

I. Coen De eeuwige Schelde? Ontstaan en ontwikkeling van de Schelde

waterbouwkundig laboratorium 1933-2008



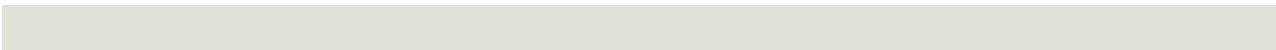
I. Coen De eeuwige Schelde? Ontstaan en ontwikkeling van de Schelde

waterbouwkundig laboratorium 1933-2008



*'De een na het ander raken alle
gebieden van menselijk kennen
in beweging, en worden ze
gezamenlijk meegesleept door
eenzelfde grondstroom naar de
bestudering van een ontwikkeling.'*

*P.T. de CHARDIN
(Het verschijnsel mens, 1957)*



inhoud

voorwoord bij deze uitgave	4
voorwoord van de auteur	5
inleiding	7
1 de getijbeweging en de zandverplaatsingen in de Noordzee en aan onze kusten	9
2 het getijregime van de huidige Schelde	11
3 vorming van de Noordzee en het Nauw van Kales	15
4 de bodemafzettingen in de kuststreek	19
5 ontstaan van Honte, Zwin en Oosterschelde	23
6 morfologische ontwikkeling van de Honte tot aan de 16de eeuw	31
7 morfologische ontwikkeling van de Honte van de 16de eeuw tot 1800	39
8 morfologische ontwikkeling sinds 1800	43
9 de Honte als scheepvaartweg	45
10 de morfologische ontwikkeling van de bovenloop van de Westerschelde en van de Zeeschelde	47
11 ontwikkeling van het hydraulische regime	49
11.1 De relatieve zeespiegelrijzing sinds 2000 jaar	50
11.2 Het hydraulische regime van de Schelde	51
11.2.1 De fluviale periode	51
11.2.2 Het getijregime	54
11.2.3 Gemiddelde hoog- en laagwaterstanden te Antwerpen	55
11.2.4 Stormvloedstanden te Antwerpen en omgeving	57
11.2.5 Voortplanting van het getij aan de kust en in de Schelde	62
11.2.6 Evolutie van de waterstanden en debieten te Antwerpen sinds 2000 jaar	67
11.2.7 Evolutie van de waterstanden en de tijverschillen in langszin	71
12 erosie van de Scheldebedding	73
13 bedijkingen, inpolderingen en normalisatiewerken in het verleden	75
14 oorzaken van de Scheldeontwikkeling	79
14.1 De zeespiegelrijzing	79
14.2 Situatie aan de monding	79
14.3 Bedijkingen, inpolderingen en normalisatiewerken	80
14.4 Bovenafvoer	80
14.5 Baggerwerken	81
14.6 Samenvatting	81
15 recente en toekomstige getijontwikkeling	83
16 slotbeschouwingen	87
17 figuren	89
18 bibliografie	93
19 geraadpleegde kaarten, almanakken en periodieken	111

voorwoord bij deze uitgave

Het Waterbouwkundig Laboratorium werd in 1933, dus vijfenzeventig jaar geleden, opgericht.

Gedurende driekwart eeuw leverde het adviezen en rapporten voor een groot aantal projecten in binnen- en buitenland. De Schelde heeft steeds een prominente rol gespeeld bij het onderzoek. Meer zelfs: de problematiek van de Schelde was de aanleiding tot de oprichting van het WL.

Daarom plaatsen wij deze rivier bij dit jubileum weer in de schijnwerpers met een reeks speciale publicaties uit het archief, maar ook met nog niet eerder gepubliceerde monografieën.

De derde monografie in deze reeks is van de hand van ir. Ivo Coen, ereafdelingshoofd, die ruim 40 jaar beroepsmatig betrokken is bij het onderzoek van het Schelde-estuarium.

Deze auteur graaft verder in het verleden om in meer recente tijden te eindigen, en benadert de Schelde vanuit zijn dynamiek: stromingen, getij, erosie en afzetting. Een voorlopige en beknopte samenvatting hiervan is gepubliceerd in het Tijdschrift Water (1988) en wordt vandaag nog veelvuldig geciteerd. Voor deze speciale uitgave werden de gegevens geactualiseerd tot 1990.

Ondertussen zetten heel wat prominente onderzoekers het werk van ir. Coen verder en werden een aantal van zijn hypothesen bevestigd. Ook zijn er nieuwe inzichten gegroeid.

In andere monografieën uit deze jubileumreeks komen deze nieuwe invalshoeken en meer recente gegevens uitvoerig aan bod.

Borgerhout, april 2008

Dr. Frank Mostaert, afdelingshoofd Waterbouwkundig Laboratorium



voorwoord van de auteur

Voorliggende studie sluit aan bij de publicatie van het artikel '*Ontstaan en ontwikkeling van de Schelde*', dat ter gelegenheid van het Scheldecolloquium in december 1988 door de vzw WEL uitgegeven werd in het tijdschrift WATER.

Door het verzamelen en verwerken van diverse historische, geografische, archeologische, geologische en hydraulische gegevens wordt hier een zeer beknopte hydrodynamische ontwikkeling van de Schelde voorgesteld over de voorbije 2000 jaar.

De titel verwijst naar een kunstboek '*Eeuwige Schelde*', uitgegeven naar aanleiding van de rampzalige stormvloed van 1953 (zie Bibliografie bij Roelants K.). Bij nadere bestudering van de ontwikkeling van de Schelde moet men hierbij een groot vraagteken zetten.

De tekst van voorliggende studie dateert van 1994 en is thans voor publicatie geschikt gemaakt. Er wordt niet nader ingegaan op ontwikkelingen van na 1990, en op latere gegevens. Door verder onderzoek van de thans beschikbare gegevens kan deze ontwikkelingsschets nader getoetst en aangevuld worden. Van de oudere gegevens werd een selectie gemaakt met het oog op de uitwerking van de voorgestelde hydrodynamische ontwikkeling.

Door bestudering van het verleden kan men veel leren over het heden en de toekomst. Dat geldt ook voor een merkwaardige tijrivier als de Schelde. De noodzaak te beschikken over nauwkeurige terreinwaarnemingen om tot goede besluitvorming te komen, kan niet genoeg benadrukt worden.

inleiding

Tot in de eerste eeuwen van onze tijdrekening vertoonde de Schelde alle kenmerken van een regenrivier met bescheiden afmetingen en beperkte debieten. Sindsdien heeft ze vooral in het afwaartse gedeelte een merkwaardige ontwikkeling ondergaan.

Onder invloed van de sinds de laatste ijstijd voortdurende stijging van de zeespiegel kreeg het zeegetij steeds meer vat op het achter de beschermende duinen gelegen land. Uiteindelijk leidde dit tot de vorming van de Oosterschelde en de Honte (de latere Westerschelde), estuaria waarin de Schelde achtereenvolgens haar uitmonding vond.

Na een eeuwenlange erosie van de zandige bedding, evolueerde de benedenloop van de Schelde tot een volwaardige tijrivier, waarin de mariene invloed zich steeds nadrukkelijker manifesteert.

Aan de hand van historische, archeologische, geologische en geografische bevindingen kan deze ontwikkeling in grote lijnen gevolgd worden. De algemene morfologische evolutie kan hierbij vrij duidelijk beschreven worden. Hoe het verloop van de getijvoortplanting en van de waterstanden zich heeft voorgedaan, is moeilijker te achterhalen. De kritische verwerking van een groot aantal verspreide gegevens liet ons toe een schets van deze evolutie op te maken. Het is duidelijk dat deze schets door aanvullend onderzoek ondersteund of aangepast moet worden. Ook mag aangenomen worden dat de tijd een aantal toestanden waarschijnlijk definitief heeft toegedeekt zodat hierover geen volledige zekerheid bestaat.

Bij dergelijke speurtocht in het verleden wordt men steeds opnieuw geconfronteerd met de mens die aan

deze ontwikkeling belangrijke bijdragen heeft geleverd door het aanleggen van dijken, het inpolderen van schorren en overstroombare gebieden, en de jongste decennia ook door baggerwerken en baggerspeciestoringen in de rivier, ten behoeve van de scheepvaart naar de verschillende havens. Welke inspanningen en strijd gedurende vele eeuwen tegen het opdringende water moesten geleverd worden, kunnen we met stijgende verbazing volgen.

Door de toenemende vervuiling is de kwaliteit van het Scheldewater sterk achteruitgegaan, waardoor de eertijds zo rijke estuariumflora en -fauna in de verdrukking komt.

De ontwikkeling van de Schelde doortrekkend naar de toekomst toont aan dat van de volgende generaties steeds opnieuw inspanningen zullen gevergd worden ter beveiliging tegen overstromingen, tot behoud van een stabiele en diepe vaargeul en ter verbetering van de waterkwaliteit.

Door de ontwikkeling van de Schelde eens te volgen en te verklaren vanuit een andere hoek, namelijk als het ware van op het water zelf, hopen we voldoende interesse te kunnen wekken bij ingewijden zoals hydrologen, hydrografen, geografen, geologen, archeologen en geschiedkundigen, maar ook van al wie al of niet beroepsmatig in aanraking komt met de Schelde, de scheepvaart op de Schelde, de havens en de grote rivierwerken. Tevens hopen we de belangstelling te wekken van de velen die voor de Schelde en haar geschiedenis interesse vertonen, niet in het minst van hen die met de oudste geschiedenis van de stad Antwerpen begaan zijn.

1 de getijbeweging en de zandverplaatsingen in de Noordzee en aan onze kusten

Tweemaal per etmaal ontmoeten twee tijgolven elkaar in het zuiden van de Noordzee.

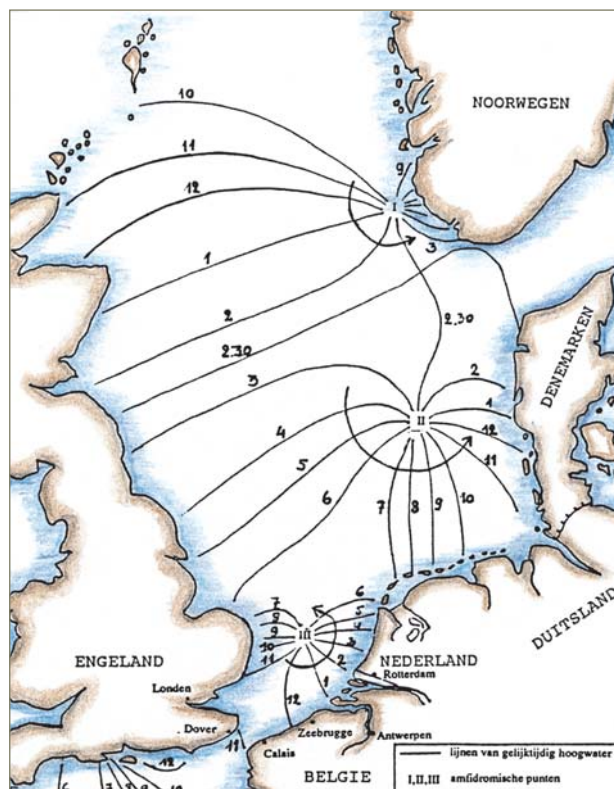
Onder invloed van de aantrekkingskrachten van zon en maan, ondergaan de oceanwateren een op- en neergaande schommeling van het peil, ook verticaal getij genoemd. In volle oceaan bedraagt het verschil tussen het hoogwater- en het laagwaterpeil ongeveer 1,5 m. Een in de Atlantische oceaan opgewekte getijgolf verplaatst zich tweemaal per etmaal naar het noorden en bereikt ongeveer $2\frac{1}{4}$ dag later onze kusten. Afhankelijk van de relatieve standen van deze hemellichamen ten opzichte van de aarde, verandert de resulterende aantrekkingskracht periodiek, waardoor niet alleen dagelijkse ongelijkheden optreden, maar ook binnen de periode van een maanmaand het getij versterkt of verzwakt naar respectievelijk springtijden of doottijden. In de loop van een jaar treedt eveneens een periodieke schommeling op met maxima rond de eveningen van lente en herfst en minima rond de zonnewenden van winter en zomer. Omdat het vlak van de 'maanbaan' een variabele hoek maakt met de ecliptica of 'zonnebaan', doet zich nog een bijkomende schommeling van het getij voor met een periode van 18,61 jaar, nodaal getij genoemd.

Het getij in de Noordzee is dus afgeleid van het getij in de Atlantische Oceaan. Een deel van deze van zuid naar noord lopende golf verplaatst zich ten westen van de Britse eilanden en dringt de Noordzee langs het noorden binnen. Een ander deel van de golf plant zich voort via het Kanaal en voegt zich bij de uit het noorden komende golf in de Noordzee. Uiteindelijk is het getijde in de Noordzee dus het resultaat van de samenstelling van deze twee getijgolven. In het zuiden van de Noordzee wordt het getij hierdoor versterkt.

Door de aswenteling van de aarde ondervinden in het noordelijke halfrond de watermassa's in de oceanen en in de Noordzee eveneens een draaiende beweging in

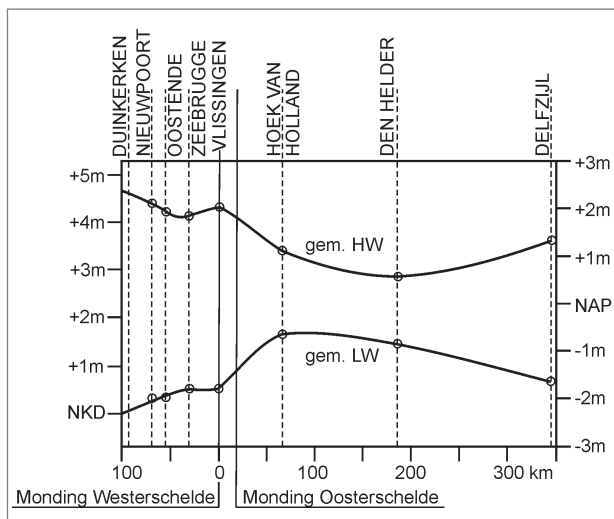
tegenwijzerzin, zodat de getijgolven in de Noordzee uiteindelijk rond drie 'punten' draaien, de 'amfidromische punten'. Dit zijn zones waarin het verticale getij zeer klein of onbestaande is (corioliseffect). In het zuiden van de Noordzee bevindt een dergelijk punt zich halfweg tussen de Engelse en Nederlandse kust ongeveer ter hoogte van IJmuiden (zie figuur 1)

figuur 1: Voortplanting van het getij in de Noordzee. De lijnen geven de plaatsen van gelijktijdig hoogwater aan en de cijfers de overeenkomstige uren van hoogwater en dit voor gemiddelde getijomstandigheden. De ronddraaiende beweging van de getijgolf rond de zones waar geen getijrijzing optreedt werd met een pijltje aangegeven.



De intensiteit van het getij vermindert langsheen onze kusten van zuidwest naar noordoost. Langs de Nederlandse kust daalt de getijsterkte verder tot ongeveer Den Helder, waarna ze terug stijgt tot Delftzijl (figuur 2). Hierdoor is het getij dat in de Westerschelde binnendringt krachtiger dan het getij dat op een later tijdstip in de Oosterschelde doordringt. De hoogwaterstanden zijn hoger en de laagwaterstanden lager voor de Westerscheldemond dan voor de Oosterscheldemond. Tussen de tijdstippen van hoogwater wordt er een vertraging waargenomen van gemiddeld 1 uur en 10 minuten. De kusterosie is afhankelijk van de tijverschillen (verschil tussen hoog- en laagwater).

figuur 2: Gemiddeld hoog- en laagwaterverloop langs de Belgische en Nederlandse kusten (1981-1990).



Bij storm op de Noordzee kunnen de zeewateren opgestuwd worden tot hoog boven de gewone standen.

Door langdurende stormwinden op de Noordzee vanuit het westen of noordwesten, worden de wateren opgestuwd tot hoog (soms meer dan 2m) boven de normale gemiddelde hoogwaterstanden, zodat overstromingsgevaar dreigt langs de kust en de estuaria. Bij aanhoudende stormwind vanuit het oosten worden de waterstanden door 'afwaaiing' abnormaal verlaagd. Deze opwaaiing en afwaaiing van de zeespiegel is afhankelijk van de windkracht, de strijklengte ervan, de duur van de storm en de windrichting.

Zowel op de Noordzee als in de estuaria veroorzaken de op- en neergaande waterstanden het verplaatsen van grote watermassa's, zodat waterstromingen ontstaan, de zogenaamde eb- en vloedstromen, ook wel horizontaal getij genoemd. De richting van de stromingen vertoont eveneens een draaiing in tegenwijzerzin, maar globaal gezien lopen de vloedstromen parallel aan onze kusten van zuidwest naar noordoost, en lopen de minder krachtige ebstromen in de omgekeerde richting.

Deze stromingen veroorzaken een resulterende zandverplaatsing langsheen de Belgische en Nederlandse kusten van zuidwest naar noordoost. De zandverplaatsingen ten gevolge van de golfslag verlopen veelal loodrecht op de kusten met vorming van zandplaten en langsgerichte geulen. Het aangevoerde zand op de stranden leidt door opwaaiing door de wind tot duinvorming. Tijdens de kenteringen worden trage neren gevormd die aanslibbing van de kleinste suspensiedeeltjes bevorderen.

2 het getijregime van de huidige Schelde

In een gedeelte van de Schelde en haar bijrivieren dringt het zeegetij door.

De Schelde ontspringt in Frankrijk op de hoogvlakte van St.-Quentin op een hoogte van ongeveer 100 m boven de zeespiegel. Aan de Belgisch-Franse grens ligt de gemiddelde waterhoogte op circa 15,00 m, te Gent op 3,80 m, te Dendermonde op 3,20 m en aan de Rupelmonding op 2,65 m. Verder naar afwaarts toe verloopt de gemiddelde waterstand onder zeer geringe helling. Tussen Antwerpen en de monding bedraagt het verschil der gemiddelde waterstanden nauwelijks 20 cm. Het hydrografische bekken van de Schelde bedraagt afwaarts de samenvloeiing met de Rupel ongeveer 19.000 en aan de monding 23.250 km².

De totale lengte van de bron tot aan de monding in de Noordzee te Vlissingen bedraagt zowat 350 km. Ongeveer de helft van de rivier is onderhevig aan het getij. Het gedeelte op Nederlands grondgebied wordt Westerschelde genoemd en vertoont alle kenmerken van een zeearm. In vroegere tijden noemde men dit gedeelte de Honte. De breedte varieert er bij hoogwater van 5,2 tot 3,5 km. Vanaf de Belgisch-Nederlandse grens vermindert de breedte van 2 km aan de grens geleidelijk en bereikt voor Antwerpen nog een 500 m, te Dendermonde ruim 100 m en te Gent nog slechts een 50 m. Dit gedeelte opwaarts de grens noemt men Zeeschelde.

Te Vlissingen stroomt tweemaal per etmaal tijdens de vloed ongeveer 1 miljard m³ zeewater de Westerschelde in, hetzij gemiddeld over het getij circa 50.000 m³/s.

Tijdens de eb stroomt dezelfde hoeveelheid, vermeerderd met een gering bovendebiet van gemiddeld 105 m³/s opnieuw naar zee. Naarmate men naar opwaarts gaat verminderen deze tijvolumes zodat te Antwerpen het vloedvolume gedaald is tot ongeveer 70 miljoen m³ of gemiddeld 3.000 m³/s en te Dendermonde nog slechts 6 miljoen m³ bedraagt of gemiddeld 250 m³/s. Het riviergedeelte opwaarts Dendermonde noemt men ook wel het fluviomaritieme gedeelte, omdat tot op deze locatie de invloed van de bovendebieten op de waterstanden wordt waargenomen¹.

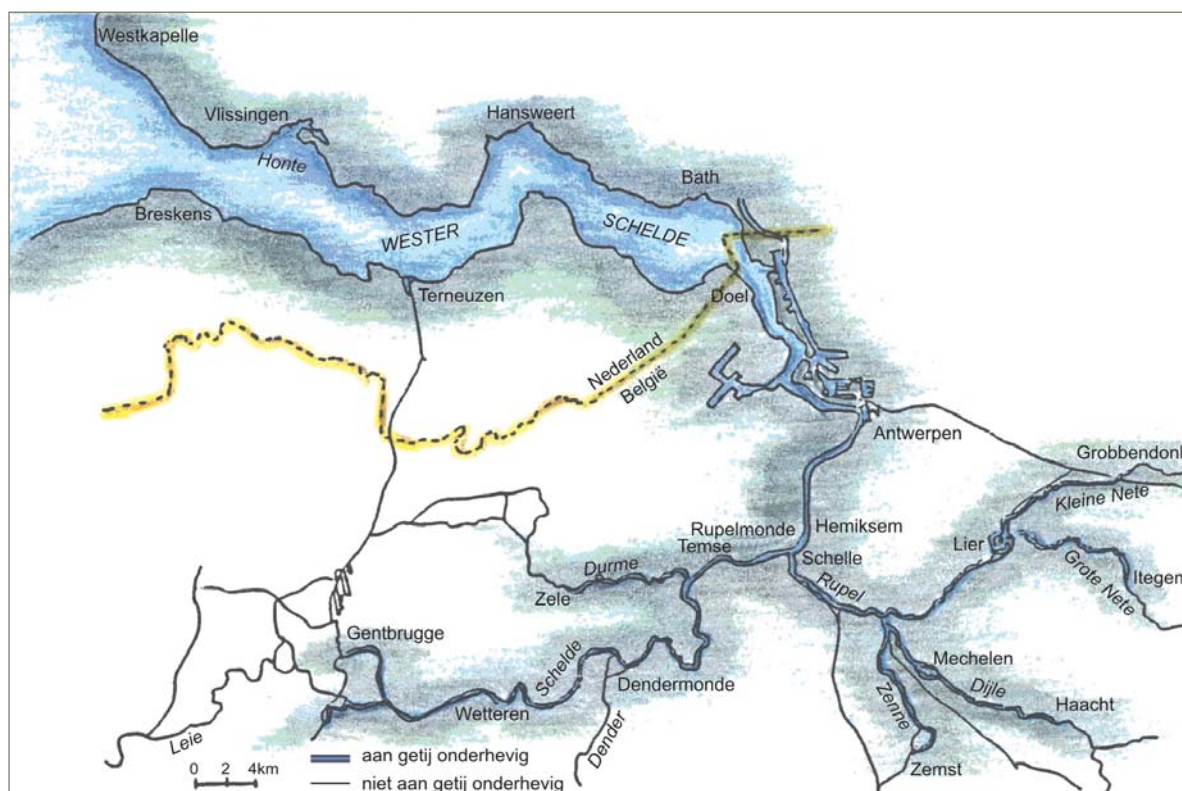
De getijgolf plant zich voort tot aan de stuwen van Gentbrugge, Merelbeke en Zwijnaarde, en dringt via de Rupel ook diep door in de Dijle (tot opwaarts Haacht), in de Zenne (tot opwaarts Zemst) en via de Beneden-Nete ook in de Grote Nete (tot opwaarts Itegem) en in de Kleine Nete (tot opwaarts Grobbendonk). Opwaarts Gent is de Schelde een gekanaliseerde rivier. In de Durme plant het getij zich voort tot opwaarts Zele. Voortplanting van het getij in de gekanaliseerde Dender wordt verhindert door de stuw te Dendermonde (zie figuur 3).

In de Westerscheldemonding te Vlissingen bedraagt het gemiddelde verschil tussen hoog- en laagwater ongeveer 4 m, te Antwerpen meer dan 5 m.

Aan de monding te Vlissingen bedraagt tegenwoordig het verschil tussen hoog- en laagwater (tijverschil) gemiddeld bijna 4 m, met een hoogwaterstand van 4,32 m en een laagwaterstand van 0,47 m (+ TAW)².

- ¹ Met bovendebiet bedoelt men het door de rivier afgevoerde water vanuit het hydrografische oppervlak of stroomgebied. Het omvat zowel het brondebiet als het regenwater dat via verschillende afvoermogelijkheden in de rivier terecht komt. In het tijgebied is het bovendebiet het netto afgevoerde debiet naar afwaarts, dus het verschil tussen de werkelijke ebdebieten en vloeddebieten gedurende het volledige getij.
- ² Tenzij anders wordt vermeld zijn alle hoogtepeilen betrokken op het nulvlak van de Tweede Algemene Waterpassing (TAW). Het TAW-vlak ligt 6,6 cm onder het nulvlak van het Krijgsdepot KD (1840-1879) van de Belgische stafkaarten. Het ligt 10,1 cm boven het 'Z-vlak' der gemiddelde laagwaterstanden bij springtij te Oostende en 8 cm boven het Nul Krijgsdepot (NKD) dat voor de waterstanden langs de Schelde tot in 1970 in gebruik was.

figuur 3: Het aan getij onderhevig gedeelte van de Schelde. Het getij dringt tegenwoordig door tot diep in de Schelde en bijrivieren. In het Gentse en in Dendermonde verhindert de aanwezigheid van stuwen de vrije voortplanting van het getij.



De gemiddelde periode van een getij bedraagt 12 uur 25 minuten. Bij springtijden bedraagt de gemiddelde hoogwaterstand te Vlissingen gemiddeld 4,71 m, bij een laagwaterstand van 0,22 m. Rond de kwartierstanden treden zwakkere getijden op, de doottijden, met te Vlissingen hoogwaterstanden van 3,83 m, en laagwaterstanden van 0,75 m.

