

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, RIKZ
Vestiging Middelburg

Roostergeneratie Zeeschelde

Rapport

Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
Bibliotheek (Den Haag)

C-2463 965

A100

Januari 1998

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat RIKZ C-2463 965

Titel

Roostergeneratie Zeeschelde

Samenvatting

Dit rapport beschrijft het ontwerp van een nieuw kromlijinig rekenrooster voor de Zeeschelde.
Het nieuwe rekenrooster schematiseert het Belgisch gedeelte van de Schelde en zijn bijrivieren. De schematisatie is bedoeld als een vervanger voor het tot nu toe rechthoekig gemodelleerde Belgische gedeelte van de Schelde.

Referenties

Opdrachtbonnummer 42970880 d.d. 26-03-97

Rev.	Auteur	Datum	Bijzonderh.	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
0	G. van Banning	dec. '97	Concept	G. Hartsuiker	G. van Banning
1	G. van Banning	febr. '98	Definitief	G. Hartsuiker	G. van Banning

Document Specificaties	Inhoud	Status
Rapport nummer:	tekst pagina's: 7	☐ voorlopig
Sleutelwoorden: Rekenrooster, Zeeschelde, Modellen	tabellen:	☐ concept
Project nummer: A100	figuren: 21	☒ eindrapport
Bestand: P:\A100\Report\A100R7r1.doc	appendices:	



Inhoud

Lijst van Figuren

1. Inleiding	1
1.1 Probleemstelling	1
1.2 Opdracht	1
2. Het rekenrooster	2
2.1 Rekenrooster eisen	2
2.2 Ligging en afmetingen van het rekenrooster	2
2.3 Ontwerp en overwegingen	3
3. Karakteristieke rekenrooster eigenschappen	4
4. Conclusies	7

Referenties

Figuren

Lijst van Figuren

- 1 Zeeschelde model; Overzicht naamgeving Schelde en bijrivieren
- 2 Zeeschelde model; Rekenrooster, totaaloverzicht
- 3 Westerschelde en Zeeschelde model; Matrixopbouw rekenrooster
- 4 Zeeschelde model; Rekenrooster, aansluiting roosters Westerschelde en Zeeschelde
- 5 Zeeschelde model; Rekenrooster, noordelijk gedeelte Schelde
- 6 Zeeschelde model; Rekenrooster, gedeelte Rupel, Nete en Dijle en Zenne
- 7 Zeeschelde model; Rekenrooster, gedeelte Schelde vanaf Dendermonde
- 8 Zeeschelde model; Orthogonaliteit van het rekenrooster; Noordelijk gedeelte Schelde
- 9 Zeeschelde model; Orthogonaliteit van het rekenrooster; Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde
- 10 Zeeschelde model; Resolutie van het rekenrooster; Noordelijk gedeelte Schelde
- 11 Zeeschelde model; Resolutie van het rekenrooster; Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde
- 12 Zeeschelde model; Gladheid van het rekenrooster in M-richting; Noordelijk gedeelte Schelde
- 13 Zeeschelde model; Gladheid van het rekenrooster in M-richting; Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde
- 14 Zeeschelde model; Gladheid van het rekenrooster in N-richting; Noordelijk gedeelte Schelde
- 15 Zeeschelde model; Gladheid van het rekenrooster in N-richting; Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde
- 16 Zeeschelde model; Aspect ratio van het rekenrooster; Noordelijk gedeelte Schelde
- 17 Zeeschelde model; Aspect ratio van het rekenrooster; Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde
- 18 Zeeschelde model; Voorlopige diepte schematisatie; Noordelijk gedeelte Schelde
- 19 Zeeschelde model; Voorlopige diepte schematisatie; Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde
- 20 Zeeschelde model; Courant getallen; Noordelijk gedeelte Schelde
- 21 Zeeschelde model; Courant getallen; Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde

1. Inleiding

1.1 Probleemstelling

Voor het beheer van de Nederlandse wateren, is het wenselijk om over een verzameling modellen te beschikken die alle Nederlandse wateren omvatten inclusief een voldoende groot gedeelte van de Noordzee. Tot nu toe bestaan er een aantal van die modellen, waaronder een geheel herzien nieuw kromlijinig model van de Westerschelde [Alkyon, 1997 en Svašek, 1997a en 1997b]. Het Belgisch gedeelte van de Schelde (beter bekend staand als de "Zeeschelde") is ook in dit nieuwe model slechts zeer gebrekkig geschematiseerd (buiten bestek van de opdracht).

Dit rapport beschrijft de overwegingen die hebben geleid tot het ontwerp van een visueel en qua fysica veel aantrekkelijker, kromlijinig rooster van de Zeeschelde. Een overzicht van het gehele te modelleren gebied en de naamgeving van de belangrijkste plaatsen en verschillende rivieren wordt gegeven in Figuur 1.

1.2 Opdracht

Op 28 februari 1997 (Ref. RIKZ/AB-97.60037), ontving Alkyon Hydraulic Consultancy and Research bv. te Emmeloord van Rijkswaterstaat RIKZ het verzoek tot het uitbrengen van een offerte voor het ontwerp van kromlijinig rooster van de Zeeschelde.

Op 6 maart 1997 (Ref. A100le08), is offerte uitgebracht. Op 26 Maart 1997 (Ref. Opdracht-bon-nummer 42970880) is officieel opdracht ontvangen. Het werk werd uitgevoerd ten behoeve van Verdieping-01.

Projectbegeleider van RIKZ-zijde was de heer H. Verbeek. Daarnaast is er regelmatig contact geweest met C. van de Male en P. Lievense, van respectievelijk het RIKZ (afd. Middelburg) en van de Directie Zeeland (Vlissingen).

Het project is uitgevoerd onder leiding van ir. G.K.F.M. van Banning, die eveneens de rapportage voor zijn rekening nam.

Op 12 december 1997 zijn de definitieve resultaten per elektronische post verzonden aan de klant.

2. Het rekenrooster

2.1 Rekenrooster eisen

Door Rijkswaterstaat werden aan het rekenrooster de volgende eisen gesteld:

- Het te realiseren nieuwe kromlijnige rooster van de Zeeschelde dient naadloos aan te sluiten op het nieuwe kromlijnige model van de Westerschelde;
- Het nieuwe kromlijnige rooster van de Zeeschelde zal naast de Zeeschelde zelf, de belangrijkste zijtakken bevatten waar het getij in doordringt. Het betreft met name de Leie, de Durme, de Rupel, de Nete, de Zenne en de Dijle (zie Figuur 1);
- Het rooster zal aan de land randen worden begrensd door de extreem hoogwaterlijn, die door RIKZ zal worden toegeleverd;
- Het aantal actieve roostercellen in de breedte van elk der riviertakken zal niet minder dan 3 bedragen;
- Optisch gezien zal het nieuwe kromlijnige rooster van de Zeeschelde een weergave zijn van het werkelijke verloop van elk van de rivieren;
- Het rooster zal voldoen aan de gebruikelijke eisen met betrekking tot gladheid, orthogonaliteit en aspect ratio.

2.2 Ligging en afmetingen van het rekenrooster

Voor de weergave van posities is gebruik gemaakt van Parijse Coördinaten. Een overzicht van de relevante namen in het gebied is gegeven in Figuur 1.

Het rekenrooster van de Zeeschelde heeft buitenafmetingen van ongeveer 60 km in Oost-West richting en ongeveer 40 km in Noord-Zuid richting. Het rekenrooster reikt aan de noordzijde tot ongeveer de Nederlandse grens, waar het rooster naadloos aansluit op het Westerschelde model. Aan de westzijde reikt het rooster op de Schelde tot Zwijnaarde en Merelbeke en op de Leie tot Gentbrugge en op de Durme tot Zele. Aan de zuidzijde reikt het rooster op de Zenne tot Epegem en op de Dijle tot de stuw bij Mechelen, de Dender is niet toegankelijk voor het getij. Tenslotte reikt het rooster in het oosten op de Nete tot voorbij Lier.

De oorsprong van het rekenrooster in M en N coördinaten (1,1) ligt aan de noordelijke Zeezijde van het nieuwe kromlijnige rekenrooster van de Westerschelde in Nederland (zie Figuur 2).

De M en N-richtingen van de rekenroosterlijnen zijn zo gekozen dat ze netjes aansluiten op het Westerschelde rooster.

Voor het genereren van dit rekenrooster is door Rijkswaterstaat de volgende informatie toegeleverd:

- het nieuwe kromlijnige model van de Westerschelde,
- de gedigitaliseerde hoogwaterrand van de Zeeschelde
- een beperkt dieptebestand van de Schelde en de Rupel

Het aantal actieve punten in het nieuwe Zeeschelde rekenrooster bedraagt ongeveer 77.500. Het aantal M-roosterlijnen bedraagt 541 en het aantal N-roosterlijnen 568, resulterend in 307228 roosterpunten. Het percentage actieve punten bedraagt dus circa 25%.

Een matrixafbeelding van het gehele rooster is weergegeven in Figuur 3. Hieruit blijkt duidelijk de relatief grote 'omvang' van het Zeeschelde gebied binnen de matrix, hetgeen een direct gevolg is van de lengte-breedte verhouding van rivieren. Desondanks is waar mogelijk het rooster in de matrix zo gevouwen dat de matrix zo klein mogelijk blijft.

De figuren 5, 6 en 7 geven een indruk van het rekenrooster voor verschillende delen van de Zeeschelde. Door de enorme dichtheid en de gerekte vorm van het rooster is echter de werkelijke opbouw nauwelijks meer te zien. Daarom is in het vervolg, voor de detailfiguren steeds slechts een deel getoond, als voorbeeld.

2.3 Ontwerp en overwegingen

Bij het ontwerp van het rekenrooster is er tussentijds overleg gepleegd met de contactpersonen bij Rijkswaterstaat.

Daarbij zijn naast de in Paragraaf 2.1 genoemde eisen enkele detail aandachtspunten en overwegingen meegenomen in het ontwerp van het rekenrooster.

Bij het roosterontwerp is in het algemeen veel aandacht besteed aan orthogonaliteit en **resolutie van het rooster**. Daarbij is de mogelijkheid aanwezig om in de nabije toekomst verdere uitbreidingen aan te brengen voor gebieden die tijdens extreem hoog water onderlopen. Voorlopig is daaraan bij gebrek aan voldoende digitale diepte-informatie geen aandacht besteed.

In detail:

Aansluiting Westerscheldemodel.

Het nieuwe kromlijnige rooster voor de Zeeschelde sluit naadloos aan bij het bestaande rooster voor de Westerschelde, zie Figuur 4.

Aansluitingen zijrivieren

De zijrivieren zijn in het model zo aangesloten dat een zo optimaal mogelijke vulling van de matrix van het rekenrooster wordt bereikt. Bij een loodrechte aansluiting is gestreefd naar een zo groot mogelijk aantal aansluitende roosterlijnen.

Hoogwaterlijn

Het rooster is redelijk ruim over de hoogwaterlijn heen geschematiseerd. Dat heeft twee redenen. Enerzijds is er nog niet voldoende duidelijkheid over de schematisatie van die hoogwaterlijn en anderzijds is er nog veel onduidelijkheid over eventueel bij extreem hoogwater onderstromende overloopgebieden.

3. Karakteristieke rekenrooster eigenschappen

Orthogonaliteit

De orthogonaliteit van een punt in een rooster is gedefinieerd als de absolute cosinus waarde van de hoek tussen een M-lijn en een N-lijn in een roosterpunt.

De in de orthogonaliteits figuren getoonde kleurenschaal geeft de cosinus waarde van de hoek in stappen van 1,25 graden weer ($\cos 90^\circ = 0$; $\cos 88,75^\circ = 0,022$). Bij waarden van meer dan 5° ($\cos 85^\circ = 0,087$) over grotere gebieden, begint het rekenproces minder nauwkeurig te worden. Een incidentele waarde tot 30° bij hoeken en langs gesloten randen is acceptabel.

Figuur 8 toont de orthogonaliteit van het noordelijk deel van het nieuwe Zeeschelde model rekenrooster. Figuur 9 toont een gedeelte van de Schelde-rivier voorbij Dendermonde.

In het algemeen is te zien dat de afwijking van de orthogonaliteit vrijwel overal kleiner is dan 5° ($\cos 85^\circ = 0,087$). Incidenteel wordt een waarde van $7,5^\circ$ bereikt.

Resolutie

De resolutie van een cel in een rekenrooster is gedefinieerd als de wortel uit het celoppervlak.

De eisen die er aan de resolutie worden gesteld zijn afhankelijk van de gebruikerswensen met betrekking tot de gewenste maaswijdten. Uit het oogpunt van het simulatieprogramma WAQUA, zijn de maaswijdten mede bepalend voor de toegepaste tijdstap (zie ook bij Courant getal hieronder).

