
- Zijn er nog andere stations operationeel beschikbaar?
- Op welke locatie zou er idealiter nog een station bij moeten?
De Vlake van de Raan (Meetnet Vlaamse Banken) wordt van belang geacht als randpunt voor de Westerschelde. De Belgische stations zijn thans niet zo goed beschikbaar. Na de huidige ombouw van het meetnet wordt dat beter.

- **Praktisch algemeen:**

- Wat zijn in het algemeen de ervaringen met het Kalmanfilter?
- In welke omstandigheden fungeert het Kalmanfilter goed/niet goed?
- Wanneer ontbreekt welke informatie?
- Zijn er nog andere problemen/aandachtspunten voor het Kalmanfilter?
Bij Wick ziet het HMCZ regelmatig een zaagtandvormig verloop van de waterstandvoorspelling. Na inschakeling van het filter duikt het voorspelde verloop naar het gemeten verloop, maar dit effect ebt vrij snel weg; de afwijkingen komen snel weer terug. Te hoge voorspellingen voor Wick komen ook bij OS11

terecht. Misschien is er wel iets helemaal mis in het model dat zich door het Kalmanfilter niet goed laat maken.

Een ander probleem is de jaarlijkse component (meteo-component) in HATYAN. Het gemiddelde weer zit daarin. Bij toepassing van CSM wordt weer wind ingevoerd.

Configuratie Kalman Stations

Verslag gesprek met Ron van Dijk/Remco Plieger

Datum gesprek: 15 maart 2000

Ron en Remco gebruiken het Kalmanfilter vooral om randvoorwaarden te reconstrueren voor detail-modellen en niet zozeer voor operationeel voorspellen. Daardoor zijn niet alle vragen aan de orde geweest.

- **Theoretisch:**

- Leeg kaartje: op welke locaties zou je idealiter Kalmanstations plaatsen?
Naast de gebruikelijke locaties zouden er ook metingen bij de Deense kust, in de Duitse bocht en het Kanaal (Dover/Calais) gebruikt moeten worden.
- Wat zijn de overwegingen daarbij?
Die gebieden zijn altijd verwaarloosd, maar als het daar niet goed zit heeft dat toch effect op de Nederlandse kust.
- Welke argumenten spelen er mee in het meenemen danwel afwijzen van stations?
 - Geen locale effecten zoals havens (IJmuiden)
 - Geen zout/zoet, zoals bij Hoek van Holland (kan enkele cm schelen)
 - Geen amfidroom in de buurt
- Wat is een optimaal aantal locaties?
Ron en Remco proberen altijd zo min mogelijk stations mee te nemen, omdat er anders niks gebeurt. Ze vermoeden dat in verschillende stations verschillende componenten fout zitten, waardoor het Kalmanfilter er geen eenduidige randvoorwaarden uit kan reconstrueren en de rand dan maar niet aanpast.
- Is het aan te raden om zelf aan metingen te sleutelen of is het beter dat het Kalmanfilter zelf de meetfouten goed afhandelt?
 -

- **Praktisch meetlocaties:**

(Kaart met huidige Kalmanstations en operationeel beschikbare stations)

- Zijn er problemen met operationele metingen? Zo ja welke?
 -
- Zijn er locaties die qua geometrie erg gunstig/ongunstig zijn?
 -
- Welke stations spelen nu een belangrijke rol?
 -
- Zijn er nog andere stations operationeel beschikbaar?
 -
- Op welke locatie zou er idealiter nog een station bij moeten?
 -

- **Praktisch algemeen:**

- Wat zijn in het algemeen de ervaringen met het Kalmanfilter?
Voor de reconstructie van randvoorwaarden is het Kalmanfilter heel geschikt (bijv. Kuststrook). Het komt wel regelmatig voor dat met het Kalmanfilter enorme rondstromingen aan de rand ontstaan, die met WAQUA uitgedempt worden. Het Kalmanfilter is blijkbaar heel gevoelig voor kleine inconsistenties in de randvoorwaarden.
- In welke omstandigheden fungeert het Kalmanfilter goed/niet goed?
 - Als de rand intern niet consistent is krijg je rondstroming (zie boven).
 - Als de metingen elkaar tegenspreken kan het Kalmanfilter er niks mee.
- Wanneer ontbreekt welke informatie?
 -
- Zijn er nog andere problemen/aandachtspunten voor het Kalmanfilter?
Ron en Remco zijn van mening dat de basis goed moet zijn, voordat je met het Kalmanfilter gaat voorspellen. Aan CSM is natuurlijk jarenlang gesleuteld, maar het blijft een feit dat de bodem in sommige gebieden slecht is en dat er beperkingen zitten aan een rechtlijnig grofmazig model. Een nieuw fijner kromlijng model, met recente bodemgegevens zou een betere basis kunnen bieden voor de voorspellingen. Ron en Remco zouden hier best wat inspanning voor willen leveren.