Te Antwerpen bedraagt de gemiddelde hoogwaterstand 5,15 meter en de gemiddelde laagwaterstand 0,01 m, bij gemiddeld springtij wordt een hoogwaterstand van 5,55 m en een laagwaterstand van -0,20 m bereikt, en bij gemiddeld doottij van respectievelijk 4,64 en 0,29 m.

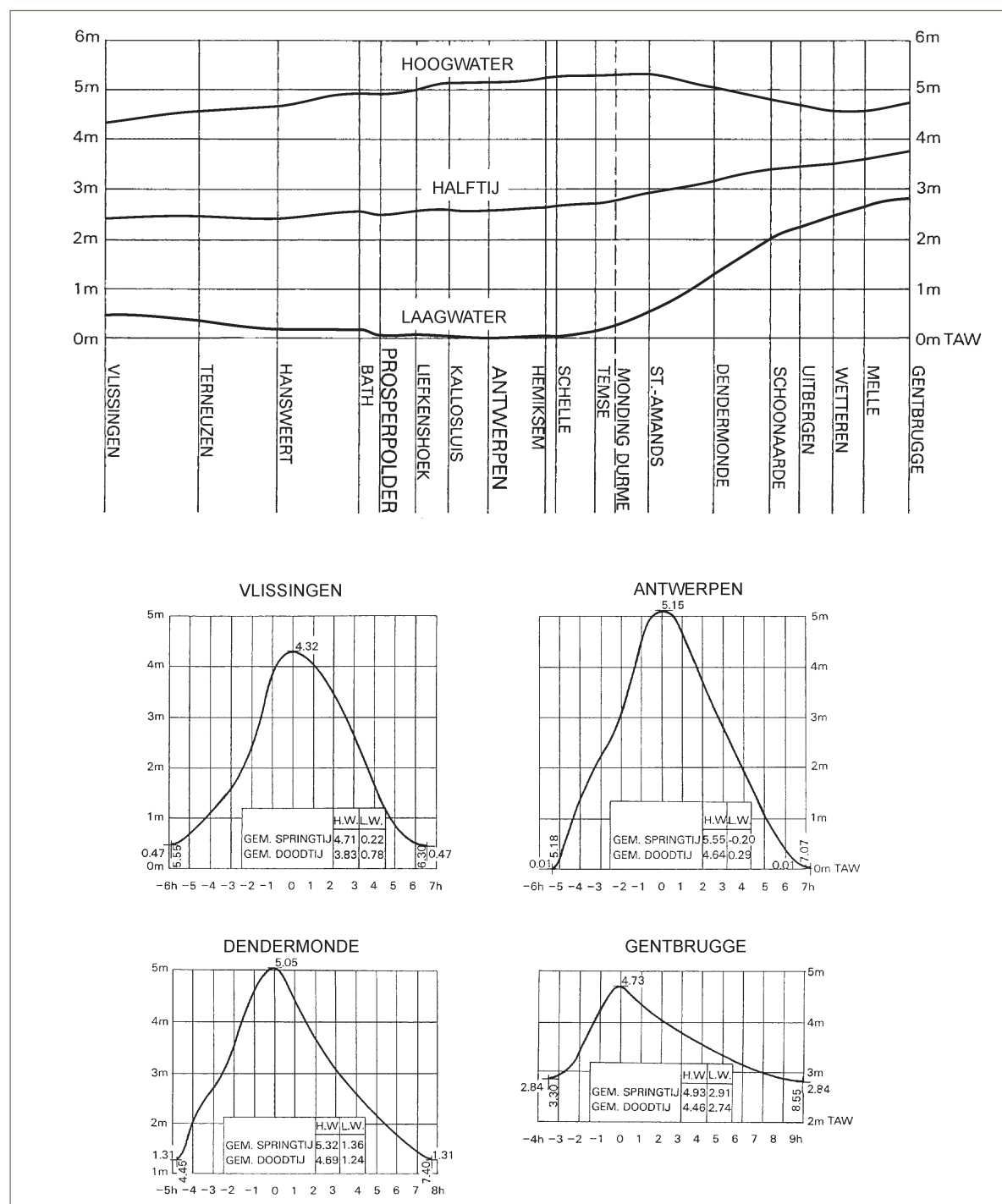
De seizoenschommelingen van de getijsterkte met maxima rond de lente- en herfsteveningen en minima rond de zonnepunten van zomer en winter, en de periodieke variatie van het getij, door de hoekverande-

ring tussen het vlak waarin de maan zich beweegt en het vlak van de ecliptica of 'zonnebaan', zijn van de orde van een enkele decimeter.

Wegens de trechtervorm van het estuarium van de Westerschelde bereiken de waterstanden en tijverschillen hogere waarden naarmate men zich vanaf de monding naar opwaarts verplaatst. Dit verschijnsel doet zich ongeveer tot Temse voor, waar de gemiddelde hoog- en laagwaterstanden respectievelijk 5,29 en 0,15 m bedragen (zie figuur 4).

Bij storm op de Noordzee vanuit het westen of noordwesten worden de wateren opgestuwd zodat de hoogwaterstanden tot ver boven de gemiddelde hoogwaterstanden uitstijgen. Tijdens de eropvolgende eb wordt de uitstroming bemoeilijkt, en blijven de laagwaterstanden eveneens op een hoger peil.

figuur 4: Gemiddeld hoog- en laagwaterverloop in de Schelde en gemiddelde tijkrommen te Vlissingen, Antwerpen Dendermonde en Gentbrugge (Claessens 1988). Men ziet dat als men zich van de monding naar landinwaarts langs de rivier verplaatst, de hoogwaterstanden en de tijverschillen toenemen. Het maximum tijverschil doet zich tegenwoordig ongeveer te Temse voor.



Voorals indien een stormvloed samenvalt met een springtij kunnen aldus extreem hoge waterstanden optreden. Een krachtige storm vanuit het zuidwesten die plots ruimt naar het noordwesten vormt de ideale omstandigheden voor het extreem opstuwen van het hoogwaterpeil, met eventuele rampzalige gevolgen voor de kustbewoners en de bewoners langsheen het Schelde-estuarium. Aldus werden op 1 februari 1953 recordhoogten bereikt die te Vlissingen 6,87 m TAW (of 4,55 m + NAP) en te Antwerpen 7,77 m TAW (of 7,83 m + NKD) bedroegen.

De getijden veroorzaken water- en zandverplaatsingen in de rivier, en vormen een stelsel van eb- en vloedgeulen, drempels en platen.

Het periodiek stijgen en dalen van het waterpeil in een tijdspanne van gemiddeld 12 uur 25 minuten veroorzaakt, zoals al vermeld, een alternatieve waterstroming die in de Schelde landinwaarts verloopt tijdens de vloed en zeewaarts tijdens de eb. Het ogenblik waarop de stroomrichting van het water omkeert noemt men vloedkentering, respectievelijk ebkentering.

De grootte van de watersnelheden wisselt dus voortdurend met het op- en neergaan van het getij. De gemiddelde watersnelheden over een volledig getij bedragen zowat 60 tot 70 cm/s, maar tijdens de maximum vloedstromen worden de snelheden veel groter en kunnen lokaal waarden bereiken van 2,5 m/s en meer. Deze grote snelheden worden mogelijk gemaakt doordat gedurende de tijvoortplanting, van de ene plaats tot de andere, tijdelijk grote waterhellingen tot snelle waterverplaatsingen aanleiding geven.

De wisselende waterstromingen brengen het zand van de Scheldebodem in beweging om het op andere plaatsen opnieuw af te zetten. Het resultaat van deze bodemerrosie en aanzandingen is dat in het estuariumgedeelte de bodem een complex stelsel vertoont van diepere ebgeulen die van de ene oever naar de andere meanderen, en ondiepere vloedgeulen of vloedscharen, waartussen zich hoger gelegen platen en drempels vormen.

Het bovenwater heeft een lange tijd nodig om de zee te bereiken. Het zoete bovenwater vermengt zich voortdurend met het zoute zeewater.

Door de wisselende beweging van het water naar opwaarts en afwaarts wordt de afvloeiing van het bovenwater vertraagd. Een in het water opgeloste stof of een zoetwaterdeeltje bereikt de zee vanaf Rupelmonde slechts na een drietal weken, omdat de resulterende afstand die naar afwaarts wordt afgelegd slechts een paar kilometer per getij bedraagt, te vergelijken met de processie van Echternach! Door de vermenging van het zoete bovenwater met het zoute zeewater verminderen de zoutgehalten vanaf de monding naar opwaarts toe van ongeveer 19,5 gram per liter (chloorgehalte van zeewater), tot ongeveer 0,3 gram per liter aan de Rupelmonding. De zoutgehalten variëren met het getij. Bij hoogwater zijn ze hoger dan bij laagwater. Ze variëren echter ook met de seizoenen, volgens de hoeveelheden bovenwater die worden afgevoerd. Op een bepaalde plaats zijn ze in de zomer hoger dan in de winter.

Een blik in het verleden.

Als men vanop de dijken langsheen de Schelde naar de rivierwateren kijkt en naar de laaggelegen polders die verschillende meters beneden de dijkkruiden gelegen zijn, dan kan men zich moeilijk voorstellen dat een paar duizend jaar geleden van dit alles niet veel te bekennen viel, en het winterpeil van de rivier nauwelijks boven deze polders uitsteeg. De Schelde was toen een rivier van bescheiden afmetingen. De Westerschelde bestond toen nog niet en de Schelde vloeiende vanaf Zandvliet naar het Noorden in de richting van de Maasmond. Van enige getijwerking was te Antwerpen nog geen sprake. Waar nu de vruchtbare polders gelegen zijn groeide er een veenvegetatie met op sommige plaatsen zelfs een dichte bebossing. De oevers en zones die bij hogere bovenafvoer overstromden vormden uitgebreide moerassen die de veengroei bevorderden.

Hoe de gedaanteverandering van de Schelde tot stand gekomen is, welke de wijzigingen waren voor de waterstanden en debieten, en welke factoren hiertoe hebben bijgedragen, zal hierna worden nagegaan.

3 vorming van de Noordzee en het Nauw van Kales

Tijdens de laatste ijstijd was Engeland aan het vasteland verbonden.

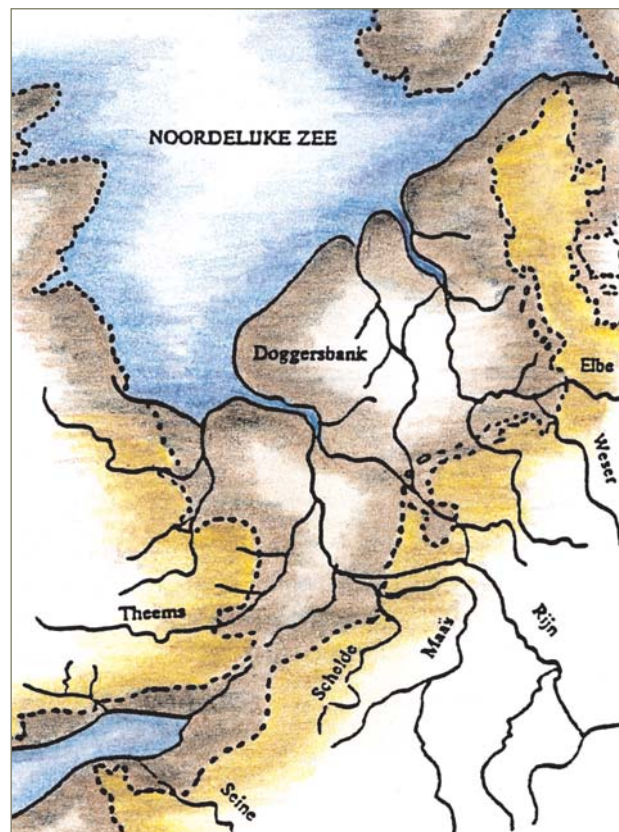
Tijdens de laatste ijstijd, het Würmglaciaal, lag het zeepeil een honderdtal meter beneden het huidige peil. Het zuidelijke deel van de Noordzee lag droog. Engeland was met het vasteland verbonden. De toenmalige kustlijn lag ten noorden van de Doggersbank. De valleien van Rijn, Maas en Schelde hielden naar het noordwesten af. Deze rivieren vloeiden samen met de Theems naar het noorden en vormden een delta ter hoogte van de Doggersbank.

Er heerste een uitermate guur klimaat. Het land had het uitzicht van een toendra, te vergelijken met het huidige Siberië. De wind had gedurende duizenden jaren vrij spel op de kale, zandige bodem van de Noordzee en voerde fijn zand aan in de richting van onze kusten en laagvlakten. Deze werden aldus bedekt met een laag 'pleistocene' dekzanden.

Het klimaat werd warmer en het zeepeil begon te stijgen t.o.v. het land aan onze kust.

Rond 10.000 voor Christus werd het klimaat warmer, smolten wereldwijd de ijskappen en begon de zeespiegel te stijgen ten opzichte van het land. Ook bodemtektoniek speelde o.a. een rol. Aanvankelijk verliep deze rijzing gedurende enkele duizenden jaren vrij snel, om daarna geleidelijk aan steeds trager te verlopen. Vermoedelijk wisselde als gevolg van klimaatschommelingen de stijging af met perioden van stilstand of zelfs tijdelijke daling van het zeepeil³.

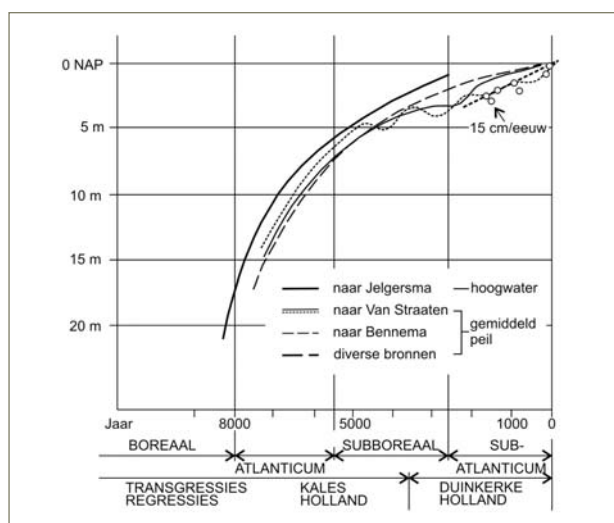
figuur 5: Geografische toestand van Engeland en het Europese vasteland tijdens de laatste ijstijd. Engeland was met het vasteland verbonden. De huidige kustlijnen zijn in stippellijnen aangegeven (naar Cl. Reid, 1913 bij Cornet, 1927).



Ongeveer 7.000 jaar voor Christus werd de Doggersbank geleidelijk van het vasteland gescheiden. Op het aldus gevormde eiland werden vele dieren ingesloten die verdronken toen het bij de voortschrijdende zeespiegel-rijzing overstroomde. Ze worden in fossiele toestand teruggevonden.

3 Jelgersma (1961). De relatieve stijging van het zeepeil ten opzichte van het land is het resultaat van een stijging van het zeepeil en van bodembewegingen (daling in onze streken, stijging in het noorden, fjorden in Noorwegen), tengevolge van het ontlasten van de aardkorst in het noorden door het afsmelten van de ijskap.

figuur 6: Relatieve stijging van het zeepil tijdens de voorbije 8.000 jaar volgens verschillende onderzoekers. De resultaten laten onderling vrij grote verschillen zien. De uitgangshypothese geven aanleiding tot onzekerheden wat de absolute cijfers betreft, maar de algemene trend is onbetwistbaar.



Door de stijging van het grondwaterpeil ontstond een veenvegetatie in de kuststreek en langs de riviervalleien.

De zeespiegelrijzing had een gelijkmatige stijging van het grondwaterpeil tot gevolg, waardoor veenvorming kon plaatsvinden op de kale zandbodem van de kuststroken en de riviervalleien. Op deze bodems ontstond een zoetwatervegetatie van riet, biezen en andere waterplanten, het zogenaamde laagveen of rietveen. Op minder drassige gronden ontwikkelden zich bossen, die het hoogveen vormden, met vooral elzen, hazelaars en wilgen.

Door de geologen wordt de periode van algemene zeespiegelrijzing die thans nog steeds voortduurt, het Holoceen genoemd, periode volgend op het Pleistoceen. De zeespiegelrijzing zelf wordt door de Belgische en Franse geologen als Flandriaanse transgressie betiteld, omdat ze zo belangrijk was voor de vorming van de Vlaamse kuststroken. Tot ongeveer 5.000 jaar voor Christus was Engeland nog met het vasteland verbonden.

Rond 3.000 jaar v. Chr. was waarschijnlijk de volledige doorbraak van het Nauw van Kales een feit, waarna het tijregime in het zuiden van de Noordzee grondig veranderde.

Ter hoogte van Kales (Calais) werd deze landbrug, nadat de zee gedurende vele eeuwen op de weke krijtrotsen had gebeukt, doorbroken en werd doorgang verleend aan de tijbeweging vanuit het zuiden. Vóór deze doorbraak boog de tijgolf vanuit de Atlantische Oceaan om de Britse eilanden heen en plantte zich voort in de zeeboezem die de Noordzee toen vormde. Langs de kanaalzijde van de landbrug was het verschil tussen het laag- en hoogwaterpeil zeer groot (ongeveer 10 meter), langs de zijde van de Noordzee daarentegen waarschijnlijk gering (hooguit een halve meter). Sinds de vorming van het Nauw van Kales stelt de golf die vanuit het noorden langs de Schotse en Engelse kusten loopt, zich samen met de golf die vanuit het zuiden rechtstreeks naar het noorden doorheen het Kanaal trekt.

Ten gevolge van de vorming van het Nauw van Kales veranderde het getijregime in de zuidelijke Noordzee.

Vóór de doorbraak van de landbrug tussen Engeland en het vasteland was het getijregime in de Noordzee totaal verschillend van het huidige. Het getij kon alleen, zoals hoger vermeld, vanuit het noorden binnendringen in de baai of zeeboezem die de Noordzee toen vormde. Het zuidelijk amfidromische punt lag meer naar het zuiden en het westen dan tegenwoordig. De tijdstippen van hoog- en laagwater deden zich ongeveer 3 uur later voor dan tegenwoordig. De tijverschillen voor onze kusten waren veel geringer dan de huidige en bedroegen dus waarschijnlijk niet meer dan een halve meter (vergelijk met de huidige 4 meter). Sinds de doorbraak van het Nauw van Kales wordt het getij in de zuidelijke Noordzee versterkt door de vanuit het zuiden binnendringende getijgolf. Wegens de grotere wrijvingsweerstand van de ondiepere zuidelijke Noordzeebodem destijds werd de voortplanting van de getijgolf bijkomend afgeremd, waardoor ook de getijsterkte afnam naar het zuiden toe en voor onze kusten.

De lagere waterstanden in de Westerscheldemond vergeleken met de Oosterscheldemond, hebben in vroegere eeuwen de afwatering van de Schelde naar de Westerschelde toe bevorderd en uiteindelijk volledig omgebogen ten nadele van de Oosterschelde. Men mag aannemen dat een gelijkaardige toestand enkele eeuwen vroeger tot een verlegging van de uitstroming van de Schelde in de Maasmond naar de Oosterschelde heeft bijgedragen. Men zegt in dit verband dat de uitstroming van de rivierwateren de laagste erosiebasis volgt, wat voor een estuarium natuurlijk wel een zeer vereenvoudigde voorstelling is.

Na voldoende vergroting van de nieuw gevormde zeestraat veranderden de getijomstandigheden in de Noordzee en aan onze kusten grondig. Het hoogwaterpeil steeg met zowat 1,5 m, het laagwaterpeil daalde evenveel, zodat land dat vóór de doorbraak van het Nauw van Kales droog lag, onder water kwam bij hoogwater en andere gronden die vroeger steeds onder water bleven, bij laagwater droog kwamen.

Een strandwal werd opgeworpen door water en wind. Na inbraken in de strandwal werd het veen met zeeklei bedekt.

Sinds de doorbraak trekt tweemaal per dag een sterke vloedstroom door het Kanaal de Noordzee in en keert een zwakkere ebstroom terug zuidwaarts. Door deze stromingen worden grote hoeveelheden zand langs de kustbodem vervoerd in noordoostelijke richting. Onder water worden hierdoor banken gevormd, terwijl de golfslag het zand op de kust werpt, waar het tot duinen wordt opgewaaid. Tegen het opdringende water werd aldus in het verleden een natuurlijke hindernis, een zogenoemde strandwal opgeworpen. Deze strandwal vertoonde hier en daar zwakke plekken, vooral aan de rivieruitmondingen, en werd bij buitengewone stormvloed doorbroken. Uiteindelijk kwam er voor de kust een duinengordel tot stand, de 'oude' duinen, en werd een waddengebied gevormd, te vergelijken met de huidige wadden in Friesland. Bij laagwater vallen dergelijke zandige en slibrijke onbegroeide gronden grotendeels droog. Bij hoogwater overstromen ze via een fijn vertakt netwerk van zeearmen, geulen en kreken.

In het waddengebied werden de eerder gevormde veengronden met zout zeewater overspoeld, wat het einde van de plantengroei betekende. Het veen werd nadien volledig met zeekleiafzettingen afgedekt. Tegen het einde van de Flandriaanse transgressie begonnen zich voor de wadden duinen te vormen, werd de strandwal meer gesloten en werd het zoute grondwater verdrongen door zoet regenwater. Er werd opnieuw veen gevormd, dat echter later, na nieuwe doorbraken van de strandwal, op zijn beurt met 'jonge' zeeklei werd bedekt.

4 de bodem-afzettingen in de kuststreek

Uit de bodemafzettingen kan men de geschiedenis van de kustvlakte aflezen.

Uit het bodemonderzoek langs de kust en de estuaria en datering van de veenlagen met de radio- koolstof-methode⁴ is gebleken dat de overstroming van het oude basisveen ongeveer 4.500 jaar v. Chr. begon, tijdens de Calaisfase van de Flandriaanse transgressie. Rond 3.000 jaar v. Chr. ontwikkelde zich op de zeeklei-afzettingen een nieuwe veenvegetatie.

Vanaf de tweede eeuw voor Christus werd het veen langs de Nederlandse kust door 'jonge' zeeklei bedekt, tijdens een nieuwe transgressieperiode, de Duinkerke I en II-transgressiefasen. In het Nederlandse kustgebied begon deze afzettingsperiode een paar eeuwen vroeger dan aan de Vlaamse kust. De Duinkerketransgressie drong veel dieper in het kustland door dan de Flandriaanse.

Het is duidelijk dat de opeenvolging van transgressie-perioden en regressieperioden, waarbij de zee zich van het land 'terugtrok', veeleer verband hield met de toestand van de strandwal, of deze namelijk goed gesloten was, ofwel grote bressen vertoonde, en niet zozeer met variaties van het gemiddelde zeepiel. Tijdens de regressiefase tussen de 8ste en de 10de eeuw werden de 'nieuwe duinen' gevormd en sloot de strandwal zich meer en meer, maar na de 10de eeuw werd de strandwal opnieuw aangetast tijdens de Duinkerke III-transgressiefase.

Vanaf ongeveer 3.000 jaar v. Chr. tot ca. 400 jaar n. Chr. werd de veengroei weinig gestoord. De plantenresten die men in de veenlagen terugvindt zijn afkomstig van een zoetwatervegetatie zoals riet, biezengrassen, lisdodde, berken, heide, veenmossen. Langs de boorden van de moerassige gronden kwamen ook elzen, wilgen en zelfs eiken voor. De aanwezigheid van bepaalde schelpen wijst op de aanwezigheid van brakwatergeulen op sommige plaatsen.

In de onderste veenlagen vindt men voorwerpen terug uit de steentijd, in hogere lagen uit de ijzertijd, en in de bovenste lagen uit de Gallo-Romeinse periode.

In de onderste veenlagen heeft men Neolithische voorwerpen gevonden, zoals bijlen en pijlpunten. In hogere lagen trof men voorwerpen uit de ijzertijd aan. De teruggevonden voorwerpen uit de bovenste lagen dateren uit de Gallo-Romeinse periode. De oudheidkundige vondsten tonen aan dat veel van deze veengronden destijds bewoond, of in ieder geval begaanbaar waren⁵. Het veen werd al in de Keltische tijd benut als brandstof, maar ook voor zoutwinning aangewend. De veengronden strekten zich overigens veel verder in zeewaartse richting uit dan de huidige kustlijn.

Tijdens de laatste eeuwen voor onze tijdrekening steeg de grondwaterspiegel in het veenland zodanig, dat het meer en meer onder water kwam en uiteindelijk door inbraken van de strandwal vanuit de zee overstroomde.

4 De ouderdom van de verschillende veen- en kleilagen werd door enkele onderzoekers bepaald met de radiokoolstof (C14) al of niet vergezeld van dendrochronologie (jaarringentelling van boomstammen). De C14-methode berust op de aanname dat er in de atmosfeer een constante verhouding bestaat tussen de gewone koolstofatomen en de C14 radioactieve vorm die in de hoogste atmosfeerlagen wordt gevormd uit de gewone vorm door de kosmische straling. De gewassen nemen beide vormen op tot bij hun afsterven. Het radioactieve verval van de C14 kan sinds die tijd gemeten worden, waaruit de ouderdom volgt. Bij de voorbereiding van het onderzoek moet er speciaal op gelet worden dat de bodemonsters niet 'besmet' geraken door externe invloeden en representatief zijn. Door vergelijking met dendrochronologisch onderzoek werden correcties voorgesteld, zodat de methode uiteindelijk vrij betrouwbaar is gebleken.