Figuren 10 en 11 tonen de resolutie van het rekenrooster (dichtheid van punten) van respectievelijk het noordelijk deel en een Schelde-rivier sectie stroomopwaarts voorbij Dendermonde.

Te zien is dat de laagste resolutie (grootste cellen) varieert van ongeveer 350×100 m nabij Antwerpen zelf tot minder dan 100 bij 15 m in sommige riviersecties. De hoogste resolutie is te vinden in de kleinste zijrivieren.

In onderstaande tabel 3.1 zijn voor een aantal gebieden binnen het rekenrooster de kleinste en grootste afmetingen van individuele cellen gegeven:

gebied	afmetingen van cel (m x m)	
	kleinste	grootste
Westerschelde	50×25	500×700
Schelde	10×10	350×100
Rupel	10×10	350×50
Durme	10×40	30×150
Leie	10×30	20×130
Zenne	10×20	125×25
Dijle	10×15	100×20
Nete	10×15	100×15

Tabel 3.1 Karakteristieke celafmetingen

Gladheid

De gladheid van het rekenrooster is gedefinieerd als het quotiënt van de lijnsegmenten aan weerszijden van een roosterpunt.

Over het algemeen dient de gladheid niet veel groter te zijn dan waarden van 1,2 voor een nauwkeurige simulatie. Er bestaat uiteraard zowel een gladheid in M als een gladheid in N-richting.

Figuren 14 en 15 geven de gladheid van het rekenrooster in M-richting aan voor respectievelijk het noordelijke deel van de Zeeschelde en voor een detail langs de Schelde voorbij Dendermonde. In de Figuren 14 en 15 is de gladheid in N-richting gegeven.

Te zien is dat slechts incidenteel de maaswijdte variatie meer dan 10 % bedraagt. Met name langs de rand van het model zijn relatief hoge waarden te vinden, deze worden mede veroorzaakt door de scherpe bochten in de rivieren. Over het algemeen is de gladheid ruimschoots voldoende voor een nauwkeurige simulatie.

Aspect ratio

De aspect ratio van het rekenrooster is gedefinieerd als de verhouding tussen de lengte en breedte van een rekencel.

Waarden tot 7 à 10 kunnen worden toegestaan voor een nauwkeurige simulatie.

Figuren 16 en 17 geven de aspect ratio van het rekenrooster voor het noordelijk deel van de Zeeschelde en voor een detail langs de Schelde voorbij Dendermonde.

Hieruit blijkt dat in grote gebieden de ratio kleiner is dan 2,0. Op een aantal plaatsen komen waarden voor van orde 7,0 tot 8,0. Dit is voldoende voor een nauwkeurige simulatie.

Courant-getal

Het Courant-getal is bij impliciete rekenschema's (zoals toegepast in WAQUA), een maat voor de nauwkeurigheid van het rekenproces. De getalswaarde wordt bepaald door de tijdstap van het rekenproces, de maaswijdte van het rooster en de lokale waterdiepte volgens onderstaande expressie:

$$Cr = 2\Delta t \sqrt{\frac{2gh}{\Delta x \cdot \Delta y}}$$

Waarin:

Cr	= Courant getal	[-]
Δx	= maaswijdte in M-richting	[m]
Δy	= maaswijdte in N-richting	[m]
Δt	= tijdstap van de simulatie	[s]
g	= versnelling van de zwaartekracht	[m/s ²]
h	= waterdiepte	[m]

Courant getallen groter dan 15 geven een iets minder nauwkeurige oplossing, in de praktijk zijn incidentele waarden tot boven de 30 toegestaan.

De Courant getallen voor dit rekenrooster zijn bepaald door een 'snelle' maar onvolkomen diepte schematisatie op basis van diepte gegevens zoals toegeleverd door RIKZ Middelburg

De Figuren 18 en 19 geven de resultaten van de diepte schematisatie voor het rekenrooster van de Zeeschelde voor respectievelijk het noordelijk deel en voor een rivier sectie voorbij

Dendermonde. Te zien is dat met name langs de zijrivieren, maar ook in de Schelde zelf nog veel dieptegegevens ontbreken.

De Courant getallen zijn vervolgens berekend voor een tijdstap van 30 seconden.

In Figuur 20 en 21 worden de Courant getallen gepresenteerd voor het noordelijk deel en voor een rivier sectie voorbij Dendermonde. Over het algemeen zijn de Courant getallen kleiner dan 10,0. Alleen lokaal komen hogere waarden voor tot orde 30 à 40. Voor een nauwkeurige simulatie dienen in het algemeen de Courant getallen lager te zijn dan 15 à 25.

4. Conclusies

Op basis van het gegenereerde Zeeschelde model rooster, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

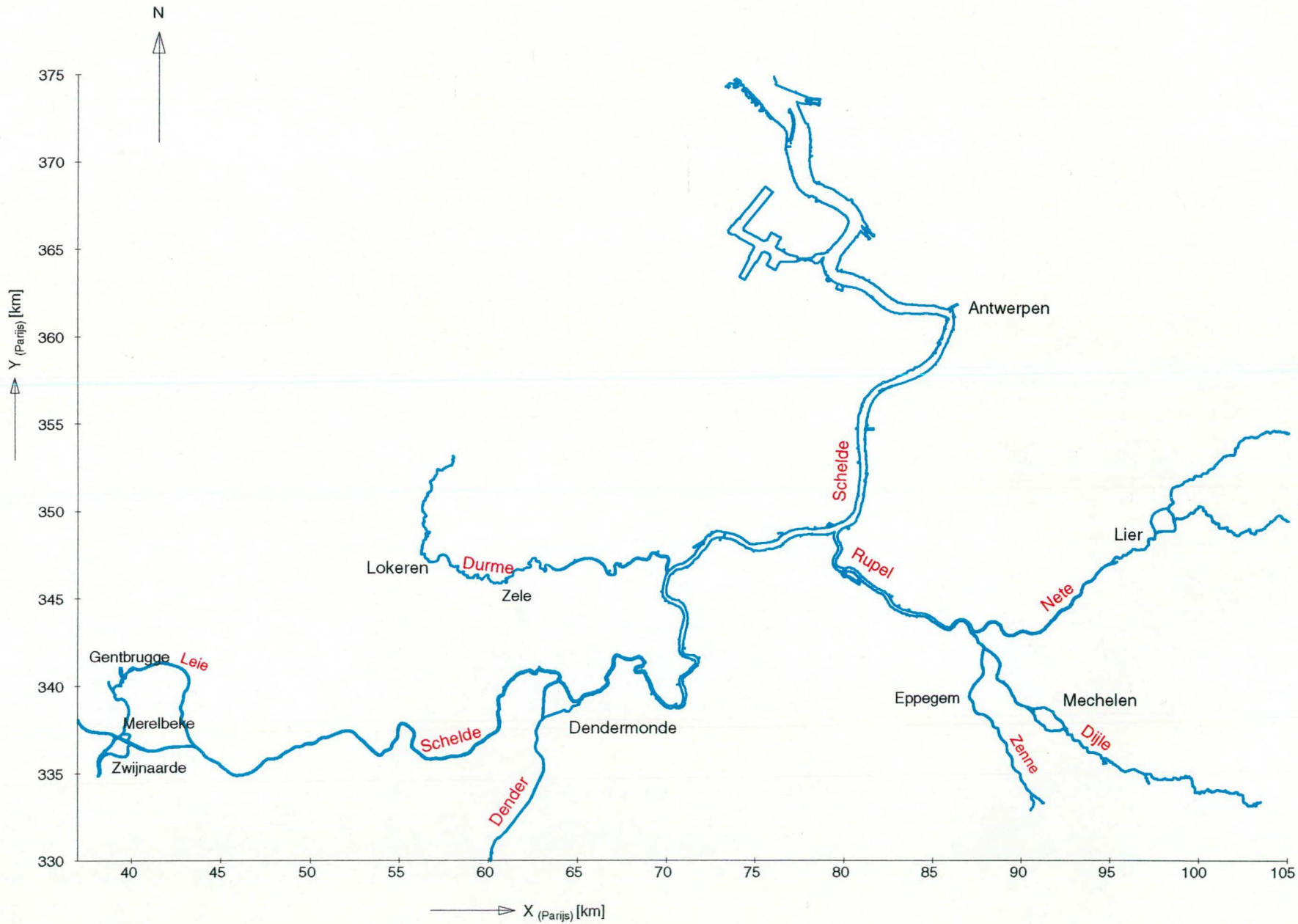
- Het gegenereerde rekenrooster voor het nieuwe Zeeschelde model voldoet aan de gestelde eisen met betrekking tot orthogonaliteit, gladheid en resolutie.
- Het gegenereerde rooster sluit naadloos aan op het bestaande Westerschelde rooster.
- Het gegenereerde Zeeschelde rooster heeft een evenwichtig verdeelde hoge resolutie in de verschillende door het getij beïnvloede zijrivieren van het Belgisch deel van de Schelde.

Referenties

Alkyon, 1997, *Roostergeneratie Westerschelde, Kuststrook en Zuidelijke Noordzee. Deel I: Roostergeneratie Westerschelde*, A100R1, Februari 1997

Svašek, 1997a, *Bouw, Calibratie en Verificatie Scalwest, t.b.v. project verdieping*, Rapportage Activiteit A, 1011, Mei 1997

Svašek, 1997b, *Bouw en Validatie Triscal, 3D model van de Westerschelde*, Rapportage Activiteit B, 1011, September 1997