5 Blanchard (1906), p. 145 en Verhulst (Landschap) p. 11. De bewoningsgeschiedenis bevat nog tal van onzekerheden maar is globaal gezien goed bekend.

Door deze beginnende overstroming was het kustgebied bij de komst van de Romeinen een reeds moeilijk toegankelijk moerasland geworden, volgens de getuigenis van J. Caesar, Plinius en Strabo. Op de duineneilanden bleef een schaarse bevolking wonen, de Morinen of moerasbewoners. Overigens was volgens J. Caesar het land van Morinen en Menapiërs dicht bebost, zodat we kunnen aannemen dat een algemene overstroming met zout water langs de Vlaamse kust en de oude aangeslibde gronden langs de riviermondingen nog niet had plaatsgevonden. We lezen inderdaad in zijn verslag over de Gallische oorlogen dat deze stammen in wouden en moerassen leefden, die soms moeilijk toegankelijk waren.

Door talrijke archeologische en geologische onderzoeken werd het bestaan in die tijd van een dichte bebossing bevestigd zoals bijvoorbeeld te Terneuzen, waar ter gelegenheid van de werken aan de sluis in de jaren '60 een zone kwam bloot te liggen in de onmiddellijke nabijheid van de huidige Scheldeboorden die op de oude aanwezigheid wees van een dichte bebossing. Talrijke boomstronken werden er op geringe diepte in goed bewaarde toestand teruggevonden en door Munaut (1967) gedateerd met de radio-koolstofmethode en de dendrochronologie op circa 300 tot 500 jaar v. Chr.

Caesar maakt ook gewag van het feit dat de Rijn na het ontvangen van de Maaswateren zich nabij de oceaan in verschillende armen verspreidt en aldus talrijke grote eilanden vormt en langs vele mondingen in de oceaan vloeit. Hij voegt er nog aan toe dat een groot deel van die eilanden bewoond was door *'woeste barbarennaties, waarvan sommigen naar men denkt zich voeden met vis en vogeleieren'*. Hierdoor krijgt men de indruk dat de Rijndelta sterk leek op de toestand van noordelijk Zeeland in de 16de eeuw. De latere bedijkingen hebben onomkeerbaar de eilanden aaneengevoegd. In het zuiden van Zeeland gewaagt Caesar niet van een uitmonding van de Maas of van de Schelde rechtstreeks in zee. Over de Maas schrijft hij dat ze *'een arm van de Rijn opneemt, met name de Waal en in zee vloeit, nadat zij, op niet meer*

dan 80 mijl (ongeveer 120 km) van de zee af in de Rijn is gevloeid'. Over de Schelde schrijft hij dat ze in de Maas vloeit⁶.

Er zijn geen gegronde argumenten aan te voeren om aan deze informatie uit eerste bron te twijfelen. De met overstroming bedreigde bewoners van de kuststreken en de rivieroeveren beveiligden zich door de aanleg van terpen of vluchtheuvels (*'stellen'* in onze streken), die boven de hoogste hoogwaterstanden reikten en waar zich een ganse gemeenschap met het vee tijdelijk kon in veiligheid stellen.

Dijkenaanleg werd zeker voor de 9de eeuw al beoefend en misschien al in de Romeinse en zelfs al in de Keltische tijden. Dergelijke constructies werden ook wel om militaire redenen aangelegd. Van enige systematiek met het oog op landaanwinning of landbeveiliging tegen hoge waterstanden was nog geen sprake. Bovendien was er ook geen nood aan.

Ook de Griekse aardrijkskundige Strabo verhaalt dat de eilanden in de moerassen bewoond waren en dat de bewoners er zich konden schuilhouden in de regentijd, maar dat ze in drogere seizoenen gemakkelijk te bereiken waren. Hij maakt echter geen gewag van eb- en vloedbeweging in deze moerasgebieden, dit in tegenstelling tot de Romeinse natuurkundige Plinius, die rond 73 na Chr. onze streken bezocht. Hij verhaalt dat de zee tweemaal per etmaal het land aan de kust overstroomde, zodat men zich kon afvragen of de streek wel tot de zee of tot het land behoorde. De bewoners huisden in hutten op de duineneilanden of andere natuurlijke hoogten. Ze legden echter ook kunstmatige hoogten of terpen aan, die boven de hoogste vloedstanden gelegen waren.

Belangrijke doorbraken in de strandwal deden zich voor in de 3de-5de eeuw. De aanslibbing van de kustvlakte verliep zeer geleidelijk en rustig.

Het is vermoedelijk rond de derde eeuw dat er zich belangrijke inbraken van de strandwal voordeden aan onze kust. De overstroming van de Vlaamse kustvlakte

6 Caesar (58 tot 52 voor Chr), VI, 33, 3: *De vermelding bij Caesar in zijn Commentarii Belli Gallici 'ad fluminem Scaldem quod influit in Mosam', wijst er wellicht op dat de schrijver enige duidelijkheid noodzakelijk achtte over de werkelijke uitmonding van de Schelde in een gebied dat door allerlei geulen, rivierarmen en kreken werd doorsneden.*

nam in de vierde eeuw steeds meer en meer uitbreiding, om in het begin van de vijfde eeuw een hoogtepunt te bereiken.

Wat bij de bestudering van de veenlagen opvalt, is dat er relatief weinig sporen van brutale verwerking of erosie te vinden zijn, zodat men mag aannemen dat de overstromingen zeer geleidelijk gebeurden en in grote gedeelten van de kustvlakte rustig verliepen.

Men kan zich het overstroomde kustland, dat zich, zoals al opgemerkt werd, veel verder in zeewaartse richting uitstreckte dan de huidige kustlijn, voorstellen als een waddenzee, met hier en daar een duineneiland en doorsneden met een stelsel van geulen en kreken, met slikken, schorren en zandplaten. Een aantal geulen waren bevaarbaar, zoals blijkt uit de resten van zeer oude scheepswrakken die men heeft gevonden.

In de zones waar het zoete regenwater vermengd werd met het zoute zeewater, werden 'ideale' brakwater-omstandigheden gecreëerd voor een versnelde aanslibbing van de bodem, door de afzetting van de in het water aanwezige fijne kleideeltjes. Uit de continue en vrij ongestoorde opbouw van de afgezette kleilagen kan men opmaken dat grote gedeelten van de kustvlakte slechts bij hoogwater onder kwamen en bij eb terug droog vielen. Bepaalde gebieden overstromden slechts tijdens de springtijden. Op die wijze werden de veenlagen zeer geleidelijk met klei bedekt⁷.

Waar de aangeslibde gronden boven de hoogwaterstanden reikten werden ze bewoond of uitgebaat.

Na enkele eeuwen reikten de aangeslibde gronden geleidelijk aan tot boven de hoogwaterstanden, zodat opnieuw bewoning ervan mogelijk werd. Al vanaf het midden van de 7de eeuw verschijnen dan ook de eerste vermeldingen van oude plaatsnamen in de oude cartularia van de abdijen, zoals deze van St.-Pieter, St.-Bertinus,

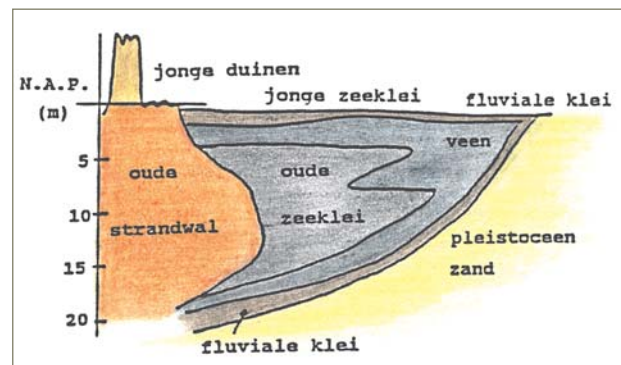
St.-Baafs, en in de levensverhalen van bepaalde Vlaamse heiligen.

Vanaf de 9de-10de eeuw werden systematisch bedijkingen uitgevoerd.

Vanaf de 9de-10de eeuw begon men ook stilaan de overstroomde en aangeslibde vlakte door bedijkingen op de zee te heroveren. Hierdoor werd de vroegere toestand uiteindelijk volledig ongedaan gemaakt. Men kan het zich thans moeilijk voorstellen dat bij de inval van het grote Noormannenleger vanuit Fuldam in onze streken in 879, ze misschien wel een eerste bruggenhoofd vormden te Morbecke, een plaats die thans 43 kilometer van de huidige kustlijn gelegen is⁸.

De onderzoekingen van de verschillende bodemlagen in de kuststreek laten toe een typeprofiel van de opeenvolging van deze lagen op te maken, zoals op figuur 7 zeer schematisch is weergegeven. Voor de duidelijkheid werd de diepteschaal veel groter genomen dan de lengteschaal.

figuur 7: Een typedwarsprofiel van de bodemlagen aan onze kusten (naar Jelgersma). De bodem van de kuststreek onderging grote veranderingen ten gevolge van de zeespiegelrijzing.



⁷ Blanchard (1906), p.146.

⁸ Mestdach (1989), p.39.

In principe werden de oude veenlagen samengeperst door de latere bedekking ervan met de oude zeekleilagen die uiteindelijk een zeer zware belasting vormden. Ook de kleilagen zelf ondergingen zettingen. De jonge veen- en kleilagen zijn gevormd op oude bodemlagen nadat deze laatste hun uiteindelijke zetting al hadden bereikt, aangezien het samendrukkingsproces zich al duizenden jaren had kunnen doorzetten. De zetting van de erboven liggende jonge veen- en kleilagen is vermoedelijk eerder beperkt gebleven.

De Vlaamse kust werd eveneens uitgebreid bestudeerd⁹ en beantwoordt in het algemeen aan het typeprofiel van figuur 7.

Door het Waterbouwkundig Laboratorium werden, ook in samenwerking met andere instellingen, in de loop der jaren uitgebreide meetcampagnes in situ en fysicochemische onderzoeken in laboratorium verricht om de aanslibbings- en flocculatiemechanismen en verdichtingsverschijnselen in de brak- en zoutwaterzones van de Schelde te bestuderen.

9 Tavernier R. en Ameryckx J., *Kust, Duinen, Polders. Verklarende tekst bij Blad 17. Atlas van België* (Gent 1970).

5 ontstaan van Honte, Zwin en Oosterschelde

De Oosterschelde, het Zwin en de Hontemonding zijn ontstaan na het begin van de jaartelling.

Geologisch gezien zijn de Honte, het Zwin en de Oosterschelde zeer jonge zeearmen die ontstaan zijn rond het begin van onze jaartelling. Over de ware toedracht van het ontstaan en de vroege ontwikkeling bestaan er tal van onzekerheden bij gebrek aan vaststaand feitenmateriaal. Op grond van de vermelding door Julius Caesar in zijn *'De Bello Gallico'*, neemt men meestal aan dat de Schelde een vijftigtal jaren voor Christus vermoedelijk vanaf Zandvliet via Kreekrak, Eendracht en Striene naar de Maas of Maasmond stroomde⁶. Misschien hadden de Rijn en de Maas in die tijd een gemeenschappelijke uitmonding in de door Plinius 120 jaar later genoemde zeearm Helinium, die later verzandde¹⁰.

De estuaria van Oosterschelde en Westerschelde waren rond het begin van de jaartelling nog niet duidelijk gevormd. De Oosterscheldemonnd tussen Walcheren en Schouwen waarschijnlijk wel. Ptolemeus vernoemt wat later de Tabuda als zeegat op de oudst bekende kaart van onze kusten. Waarschijnlijk is de Oosterscheldemonnd bedoeld. Van de Zeeuwse eilanden was nog nauwelijks sprake. De strandwal was nog vrij goed gesloten, de duinengordel vormde een doorlopend geheel van Sangate tot aan de Maasmond. Wel lag de kustlijn veel verder in zee dan tegenwoordig; de veengroei strekte zich vele kilometers zeewaarts uit. Dit blijkt ondermeer uit de archeologische vondsten die in de 17de eeuw gedaan werden op het strand voor Domburg van altaarstenen

gewijd aan de Gallo-Romeinse godin Nehalennia. Aan de veengroei daar was in die Gallo-Romeinse tijd blijkbaar nog geen einde gekomen. Het bestaan van een Oosterscheldemonnd in dezelfde tijd wordt vermoed door gelijkaardige vondsten van recente datum ter hoogte van Colijnsplaat¹¹.

In de lagunes achter de duinen gelegen was ter plaatse van de huidige Westerschelde vermoedelijk een krekensstelsel aanwezig, dat in oostelijke richting naar de Schelde in de omgeving van Bath afvloeide, te Hontemude, zoals in de middeleeuwen werd vermeld. Het is niet uitgesloten dat de kusttriviertjes, zoals de IJzer, ook tot dit krekensstelsel behoorden in een bepaalde vroegere periode.

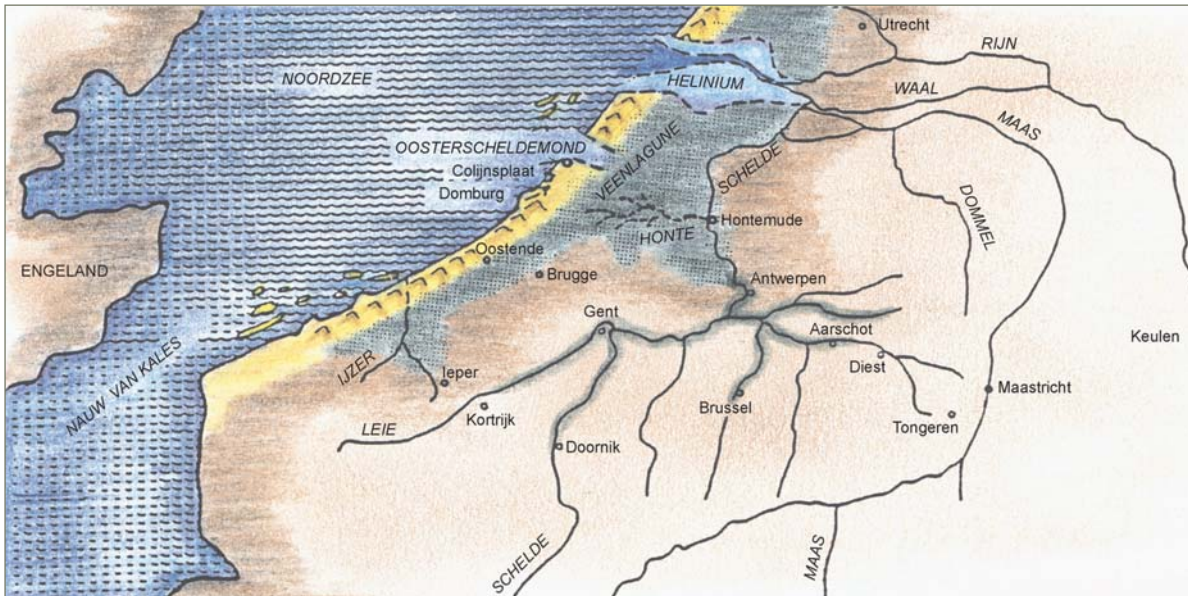
Er werden talrijke pogingen tot reconstructie van de toenmalige situatie ondernomen.

Over de mogelijke situatie van het kustgebied bij het begin van de Romeinse overheersing werden sinds de 16de eeuw talrijke reconstructies gemaakt, die met veel onzekerheden zijn omgeven, en dus eerder een hypothetisch karakter dragen. Te vermelden zijn hier ondermeer de reconstructies van Ortelius, van Van Veen, van Haenecour en de recentere reconstructie bij Verhulst die op wetenschappelijk bodemonderzoek steunt, en de vele voorstellingen in historische atlanten.

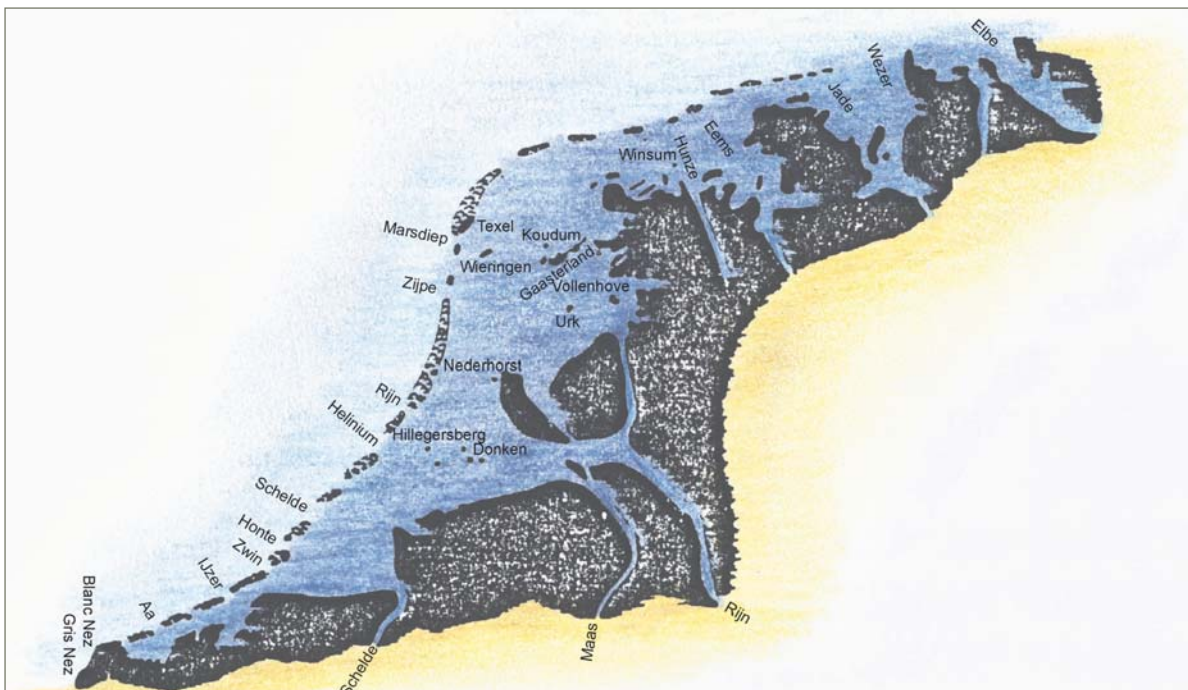
¹⁰ Van Veen (1936), p.149.

¹¹ Addink Samplonius (Urnen) citeert Hendrik van Schuylenburgh die in 1647 schreef: 'Daer zijn ter selver plaetsen gevonden de Fondamenten van een klein Huysken groot een Roede of wat meer in 't vierkant; Eenige voeten onder het Zant: rondom de gemelde plaetse: is 't op Strant vol stroncken van Bomen en Wortelen: soo dat daer schijnt voordesen een Bosschazie geweest te zijn...'. Analoge altaarstenen werden vrij recent ter hoogte van Colijnsplaat ontdekt. Op een votiefsteen ter ere van de godin Nehalennia staat het beroep vermeld van de gelovige: 'handelaar op Brittannië' (Maarleveld en Van Ginkel (1990), p. 52.

figuur 8: Mogelijke situatie van het kustgebied bij het begin van de Romeinse overheersing. De veenzone was bewoonbaar of zeker begaanbaar terrein. Later werd het veen door de zeetransgressies met zee- of rivierklei overdekt. Onze vruchtbare poldergronden danken er hun ontstaan aan.



figuur 9: Reconstructie van de 'waddenzee in de Romeinse tijd' volgens Van Veen (1936). De kustlijn geeft aan tot waar de hoogste waterstanden eventueel konden reiken.



figuur 10: Reconstructie van de zeearm 'Oosterschelde' in de Romeinse tijd (naar Verhulst) gebaseerd op historische en geografische gegevens. De Hontemonding was nog niet duidelijk gevormd.



De Honte was aanvankelijk een kreek die in een moerassig gebied naar het oosten in de Schelde afwaterde.

In de natuurlijke bodemdepressie – misschien een restant van veel vroegere zee-inbraken en geulerosie (Flandriaanse transgressie) – ter hoogte van de huidige Westerscheldemonding, lag er achter een vrij gesloten kustwal, een moerassig gebied dat vermoedelijk een afwatering vond naar de Schelde via een uitmonding in de omgeving van Bath, namelijk te 'Hontemude', dat als visserijgebied vermeld wordt in een oorkonde van de St.-Michielsabdij te Antwerpen die dateert van 1148.

De benaming (H)ont(e) is van Keltische oorsprong, zoals de namen van vele rivieren in onze streken, en werd

afgeleid van het woord 'onno' dat moerasven of poel betekende. Deze benaming slaat dus vrijwel zeker op de landschappelijke toestand in die tijd¹². Het moeras heeft lange tijd als een soort 'regulator' gewerkt voor de waterstanden daar, wegens de zijdelingse overstromingsmogelijkheden van de overigens onbedijkte oevergelanden, ook nadat het getijde meer en meer in het gebied doordrong¹³.

Uit talrijke gegevens van bodemonderzoekingen kan men opmaken dat de veengroei ononderbroken doorliep ter plaatse van de huidige Westerschelde, waar zich slechts enkele afwateringskreken van zeer bescheiden afmetingen bevonden. Dezelfde vaststelling maakt men voor de Schelde zelf, die te Antwerpen bijvoorbeeld slechts een breedte van een honderd meter had bij diepten van nauwelijks een vijftal meter, zoals verder aangetoond wordt. De veenbodems langs de boorden ervan werden in latere tijden weggeërodeerd en de bedding werd aanzienlijk verruimd. De eerste dijken werden soms op het veen aangelegd in de Antwerpse polders. Onmiddellijk binnen de huidige dijken vindt men de oude veenlagen terug onder een laag afgezette klei en ter hoogte van het land van Saeftinge ook nog buiten de dijken onder de huidige zandplaten¹⁴. Op deze platen kan men bij laagwater dikwijls nog weggeslagen brokstukken veen zien liggen.

De veengronden werden te Vere omstreeks 220 v. Chr., en te Waarde rond 550 n. Chr. door zeewater overstroomd.

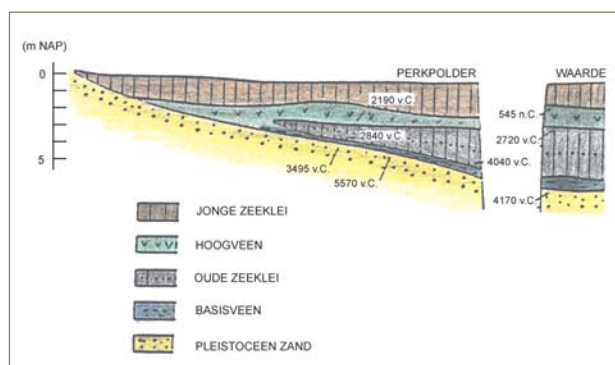
De veengronden zijn te Waarde omstreeks 550 verdrongen en met zeeklei afgedekt (zie figuur 11).

12 Ceyssens (1928), p.142 toont overtuigend aan dat de benaming 'Hon' afgeleid is van het (pre-romeins) Keltisch woord 'onno', dat moeras of moerasrivier betekende. De H-toevoeging is van Germaanse oorsprong. Vele dorp- wijk- of gehuchtnamen hebben het voorvoegsel 'Hon' of ervan afgeleide vormen, en verwijzen naar een destijds moerassig gebied. Ook oude benamingen van moerasminnende waterplanten hebben dit voorvoegsel. Ceyssens vermeldt echter de Honte niet. Gaat de benaming 'muidhon(d)' voor een zeeltachtige moddervis eveneens hierop terug met dubbel gebruik van een woord dat modder betekende, namelijk muide (muer) en Hont? Moet ook de naam Hontemuide in de 12de eeuw als visserijgebied vermeld in de oorkonden van de St.-Michielsabdij (Goetschalckx (1909), p. 31), aangeduid als gelegen tegenover Ossendrecht, en tot op heden geïnterpreteerd als zijnde de Hontemonding in de Schelde in vroegere tijden, niet op analoge wijze worden verklaard? In ieder geval lijkt ook de term 'muide' te slaan op een uitmonding in een moerassig gebied. In dit verband is ook te vermelden Hontewater en Houtem aan 'de moeren' van de Westhoek (Kaart van Blau).

13 Haenecour (1927), p.369.

14 Jelgersma (1961), p.37; Dejardin (1862); Pierrot en Zanen (1906); Hasse (1940), p.443; profielen genomen voor bouw van de Kennedytunnel, de Waaslandtunnel, de Liefkenshoektunnel. Zie ook de Bodemkaarten.

figuur 11: Typeprofiel van de bodemlagen dwars over de Schelde te Waarde (naar Jelgersma). De opeenvolging van klei- en veenlagen houdt verband met de doorbraken van de strandwal ter hoogte van de Honte- of Oosterscheldemonding.