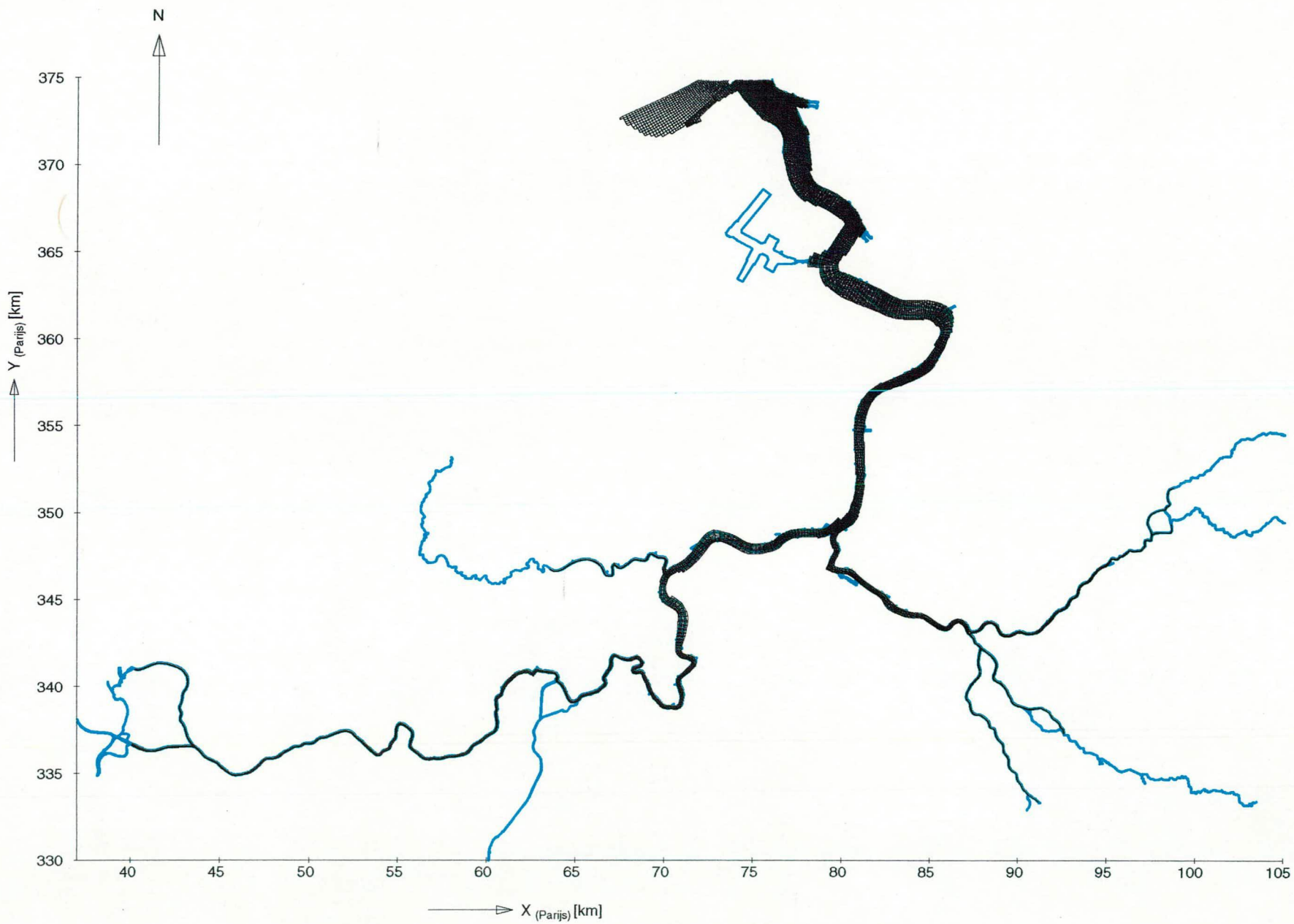


Zeeschelde model
Overzicht naamgeving Schelde en bijrivieren

ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 1

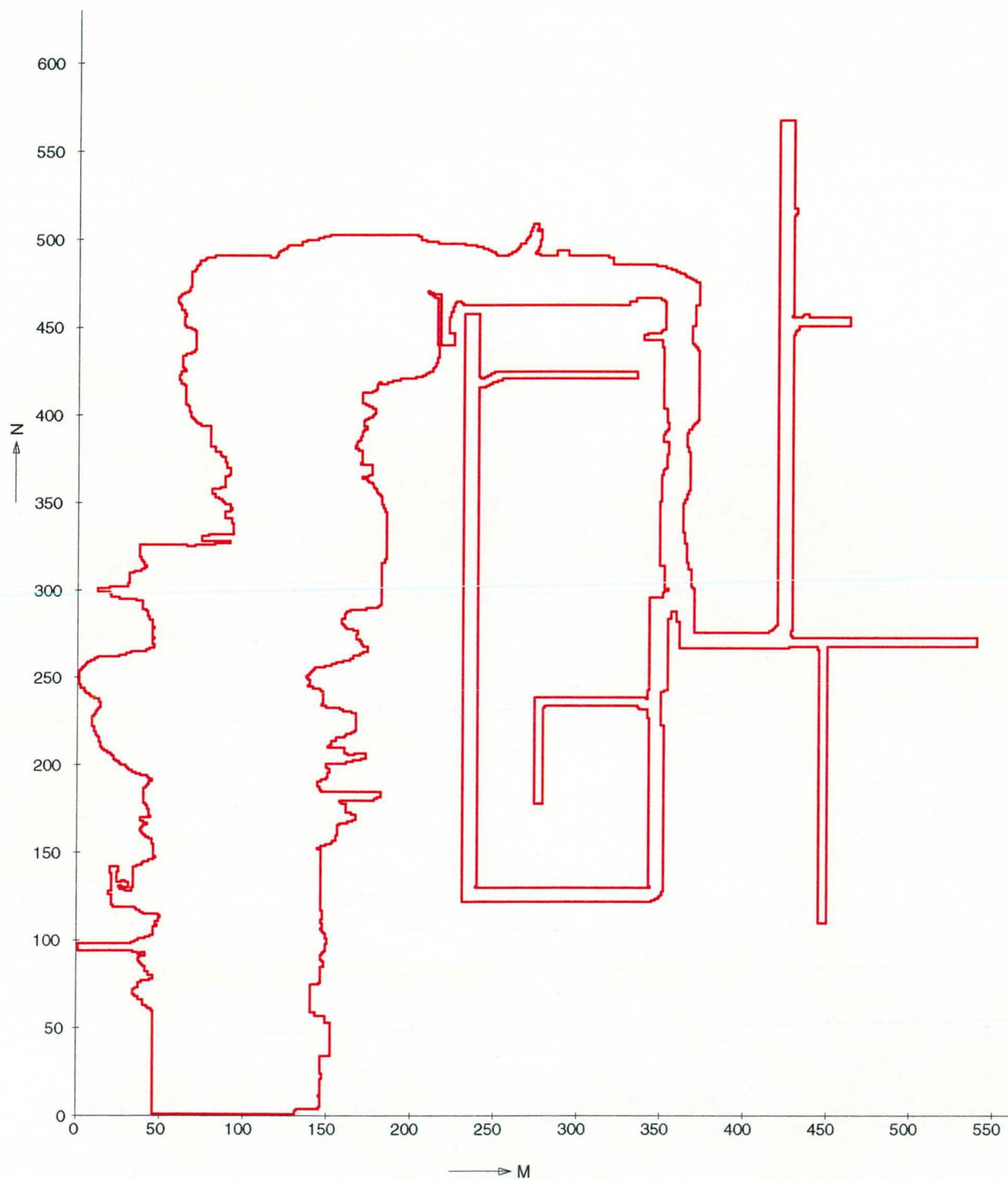


Zeeschelde model
Rekenrooster, totaaloverzicht

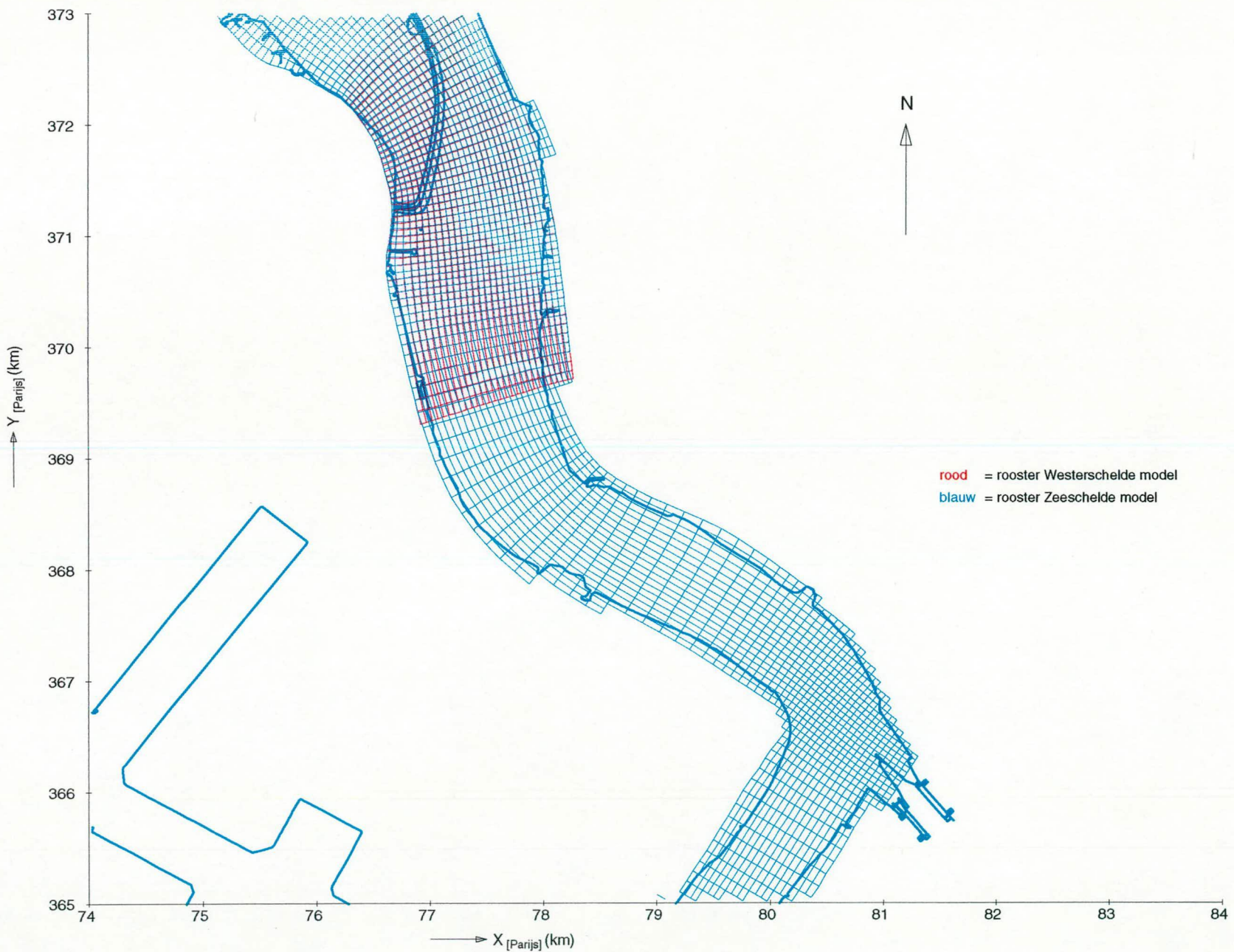
ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 2