De aanvang van de vorming van de Honte in dit westelijke gedeelte valt dus in de 6de eeuw te situeren. Te Vere verdrong het veen al ongeveer 200 jaar v. Chr., een aanwijzing vormend dat de Oosterscheldemond is ontstaan rond het begin van de jaartelling en dat de overstroming van het Hontemoeras vanuit het noorden, dus via de toenmalige Oosterscheldemond plaatsvond. De polders meer naar opwaarts toe langs de Scheldeboorden in de omgeving van Antwerpen verdrongen vermoedelijk rond 300-400¹⁵.

Vermoedelijk is de Westerscheldemond samen met het Zwin ontstaan. De verruiming van de monding gebeurde zeer moeizaam en traag.

De monding van de Westerschelde is vermoedelijk ontstaan samen met het Zwin in de 4de eeuw, toen de overstroming (Duinkerketransgressies) van de kustvlakte zich doorzette. Deze datering geeft slechts aan dat de Honte toen een zeeboezem aan het worden was, maar zegt niets over het tijdstip van de ultieme doorbraak van de strandwal. Volledige zekerheid is hierover niet te geven. Deze doorbraak koppelen aan 'bekende' stormvloeddata lijkt dan ook een moeilijke zaak. Bij J.

De Kanter vinden we als oudste indicatie van een stormvloed die de Zeeuwse kusten teisterde in het jaar 587.

Waarschijnlijk is de Hontemonding het resultaat van een opeenvolging van belangrijke overstromingen over een langere periode. In ieder geval geeft de Lex Frisiorum in de 8ste eeuw als zuidelijke grens van het Friese rechtsgebied de 'Sincfalla' aan (oudste benaming voor het latere Zwin, een benaming die verwijst naar een oever- of een grondverzakking), een fenomeen dat zich thans nog steeds voordoet in het platengebied van de Westerschelde.

Ten zuiden van Walcheren hinderden een aantal eilanden in de Westerscheldemonding lange tijd het vrij binnendringen van het getijde vanuit de zee¹⁶. Naarmate deze eilanden werden weggeërodeerd, begon de Honte meer en meer uit te groeien tot een werkelijk estuarium. Aanvankelijk had het Zwin als zeearm de bovenhand, maar na een eeuwenlang ontwikkelingsproces werd het overwicht van het Zwin omgebogen ten voordele van de Honte die uiteindelijk het Zwin volledig als zeearm heeft verdrongen.

De vorming van de zeegaten is dus zeer waarschijnlijk begonnen in de buurt van de Maas/Rijnmond, het Helinium bij Plinius, waar de kustwal gemakkelijk toegang bood aan de opdringende zeewateren. Door landwaarts voortschrijdende erosie werden noord-zuidgerichte geulen gevormd die de Zeeuwse eilanden deden ontstaan. De zeewateren bereikten de Honte later ook rechtstreeks langs de Zwinmond.

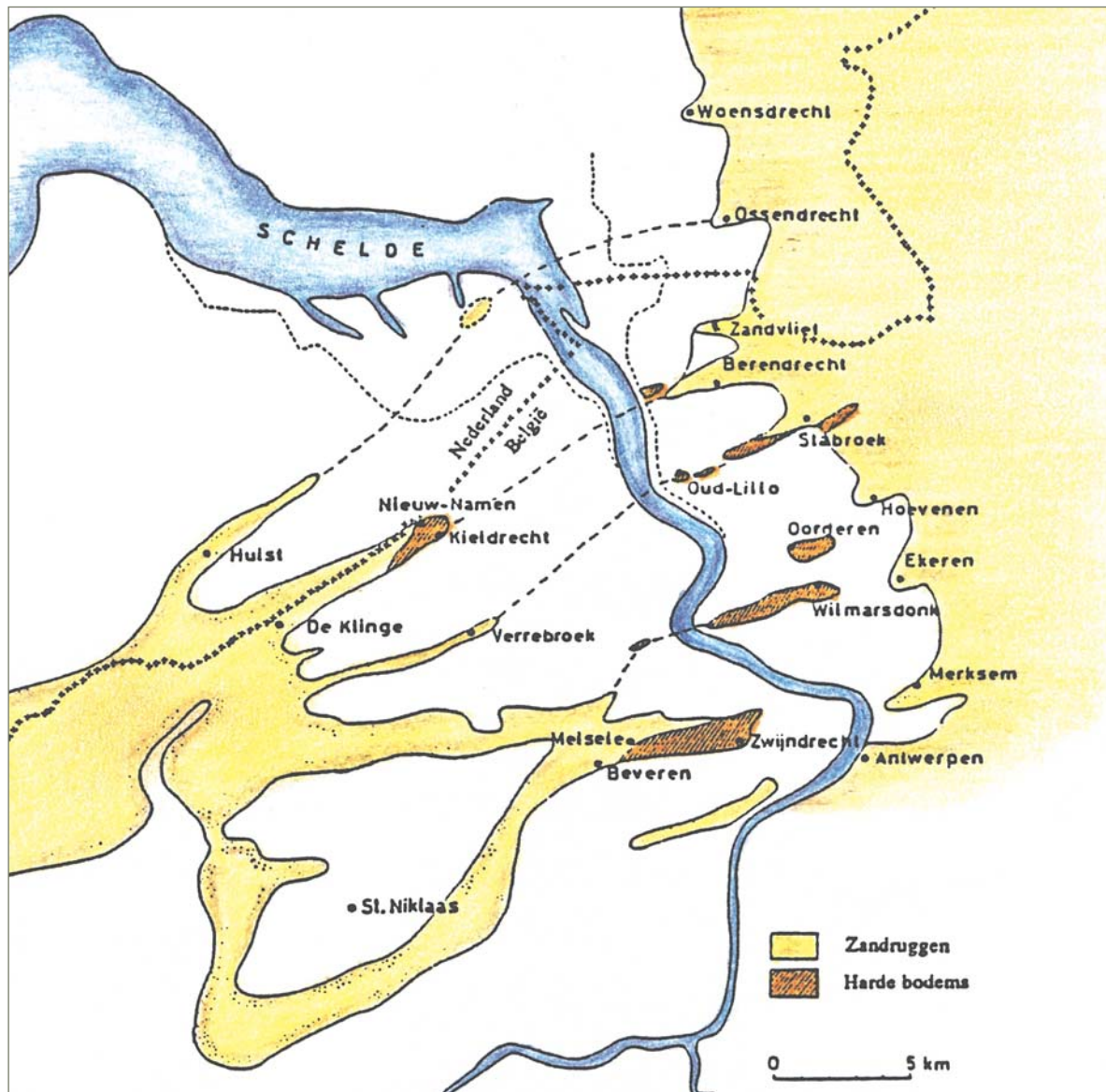
De vorming van de Westerschelde werd in het oosten bemoeilijkt door een aantal harde bodemruggen.

In het oostelijke gedeelte werd de vorming van het estuarium gedurende lange tijd gehinderd door de aanwezigheid in de bodem van een aantal (pleistocene) zandruggen met een harde ijzerhoudende kern. Deze

¹⁵ Oost (1986), p.147.

¹⁶ Scorrevelde en Coesant volgens o.a. Ortelius, ook Wulpen en Scarphout volgens Haenecour. Van Schoonevelde is in geen enkele oorkonde sprake, maar de naam leeft voort in de zandbank in de Westerscheldemonding. (Waterschoot (1930), p.42).

figuur 12: De zandruggen ten oosten van Hulst-Berendrecht (naar Snacken). De harde kernen van deze formaties hebben een grote invloed gehad op de erosie van de Scheldemonding en op de uiteindelijke meandering ervan.



zandruggen liggen op geringe diepte min of meer parallel aan elkaar en reikten destijds tot over de huidige Schelde. Ze strekken zich in het oostelijke deel uit van Hulst over Saeftinge naar Ossendrecht, van Kieldrecht naar Berendrecht, van Verrebroek naar Lillo en Stabroek, van Melsele naar Wilmarsdonk, van Zwijndrecht naar Merksem (zie figuur 12).

Deze verharde zandruggen bemoeilijkten de vrije erosie van de Schelde en dwongen deze van het ene doorgangspunt naar het andere te stromen. De rug die van Hulst over het land van Saeftinge naar Ossendrecht liep, speelde hierbij een belangrijke rol. In het gebied ten Westen ervan waren de mariene invloeden al vóór 500 n. Chr. merkbaar.

Meer ten oosten ervan is de veengroei tot na 700 n. Chr. doorgegaan¹⁷. In de Scheldebedding worden op verscheidene plaatsen nog restanten teruggevonden van de hogervermelde concreties¹⁸.

Volgens een aantal onderzoekers is het slechts tussen 1000 en 1200, tijdens de Duinkerke III-transgressiefase, dat de Honte duidelijk tot ontwikkeling is gekomen over de volledige lengte van west tot oost. Het verruimen van het zeegat tussen Walcheren en Zeeuws-Vlaanderen heeft de toestand geleidelijk aan zodanig gewijzigd, dat in 1202 de watervlakte tussen Walcheren en Vlaanderen al zo groot is, dat van een 'mere' gesproken wordt. De Honte te Ossenisse wordt in 1183, en te Saeftinge in 1280 'zee' genoemd, wat ontegensprekelijk in verband stond met het mariene karakter ervan. In de 13de eeuw is Vlissingen in ieder geval een veerhaven¹⁹.

Er werden mariene afzettingen aangetoond te Doel, Zandvliet en Berendrecht die dateren van de 2de eeuw v. Chr.

Op grond van pollen- en diatomeeënonderzoek en radiokoolstofdateringen van bodemonsters afkomstig van de polders van Doel, Zandvliet en Berendrecht, komen Verbruggen, Minnaert, Minaut e.a. tot het besluit dat mariene invloeden in deze polders al vanaf de 2de eeuw v. Chr. aangetoond kunnen worden, en de veenlagen vanaf die tijd met zeeklei werden bedekt. Het is niet uitgesloten dat bij buitengewone stormvloed en/of Maasarm waarin de Schelde toen een uitmonding vond²⁰. Zoute kwel door trage insijpeling langs de veenlagen is hierbij niet uit te sluiten (Gieske 1991).

In de middeleeuwen werden uitgestrekte veengebieden afgegraven, wat tot lokale verlaging van het terreinoppervlak leidde. Ook bij ontwatering van het veen door inpoldering bijvoorbeeld kan de veenlaag samengedrukt worden door de bovenliggende kleilagen. Hetzelfde geldt overigens, zij het in veel mindere mate, voor de kleilagen zelf. Brand wijst meer speciaal voor de streek ten noorden van Hulst op mogelijke verlaging van de veenbodems door landbouw op het veen. Het is duidelijk dat bodemverlaging in de nabijheid van de rivier de ontwikkeling ervan kan beïnvloeden hebben, maar is het globaal gezien toch niet van doorslaggevend belang geweest.

In de 12de-13de eeuw vertoonde de Honte alle kenmerken van een werkelijke zeearm.

Na Duinkerke III, dus in de 12de-13de eeuw, vertoonde de Honte alle kenmerken van een estuarium, zij het dat de vrije instroming van het getijde nog bemoeilijkt werd door hindernissen in het mondingsgebied, onder de vorm van eilanden en ondiepten en de getijdevortplanting naar opwaarts toe werd gehinderd door vernauwingen zoals het gedeelte tussen Saeftinge en Bath en door allerlei ondiepten, drempels en platen over het ganse estuarium.

Menselijke activiteiten hebben de ontwikkeling van de Westerschelde in de hand gewerkt.

Het ontstaan en de vroege ontwikkeling van de Westerschelde kunnen grotendeels aan natuurlijke invloeden worden toegeschreven. Bij de verdere ontwikkeling echter heeft de mens een niet onaanzienlijk aandeel gehad. Tegen het stijgende waterpeil aan de kust

17 Snacken (1964), p.10; Brand (1978), p.2.

18 Haenecour (1927), p.520, vermeldt het bestaan van harde bodems op verschillende plaatsen in de Schelde namelijk te Saeftinge linkeroever, nabij de Plaat van Doel, nabij Frederik tussen Belgische Sluis en Lillo, afwaarts het Fort De Parel, en ter hoogte van Real Polder en van Boerinneluis.

19 Waterschoot (1939), p.45.

20 Verbruggen (Paleo), Minnaert en Verbruggen (1986), Verbruggen en Kiden (1989), Denys en Verbruggen (1989). Pollen- en diatomeeënonderzoek door Minnaert en Verbruggen en enkele C14-dateringen doen vermoeden dat brak water al 2.500 tot 1.600 jaar geleden in de Schelde doordrong tot in de polders van Lillo en Doel.

Het is niet uitgesloten dat in die tijd bij hoge stormtijden zeewater langs de Maasmond of via de Oosterschelde tot in deze polders kon binnendringen. Men kan zich afvragen of de aanwezigheid van zoutminnende diatomeeën niet kan verklaard worden door de latere infiltratie, via de bodem, van brak Scheldewater. Zoute kwel door zeer trage insijpelingen werd door Gieske (1991) voor het IJsselmeergebied vastgesteld. De Flandriaanse transgressies (Calais) drongen veel vroeger al door in de Westerschelde-depressie (Brand 1978).

en langs de Schelde en Honte werden inderdaad al vanaf de 9de-10de eeuw dijken aangelegd ter bescherming van het aangrenzende land tegen overstromingen.

Deze dijken werden in de loop der eeuwen verhoogd en versterkt en moesten na doorbraken bij stormvloeden voortdurend hersteld worden. Waar de dagelijkse laagwaterstanden voldoende laag waren om de afwatering te kunnen verzekeren, werden aan de rivier grenzende landen ingepolderd, langzaam maar zeker sinds de 12de eeuw, op grote schaal vanaf de 14de-15de eeuw. Hierdoor werden de hoogwaterstanden geleidelijk aan steeds hoger. Tijdens de afvloeijing bracht dit een verhoging van de watersnelheden met zich mee, wat de erosie van de bedding bevorderde. Periodieke stormvloeden hadden meer effect in het mondingsgebied waar ze bepaalde geulen konden openploegen en de eilanden wegerodeerden.

6 morfologische ontwikkeling van de Honte tot aan de 16de eeuw

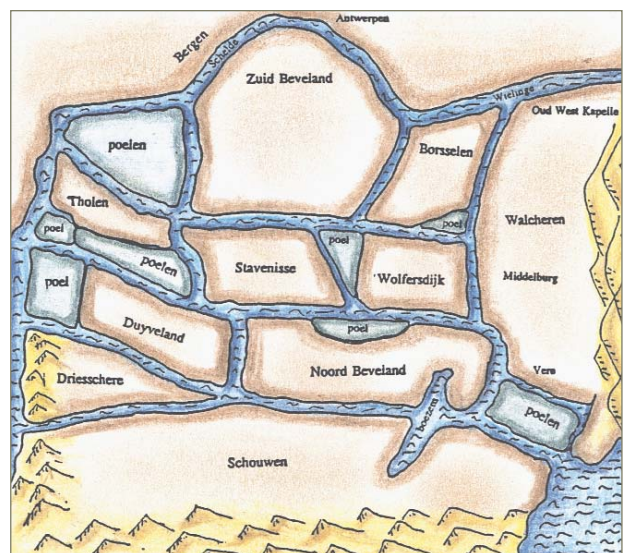
Volgens de kroniekschrijver Alcuin, landde St.-Willebrordus in 695 op het eiland Walcheren komende van het eilandje Wulpen, waar hij een kerk had gesticht²¹. Hieruit kan men concluderen dat de Honte toen langs de zeezijde een uitmonding had gevonden en met een geul, het Vlakke (latere Sloe), in verbinding stond met de Oosterschelde.

Een kaartje van Zeeland rond 600.

In het klooster van Egmond werd een kaartje gevonden dat de toestand van Zeeland zou weergeven rond 600 (figuur 13).

Dit document moet op grond van geschiedkundige en geografische overwegingen als onbetrouwbaar worden beschouwd. Misschien mag men er wel van afleiden dat in de 7de eeuw Zeeland al uit een aantal eilanden bestond die van elkaar gescheiden waren door noord-zuid en oost-west lopende smalle geulen. Het Egmondkaartje moet eerder als een poging tot reconstructie uit een latere periode worden beschouwd²². Oudere kaarten van onze streken zijn de bekende Peutingerkaart uit de 4de eeuw, die op te vatten is als een wegenkaart, en ook nog een kaart van Ptolemeus die Gallië moet voorstellen. Deze kaarten verschaften geen informatie over de werkelijke toestand van de waterwegen of hun uitmondingen. Men vermoedt dat de benaming Tabuda op de Ptolemeuskaart, op de zeer oude Keltische benaming van de Schelde-Maasmonding slaat, eventueel zelfs van de rivier.

figuur 13: Reconstructie van Zeeland 'anno 600' naar het Egmontkaartje bij Krüger (1854).



Vlaanderen ten tijde van Karel de Kale in 861.

De Vlaamse geschiedschrijver Vredius heeft een kaartje van Vlaanderen nagelaten, dat in de 16de eeuw door Smallegange werd overgenomen (figuur 14).

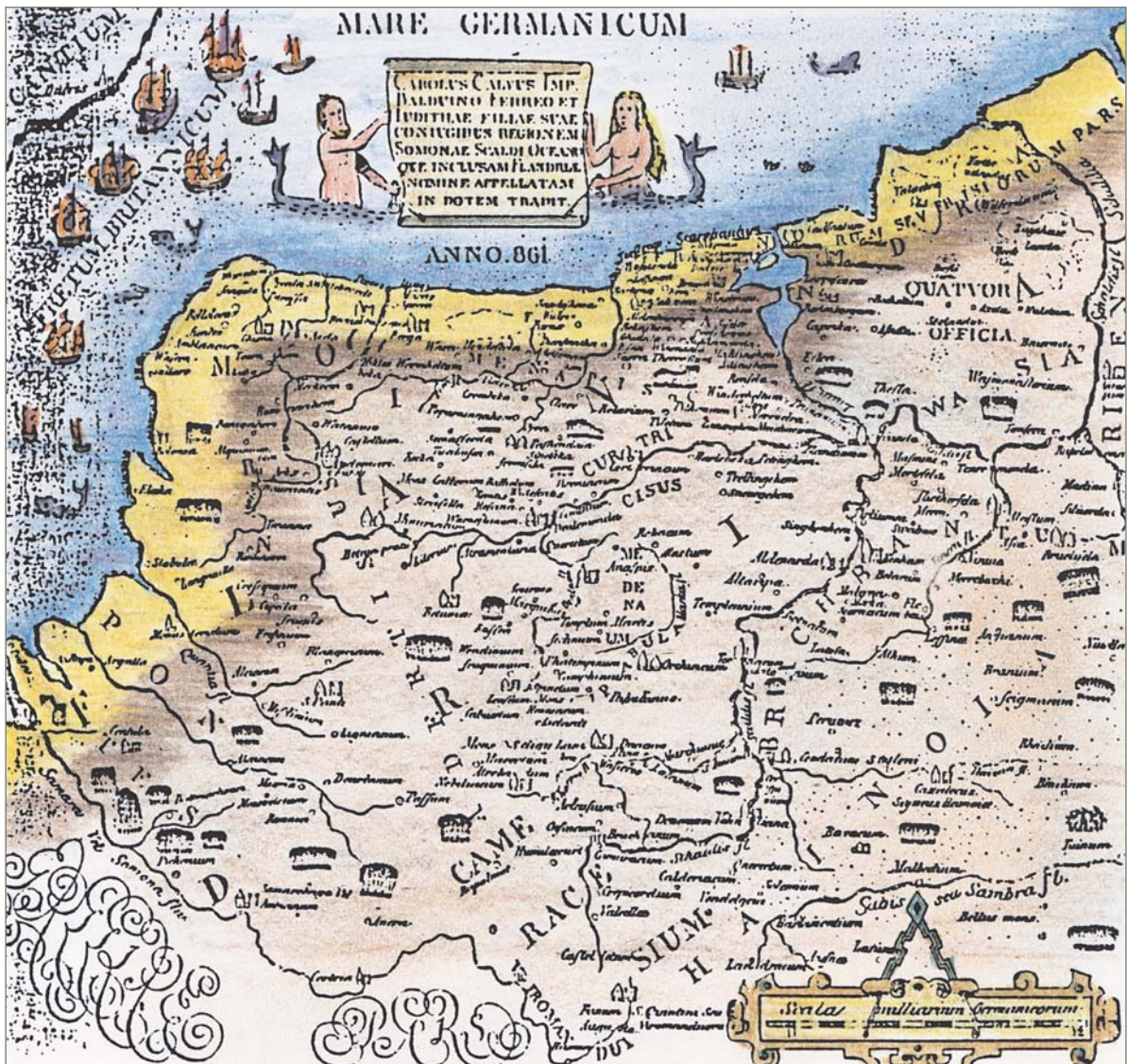
Vlaanderen is er op afgebeeld, zoals het er volgens hem ten tijde van Karel de Kale in 861 bijlag²³. Ter hoogte van het Zwin is er op het kaartje een ruime zeeboezem weergegeven die via Brugge doorliep tot Eeklo. Van een Hontemonding aan de zeezijde is geen spoor te bekennen. De uitmonding van de Schelde in de Noordzee wordt ten noorden van Noord-Beveland gesitueerd.

21 Blanchard (1906), p. 154.

22 Willems (1827-1830), p. 492: 'Deze kaart komt voor in het werk van Gargon, getiteld Walchersche Arcadia, gedrukt te Middelburg in 1755 blad. 37. Het gaet echter niet zeker, of dit stuk als echt mag worden beschouwd, en zelfs of het wel ergens ooit voorhanden zij geweest.' Zie ook Krüger (1854), kaartje p. 68.

23 Krüger (1854), Chorographie van Zeeland, p. 3.

figuur 14: Vlaanderen anno 861 volgens Vredius.

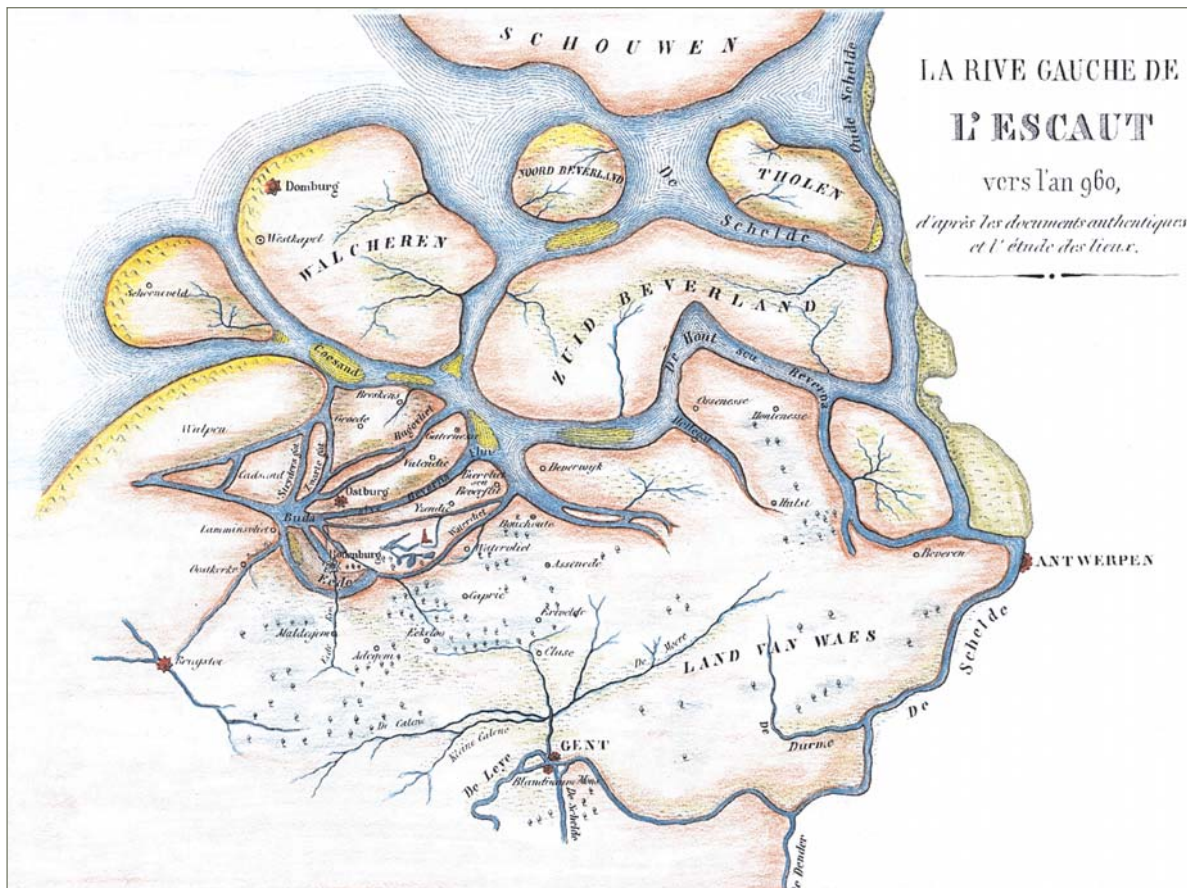


De tegenstrijdigheden die men erop waarneemt met andere historische bronnen nopen er toe deze gegevens met de nodige omzichtigheid te benaderen.