Westerschelde en zeeschelde model
Matrixopbouw rekenrooster



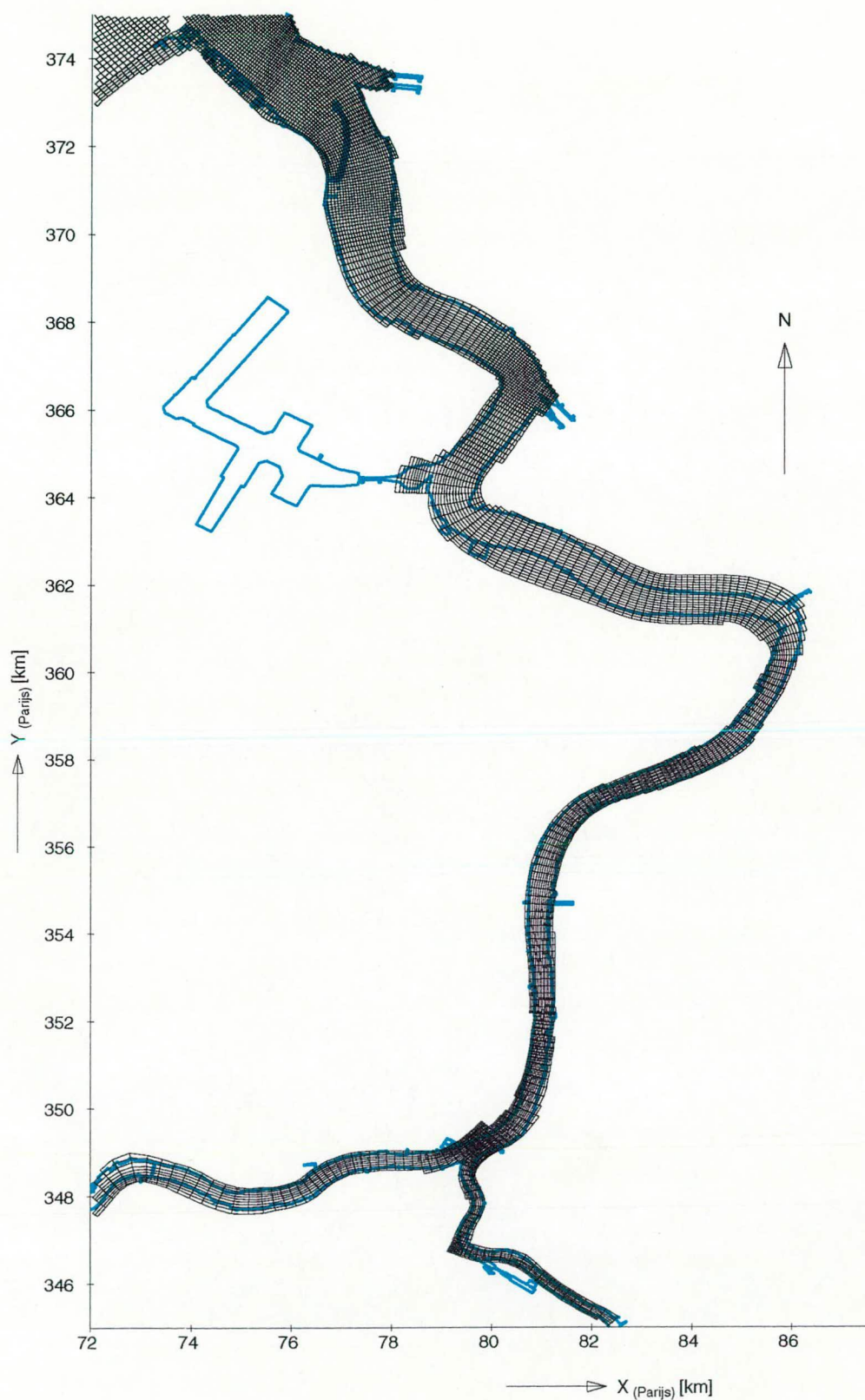
Zeeschelde model

Rekenrooster, aansluiting roosters Westerschelde en Zeeschelde

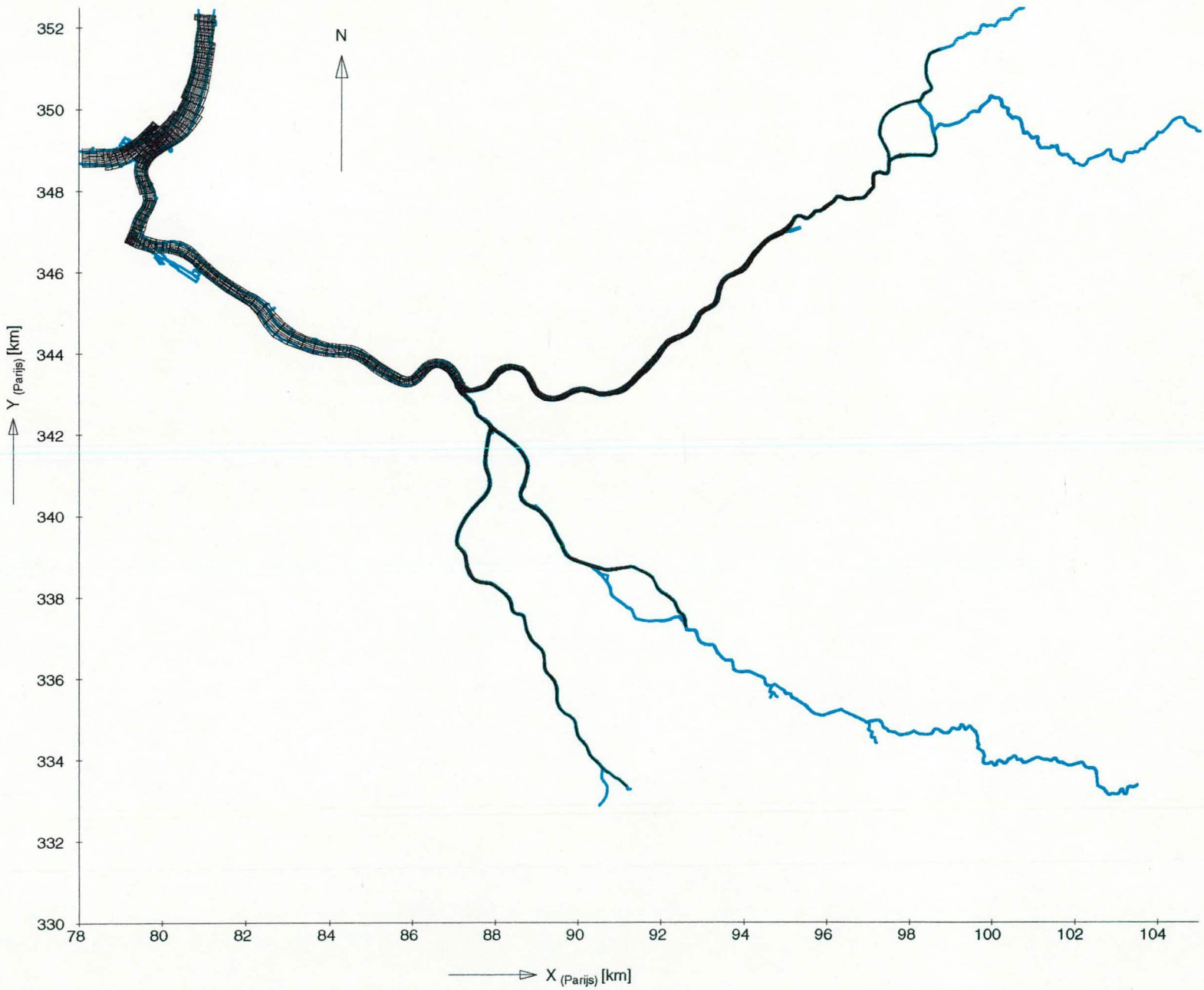
ALKYON HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 4



Zeeschelde model Rekenrooster, noordelijk gedeelte Schelde		
ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH	A100	Fig. 5



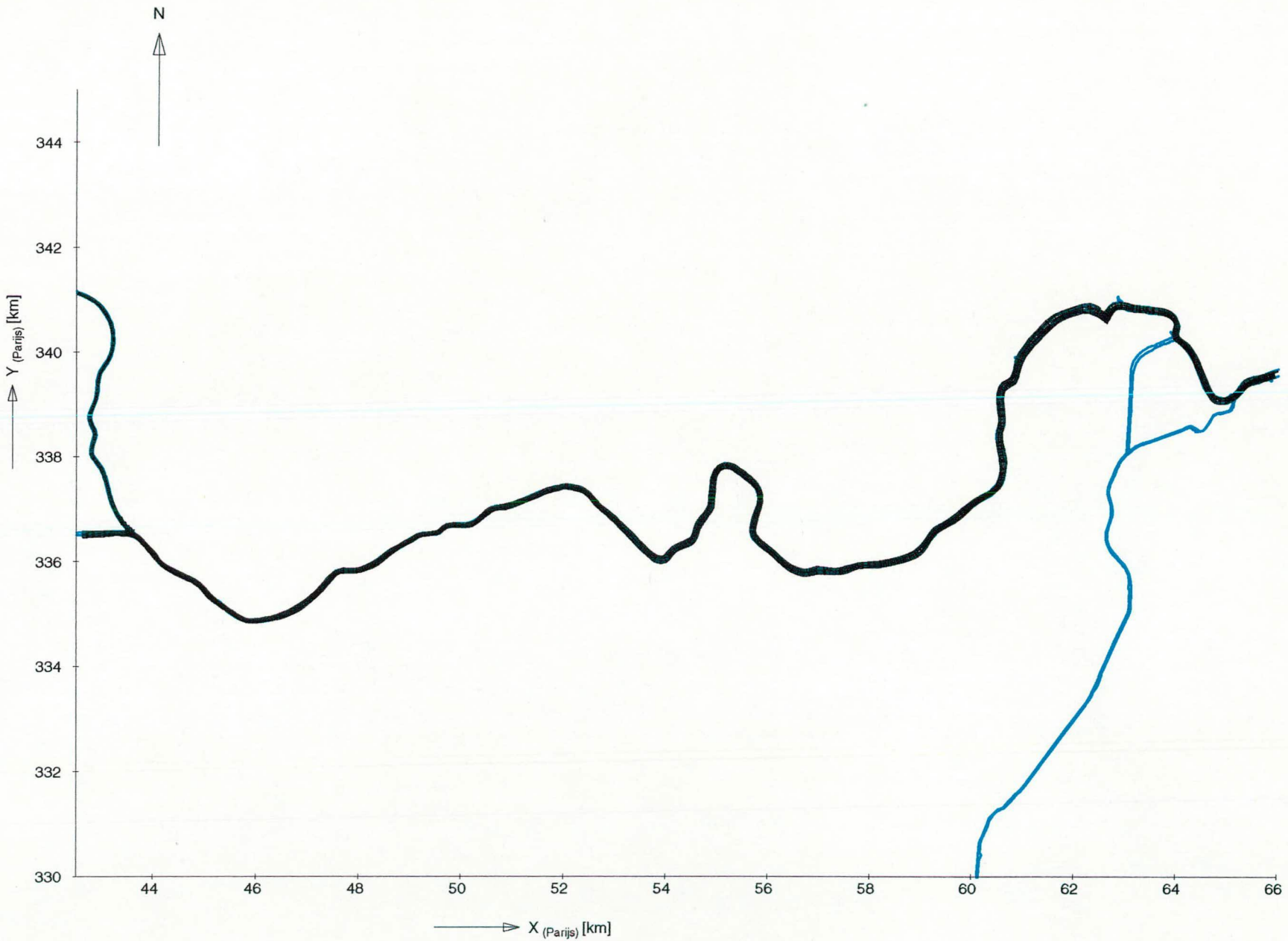
Zeeschelde model

Rekenrooster, gedeelte Rupel, Nete, Dijle en Zenne

ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 6



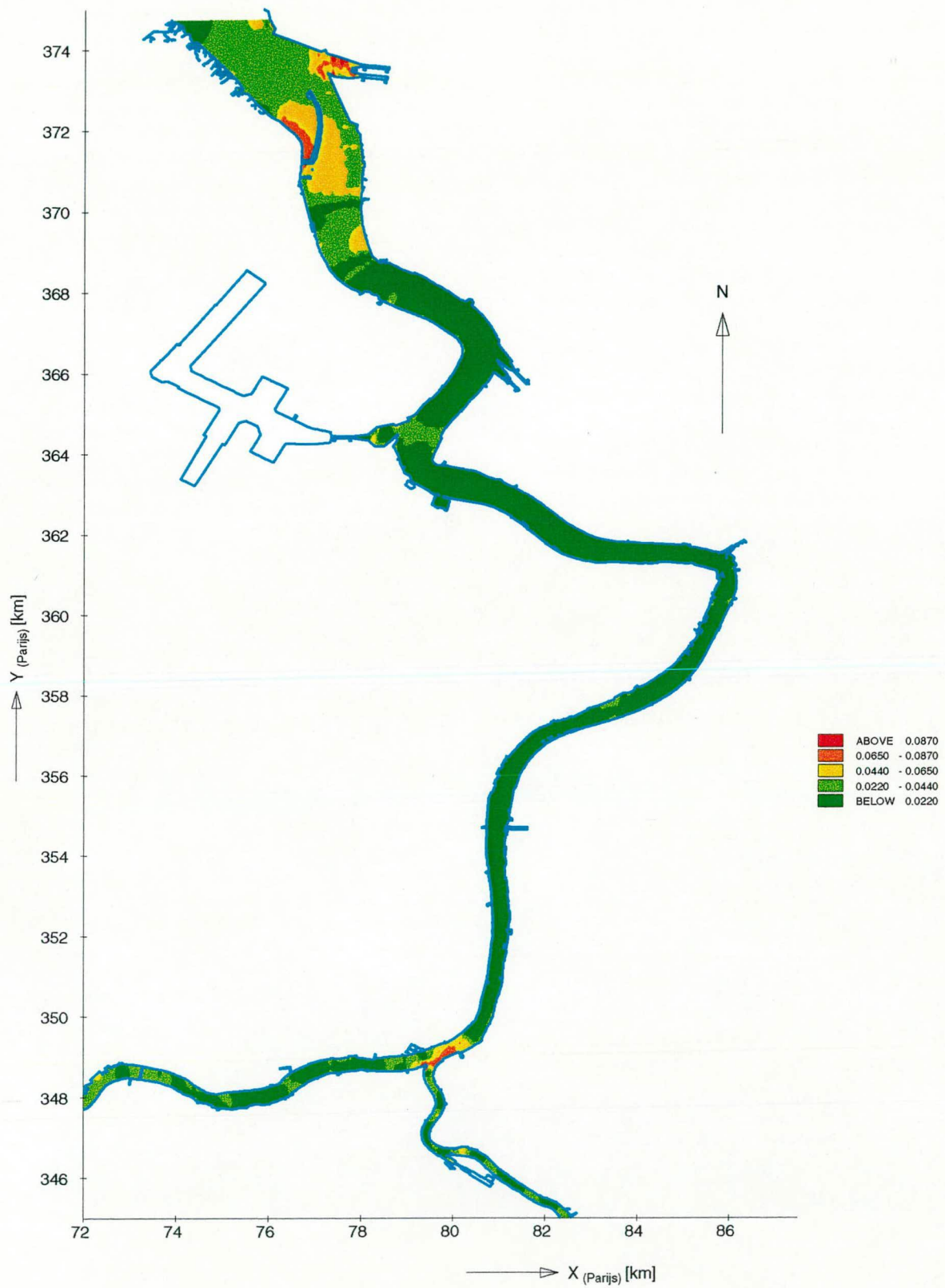
Zeeschelde model

Rekenrooster, gedeelte Schelde vanaf Dendermonde

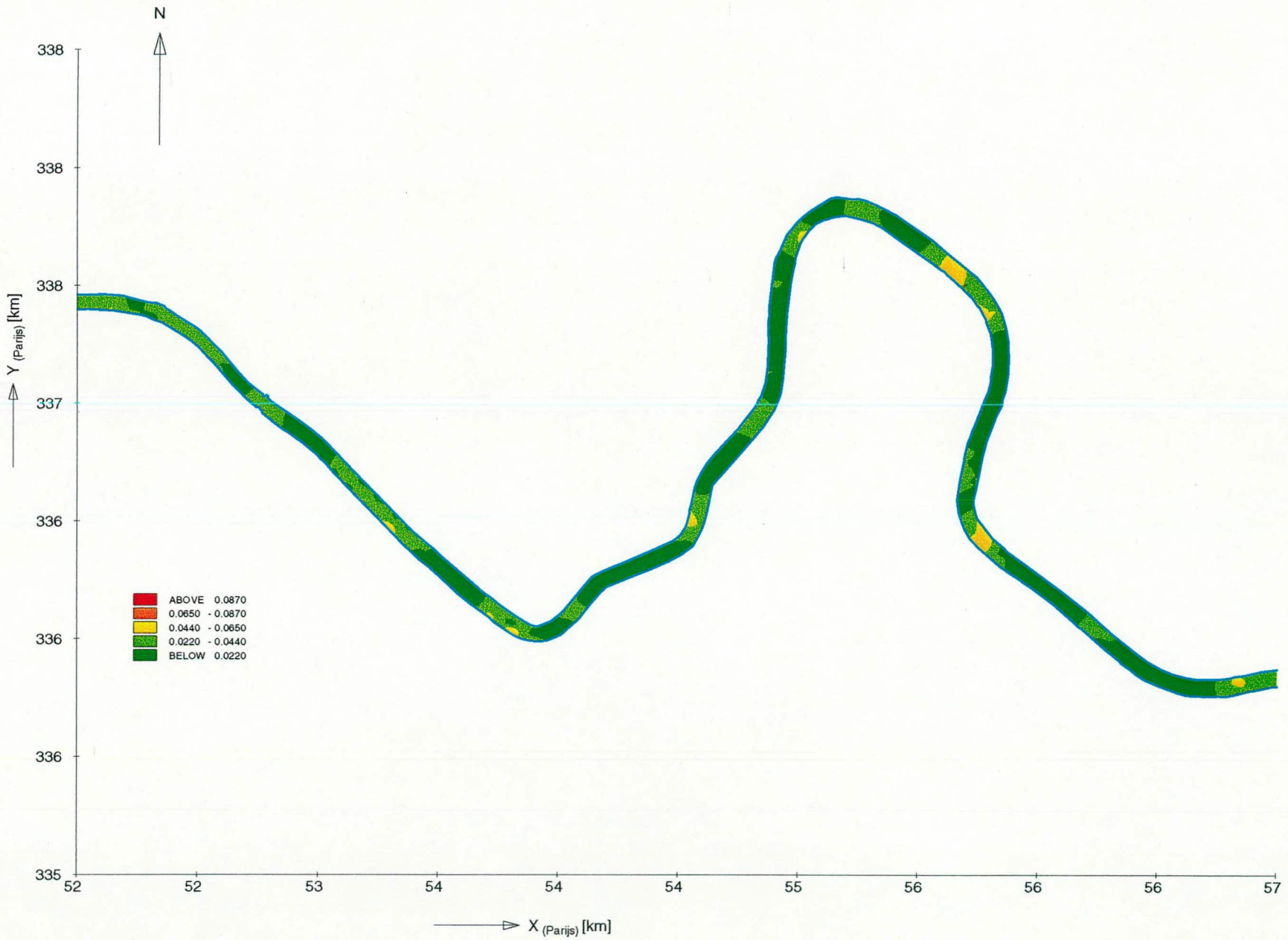
ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 7



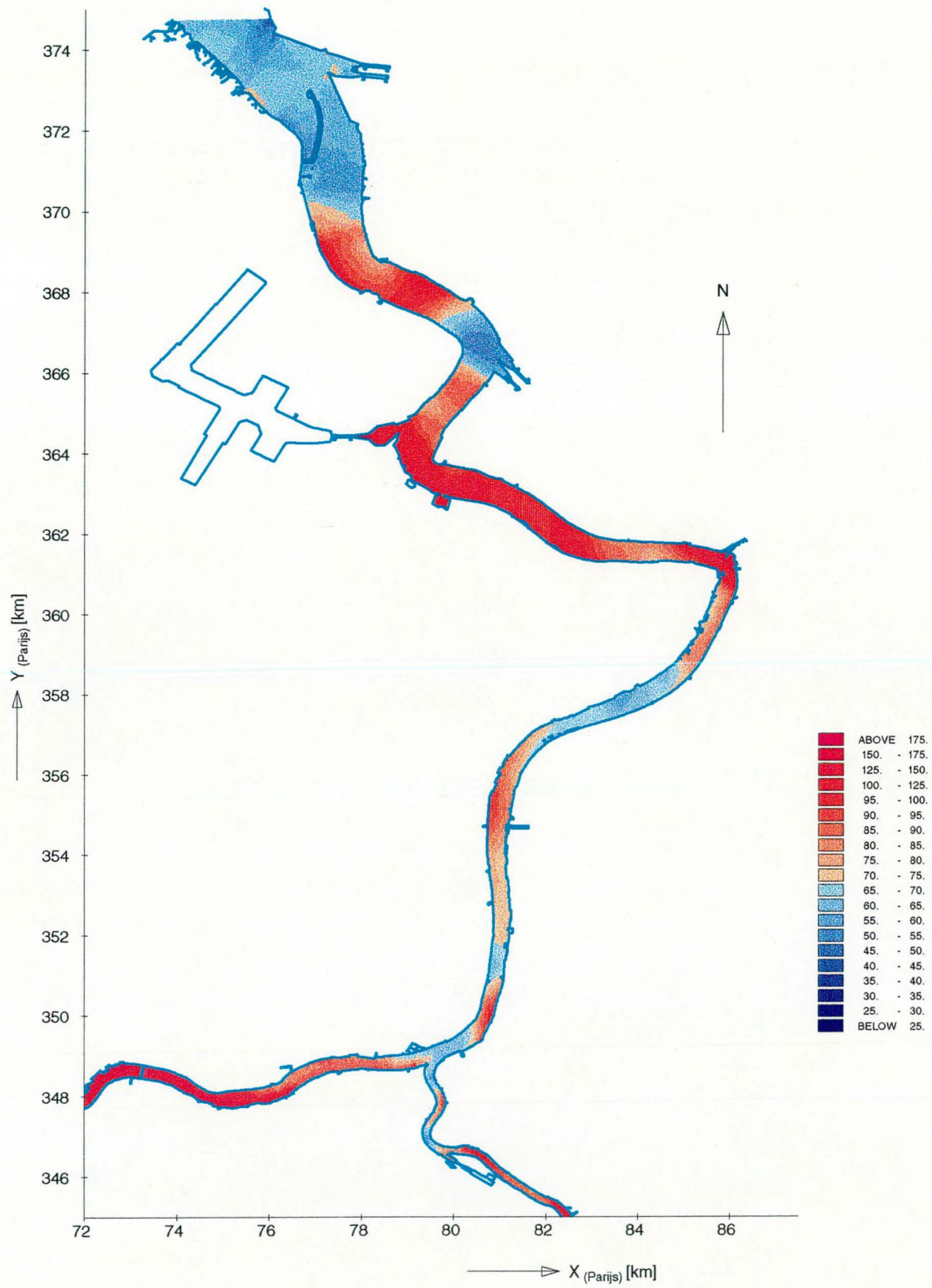
Zeeschelde model
Orthogonaliteit van het rekenrooster
Noordelijk gedeelte Schelde



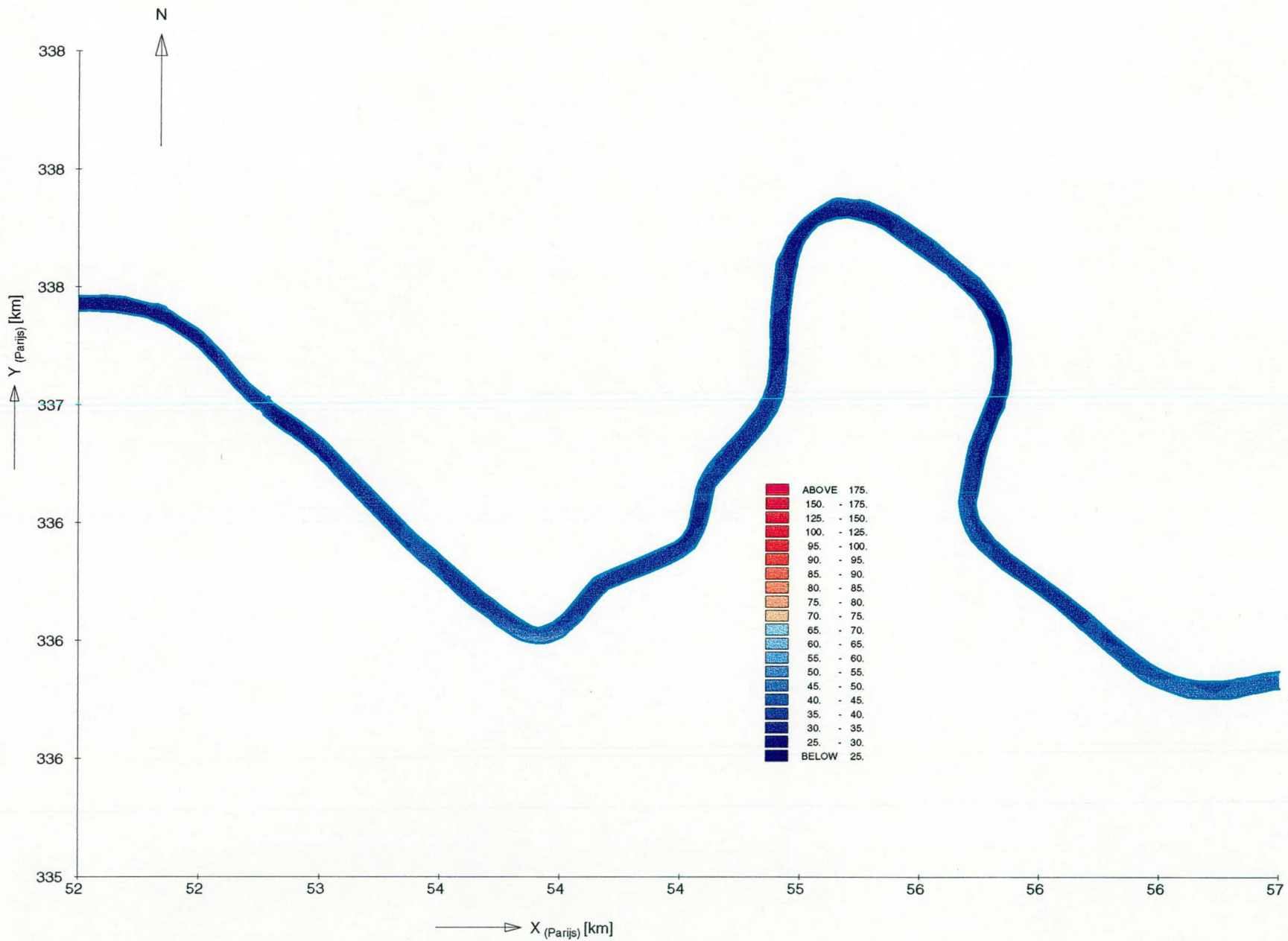
Zeeschelde model
Orthogonaliteit van het rekenrooster
Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde

A100

Fig. 9



Zeeschelde model Resolutie van het rekenrooster Noordelijk gedeelte Schelde		
ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH	A100	Fig. 10