De Hoon publiceerde in 1835 een reconstructie van 'La rive gauche de l'Escaut vers l'an 960' volgens authentieke

documenten en bestudering van de 'plaatsen' (figuur 15). In de monding van de Honte is Schooneveldt als eiland weergegeven. Ook de Oude Schelde en 'De Schelde' (Oosterschelde) zijn erop vermeld. Deze reconstructie gaat vermoedelijk terug tot de Dampièrekaart die hierna wordt besproken (figuur 16).

figuur 15: Reconstructie linkeroever Schelde 'anno 960' bij De Hoon. De Schelde vertoont drie afvloeiegeulen naar zee.



Kopieën van de 'Dampierrekaart' uit 1274.

Een kaart die onze aandacht verdient, is de bekende 'Dampierrekaart', die zou teruggaan op een oudere kaart uit 1274, maar die slechts via kopieën tot ons kwam (figuur 16).

De kopie uit 1617 van L. Van Thuyne, doet vermoeden dat erkende landmeters het kopieerwerk uitvoerden,

wat misschien toch enige zekerheid kan bieden omtrent de oorspronkelijke kaart. Wat echter de vermeldingen betreft die erop voorkomen over het ontstaan van de Hontemond, dienen de nodige reserves in acht genomen. Volgens deze kopieën 'waeren in t'jaer 980 de duynen deurgraven tusschen Vlaenderen en Zeelandt' en zouden 'de Wielingen doorgebroken zijn in het jaar 1377 den 12 en dach van November, ten tijd van Graeff Lodewijck van Maele die Sesde.'²⁴

²⁴ Mijs (1973), p. 44.

figuur 16: Kopie van de Dampierrekaart uit 1274 (fragment).



*Perioden van buitengewone stormvloed
speelden een belangrijke rol bij de verruiming
van de Hontemonding.*

Vermoedelijk moeten deze vermeldingen geïnterpreteerd worden als spectaculaire verruiming, onder invloed van buitengewone stormvloed van al lang bestaande geulen. Deze verruiming strekten zich echter waarschijnlijk over een zekere periode uit en waren dan niet het resultaat van een enkele stormvloed zoals gesuggereerd wordt. De vermelding van het jaar 1377

komt overeen met de mening van Nijhoff en Gottschalk dat stormvloed van 1375 tot 1404 de verruiming van de zee-arm bevorderden, zoals 100 jaar eerder een periode van stormvloed van 1288 tot 1304 een belangrijke rol speelde in de ontwikkeling van de Hontemond²⁵.

Na een periode van stormvloed in de 14de eeuw, vooral deze van november 1377, was de toestand in de Hontemonding grondig gewijzigd. In de kroniek van F.J. de Castro wordt deze laatste vloed verantwoordelijk

25 Nijhoff(1930-31), p.65 ; Gottschalk (1958), p.3 en 265.

geacht voor *'de groote scheuringe tusschen het landt van Casant ende het eylandt van Walcheren en sulcken breedte van zee in de Wielinge tusschen Vlaenderen en Zeelant als hedendaegs gesien wordt.'* Ook in de kroniek van J. Reygersbergh wordt in 1393 over wijzigingen in de Hontemonding het volgende gemeld: *'Ende 't veergat worde van daghe te daghe grooter, wijder en breeder vermits die groote stroomen ende vloedten, die dagelickx uyter zee quamen, ende mede omdat 't zeewater veel ruymte kreech van die gheinundeerde landen. Desgelijks 't gat der Wielinghe'*²⁶. Deze morfologische veranderingen zijn dus niet terug te voeren op één bepaalde stormvloed, maar gingen waarschijnlijk toch vrij snel in zijn werk, zodat ze wel degelijk de verbaasde aandacht trokken van de gebruikers van deze waterwegen.

Een reconstructie van Beekman die de toestand rond 1300 weergeeft.

Door Beekman werd de Honte in de Middeleeuwen als volgt omschreven: *'Ter plaatse van de huidige Westerschelde lag in de Middeleeuwen een watergebied dat we ons moeten voorstellen als bestaande uit zandplaten, slikken en schorren die droogvielen bij laagwater. Daartussen liepen geulen of kreken van nog weinig diepte, waarvan waarschijnlijk slechts een enkele, de meest betekanende, genaamd de Honte, onafgebroken doorliep van de Schelde naar het Westen.'* Beekman maakte in 1932 een reconstructie van de toestand omstreeks 1300 (figuur 17) die wel een ander beeld geeft dan de Van Thuynekaart.

In de monding komen alleen de eilandenresten van Coesant en Wulpen voor. Het estuarium is aan de monding al goed gevormd, zij het dat de breedte ter hoogte van Vlissingen slechts een 3 km bedraagt. Het land van Saeftinge en Stuyvesande zijn nog niet verdronken. In het gedeelte dat opwaarts van Hansweert gelegen is, vertoont het estuarium een vrij smal verloop

en tussen Bath en Saeftinge een opvallend gestrekte geul. Volgens deze reconstructie waren de zeedijken in 1300 langs beide oevers van de Honte aangelegd van Vlissingen tot Zandvliet en van Cadzand tot Zwijndrecht²⁷.

De Hoon geeft ook een kaart *'La rive gauche de l'Escaut vers l'an 1300'* waarop de 's Graven Jansdijk is aangegeven. Vergeleken met de reconstructie van Beekman zijn er duidelijk verschillen waar te nemen (figuur 17).

Het historische kaartje van Ortelius.

Een historische kaart van Ortelius uit de 16de eeuw die eveneens de toestand omstreeks 1300 weergeeft en die vermoedelijk ook werd afgeleid van de Dampierrekaart, toont de eilanden Schorrevelde en Coesant in de Hontemonding en tussen Schorrevelde en de kust een geul, genaamd de Grote Rille (figuur 18).

Opvallend is de geringe breedte die ter hoogte van Vlissingen getoond wordt. Ook meer naar opwaarts toe is dit het geval. Van een werkelijke estuariumvorm is nauwelijks sprake. Het Zwin is echter goed gevormd, dit in tegenstelling met de Braakman. Het eiland Stuyvesande is als niet verdronken voorgesteld²⁸.

De provincie Zeeland 'in de 12de eeuw' volgens Utrecht Dresselhuis.

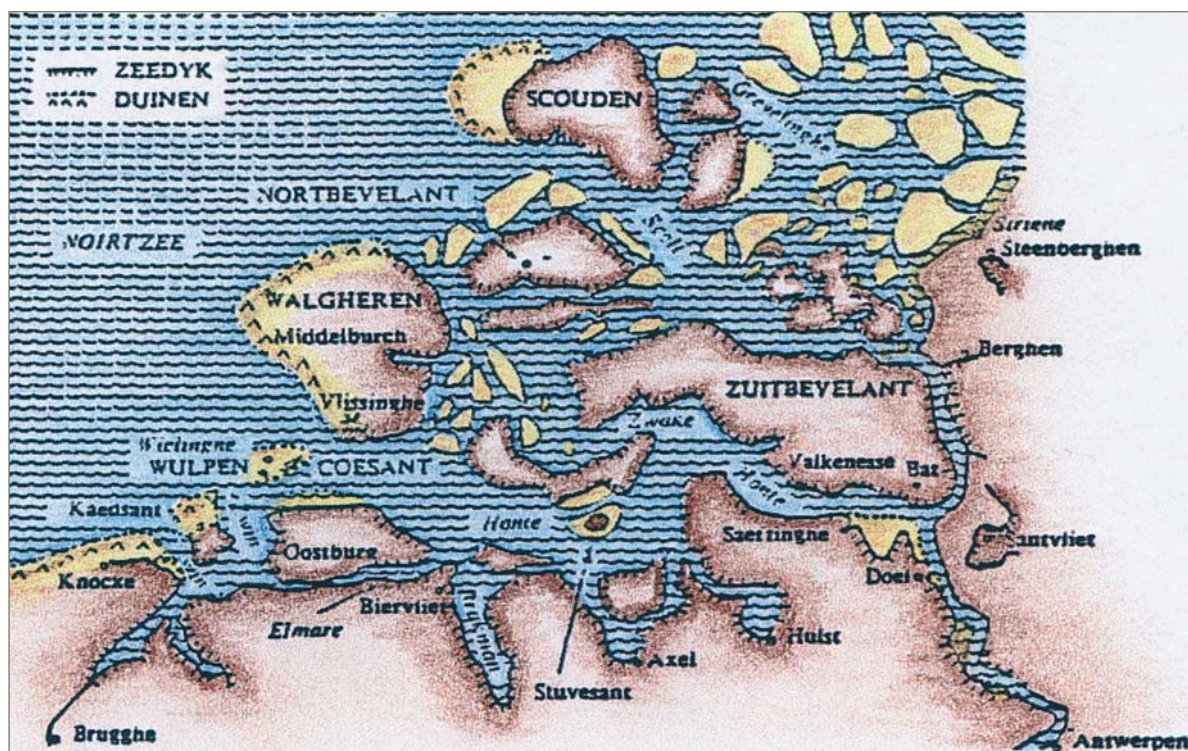
Utrecht Dresselhuis maakte na bestudering van de beschikbare archieven een kaart van de Provincie Zeeland *'in de 12de eeuw'*. Volgens hem stond de toenmalige Westerscheldemonding, Wijlingen Ee (latere Wielingen), al door een brede waterweg in verbinding met de *'Hontee'*, in het oosten gelegen voor Hontenisse. Op deze reconstructie is ook een rivierarm weergegeven die ten noorden van Kallo in verbinding stond met de

26 Waterschoot (1939), p. 50.

27 Beekman (1932), het kaartje achteraan, en p. 261.

28 Ortelius bij Gittenburg en Weiss (1983), p. 10.

figuur 17: Zeeland anno 1300 naar Beekman (1932).



Schelde en die via Hulst en Axel onder de benamingen Dullaert en Bollixata naar de Braakman liep. Hier splitste deze geul zich in twee armen, Elmare en Sincfala²⁹ genaamd, die ter hoogte van Sluis via het Lichaam de Zee en het Zwin in de Noordzee uitmondten. Talrijke kreken verbonden de Wijlingen Ee en de Hontee met deze geulen. De kaart van Dresselhuis geeft van Zeeland een zeer verbrokken beeld, met overigens wel smallere geulen tussen de eilandjes dan in latere tijden. Ter hoogte van Saeftinge vertoont de Honte een sterke vernauwing die we ook bemerkten op eerder vermelde reconstructies. De afwatering van de Schelde gebeurde toen wellicht langs drie geulen, namelijk langs de Oosterschelde (en dit sinds vele eeuwen), langs de Honte en langs de geciteerde Bolixata. De vernauwing ter hoog-

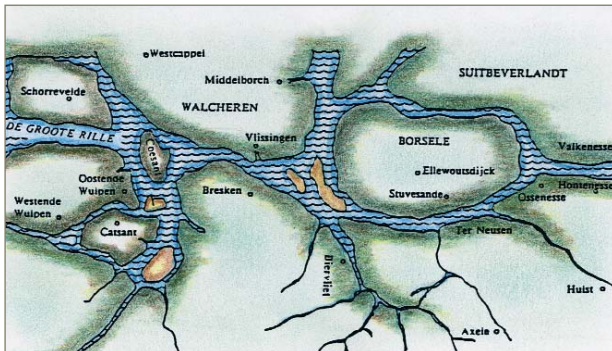
te van Saeftinge bemoeilijkt de vrije voortplanting van het getijde naar opwaarts toe. De kaart van Dresselhuis maakt geen gewag van in de monding gelegen eilanden, zoals aangegeven op de kaarten van Ortelius en Van Thuyne.

De 'proeve tot reconstructie' van het landschap te Hulst en de Vier Ambachten omstreeks 1180 door Brand.

Brand publiceerde in 1980 een 'proeve tot reconstructie' van het landschap te Hulst en de Vier Ambachten rond 1180 en komt op grond van geologisch en geografisch onderzoek tot het besluit dat het gebied ten zuiden van

29 Willems (1827-1830), p. 506, en ook Waterschoot (1939), p. 40: volgens 'Auting was Sincfala de oude benaming van het Zwin. In de Lex Frisionum, de verzameling van oud-Friesche wetten ten tijde van Karel de Grootte opgetekend wordt de Sincfala als Zuid-Westergrens van het Friesche volk in de 8de eeuw aangeduid'.

figuur 18: Toestand van de Honte anno 1300 volgens Ortelius (1570).



de lijn Axel-Hulst toen een streek was van bossen, heidevelden, struiken en moeren, die duidelijk bewoond was. Het is ten andere deze streek die het decor vormde voor de avonturen van Reinaert de Vos, volgens het ongeveer 800 jaar oude dierenepos. Het gebied ten oosten van de dekzandrug, dat ter hoogte van Hulst 1 tot 2 meter boven het gemiddelde zeepeil gelegen is, was in die tijd nog een veengebied, en is dat nog enige eeuwen gebleven. Op kaarten uit de 16de eeuw wordt het nog als moergebied aangegeven. Pollenonderzoek wees uit dat er na 700-800 akkerbouw op het veen werd beoefend³⁰.

figuur 19: Fragment van de Scheldekaart die hoort bij het Charter van Karel de Stoute (1469).



30 Brand (1980), p.9.

‘Den cours van den Schelt beginnende omtrent Ruplemonde...’ uit de 15de eeuw.

Een tijdsdocument uit de 15de eeuw, namelijk een kaart die de Schelde voorstelt van de monding tot de Rupel en die bij een charter uit 1469 van Karel de Stoute hoort over de tolheffingen op de Scheldevaart, biedt weinig houvast om de toenmalige morfologische toestand van de Honte en de Oosterschelde te kunnen beoordelen (figuur 19).

Wel zijn zowel in het charter zelf als op de bijhorende kaart een aantal aanwijzingen te vinden over de morfologie van de Hontebodem³¹. Het origineel van de kaart bevindt zich in het Algemeen Rijksarchief te Brussel. Een kopie ervan wordt in het Stadsarchief van Antwerpen bewaard. De kopie dateert uit 1504 of 1505. De Schelde staat er in vogelvlucht op getekend vanuit Vlaanderen gezien. *‘In dese carte staet gefigureert den cours van den Schelt beginnende omtrent Ruplemonde.’* De kaart meet 5,47 meter bij 0,75 meter. Ze werd in 1827-1830 voor het eerst door J.F. Willems becommentarieerd, later ook

door Denucé en anderen. De bedoeling van de makers van deze kaart indachtig moet men zich niet aan nauwkeurige informatie verwachten over de rivier zelf. Toch kan er onrechtstreeks wel nuttig gebruik van gemaakt worden om de algemene situatie te kennen. Vermeldenswaardig is ondermeer het nog niet verdronken dorp en slot van Saeftinge, de eilanden de Doolen (Doel) en het uitgebreide platencomplex *‘Stock achter de plate’*, tussen Zandvliet en Bath gelegen. Stuyvesande wordt erop als een eiland aangegeven. In de monding worden geen eilanden aangegeven, het dorp Breskens evenmin.

De Honte wordt als een even belangrijke arm voorgesteld als de Oosterschelde (*‘Scelt’*). Het tolhuis te Yersekeroord langs de Oosterschelde gelegen, is uiteraard wel voorgesteld. Uit de chartertekst blijkt dat de Honte voor de toenmalige zeeschepen beter bevaarbaar was geworden dan voorheen het geval was. Op basis van de afbeeldingen van de zeeschepen op de kaart, kan men veronderstellen dat de Honte toen even druk bevaren werd als de Oosterschelde.

31 Willems (1827-1830), p. 496: *‘... et pour ce que au temps passé l’eau de la Honte estoit si petite que nuls ou bien peu de navires, venans de nostre ville d’Anvers, pouvoient passer par les dictes rivières, tous les navires passoyent parmy nostre pays de Zelande, où nous avons nos gardes, assavoir à Yersekerhoirt et Geervliet, et que par les inondacions l’eau de la dicte rivière de la Honte estoit devenu plus nageable et plus profonde, qu’elle n’estoit aus paravant, ... ce que la dite rivière avoit gagné par alluvion inondatoir, ou autrement, en largeur et profondeur, ... et que tous navieres et marchandises y avoyent passé franchement, et sans payer aulcuns tonlieu, de tel et si longtemps qu’il n’estoit mémoire du contraire...’*
Zie ook Denucé (Veritas), p. 5, en Willems (1827-1830), p. 491.

7 morfologische ontwikkeling van de Honte van de 16de eeuw tot 1800

De vooruitgang van de cartografie in de 16de eeuw leverde voortreffelijke kaarten op van Zeeland en de benedenloop van de Schelde.

Het is slechts vanaf de 16de eeuw dat ingevolge de grote vooruitgang van de cartografie redelijk nauwkeurige geografische kaarten werden gemaakt. Antwerpen was in die tijd het belangrijkste cartografische centrum van de Nederlanden, maar ook al in de 15de eeuw waren te Antwerpen kaartmakers gevestigd³². Hoewel ze nog niet de grote precisie van de huidige kaarten hebben, geven ze toch al duidelijke informatie over de algemene vormgeving in plattegrond van de Honte.

De kaart van J. Van Deventer is de oudste, en dateert van 1545. Van Deventer deed meestal zelf uitgebreide terreinmetingen die hij te Mechelen uitwerkte. De kaart van Mercator is gebaseerd op deze van Van Deventer, maar geeft de overstroomde gebieden, de schorren en de slikken duidelijker aan (figuur 20).

Uit de beschikbare kaarten zijn ondermeer te vermelden deze van C. Sgrooten (figuur 21), G. en C. de Jode, F. Hogenberg en L. Guicciardini. Uit de 16de eeuw stammen ook enkele zeevaartkaarten van de Zeeuwse eilanden, zoals deze van L.J. Waghenar van 1584 (figuur 22), waarop ook diepten onder laagwater in vadem zijn aangegeven, zoals overigens ook op de kaart van C. Sgrooten. Uit de 17de eeuw zijn vooral de kaarten van Zeeland van W. Blaeu, C.J. Visser, A.G. Verbist, H. Hondius, F. De Wit en J. Janssonius bekend. In die tijd werden ook zeeatlassen uitgegeven, zoals door J. van Loon in 1666. Voor de 18de eeuw zijn ondermeer de kaarten van I. Tirion (1747), van de Hattinga's (tweede helft 18de eeuw), van S. Van der Loef en B. Cau (zeekaart van 1774) te vermelden.

Deze droge opsomming vormt slechts een greep uit het vrij omvangrijke kaartenmateriaal dat sinds de 16de eeuw tot stand is gekomen. Het blijft een boeiende ervaring deze kaarten te raadplegen.

De cartografen brachten de beschikbare terreinmetingen zo goed mogelijk in kaart. Ze verzamelden en verwerkten soms ook veel oudere gegevens.

In de 16de eeuw was het Westerschelde-estuarium gevormd.

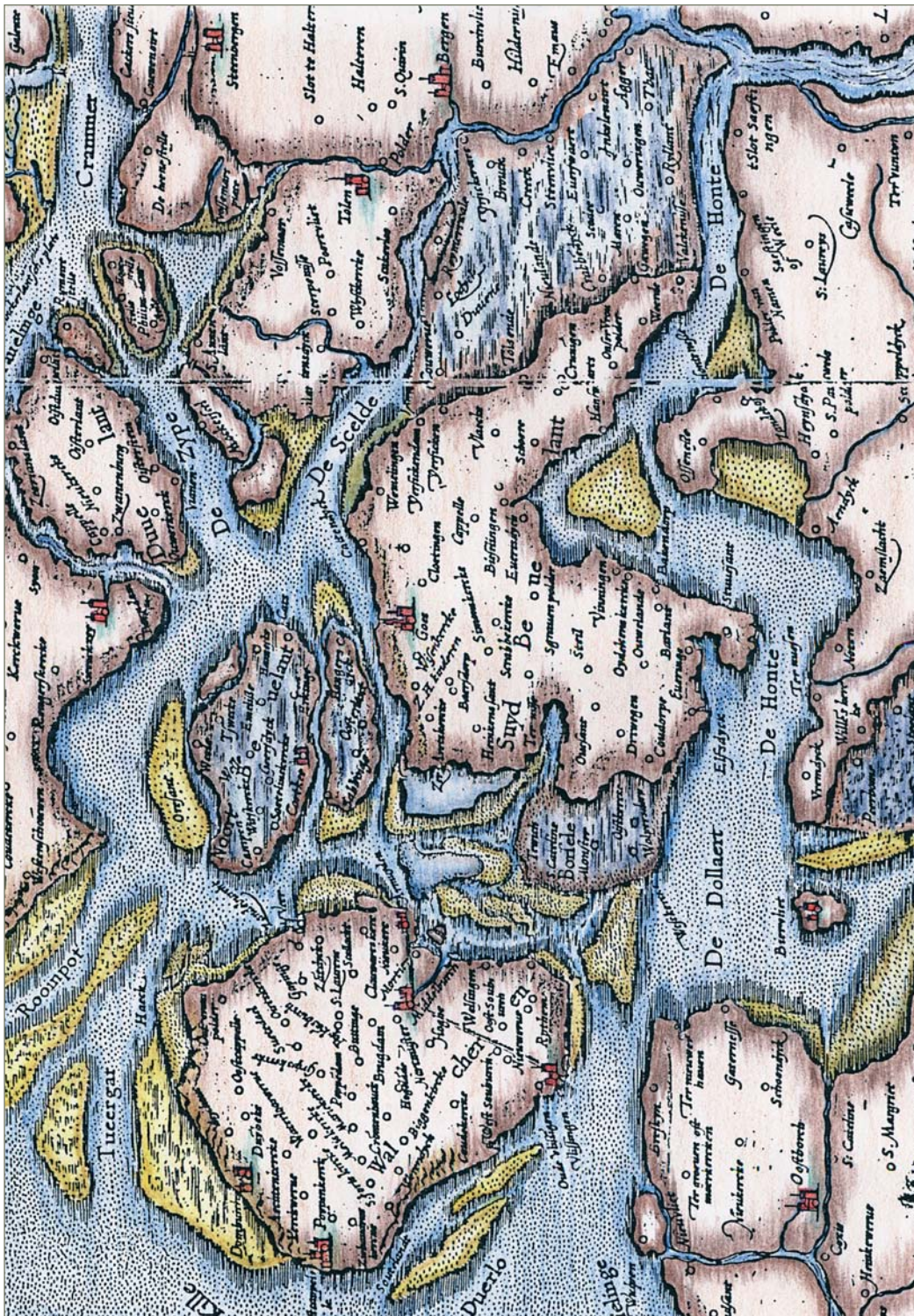
Van al dit kaartenmateriaal kan men afleiden dat het Westerschelde-estuarium globaal genomen in de 16de eeuw gevormd was en de noordelijke loop van de Schelde naar de Oosterschelde sinds 1300 geleidelijk aan in belangrijkheid afgenomen was. Sindsdien zijn bepaalde oevergelanden verdronken en/of weggeërodeerd. Zo verdronk Saeftinge bijvoorbeeld definitief in 1570 nadat het in vorige eeuwen al talrijke overstromingen kende, of Stuyvesande dat bij Van Deventer als overstroomd gebied is aangegeven. In het mondingsgebied was in de 16de eeuw nog een eilandenrestant, namelijk Wulpen overgebleven.

Anderzijds zijn sinds de 16de eeuw ook zekere geulen aangezand en werden grote schorgebieden ingedijkt en dus op het water teruggewonnen. Voorbeelden hiervan zijn het Sloe, de Agger, Borssele, Hontenisse en vooral de Braakman, die na vorming in de 13de eeuw slechts door bedijkingen die zich over eeuwen uitstrekten, kon ingepolderd worden. Hetzelfde geldt voor het Vlakke, het late-re Sloe. De inpoldering van Borssele dateert van 1616.

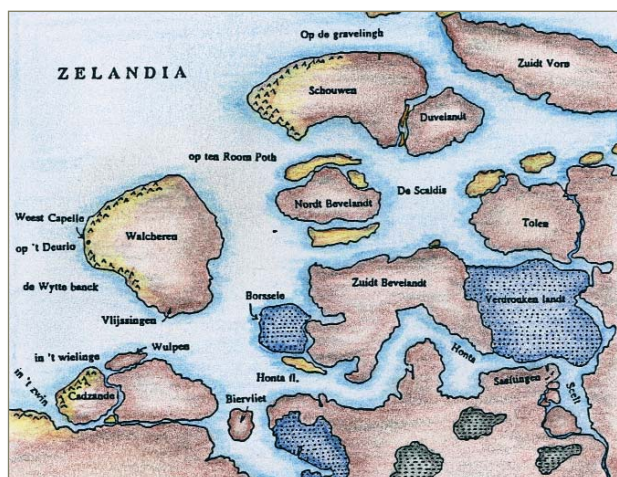
Een groot gedeelte van Rilland en Reymerswaal in Zuid-Beveland wordt in 1545 op de kaart van Van Deventer als overstroomd gebied aangegeven.

32 Asaert (1973), p.214.

figuur 20: Kaart van Zeeland naar Mercator (toestand na Elisabethvloed 1570).



figuur 21: Toestand van Zeeland in 1575 (naar Sgrooten).



Het mondingsgebied is sinds de 16de eeuw verder verruimd.