Zeescheide model

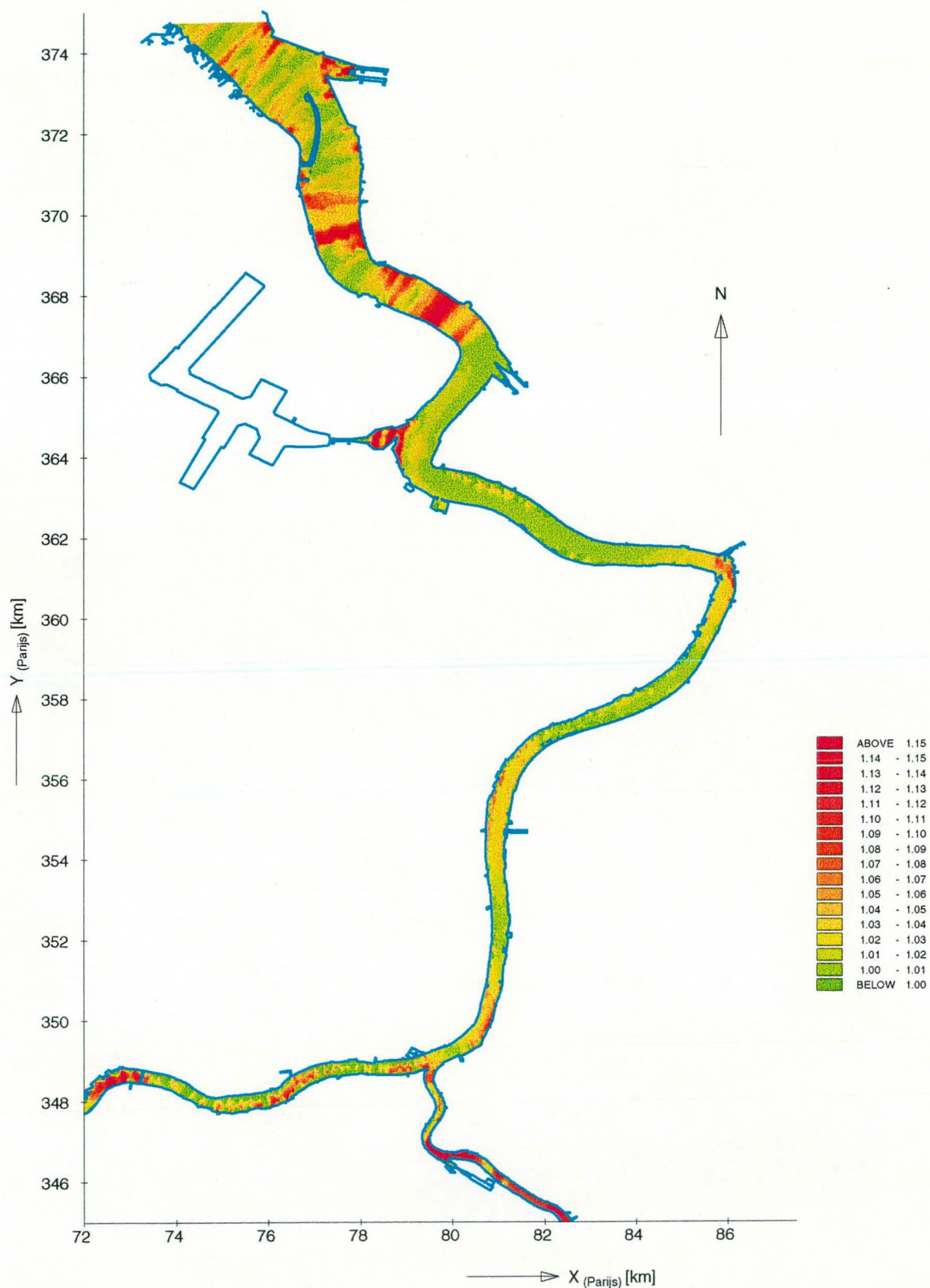
Resolutie van het rekenrooster

Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde

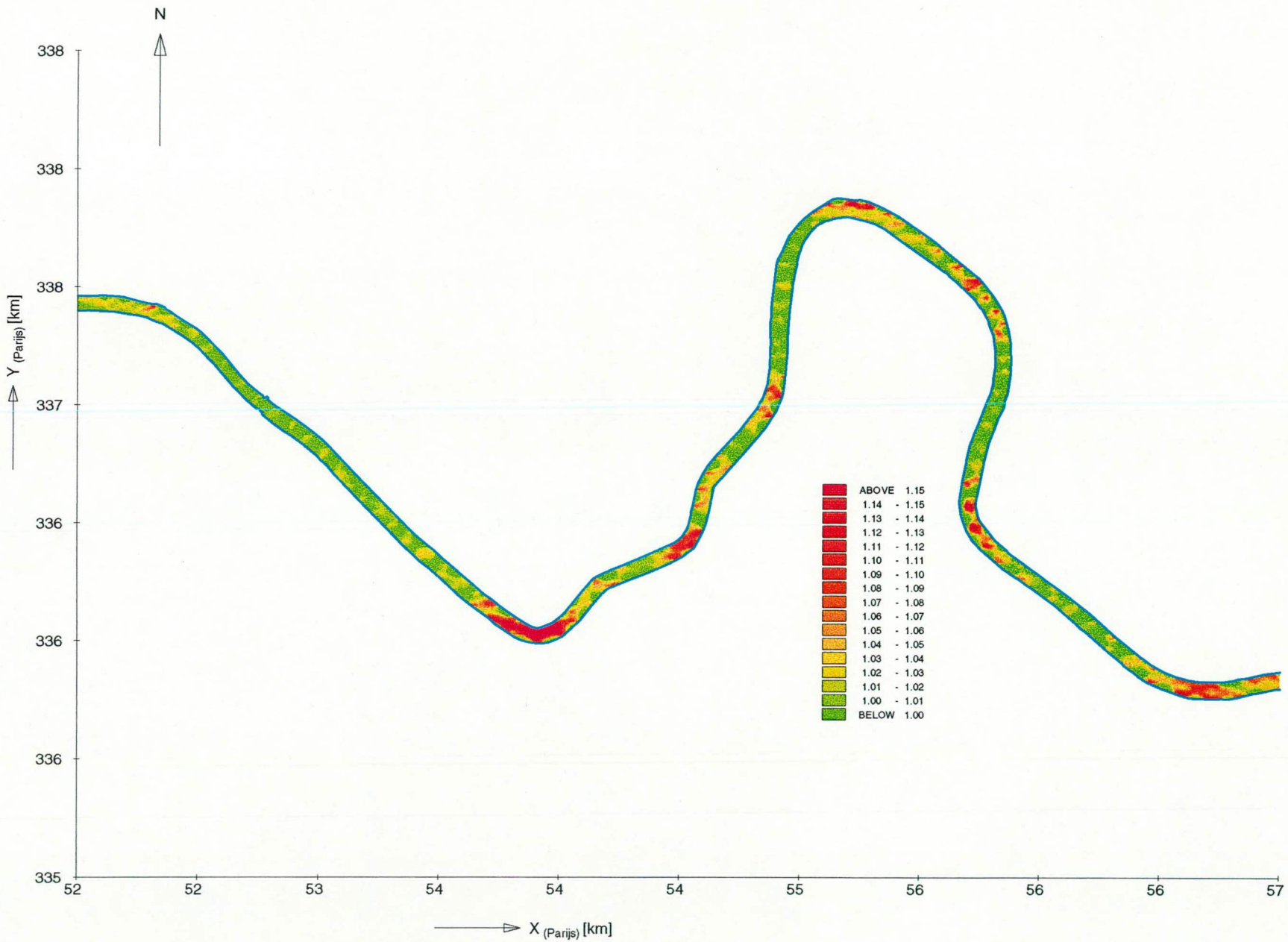
ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 11



Zeeschelde model
 Gladheid van het rekenrooster in M-richting
 Noordelijk gedeelte Schelde



Zeescheide model

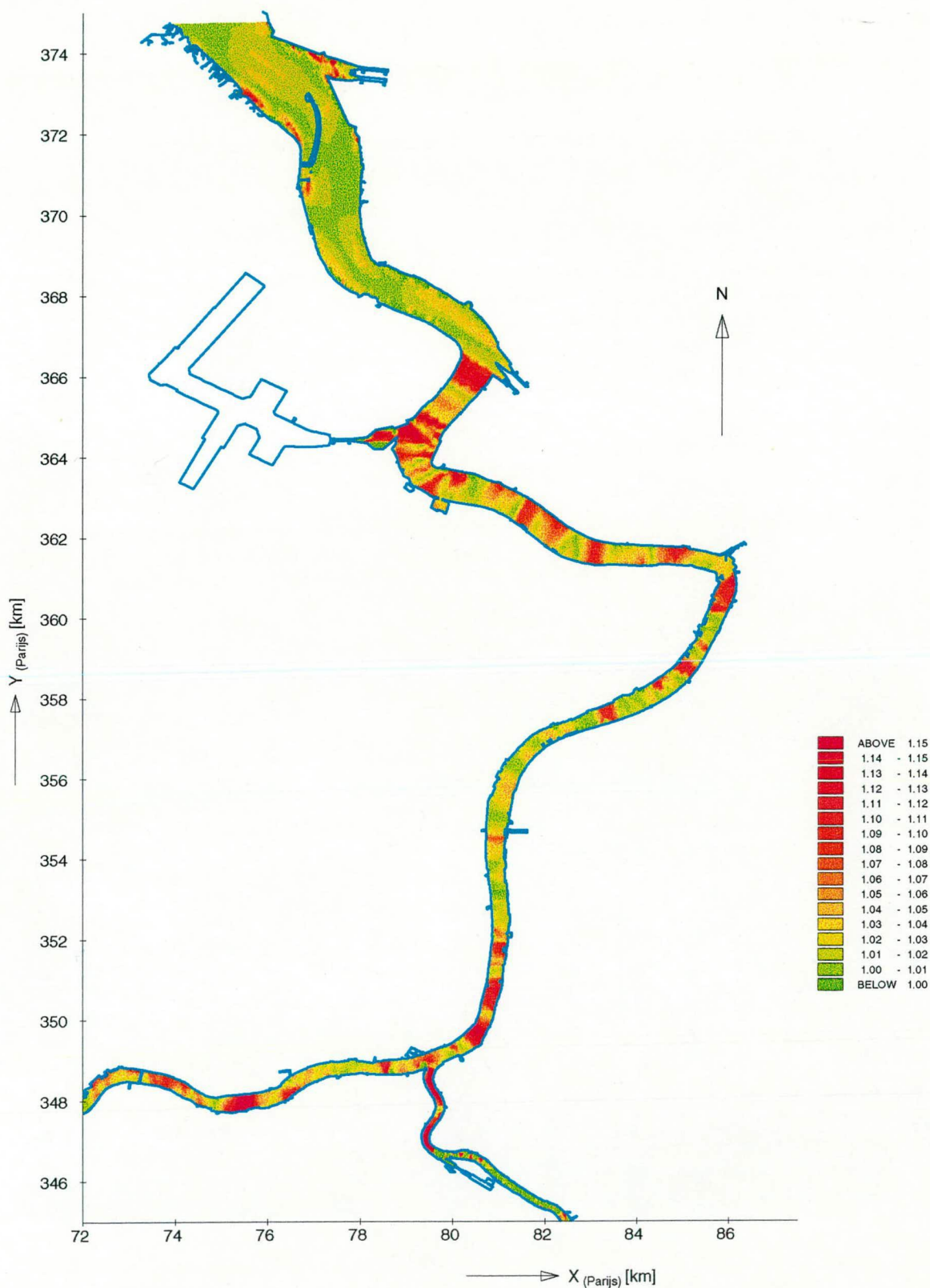
Gladheid van het rekerooster in M-richting

Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde

ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 13



Zeeschelde model

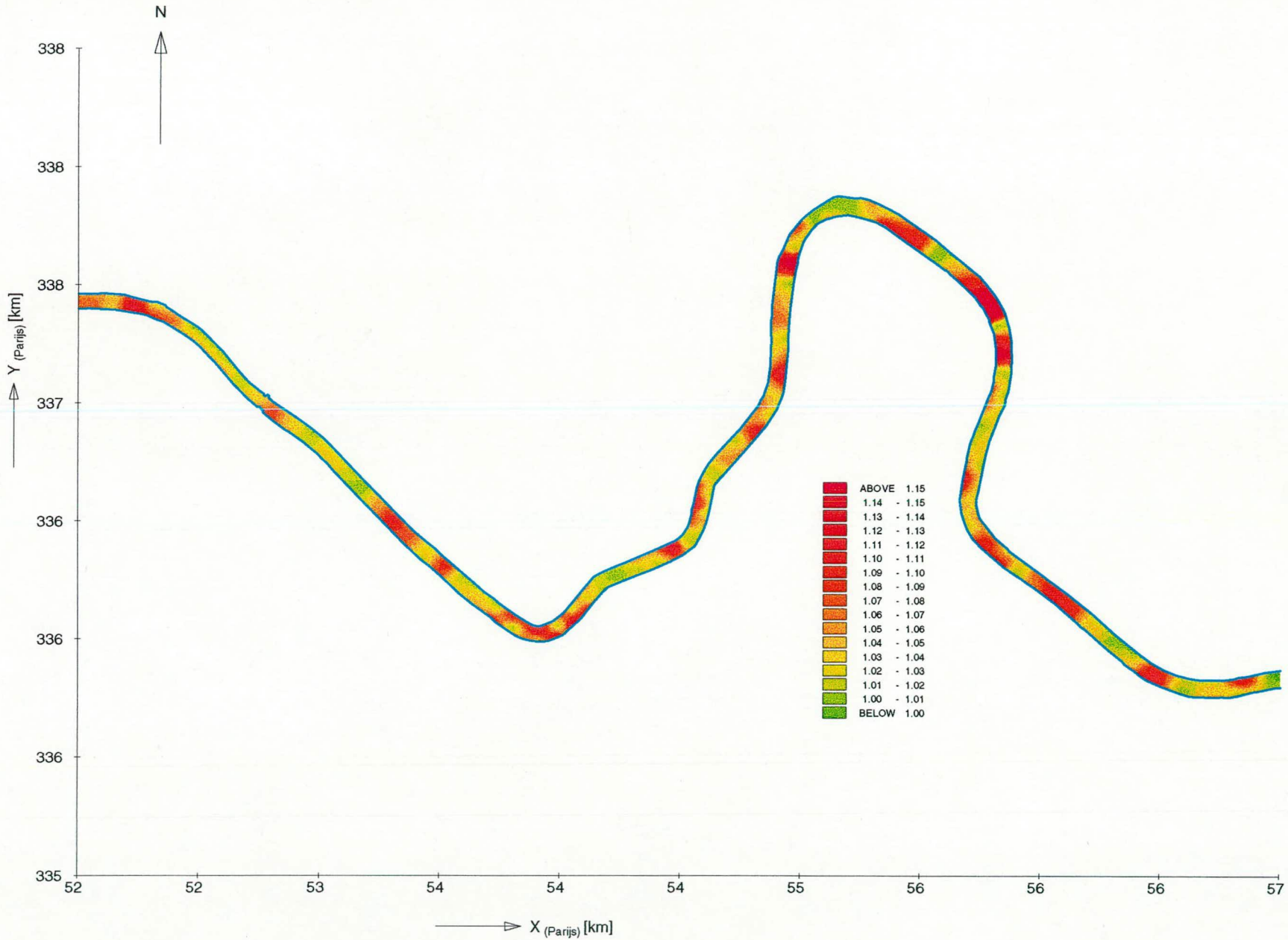
Gladheid van het rekenrooster in N-richting