Zoals blijkt uit deze kaarten is het mondingsgebied van de Westerschelde sinds de 16de eeuw verbreed en verdiept en werden eilandenresten door de waterstromingen opgeruimd. De ondiepe zandbanken van Schoonevelde vormen nog een overblijfsel ervan. Vanaf het einde van de 16de eeuw werden om militaire redenen regelmatig uitgestrekte polders onder water gezet. Deze kunstmatige overstromingen van grote gebieden die soms slechts vele tientallen jaren later opnieuw werden ingedijkt, hebben door het instandhouden ervan als kombergingsgebieden, de ontwikkeling van de Schelde ten minste lokaal beïnvloed door het bevorderen van lokale erosie en vergroting van de tijdebieten.

In de 17de eeuw wordt het overwicht van de Honte op de Oosterschelde een feit.

In de 17de eeuw was de verbindingsgeul van de Schelde naar de Oosterschelde, de vroegere 'agger' verworden tot een onbeduidende kreek met een aantal vertakkingen. Het overwicht van de Honte was dan definitief een feit geworden. Ook het Sloe, het vroegere Vlakke begon dicht te slibben. De Honte kreeg in de 17de eeuw dan ook meer en meer de allure van een volwaardig estuarium. Het is sinds de 17de eeuw dat de benamingen Honte en Westerschelde naast elkaar voorkomen op de kaarten.

figuur 22: Navigatiekaart bij L.J. Waghenaar uit 1583 (fragment).



8 morfologische ontwikkeling sinds 1800

De eerste nauwkeurige hydrografische kaart van de Westerscheldebodem werd door Beautemps-Beaupré gemaakt.

Sinds 1800 beschikt men over nauwkeurige hydrografische kaarten van de Schelde, waarop de bodemdiepten volgens systematische peilingen zijn weergegeven. Sindsdien is het mogelijk geworden de morfologische ontwikkeling van de Westerschelde en de Zeeschelde van nabij te volgen (figuur 23).

De eerste hydrografische kaart werd door Beautemps-Beaupré gemaakt volgens peilingen die dateren van 1799-1800. Later werden door de Nederlandse Marine (1862-1867) en door Belgische en Nederlandse hydrografische diensten regelmatig nieuwe peilingen verricht en in kaart gebracht, zoals de kaarten van Stessels en Le Petit.

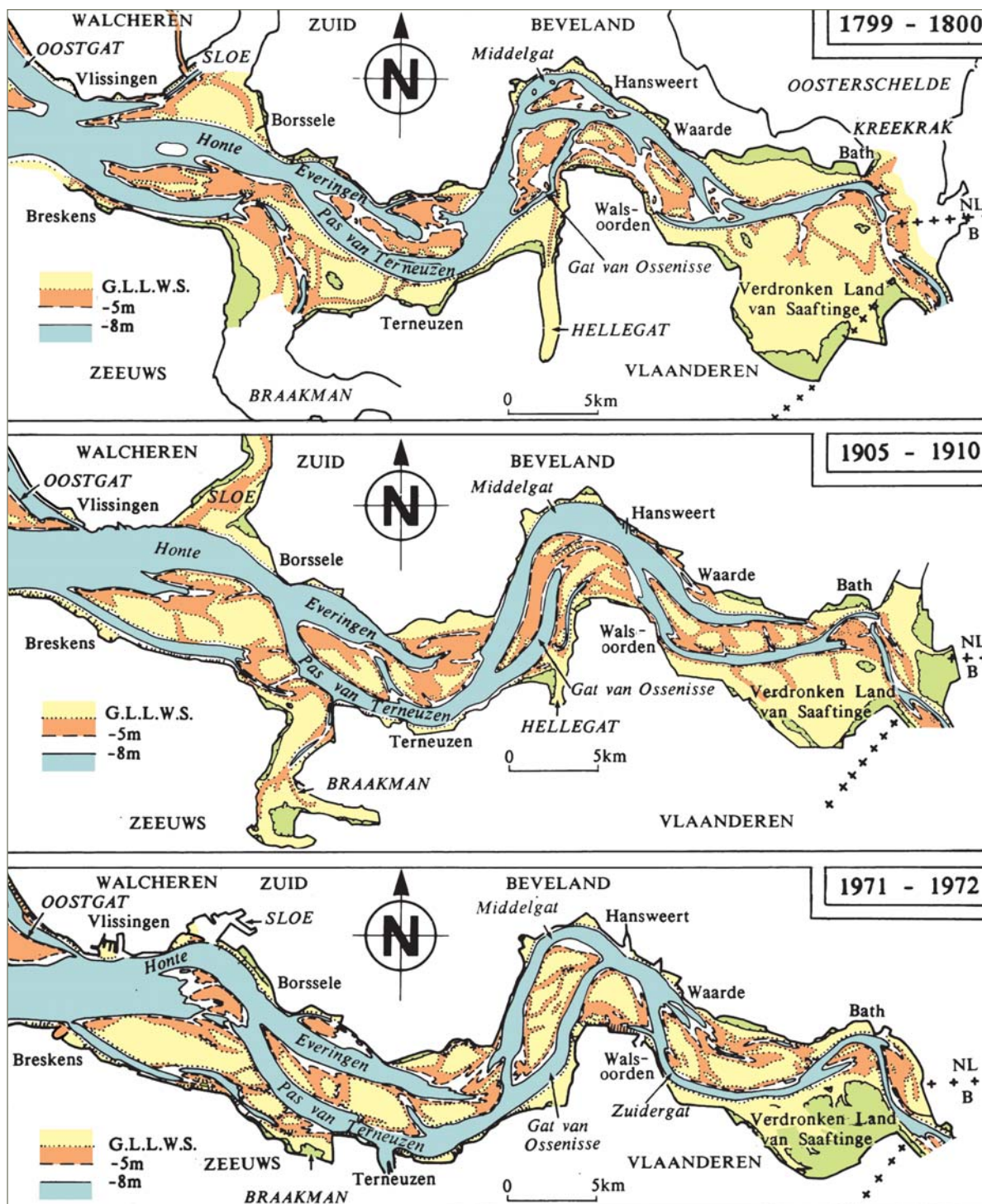
De kaart van Beautemps-Beaupré toont aan dat door de Braakman in 1800 een belangrijke afvoergeul onderhouden werd en dat de scheepvaart naar Gent via deze geul naar Sas van Gent verliep. De Braakman werd gedeeltelijk medio de 19de eeuw, maar pas volledig in 1952 ingedijkt. De ebgeul afwaarts Terneuzen (Pas van Terneuzen) onderging hierdoor sinds 1850 belangrijke wijzigingen en werd over een tweetal kilometer naar afwaarts verlegd.

In 1867 werden voor de aanleg van de spoorweglijn Zuid Beveland-Walcheren het Sloe en de Kreekrak die al aanzienlijk waren aangezand en dicht geslibd, definitief afgedamd.

In het algemeen valt er sinds 1800 een grotere accentuering van de bochten waar te nemen en lopen de ebgeulen dichter tegen de oevers. De ontwikkeling van nieuwe geulen en de achteruitgang of het verleggen van bestaande geulen kunnen via de peilingen aangetoond worden. Het Gat van Ossensisse destijds een vrij onbelangrijke vloedgeul, werd na 1970 hoofdvaarwater voor de zeescheepvaart. Regelmatige wijzigingen van de rivierbodem doen zich nog steeds voor.

Door het baggeren van de ondiepere drempels in de ebgeul en het storten van de baggerspecie in de vloedscharen, werd sinds de voorbije decennia de ebgeul meer gestabiliseerd. In dit verband is een merkwaardig verschil tussen de estuaria van Ooster- en Westerschelde waar te nemen. De Oosterschelde vertoont een meer verwilderd geulenpatroon, de Westerschelde vertoont daarentegen een ruim ontwikkelde diepe ebgeul en een regelmatigere opeenvolging van de ondiepere vloedscharen.

figuur 23: Morfologische evolutie van de Westerschelde sinds 1800.



9 de Honte als scheepvaartweg

Onrechtstreeks kan de ontwikkeling van de Honte ook gevolgd worden via de geschiedenis van het tolwezen.

De ontwikkeling van de Honte kan onrechtstreeks gevolgd worden via de geschiedenis van het tolwezen op de Zeeuwse wateren. Tot aan de 13de eeuw was de Honte van weinig betekenis voor de zeevaart of voor de vaart op de Maas- en Rijnlanden. Deze verliep via de Oosterschelde wat de zeevaart betreft en langs Eendracht en Striene naar de Maas en de Rijn. De volledig verzande Striene was in het begin van de 13de eeuw nog bevaarbaar. De 'Grooten Zeeuwschen tol' op de 'zoute wateren' zoals hij heette, werd geheven te Yersekeroord langs de Oosterschelde gelegen. Zeeland werd aldus door de Schelde in twee zones verdeeld, 'Beoosten- en Bewesterschelde' geheten. Van deze tol wordt voor het eerst melding gemaakt in een oorkonde van 1195. Het tolrecht ging gepaard met een 'gheleide' dat veilige vaart op het water verzekerde door de graven van Zeeland. Van zodra op de Honte enige zeevaart van betekenis voorkwam, werd de heffing tot deze vaargeul uitgebreid. In het begin van de 13de eeuw werd de Honte nog steeds als een bijrivier van de Schelde beschouwd en behoorde toe aan Zeeland, tot aan de oude monding van de Honte in de Schelde te Hontemuide. Vanuit Zeeland werd er in die tijd toch al een drukke handelsvaart op Antwerpen onderhouden. Vooral de graan-, vis- en zouthandel waren belangrijk³².

In de 13de eeuw werd de vishandel vooral opgezet vanuit Hughevliet op de Honte, 'alwaer die goede lieden van Antwerpen visch ende harinc versch ende ghezouten voor die havene ende up die zee' kwamen kopen. De Antwerpse

ingezetenen hadden van oudsher vrije vaart op de Honte want 'zoo oud is de costuyme', een recht dat in 1276 als privilege werd erkend. In dat jaar wordt ook melding gemaakt van een wacht te Hontemuiden en in 1331 van een tolhuis te Vlissingen en van een 'conductus' te Rieland, Valkenisse en Agger. De wachten kwamen bijgevaaren om de tol te heffen, van zodra een zeeschip opdook³³.

De Honte werd vanaf het begin van de 15de eeuw meer en meer bevaren door grote zeeschepen, zodat nieuwe tolregelingen zich opdrongen.

Verliep de zeescheepvaart naar Antwerpen gedurende enkele eeuwen hoofdzakelijk langs de Oosterschelde, dan moet men op grond van een vonnis van het Hof van Mechelen onder Jacoba van Beieren (1400-1436) aannemen dat in het begin van de 15de eeuw de Honte ten gevolge van merkelijke verdiepingen, als scheepvaartweg intensiever in gebruik was genomen. Ook uit het charter van Karel de Stoute van 1469 dat een tolregeling inhield, blijkt dat de Honte voor de grootste schepen uit die tijd beter bevaarbaar was geworden dan voorheen. Uit besprekingsverslagen van de Hanze in 1452 komt men nochtans tot de vaststelling dat de Honte toen nog niet goed bevaarbaar was voor lastschepen met 'groten' diepgang. De diepgang van de grootste geladen schepen die Antwerpen aandeden bedroeg slechts 3 tot 5 meter. In principe verliep de vaart met deze zeilschepen met de vloed mee vanuit de zee. Hoewel men slechts kon vertrekken 'nadat men wint sal hebben om te vaerne.'³⁴

³³ Waterschoot (1939), p. 47.

³⁴ Asaert (1978), p. 135 en p. 216.

De veilige vaart op de Honte werd bemoeilijkt door verwilderde geulen, ondiepe drempels, hooggelegen platen en 'dolle' stromingen.

De Honte had toen nog een verwilderd patroon van geulen en ondiepe platen en drempels. De tijgebonden vaart ondervond vermoedelijk op de Honte ook moeilijkheden wat beschikbare waterdiepten betreft bij de afvaart naar zee tijdens de eb.

Een van de grootste zeeschepen van de toenmalige Antwerpse vloot was de Katherine, een 220 ton metende hulk die in 1457 op een Antwerpse scheepswerf gebouwd werd. Het schip kon tot het Steen opvaren, maar het is niet zeker of het ook langs de Honte voer³⁴. De oudste schriftelijke aanwijzingen van scheepsbouw te Antwerpen gaan terug tot in de 14de eeuw. Deze 'oudste' scheepswerven situeerden zich aan de 'Dilf' of Burchtgracht³⁵.

Tot in de 14de eeuw was de kogge in de vaart, een kielschip met beperkte afmetingen. Een in Duitsland opgegraven kogge had als afmetingen: lengte 29 meter, breedte 7 meter, diepgang 3 meter en een draagvermogen van 200 tot 250 ton. Op het einde van de 14de eeuw werd de kogge stilaan door de hulk verdrongen, een platbodem met een draagvermogen van 200 tot 300 ton. In de 15de eeuw werd de tonnenmaat opgevoerd tot 400 ton en meer.

Na 1400 werden hulken gebouwd met een kiel, waardoor de zeewaardigheid verbeterde. Vanaf de 14de eeuw kwam ook de kraak in de vaart met een draagvermogen van 500 tot 1000 ton. In de 16de eeuw werd de hulk door het karveel verdrongen³⁶.

De vaart op de Honte verliep aanvankelijk niet zonder moeilijkheden wegens de talrijke ondiepe drempels en platen. Het van de ene oever naar de andere oever zeilen om de diepere ebgeulen te bevaren was bij vloed zeker geen eenvoudige opdracht, gelet op de krachtige vloedstromen die de schepen natuurlijkerwijze 'dwongen' van rechtuit de opeenvolgende vloedscharen in te zeilen. In het mondingsgebied vooral verliep wegens de sterke stromingen naar de Braakman en het Sloe toe, de vaart ongetwijfeld moeilijk. De benaming 'Dullaert' of 'Dollaert' die we op de 16de eeuwse kaarten opmerken voor de grote watervlakte tussen de monding, het Sloe en de Braakman, wijst ongetwijfeld op 'dolle' stromingen daar³⁷.

Vanaf de 16de eeuw kreeg de vaart op de Honte nadrukkelijk de bovenhand op de vaart op de Oosterschelde, wat verband hield met de steeds beter wordende vaaromstandigheden zowel wat diepgang als wat stromingen betreft. In de 18de eeuw werd de zeescheepvaart op Antwerpen verhinderd door de sluiting van de Schelde door de Vrede van Munster 1648. Aan deze toestand kwam slechts een einde in 1795, bij de ondertekening van het Verdrag van den Haag. In 1839 kwam dan uiteindelijk het Scheidingsverdrag met Nederland tot stand.

Vanaf het einde van de 19de eeuw werd door gepaste baggerwerken de vaargeul stelselmatig op de drempels verdiept om uiteindelijk in de 20ste eeuw de vaart mogelijk te maken van steeds grotere schepen.

35 Goovaerts (1889), p.9. De oudste schriftelijke sporen van scheepsbouw te Antwerpen gaan terug tot in de 14de eeuw, namelijk aan de 'Dilf' of Burchtgracht. Zie ook Asaert (1978), p.58. Ongetwijfeld werd er reeds veel vroeger aan scheepsbouw gedaan te Antwerpen.

36 Van Beylen (1970), p.9.

37 Kaarten van Mercator, Van Deventer, e.a.

10 de morfologische ontwikkeling van de bovenloop van de Westerschelde en van de Zeeschelde

Toen de bovenloop van de Schelde en van de huidige Zeeschelde nog zonder getijde naar zee stroomde vertoonde de rivier over de ganse lengte, alle kenmerken van een regenrivier in een laagvlakte.

Zowel opwaarts als afwaarts ervan kon ze vrij meanderen. Hetzelfde gebeurde met de bijrivieren.

Opwaarts Gent werd de rivier in de 19de eeuw gekanaliseerd, waardoor talrijke bochten werden afgesneden. Om veelvuldige overstromingen te Gent te beteugelen werd in de 19de eeuw het afleidingskanaal van de Leie vanaf Deinze naar Schipdonk als afvoerkanaal in gebruik genomen. In de 20ste eeuw werd de ringvaart aangelegd. Tussen Gent en St. Amands werden regularisatiewerken (bochtafsnijdingen) en rivierverruiming uitgevoerd in de vroege 20ste eeuw.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de waterbouwkundige werken langs de Zeeschelde kunnen we o.a. verwijzen naar Haenecour (1944) en Meyvis (1977).

De rechtekkingen langs de rechteroever van de stad Antwerpen dienen in het bijzonder vermeld, omdat de onregelmatigheden in de rivierbreedte werden weg-gewerkt wat de stromingen belangrijk heeft beïnvloed en de getijvoortplanting naar opwaarts begunstigde.

11 ontwikkeling van het hydraulisch regime

Het regime van de benedenloop van de Schelde evolueerde van zuiver regenregime naar volkomen getijregime.

Uit het voorgaande is al gebleken dat de Schelde in haar benedenloop sinds een paar duizend jaar evolueerde van een rivier met zuiver fluviaal karakter ('*regenrivier*')³⁸, naar een tijrivier met uitgesproken mariene kenmerken. In een tijdspanne van enkele eeuwen onderging de rivier merkwaardige veranderingen, zowel wat de afmetingen, als wat de loop en het afvoerregime betreft. In de loop van de voorbije eeuwen verlegde de rivieruitmonding zich van de Maas via de Oosterschelde naar de Honte of Westerschelde, waarin ze tegenwoordig nog uitsluitend afwatert.

Schematisch kan men hierbij drie perioden onderscheiden:

- een zuiver fluviale periode met seizoensgebonden afvoer in een bedding van bescheiden afmetingen tijdens de zomer (zomerbed), en met grotere afvoer in een veel bredere bedding tijdens de winter, (winterbed). Deze periode eindigt te Antwerpen rond de 5de-6de eeuw.
- een overgangperiode naar tijregime, tussen de 6de en de 10de eeuw, waarbij het gemiddelde waterpeil steeg, het getij geleidelijk aan steeds verder en krachtiger in de rivier binnendrong en de grotere stroomsnelheden de rivierbodem bestendig erodeerden.

- de periode van uitgesproken tijregime vanaf de 10de eeuw, waarbij het getij steeds meer de bovenhand kreeg, de hoogwaterstanden verhoogden en de tijstromingen de rivierbedding steeds meer verruimden.

De natuurlijke ontwikkeling werd door de mens beïnvloed.

Deze ontwikkeling werd door de relatieve zeespiegelrijzing ingezet en dient dus primair als een natuurlijke ontwikkeling beschouwd. Door menselijk ingrijpen werd echter het zuiver natuurlijke karakter van deze ontwikkeling in een bepaalde richting gestuurd en hierdoor grondig beïnvloed. Door de bedijkingen werd sinds de 9de eeuw de rivier gedwongen in een bepaalde bedding te stromen. Hierdoor verhoogden de hoogwaterstanden, de watersnelheden en dus de erosie van de rivierbedding, volgens een zeer geleidelijk, eeuwen durend proces.

Het aanvankelijke overwicht van de Oosterschelde wat de uitstroming van de Schelde betreft, werd door de Honte geleidelijk overgenomen, wat zijn definitief beslag kreeg bij de afdamming van het Sloe en het Kreekrak in 1867, voor de aanleg van de spoorlijn door Zuid-Beveland en Walcheren.

In recentere tijden werd door baggerwerken ten behoeve van de scheepvaart de ontwikkeling van het hydraulische regime bijkomend beïnvloed.

38 *Het regime van een regenrivier in onze streken wordt gekenmerkt door een variatie van de debieten en waterstanden volgens de seizoenen. Afhankelijk van de regenneerslag, de verdamping en de opname van regenwater door de gewassen, de verwijdering van water uit het bekken door infiltratie naar diepere lagen, of door waterafname, wordt in de winter meer water afgevoerd dan in de zomer. Over een jaar gezien varieert de maandgemiddelde afvoer van de rivieren dus met de seizoenen volgens een geleidelijk cyclisch verloop.*

11.1 De relatieve zeespiegelrijzing sinds 2000 jaar

De zeespiegelstijging was de laatste 2000 jaar sterker dan algemeen wordt aangenomen.

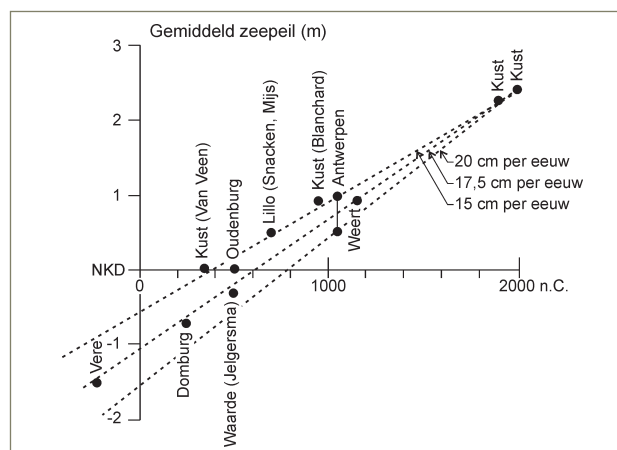
De relatieve zeespiegelrijzing ten opzichte van het land dient dus als primaire oorzaak aangewezen te worden voor de vorming en de ontwikkeling van het Schelde-estuarium. Over dit verschijnsel dat sinds de laatste ijstijd doorgang vindt, werden veel onderzoek verricht waarvan de resultaten niet volkomen eensluidend zijn. Omdat de uitgangshypothesen soms voor discussie vatbaar zijn, is een juist inzicht in de werkelijke toedracht van het fenomeen voorlopig nog niet mogelijk. De algemene trends die enkele onderzoekers aangeven komen overigens vrij goed overeen.

De periode die voor de Scheldeontwikkeling van bepalend belang was, omvat de voorbije 2000 jaar. Het is juist over deze periode dat zeer weinig vaststaande gegevens bekend zijn. Waar tot voor enige tijd de meeste onderzoekers van mening waren dat het gemiddelde zeepeil weinig of niet veranderde gedurende de voorbije 2000 jaar, wordt deze opvatting tegenwoordig meer en meer in vraag gesteld³⁹.

De stijgingstrend van het gemiddelde zeepeil aan onze kust, die men tegenwoordig vaststelt, namelijk een 15 tot 20 centimeter per eeuw, geldt waarschijnlijk al sinds minstens 2000 jaar. Men komt tot deze bevinding als men gegevens over overstromingstijdstippen van een aantal veenlagen en hun diepteligging in een tijddiepte-diagram uitzet, zoals figuur 24 toont. Het gaat hier uiteraard over gemiddelde peilen in m N.K.D.⁴⁰.

- 39 Van Veen (1936), p. 150, stelde een gemiddelde stijging van 15 tot 20 cm per eeuw vast aan onze kust. Deze vaststelling wordt door de latere getijwaarnemingen bevestigd. Gedurende de laatste 2000 jaar is er een grote kusterosie geweest. Een zeer geringe of bijna onbestaande stijging van het gemiddelde zeepeil in die periode is hiermede in tegenspraak. Aan deze oude, gedurende vele decennia onbestreden veronderstelling wordt de laatste tijd steeds meer getwijfeld Jelgersma (1985), p. 5).
- 40 Aan de kust ligt het veenpakket op een diepte van gemiddeld zowat 1 m onder het huidige polderpeil, dat circa op het peil 4 m gelegen is. Mits een tijverschil van 4 meter en een klink van 50 cm. in acht te nemen, volgt hieruit een gemiddeld zeepeil anno 300-400 van ongeveer 0,00 m Jelgersma stelde vast dat 1415 +/- 120 jaar geleden de top van het veen te Waarde overstroemde. Vermoedelijk vanuit de Oosterschelde. Rekening houdend met de ligging van de veentop op 1,85 m onder de gemiddelde zeespiegel, volgt hieruit als ligging van het zeepeil anno 500: ongeveer 2,75 m onder het huidige peil. Anno 950 kwam een einde aan het aanslibbingsproces van de Vlaamse Kustvlakte. Slechts de hoogste tijen bereikten dan nog het peil van de hoogste kleitoppen. Rekening houdend met de ligging van deze kleitoppen op 3,50 m, een gemiddeld tijverschil van 3,60 m en een tijverschil van 5,00 m voor de tien hoogste tijen per jaar, volgt hieruit een gemiddeld zeepeil op ongeveer 2 m beneden het huidige. Mits een klink voor het veen van 0,50 m in acht te nemen, kan men het zeepeil in die tijd op zowat 0,90 m situeren. Zettingen van de bodem ten gevolge van het samenpersen van klei- en veenlagen zijn afhankelijk van de belasting en van de ontwateringsmogelijkheden van die bodems. Ook kan door erosie of door uitvening het bodempeil dalen ten opzichte van het waterpeil. De zettingen kunnen dus grote plaatselijke verschillen vertonen. Nochtans moet men ook bedenken dat bij een historische reconstructie, toestanden worden beschouwd van bodem- en waterpeilen nadat de zettingen al gebeurd waren. Een analoge redenering leidt tot een gemiddeld zeepeil anno 200 v. Chr. te Vere (Jelgersma (1961), p. 37), van 3,90 m onder het huidige. Het kasteel van Bornem is gebouwd ter plaatse van een Romeinse nederzetting (Winkler Prins (1951) en Suykens (1953)). Gelet op de cota van het grondvlak (2 tot 3 m), lag het gemiddelde winterpeil (nog geen getij) in die tijd te Bornem onder de 2,50 m, en te Antwerpen onder de 2 m. Langsheen de Schelde verdrong het veen onder de polderklei met uitgesproken fluviatiele kenmerken, volgens Snacken in de eerste eeuwen van onze tijdrekening. De bodemkaarten van de polders, geologische profielen van Hasse, Dejardin e.a., boringen en terreingegevens bekomen ter gelegenheid van de grote havenwerken der laatste decennia, tonen aan dat zich langsheen de Scheldeboorden een veenlaag bevindt, waarvan de top thans op ongeveer 0,50 tot 1 m gelegen is. Het gemiddelde rivierpeil lag dan vermoedelijk niet hoger dan deze laatste cota. Te Lillo verdrong het veen volgens Mijs et al. omstreeks het jaar 700, te Oosterweel tussen 1840 en 1300 jaar geleden (Kiden (1987), p. 16), en in de Antwerpse polders anno 300-400 (Oost (1986) p. 147). Gelet op de hoogteligging van de top van het veen volgt voor deze laatste polders een gemiddelde waterstand van 0,00 m in de 4de eeuw. De funderingen van het Romeinse verdedigingsfort te Oudenburg liggen ongeveer op de cota 0,00 m. en wijzen op hoogwaterstanden die lager waren. Bij indijking van de Steenborgerweert in de 11de eeuw ten noorden van Antwerpen, lag volgens Hasse de veentop op zowat 0,60 m Mits een klink van 0,50 m. aan te nemen volgt hieruit een gemiddeld rivierpeil dat niet hoger dan 1,00 m. te situeren is. De ligging van de oude Scheldearm te Weert voor de wijziging van de Scheldeloop omstreeks 1200 wijst daar op een gemiddeld rivierpeil van ongeveer 1,50 m. Mijs et al. (1983) wijzen erop dat in de 12de eeuw het zeepeil minstens 1,50 m lager kwam dan tegenwoordig, gelet op de noodzakelijke afwatering van de alluviale vlakte van de Oude Schelde die op de cota 1,50 m gelegen is. Deze afwatering gebeurt bij een tijrivier tijdens de volledige duur van de eb. De diepteligging van het Nehallennia-altaar op het strand van Domburg, ontdekt in 1647, op 'enige voeten onder het zand' vormt eveneens een aanwijzing voor een zeepeilverhoging sinds 1700 jaar van minstens een paar meter. De hogere reconstructies laten uiteraard ruimte voor enkele dm. in plus of in min, maar de uiteindelijke trend die op de afbeelding tot uiting komt, komt opvallend overeen met de gemiddelde stijging van het zeepeil die men via de waterstandwaarnemingen aan de kust sinds ongeveer 100 jaar vaststelt.

figuur 24: Relatieve zeespiegelrijzing sinds 2.000 jaar. Tektonische bewegingen zijn hierin vervat.



Een algemene stijgingstrend van een 15- à 20-tal centimeter per eeuw van het gemiddelde zeepeil ten opzichte van het land blijkt hieruit onmiskenbaar. Met mogelijke inklinking van de veen- en kleibodems door uitvening of belasting en ontwatering werd globaal rekening gehouden. Ook eventuele verzakkingen van de pleistocene onderliggende zandbodems zijn hierbij impliciet verwerkt.

11.2 Het hydraulische regime van de Schelde

De waterstanden te Antwerpen kunnen als een indicator gelden voor de ontwikkeling van de volledige rivier.

Door een gelukkig toeval ligt Antwerpen zowat halfweg in de tijdzone van de Schelde. Omdat voor de bestudering van de ontwikkeling ervan uiteraard de meeste gegevens beschikbaar zijn voor Antwerpen of directe omgeving, zal hieraan de meeste aandacht geschonken worden. De evolutie te Antwerpen kan dan tevens als een indicator gelden voor het op- en afwaartse gedeelte van de rivier.

11.2.1 De fluviale periode

Tijdens de periode van regenregime reikten de hoogste waterstanden in de winter te Antwerpen niet boven de 2,5 m boven het nulpeil NKD uit. Het zomerbed was slechts circa 100 m breed en 4 m diep.

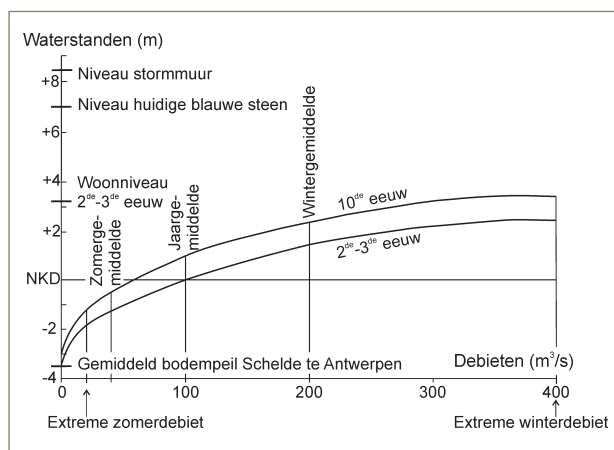
De belangrijkste kenmerken van een regenrivier in onze streken zijn de seizoenmatig bepaalde waterstanden en debieten, afhankelijk van de regenneerslag en de waterhoeveelheden die werkelijk naar de rivier afvloeien. Deze hoeveelheden hangen af van de afvoermogelijkheden van het stroomgebied en worden zeer sterk beïnvloed door de terreinbegroeiing. In natuurlijke omstandigheden mag men in onze streken aannemen dat van de totale regenneerslag op een stroomgebied er uiteindelijk een 65% langs de hoofdrijver wordt afgevoerd, zodat voor de Schelde afwaarts de Rupel het gemiddelde bovendebiet ongeveer 100 tot 120 m³/s bedraagt.

In die omstandigheden, moet de 'Neolithische' Schelde, zoals Haenecour ze noemde, bij gemiddelde snelheden van 25 tot 30 cm/s, voor Antwerpen een gemiddelde doorstroomsectie van zowat 400 tot 500 m² gehad hebben. In de winter moest de Schelde veel meer debiet afvoeren, gedeeltelijk langs het overstroomde winterbed. De uiterste waterstanden in de winter kunnen tot ongeveer 3,50 m gereikt hebben in de 10de eeuw. De top van de alluviale klei ligt aan de uiterste rand van de veengronden volgens Haenecour en Snacken immers op deze hoogte in het oosten van de Noorderpolders. Door de vroege bedijkingen was deze uiterste rand voor verdere aanslibbingen vrijwaard.

Beschouwingen van rivierhydraulische aard leiden er ons toe een waterstanden-debietenverband en typedwarsprofielen voor de Schelde te Antwerpen voor te stellen zoals op figuur 25 en figuur 26 werden weergegeven⁴¹.

41 De proeve tot reconstructie van het waterstand-debietenverband te Antwerpen, steunt op de aanname van een gemiddelde waterstand van 0,00 m anno 2de-3de eeuw, bij een gemiddeld debiet van 100 tot 120 m³/s, een extreem winterpeil van 2,50 m en een gemiddelde diepte van de rivier van 4,00 m. De grootste diepten bedroegen dan in het midden van de rivier 5 tot 6 m. De gemiddelde breedte kan men op zowat 100 tot 120 m schatten. Het waterstand-debietenverloop beantwoordt aan eisen van rivierhydrologische aard (Réménieras (1965), p.274, met debiet = const.x diepte^N, en aan de afvoermogelijkheden naar afwaarts, waarbij N kan variëren van 1,5 tot 2, voor zover de rivier niet buiten haar zomerbed treedt. Voor hogere waterstanden kan men extrapoleren naar de hoogst mogelijke waterstanden. Merk op dat Van Ertborn en Cogels (1886), p.XXIV, al de mening waren toegedaan dat in de pre-Romeinse tijden de Schelde veel geringere dwarsafmetingen vertoonde dan tegenwoordig. Het door hen voorgesteld gemiddeld debiet van 225 m³/s ligt evenwel aan de (te) hoge kant.

figuur 25: Waterstanden-debietenverband voor de Schelde te Antwerpen tijdens de fluviale periode.



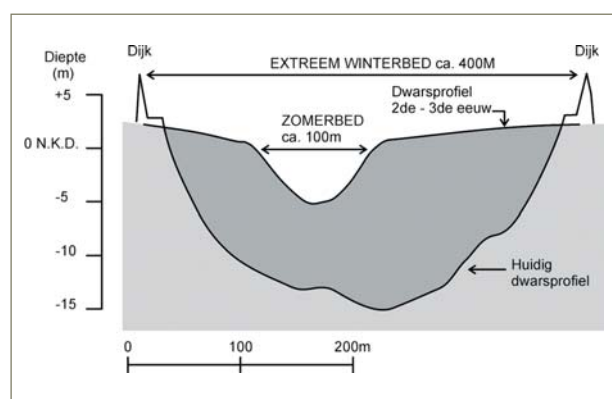
Het dwarsprofiel toont een smal zomerbed en veel breder winterbed. De gemiddelde diepten bedroegen zowat 4 meter. In het midden van de rivier was het wat dieper, een 5 tot 6 meter. Deze diepten komen overeen met de diepten van de Schijns en andere waterlopen die in de Schelde uitmondten in die tijd en die door Hasse werden onderzocht.

Voor de Schelde in de omgeving van Temse vinden we op analoge wijze een type dwarsprofiel van zowat 220 m² voor gemiddelde debieten van 65 m³/s en gemiddelde stroomsnelheden van 0,30 m/s met gemiddelde breedtes van ± 85 m en gemiddelde diepten van ± 2,50 m, in overeenstemming met het huidige profiel van de Oude Schelde in Weert.

Vloeide een kronkelende Schelde in de omgeving van Antwerpen onder Zwijndrecht door?

De Schelde vertoonde toen in de omgeving van Antwerpen een veel meer uitgesproken kronkelend verloop dan tegenwoordig. Waar de zomerbedding gelegen was ter hoogte van Antwerpen is niet meer met zekerheid

figuur 26: Typedwarsprofielen over de Schelde te Antwerpen. De enorme verruiming van de bedding van de rivier komt hier tot uiting. De gekozen schalen geven een zeer vertekend beeld van de werkelijke breedte/diepte verhoudingen (100 m/4 m).



vast te stellen, maar dat de Schelde een volledig ander stromingspatroon vertoonde mag men gerust aannemen, waarbij het opsplitsen in twee of meer armen evenmin mag uitgesloten worden. Een neolithische Scheldearm (of meer armen) vloeide misschien onder de 'hogere' oevers van Zwijndrecht door, zoals Haenecour meende, maar door P. Kiden (zie Warmenbol), niet wordt bevestigd. De benaming Zwijndrecht wijst erop dat men daar de rivier(-armen) kon oversteken. Misschien lag er voor Antwerpen in die tijd ook slechts een zeer bescheiden rivierarm die alleen bij het sterker doordringen van het getij in de rivier tot de enige grote stroomgeul is uitgegroeid. Het verleggen van een rivierarm in dergelijke omstandigheden is niet ongewoon. Er is een ander algemeen bekend voorbeeld aan te wijzen meer naar opwaarts toe, waar in de 13de eeuw de Scheldewateren de oude arm te Weert verlaten hebben ten voordele van het afwaartse gedeelte van de Durme. Te Antwerpen groeiden in de 5de-6de eeuw misschien de oude afwaartse beddingen van de Schijnsriviertjes en een rivierarm voor Antwerpen, uit tot hoofdarm, ten nadele van de geul voor Zwijndrecht, die geleidelijk dichtslibde.

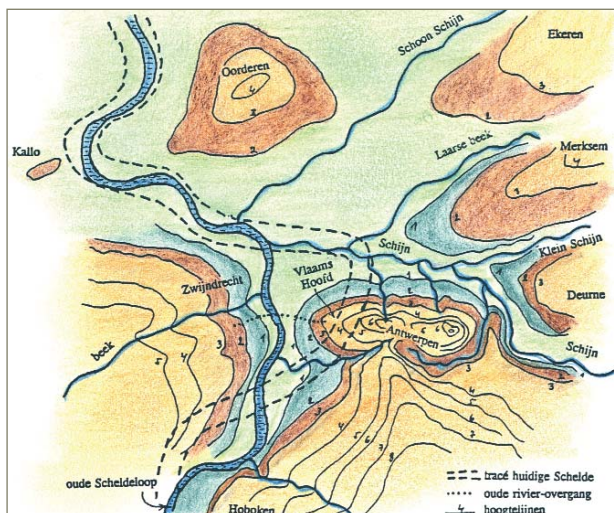
Was er een overgang mogelijk op het land van rechter- naar linkeroever te Antwerpen?

Zou het Vlaams Hoofd een restant zijn van een uitloper naar de linkeroever van de 'zandheuvels' waarop Antwerpen uiteindelijk gevestigd werd? In ieder geval werden er Neolithische overblijfselen gevonden nabij de funderingen van de oude St.-Annakerk op het Vlaams Hoofd, die op een begraafplaats kunnen wijzen. Reikten de bewoningsmogelijkheden in die tijd tot aan de overzijde van de huidige Schelde?

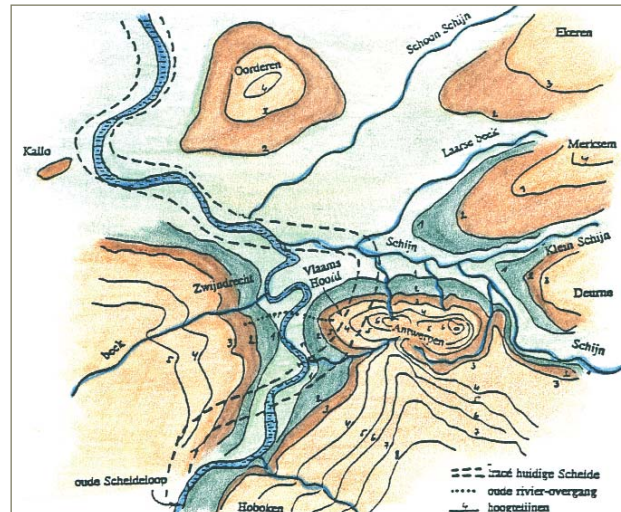
Uitsluitsel over de oude topografie kan alleen verkregen worden door een doorgedreven en systematisch bodem-onderzoek over volledige dwarssecties op de linkeroever, zoals door P. Kiden werd verricht voor de oude Schelde te Weert. De grondmechanische kaarten van Zwijndrecht geven hierover slechts indicaties. Bij het onderzoek naar de ontstaansgeschiedenis van de stad Antwerpen moet men deze mogelijkheden in ieder geval voor ogen houden.

Op de volgende figuren (figuur 27, figuur 28, figuur 29, figuur 30 en figuur 31) worden reconstructies voorgesteld van mogelijke situaties van de Neolithische Schelde met haar voornaamste bijriviertjes in de omgeving van Antwerpen.

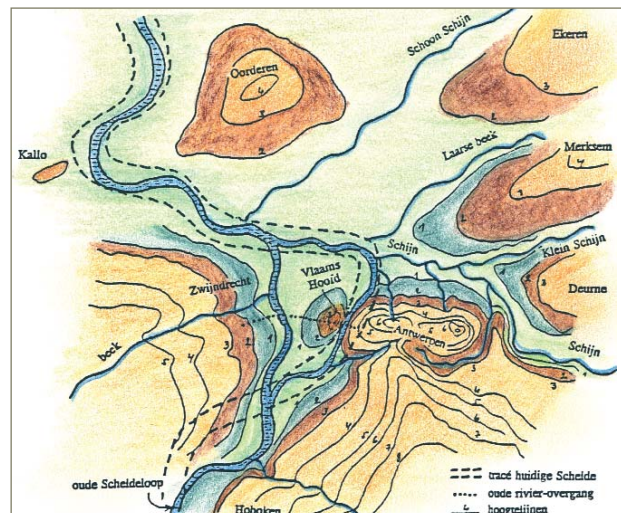
figuur 27: Mogelijke situatie van de 'Neolithische Schelde' in de omgeving van Antwerpen.



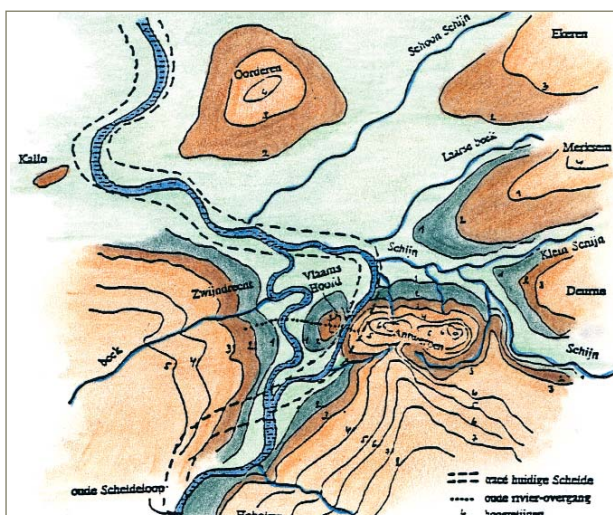
figuur 28: Mogelijke situatie van de 'Neolithische Schelde' in de omgeving van Antwerpen (variante).



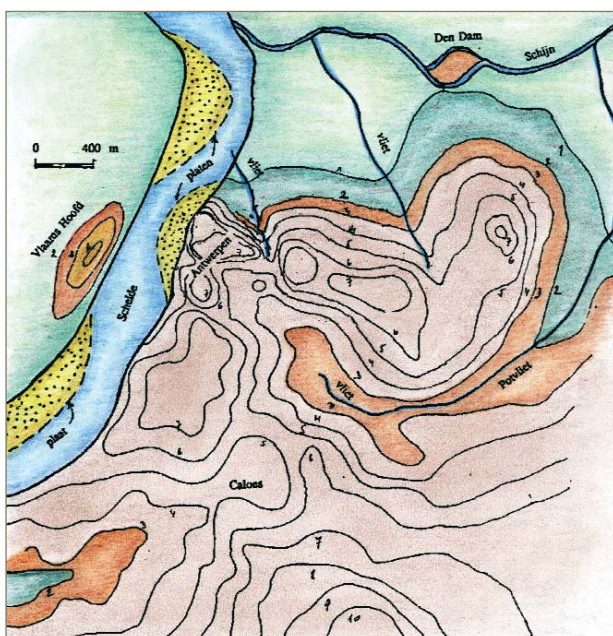
figuur 29: Mogelijk tracé van de Schelde in de omgeving van Antwerpen in de Romeinse tijd (variante).



figuur 30: Mogelijk tracé van de Schelde in de omgeving van Antwerpen in de Romeinse tijd (variante).



figuur 31: Mogelijk tracé van de Schelde in de omgeving van Antwerpen in de 9de eeuw.

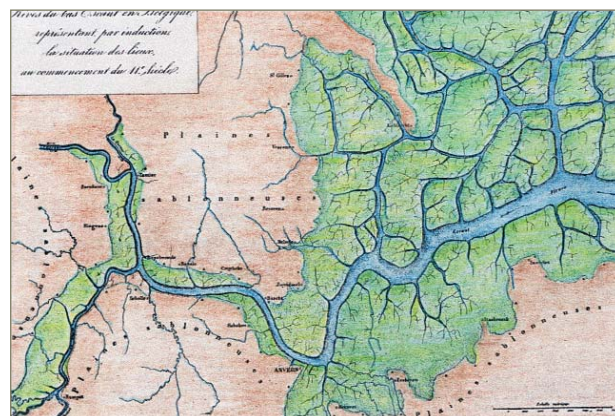


Het onderzoek van de polderbodem in de omgeving van Antwerpen en op- en afwaarts bevestigt ook de historische overlevering dat uitgebreide moerassen (veen) de rivier omzoomden in de pre-Romeinse en Romeinse tijd. Later werd het veen met rivierklei overdekt. Talrijke krekens en geulen doorsneden het landschap in de 11de eeuw en zorgden voor de afwatering naar de Schelde in de tijd dat het getij al tot Antwerpen doordrong (figuur 32). De rivierarm langs Zwijndrecht is na de 5de-6de eeuw dichtgeslibd. In de 20ste eeuw verdween de polder en de dichtgeslibde rivier onder meters Schelde-zand.

11.2.2 Het getijregime

Voor de periode van getijregime zijn de voornaamste rivierkenmerken de hoog- en laagwaterstanden welke zich tweemaal per dag voordoen, met veertiendaagse variaties van springtij over gemiddeld tij naar doortij. Onder de bijzondere omstandigheden van storm op de Noordzee kunnen de waterstanden zeer hoge peilen bereiken. De bovendebieten van de rivier doen zich enkel nog in het meer naar opwaarts gelegen riviergedeelte op de waterstanden gelden. Meer naar afwaarts toe worden de waterstanden bijna volledig door het getij bepaald.

figuur 32: De grenzen van de Schelde in de 11de eeuw op- en afwaarts Antwerpen volgens Kummer (1844). In het gedeelte afwaarts Antwerpen is de doordringing van het getij duidelijk merkbaar.



Een reconstructie van de evolutie van de waterstanden te Antwerpen sinds 2000 jaar.

Het is mogelijk gebleken door het verzamelen en verwerken van een groot aantal beschikbare gegevens een reconstructie te maken van de evolutie van de waterstanden van de Schelde te Antwerpen en dit voor de voorbije 2000 jaar.

Hierbij diende voor ogen gehouden dat ogenschijnlijk gescheiden gegevens met elkaar verbonden zijn.

Inderdaad gelden de betrekkingen:

tijverschil = hoogwater – laagwater

halftijstand = $1/2$ (hoogwater + laagwater).

De kennis van twee onbekenden uit deze betrekkingen op een bepaald ogenblik volstaat om de overige onbekenden te bepalen.

De gemiddelde waterstanden waarvan hier sprake, zijn gemiddelde waarden over een lange periode, bijvoorbeeld over verscheidene jaren genomen.

11.2.3 Gemiddelde hoog- en laagwaterstanden te Antwerpen

De getijwaterstanden worden voor de Schelde sinds 1871 vrijwel continu waargenomen in verschillende meetposten langs de rivier gelegen.

Naarmate men in het verleden teruggaat, worden de gegevens uiteraard steeds schaarser. Enkele waarnemingen van Pierrot (1871-1880), van Stessels (1862-1863), van Wolters (1842-1843), van Mailly (1835, minder betrouwbaar), een springtijhoogwater bij Vifquin (1807), een tijverschil voor springtij door de Comte de Ferraris (1766-77), een tijverschil bij springtij door Guicciardini vermeld in 1567, en een tijgegeven voor St.-Marie uit 1825, laten toe het verloop van de hoog- en laagwaterstanden, de tijverschillen en de halftijstanden tot in de 16de eeuw te reconstrueren. Daartoe dienden de waterstanden op hetzelfde vergelijkingsvlak betrokken en werd ook rekening gehouden met noodzakelijke correcties als gevolg van de 18,61-jarige cyclus die het getij ondergaat wegens de hellingsverandering van de maanbaan ten opzichte van de ecliptica⁴².

Hierna volgt een samenvatting van de gemiddelde waterstanden (in meter +NKD) en tijverschillen te Antwerpen in de voorbije eeuwen. De verlopen vanaf de 16de eeuw zijn op figuur 33, figuur 34 en figuur 35 weergegeven.

42 De getijden worden sinds een 120 jaar systematisch waargenomen in het Scheldebekken. Zie hiervoor ondermeer Theuns en Coen (1961-1970) of Claessens-Belmans (1971-1980). Voor perioden vroeger dan 1900, zie Van Brabandt (1901-1910), Van Brabandt en Pierrot (1907) en ook Pierrot (1896), Stessels (1862-1863), Wolters (1844), Mailly (1835), Van den Bogaerde (1825), Vifquin (1867), Comte de Ferraris (1777), Guicciardini (1567, 1588, 1612).

Voor de onderlinge vergelijking van de waarnemingen werden de nulvlakken vastgesteld. Nul Pierrot = Nul Krijgsdepot (NKD) = TAW + 0,08 m; Nul Stessels + 0,25 m + 0,13 m = NKD; Nul Wolters + 0,87 m = NKD; Nul Vifquin + 0,20 m - 2,98 m + 0,13 m = NKD.

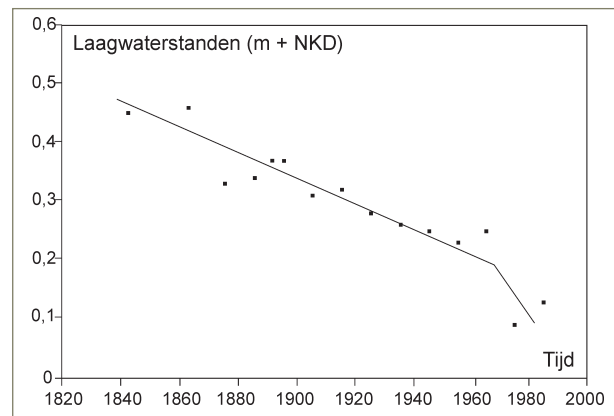
Met de periodieke variaties van het getij van ongeveer 18,61 jaar, te wijten aan de hellingsverandering van de maanbaan ten opzichte van de ecliptica werd ook rekening gehouden. De waarnemingen van Stessels en Wolters vallen in een periode van gemiddelde getijsterkte, met gulden getallen van respectievelijk 19,1 en 2. Het gulden getal van een jaar duidt de rang aan die het inneemt in de 19-jarige cyclus der schijngestalten, het epakta geeft de leeftijd van de maan min 1, op 1 januari. Zie bijv. bij Noorduyn (1911) of in de Ann.Bur.Long (1968).