Noordelijk gedeelte Schelde

ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 14

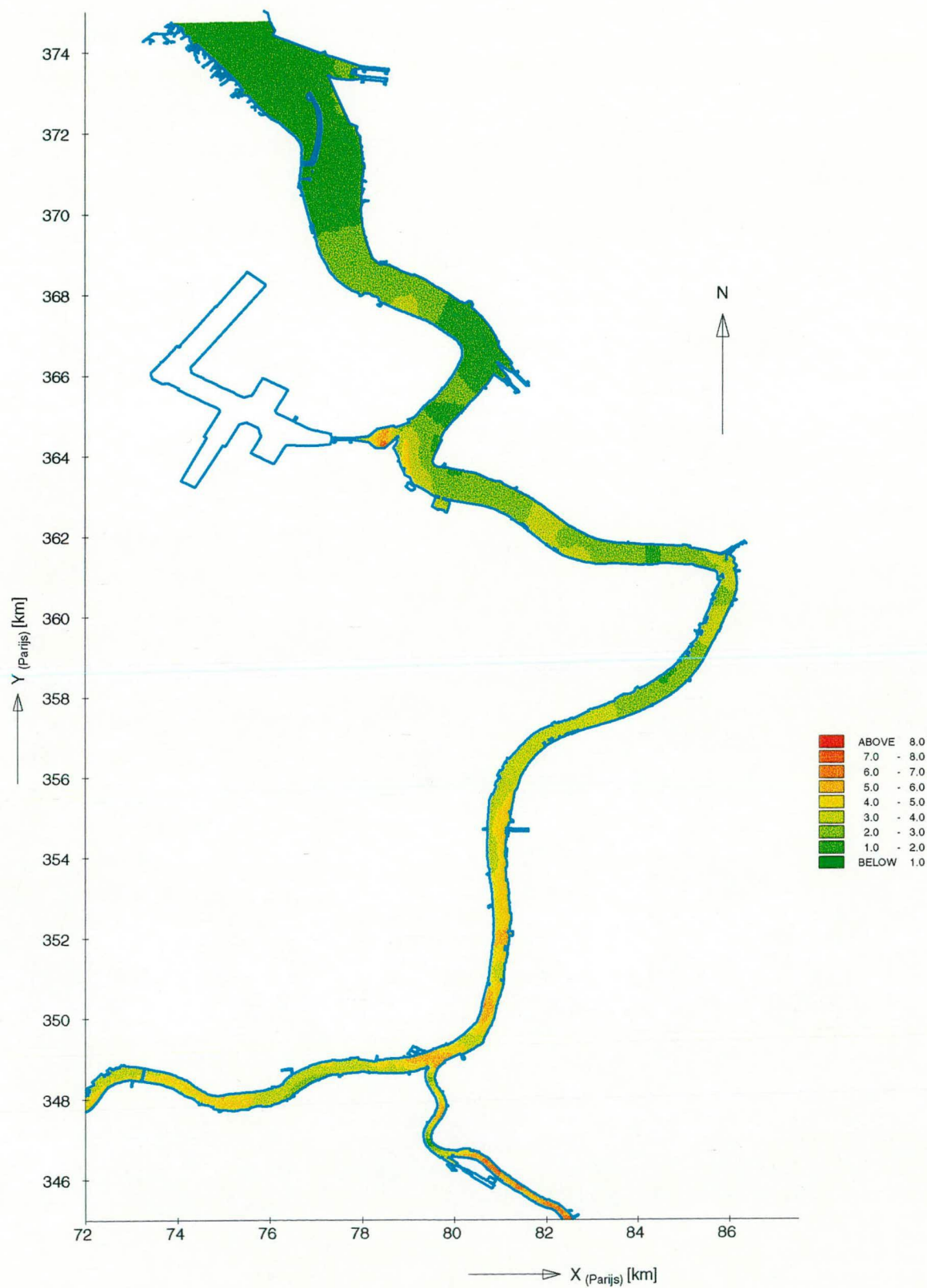


Zeeschelde model
Gladheid van het rekerrooster in N-richting
Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde

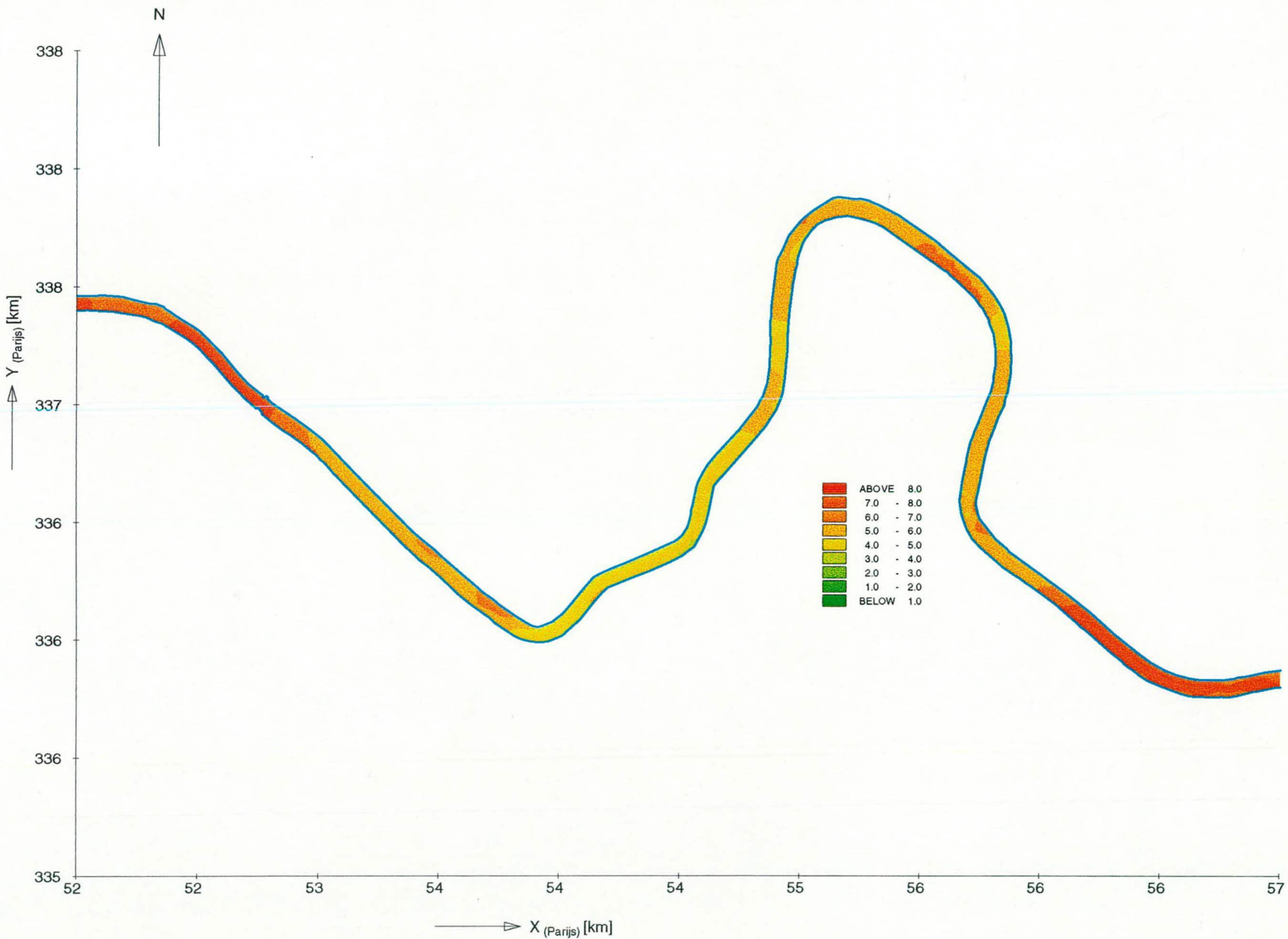
ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 15



Zeeschelde model
Aspect ratio van het rekenrooster
Noordelijk gedeelte Schelde



Zeeschelde model

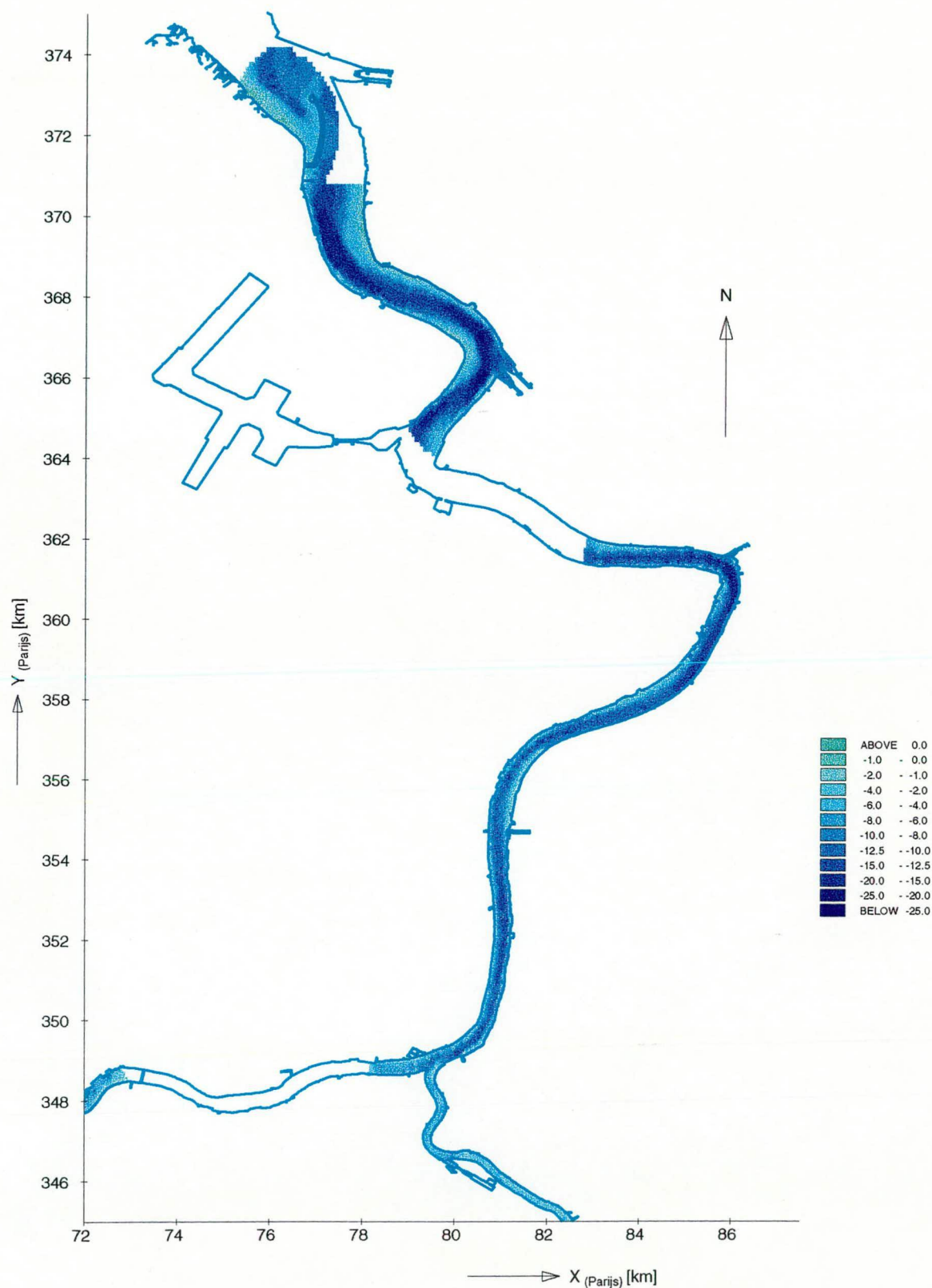
Aspect ratio van het rekerooster

Gedeelte riviersectie Schelde vanaf Dendermonde

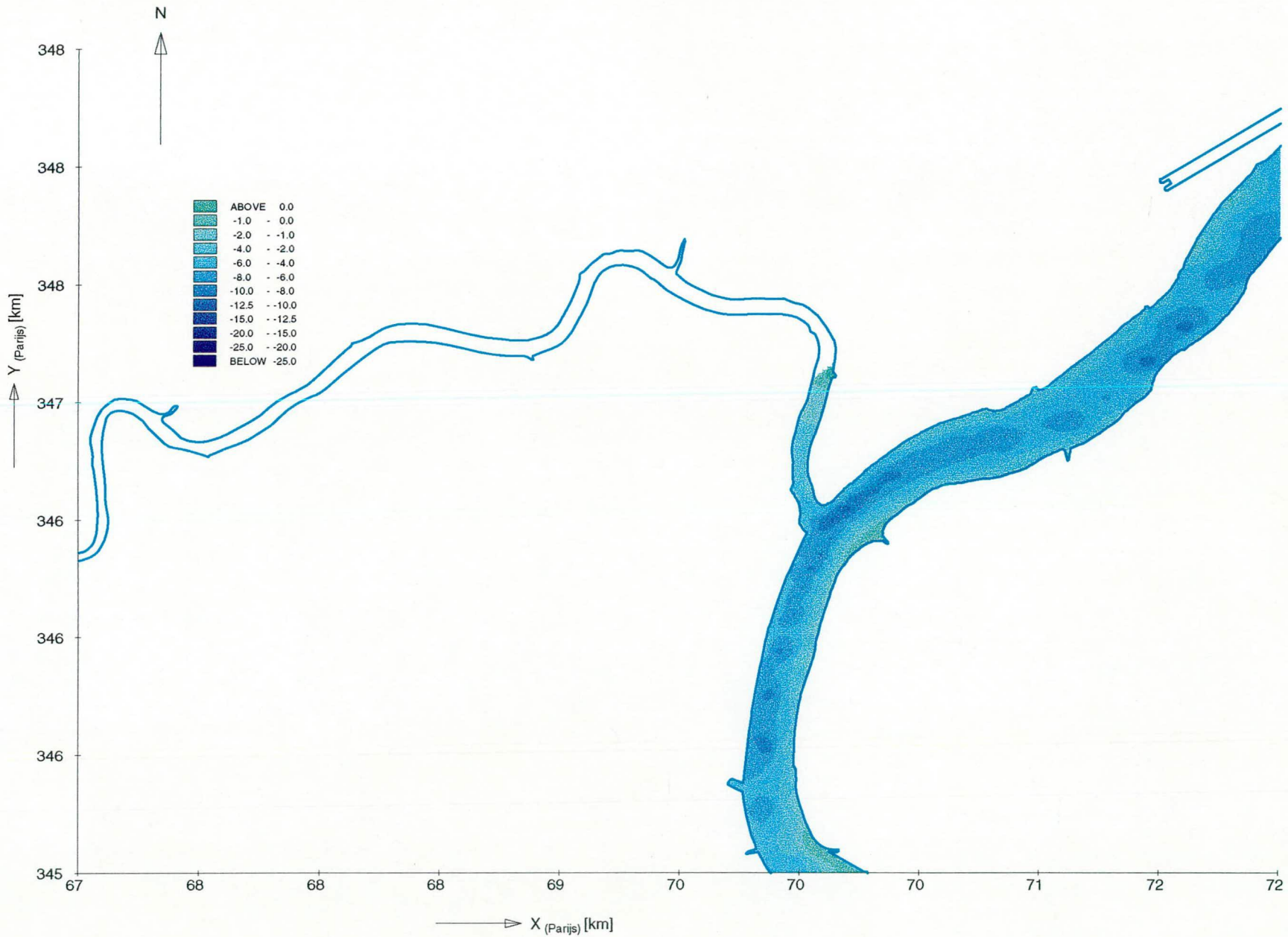
ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 17



Zeeschelde model
 Voorlopige diepteschematisatie
 Noordelijk gedeelte Schelde



Zeescheide model

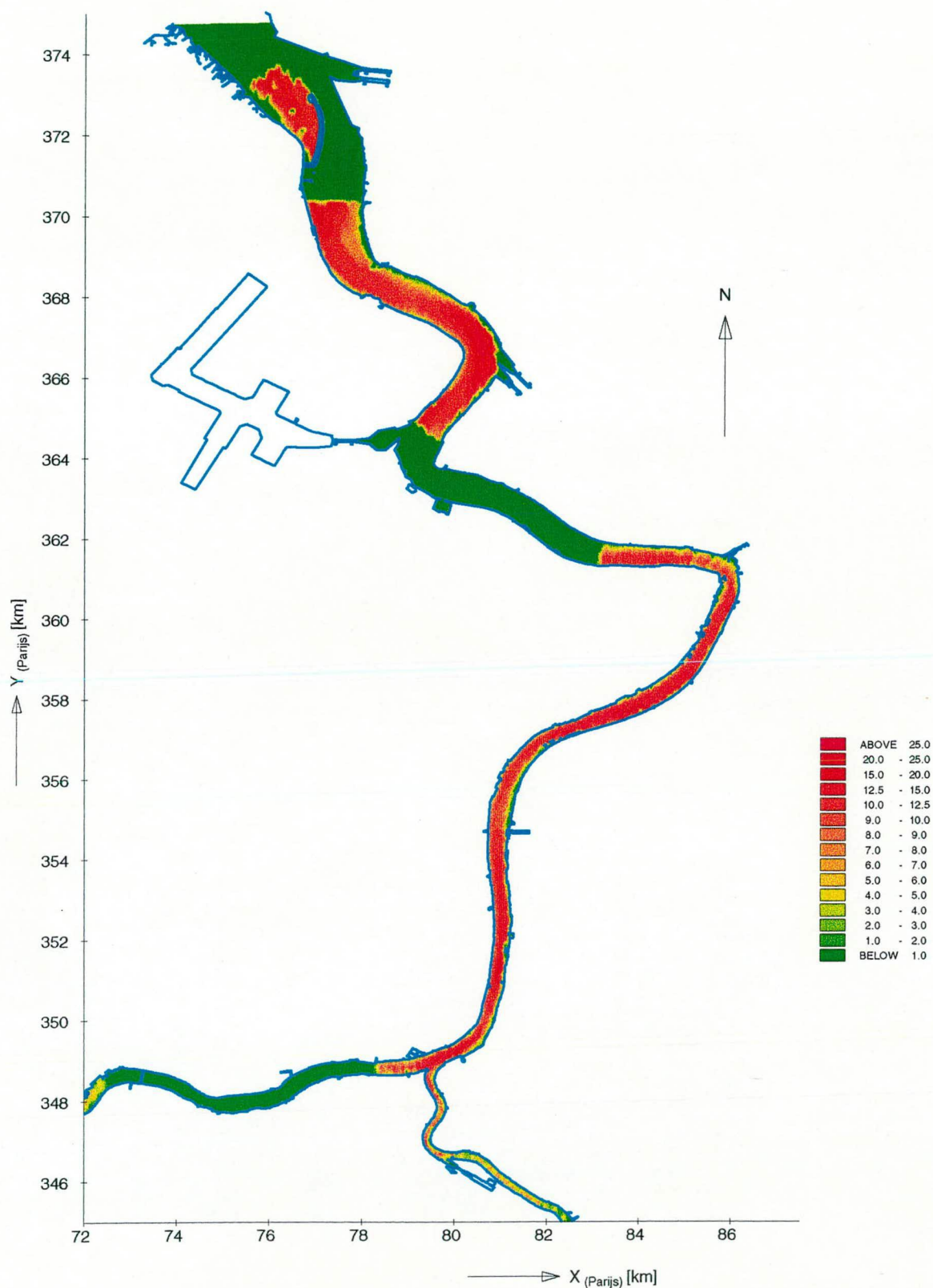
Voorlopige diepteschematisatie

Gedeelte riviersectie Scheide richting Dendermonde

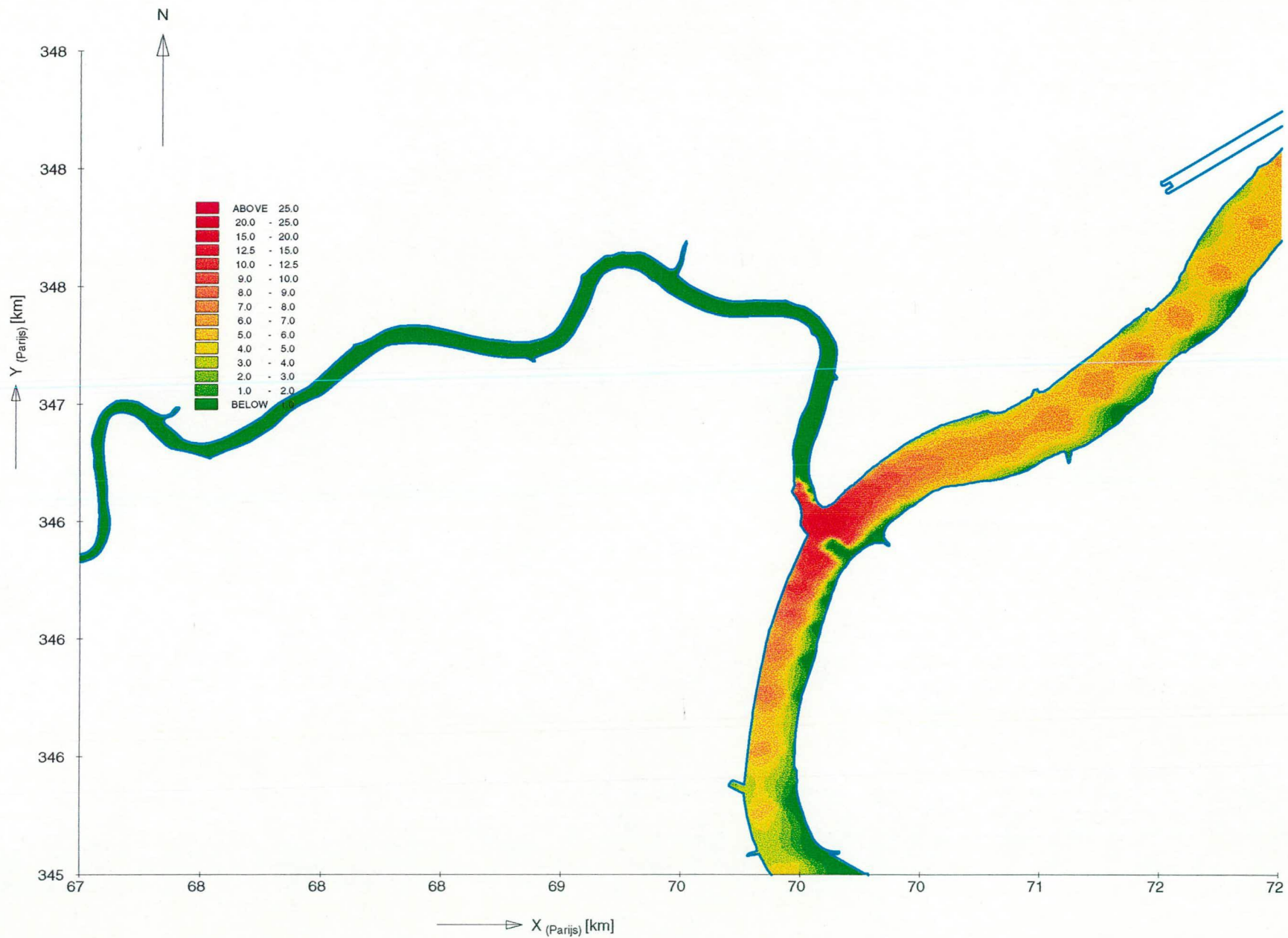
ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 19



Zeeschelde model
 Courant getallen
 Noordelijk gedeelte Schelde



Zeeschelde model

Courant getallen

Gedeelte riviersectie Schelde richting Dendermonde

ALKYON, HYDRAULIC CONSULTANCY AND RESEARCH

A100

Fig. 21