Bij de Mailly vinden we een zomergemiddelde van 3,68 m tijverschil in 1835. Bij Van den Bogaerde een gemiddeld tijverschil van 3,95 m in 1825, (p.18: 'de gewone verhoging van een tij, gemeten aan het Fort de Marie van 3 ellen, 8 palmen, 6 duimen, die der nieuwe en volle maan van 4 ellen'). Bij de Comte de Ferraris: 'l'Escaut a vis à vis la ville d'Anvers... sur une profondeur de 24 pieds lorsque la marée est basse et de trente six lorsqu'elle est haute.', hetzij een tijverschil, vermoedelijk bij springtij, van 12 voet, hetzij 3,40 tot 3,50 m (Weense of Franse voet?).

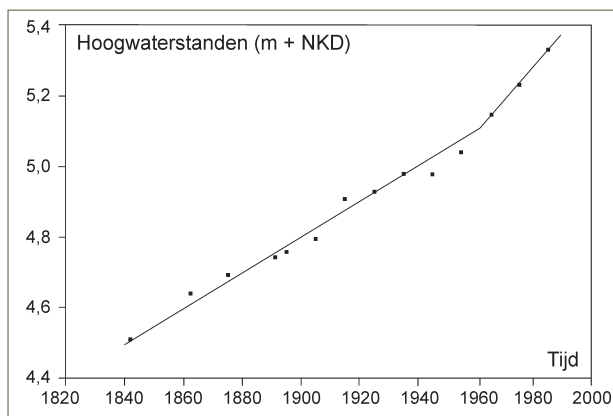
Bij Guicciardini (1588) vinden we voor Antwerpen: 'massimo quando il flusso del Mare è in colmo, che l'aumenta & alza per l'ordinario, presso a dodici piedi' of in de Kiliaanvertaling (1612) 'bezonder alst volle zeevloedt is, want dan wordt het water ghemeynlyck twaelfvoeten hooger.' Kennelijk gaat het hier om springtijwaarnemingen, wat met een Antwerpse voet van 26,68 cm een tijverschil van 3,44 meter oplevert bij springtij en van 3,00 m. bij gemiddeld tij.

Periode	Hoogwater	Laagwater	Tijverskil
1567			3,00
1766-67			3,50
1785			3,65
1807			3,80
1825			3,95
1842-43	4,51	0,45	4,06
1862-63	4,64	0,46	4,18
1871-80	4,69	0,33	4,31
1881-90	4,74	0,34	4,40
1891-00	4,76	0,37	4,39
1901-10	4,80	0,31	4,49
1911-20	4,91	0,32	4,59
1921-30	4,93	0,28	4,65
1931-40	4,98	0,26	4,72
1941-50	4,98	0,25	4,73
1951-60	5,04	0,23	4,81
1961-70	5,15	0,25	4,90
1971-80	5,23	0,09	5,14
1981-90	5,32	0,13	5,19

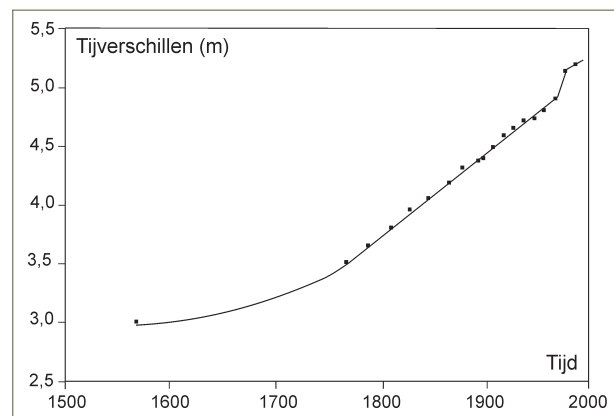
figuur 34: Evolutie van de gemiddelde laagwaters te Antwerpen volgens de beschikbare waarnemingen. Sinds 1842 zijn de laagwaters met zowat 35 cm gedaald.



figuur 33: Evolutie van de gemiddelde hoogwaters te Antwerpen volgens de beschikbare waarnemingen. Sinds 1842 zijn de hoogwaters met zowat 80 cm gestegen.



figuur 35: Evolutie van de gemiddelde tijverschillen te Antwerpen volgens de beschikbare waarnemingen. Sinds de 16de eeuw zijn de tijverschillen met bijna 2,50 m toegenomen.



11.2.4 Stormvloedstanden te Antwerpen en omgeving

In de loop der voorbije eeuwen deden zich tal van stormvloeden voor, die gepaard gingen met overstromingen zowel in Zeeland als in Vlaanderen. In kronieken wordt melding gemaakt van rampzalige stormvloeden aan onze kusten sinds de 6de eeuw (Friesland). Vanaf de 9de eeuw worden enkele stormvloeden vermeld, waaronder vooral de Juliaensvloed van 1164 en de Allerheiligenvloed van 1170 bijzonder hevig waren. Het ligt niet in de bedoeling een beschrijving te geven van de bijzondere stormvloeden met gevolgen aan de kust, maar wel de relevante stormvloeden te weerhouden met het oog op de reconstructie van de evolutie van de waterstanden te Antwerpen die als indicator geldt voor de ontwikkeling van de Zeeschelde. Dijkdoorbraken in het afwaartse gedeelte van de Honte en de Oosterschelde verhinderden dikwijls dat naar opwaarts toe het hoogwaterpeil dan bijzonder hoog steeg. Naarmate de afwaartse dijken stand hielden bereikten de stormvloedstanden te Antwerpen steeds hogere recordhoogten. Het is dan ook slechts vanaf de 12de eeuw dat er te Antwerpen melding gemaakt wordt van overstromingen.

Oude bronnen leveren informatie over de stormvloedstanden sinds de 12de eeuw.

Omdat de gevolgen van buitengewone stormvloeden bij overloop of doorbraak van de dijken soms zeer rampzalig waren, werd er in de oude kronieken melding van gemaakt. De informatie die hierin gegeven wordt laat in sommige gevallen toe de opgetreden hoogwaterstanden te schatten.

Volgens Prims wordt voor het eerst melding gemaakt van dijkbreuken te Lillo en Zandvliet in 1228-1239. Elders schrijft hij, handelend over de Antwerpse polders:

'vanaf 1170 vernemen we van dijkbreuken.' De oudste Scheldedijk bestond zeker vóór 1100⁴³. In de kronieken van de St.-Michielsabdij te Antwerpen, die blijkbaar het beheer over de dijken uitoefende, worden geen overstromingen uit de 12de eeuw vermeld, ook niet deze van 1175 die volgens Torfs het dorp Saeftinge overstroomde. De eerste vermelding in de akten van deze abdij betreft de dijkbreuken in het *'Nortlant'* van Zandvliet van 1272⁴⁴.

Tijdens de winter van 1283-1284, worden Berendrecht en Zandvliet zwaar getroffen. Het herstel van de dijken mislukt waarschijnlijk en in 1329 blijven er *'van de driehonderd woonhuizen te Berendrecht nog amper vijf over welke evenals de kerk en het kerkhof in gevaar zijn van te versmoren.'*⁴⁵

*'In 1288 hevet soo hoogen vloet geweest, dat het dorp Lillo bij Antwerpen gans onderliep ende verdronck.'*⁴⁶

De St.-Catharinavloed in 1304.

In 1304 was er een zeer hoge stormvloed op Sinte Catharienedag die Walcheren, Beveland en Zeeuws-Vlaanderen teisterde maar te Antwerpen, voor zover bekend, weinig schade veroorzaakte.

De vloed van 1322.

Op 9 september 1322 was er echter zulke hoge vloed dat het water op het O.-L.-Vrouwekerkhof stond en er veel land verdronk om en rond de stad: *'Item, op dit jaer gingen die hooge vloeden, soe dat vele lands verdranck in Hollant, in Zeelant, in Vlaenderen ende in Brabant. Doen ginck die vloet t'Antwerpen op onser Vrouwen-kerckhoff. Dit was des Vrijdaechs na onser Vrouwendagh der Nativiteit in den herfst.'*⁴⁷

43 Prims: *Gesch.v. Antw. Fastes p.2.en Antw.1951, p.40.*

44 Goetschalckx (1909), p.225.

45 Prims *Antw.1953, p.23.*

46 Bertrijn G., *Van den Eynden (1887), p.141.*

47 *Van den Eynden (1887), p.141.*

Belangrijke overstromingen tussen 1420 en 1445.

Tijdens de periode 1420-1445 doen zich opnieuw belangrijke overstromingen voor door stormtij te Antwerpen. In 1445 liep volgens de kroniekschrijvers het kerkhof van de O.-L.-Vrouwekerk onder water; de kerk zelf blijkt niet: *'In dit selve jaer was al te grooten vloet, soodat het water stont tot Antwerpen op Onser Lieven Vrouwen Kerckhof, op de Palmen Sondagh, welcken was den Xen April.'*⁴⁸

De Cosmas en Damiaensvloed in 1477.

In 1477 (Cosmas- en Damiaensvloed), vijf dagen na volle maan kwam het water te Antwerpen tot aan de St.-Walburgiskerk in de Burcht: *'in 't selve jaer op de seven en twintichsten dag van September, was seer grooten storm van winde acht huren lanck, binnen welker tydt twater so hooghe vloeyde, dat men seide dat binnen hondert jaren so hooghe niet ghevloeyt en hadde in so clenen tijdt, want 't water stont 't Hantworpen aan de Burchtkercke, de schepen vloteden op de Werf, op 't Bierhooft ende ander caeyen...'* en ook: *'Te Antwerpen stond het water enige voeten hoog op het hoofd en de kaayen, zoo dat de schepen boven dezelve vlot lagen...'*⁴⁹

In de 16de eeuw deden er zich opnieuw buitengewone stormvloed en recordwaterstanden te Antwerpen meebrachten.

De St.-Felixvloed op de 'Quade Saterdag'.

Anno 1530 de 5de november (volle maan), Sint Felixdag, ook 'Quade Saterdag' genoemd, *'doen was 't eenen grooten storm van winde, met den noordwesten, ende het was 's noenens ten twaalfuren soo hoogen vloet, daermen oyt wist tot Antwerpen af te spreken'*, en *'totten eynde vander Schelde wast water seer extraordinaris ontstuygmigh,*

soo dat den dyck van Vlaenderen by Antwerpen ten drie plaetsen inbrack, ende daer verdroncken vele beesten die in de weyde waren...'

De Allerheiligenvloed van 1532.

Anno 1532, op 2 november (volle maan): *'den 2 november op alder Sielen dagh, ten acht uren voor noen op een saterdag, soo was tot Antwerpen die tweede hooge vloet, die ommers soo groot was ende soo veele schade dede als die eerste int jaer van 1530', 'maar nyet soo hooge als anno 1530 op eenen voet nae.'*

Hoge vloed in 1551 en 1562.

Anno 1551 *'de 13 January t'Woensdaegs t'savonts ten vijf uren ist tot Antwerpen geweest die vierde hooge Vloet, daer men affwist te spreekken. Want het water was een palm hooger gevloeyt dan int jaer 1530...'*, *'ende soude nogh gevloeyt tot den acht uren, maer den dijck in Vlaenderen tegenover Austruweel brack door noch soo liep den dijck bij Hoboken oock doore.'*

Anno 1551 *'den 15 february s'maandaghs ten 10 uren is gevloeyt tot Antwerpen die vijfde hooge vloet, twee vingeren nae soo hooghe als de voorgaende.'*

Anno 1562 *'den 6^o vloet, den 12 Juny.'* volgens *'De Rolle van de quaden tijt.'*⁵⁰

De beruchte Allerheiligenvloed van 1570.

Anno 1570, Allerheiligenvloed, 3 dagen na nieuwe maan: *'Den 1 November 1570, op Allerheyligendach heeft t'Antwerpen savonds tusschen zeven ende acht uren, alsoe grooten water ende vloet, ende storm van winde geweest, alser noch oyt binnen veertich jaeren gesien ende geweest is...'*

48 Rolle van den quaden tijt. (Stadsarchief Antwerpen).

49 Van den Eynden (1887), p.141.

50 Rolle van de quaden tijt. (Stadsarchief Antwerpen).

Item, zommighe schepen op de werve, ende een schip met drye masten op de engelsche caye, zijn op d'landt, te wetene op de strate op de caye gedreven ende aldaer blijven steken'. En ook: 'Te Antwerpen stond het water tot in de Lieve Vrouwe Kerk, en een geladen vaartuig, honderd en vijftig voet lang, dreef op de Engelse Kaai.' Te Antwerpen rees het water een voet hoger, dan bij de vloed van 1530: 's'avonts ten negen uren te Antwerpen eenen voet passeerde boven de vloet van anno 1530 alser 76 Prochiën verdroncken, ende wel twee voeten hooger dan het was Anno 1552' (Van Meteren).

Een nieuwe recordvloed in 1682.

In de 17de eeuw valt vooral de vloed van 26 januari 1682 te vermelden, twee dagen na volle maan. Te Antwerpen liep het water in de O.-L.-Vrouwekerk, en op de Werve stond 9 tot 10 voet water volgens Gutberleth. *'Tot Antwerpen liep het water mede in de Lieve Vrouwe Kercke, en deed veel Sarcken 4 à 5 voeten diep instorten'.* En ook: *'Van Antwerpen heeft men adwijs, dat de wateren soo hoogh gerezen zijn, datse omtrent 9 à 10 voet boven de werven hebben gestaen, soo dat alle Dijcken, Dammen en Polders, van wat naem die zijn, onder zijn geloopen, en menschen en vee in groote menighe verdroncken.'* En ook: *'De crane stont ene mans lenghte onder water, de heele nieuwstadt, het geheel Clapdorp, oock Onze Lieve Vrouwekerk stondt onder water, soo dat de sercken soncken.'* En ook: *'het water tien voet hoog boven de werven stond, tot in de Lieve Vrouwekerk doordrong en aldaar verscheidene graven deed instorten.'*⁵¹

Een reeks vloed in de 18de eeuw.

Ook in de 18de eeuw werden nieuwe recordhoogten waargenomen.

Op 15-16 november 1773 wordt de 'Grote Beuk, bijzonderlijk den Oxael van den hoogen Choor, eenige

*palmen diep onder water gezet. Dezen Springvloet schat men omtrent zoo hoog te hebben geweest, als die van 7 Meert 1715, of 2 december 1763. Men had in 't Jaer 1736 twee diergelijke overstromingen, waer van d'eene wat hooger is geweest, als die van 1763. Die van 't Jaer 1739 was zoo geweldig niet; zoo dat die in Meert 1715 en dees laetse buyten geheugen de hoogste zyn geweest.'*⁵²

Op 3 maart 1715, 2 dagen voor nieuwe maan kwam het water 14 duim hoger dan in 1682 en 22 duim hoger dan in 1570. Volgens een andere bron: *'ende opswol hooger ontrent eenen voet als in 't jaer 1682.'*⁵³

Op 2 december 1763: *'Vrijdag 2 deser, swol den Schelde met eenen styven west-noorden wint op den middagh soo hoogh, dat ontrent 2 uren naermiddagh seffens den vloet met eene geweldige verrassinghe de visch-merkt, de kelders en leeghtens der stadt naest de haeve overstroomde; en de stadskraan wel 5 voeten in het water settede, soo verre dat er voor de thoren en zijpoorten der Cathedrale dammekens moesten geleght worden om de opbortelingh der onderaertsche waterleydingen uyt de gemelde hoofd-kerck te houden... Maer in 't jaer 1715 is 't buyten alle geheugen de hoogste geweest, en ontrent den voet hooger als de tegenwoordige.'*⁵⁴ *'Na middernagt van 15 tot 16 swol den Schelde... door dewelke men langs de toren en zijdepoorten der cathedrale rond de groote beuk, bijzonderlijk voor den oxael van den hoogen choor enige palmen diep onder water gezet, verscheyde zerken opgeligt, en den vloer hier en daer weggespoeld, en ingezonken. Dezen springvloet schat men omtrent zoo hoogh te hebben geweest als dien, waer over het stuk der policie wird uytgekondigd eene ordonnantie op 7 meert 1717.'*⁵⁵

Op 14 november, 1775, laatste kwartier der maan, *'Niettegenstaende de afgaende Maen deed den West-Noordelijken stormwind Dynsdag door de baeren der Schelde wegbreken de Brugge en Pylwerk van 't groot Bierhooft buyten de Koninklijke Poort. 's Avonds het water opnieuw was-sende, heeft den geweldigen wind vermengd met Donder en*

51 *Rolle van den quaden tijt, (Stadsarchief Antwerpen), Van den Eynden (1887), Gutberleth (1703), Van Hoek (1808).*

52 *Gazette van Antwerpen, 19 november 1773.*

53 *Van den Eynden (1887), p.148.*

54 *Gazette van Antwerpen, 6 december 1763.*

55 *Gazette van Antwerpen, 19 november 1773.*

*Blixem, een springvloed veroorzaekt, den welken om 7 uren begonst de Haeve, en de Nederstad te overstroomen, tot dat om tien uren het water begonst te vallen. Dezen springvloed is bijna zoo hoog geweest als dien voorgevallen in Meert 1715, en dien na meddernagt van 15 tot 16 november 1773, welke men geheugd de hoogste te zijn geweest, en schaedelijker als dien van 2 december 1763.*⁵⁶

Op 20-21 november 1776 's nagts van 20-21 deser... dezen vloed is vier à vijf duymen laeger geweest als dien van 14 november van 't voorlede jaer.⁵⁷

De informatie over de stormvloed uit de 18de eeuw, na 1763, komt voor het grootste deel uit de Gazette van Antwerpen.

Een gedenkwaardige reeks recordstormvloeden in de 19de en 20ste eeuw.

En de reeks ging in de 19de eeuw verder: Anno 1808, 15 januari, 's morgens om 4 en halfueren, was het water reeds twee voeten hooger dan oyt geklommen... De parochiaele kerke van O.L.V. die voorheen dikwils aen den water-vloed onderhevig was, en uyt dit inzicht over 5 à 6 jaeren door aenzienlijke onkosten merkelyk opgehoogd, heeft wederom het water tot aen deszelfs choortaer zien indringen.⁵⁸

Volgens J. De Kanter is de Schelde dan te Antwerpen: '18 duimen hooger gestegen dan men hare hoogte immer zag. Deze waarneming geschiedde aan een Steen, in het begin der vorige Eeuw aan het Vlaamsche Hoofd geplaatst, met oogmerk om de grootste waargenomen hoogte dier Rivier aldaar aan te tekenen.'⁵⁹

56 Gazette van Antwerpen, 17 november 1775.

57 Gazette van Antwerpen, 26 november 1776.

58 Gazette van Antwerpen, 18 Januari 1808.

59 De Kanter (1808), p.35.

60 Codde en De Keyser (1967), p.32.

61 Ministerie Nationale Opvoeding en Nederlandse Cultuur (1976).

62 Zie hierna onder nr.74.

63 Persoons (1980). De data op de ingemetselde gedenkstenen houden verband met verhogingswerken aan de sasmuren, als bescherming van de laaggelegen polders tegen de stijgende stormvloedstanden. De opgemeten hoogten van de merktekens bedragen in m+NKD: voor 1592: 4,80 m; voor 1676: 5,50 m; voor 1846: 6,30 m; voor 1866: 6,60 m (ir. Kerstens, Dienst Zeeschelde).

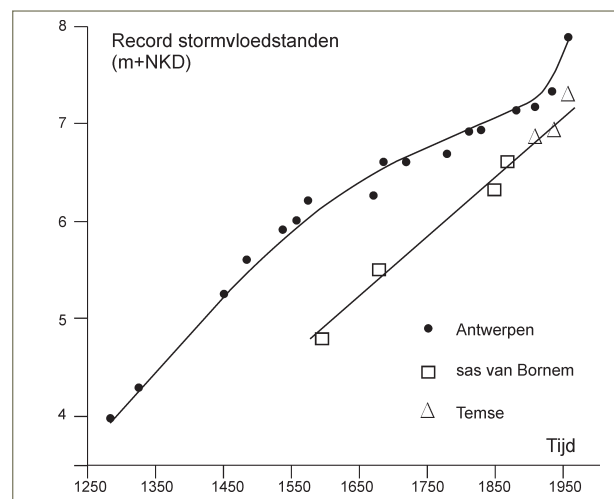
In 1825 op 4 februari bereikte het waterpeil een recordhoogte die te Antwerpen werd ingebeiteld in het sluishoofd van de Bonapartesluis. Hetzelfde gebeurde met de waterstand die op 31 januari 1877 werd bereikt en die 20 cm hoger kwam dan in 1825⁶⁰. Vanaf 1825 tot op heden beschikt men over stormvloedstanden, die op betrouwbare waarnemingen slaan.

Ook in de 19de en 20ste eeuw worden de recordstanden steeds opnieuw overschreden. De hoogste stormvloedstand tot op heden werd te Antwerpen op 2 februari 1953 waargenomen en bereikte 7,77 m (+TAW).

De recordstormvloedstanden te Antwerpen sinds de 13de eeuw.

De verzamelde gegevens over de stormvloedstanden hebben ons toegelaten het verloop ervan sinds de 13de eeuw te reconstrueren voor Antwerpen en directe omgeving. Op de tabel hierna en op de afbeelding zijn de hoogwaterstanden van de recordstormvloeden weergegeven. De gelijkmatige, steeds stijgende tendens van deze stormvloedstanden springt in het oog.

figuur 36: Stormvloedhoogwaterstanden te Antwerpen en aan het Sas van Bornem (Weert) en Temse, afgeleid van waarnemingen. Sinds de 13de eeuw is de recordstormvloedstand met bijna 4 meter gestegen.



Om de gegevens te kwantificeren werd bijkomend gebruik gemaakt van ondermeer de hoogteligging van de vloer van de O.-L.-Vrouwekathedraal die sinds de 14de eeuw met minstens 2,10 meter werd opgehoogd⁶¹. Nadat in 1352 begonnen werd met de bouw van de kathedraal, werd het geplande vloerpeil verhoogd met drie voet, tengevolge van overstromingen: *'Anno 1420, int selve jaer, was onze Lieve Vrouwe Kerke tot Antwerpen gehooft met aerde omtrent dry voeten ende dat dede doen Nicolaes Aleyn kerkemeester ende doen begonst men vande eerste den toren te funderen der voorzeide kerke aan de Noordzijde'*. In latere eeuwen werden nog bijkomende vloerverhogingen uitgevoerd, o.a. in 1750 en rond 1800. Ook de hoogteliggingen van de Werf en het Kranenhoofd, van de St.-Walburgiskerk in de Burcht, van dijk-kruinen, van polders op de linker- en rechteroever en van dorpen zoals Lillo, Berendrecht, Wilmarsdonk en Zandvliet werden in aanmerking genomen⁶².

In het Oude Sas te Weert (Bornem) werden ter gelegenheid van verbouwingswerken een aantal jaartallen in gedenkstenen ingebetseld en op welbepaalde hoogten ingemetseld. Het verloop van deze hoogtemerken met de tijd vertoont een zeker parallellisme met het verloop van de stormvloedstanden over dezelfde periode te

Antwerpen en staat ontegensprekelijk in verband met de stijging van de hoogste waterstanden (figuur 36)⁶³. De lagere extreme waterstanden te Weert dan te Antwerpen wijzen op een aftopping van de vloedgolf door het vollopen van polders of nog onbedijkte schorren.

De steeds hoger klimmende stormvloedstanden hadden steeds opnieuw dijkbreuken ten gevolge, waarbij de herstelling en verhogingswerken sporen nagelaten hebben in allerlei akten en rekeningen die bewaard gebleven zijn. Hierdoor is de idee van *'plotse waterstandverhogingen'* ontstaan. F. Prims suggereert in dit verband een *'vrij plotse verhoging van de hoogwaterstanden met ongeveer 1,50 meter'* rond het einde van de 13de eeuw. Het is duidelijk dat de systematische bedijkingen langs de Oosterschelde en de Honte en ook naar opwaarts toe, in die tijd de stormvloedstanden *'plots'* verhoogd hebben over de volledige Beneden-Schelde. De gemiddelde dagelijkse hoogwaterstanden stegen echter waarschijnlijk toch meer geleidelijk ten gevolge van de trage erosie van de Scheldebedding.

Hierna volgen de gereconstrueerde recordhoogten van de stormtijhoogwaters der voorbije eeuwen (vanaf 1825 volgens nauwkeurige waarnemingen).

Datum	Peil Antwerpen (m + NKD)	Bemerkingen
1283-1284	4,00	Berendrechtkerk ligt op 4,00 m
1322 (9/9)	4,20-4,40	Kerkhof O.-L.-Vr. overstroomd
1445 (21/2)	5,25	Idem, maar veel hoger
1477 (27/9)	5,50-5,70	Burchtkerk overstroomd, vloer op 5,00 m; koor op 5,90 m
1530 (5/11)	5,90	1 voet hoger dan in 1477
1532 (2/11)	5,90	vergelijk 1530
1552 (13/1)	6,00	1 palm hoger dan in 1530 (Prims)
1570 (1/11)	6,20	1 voet hoger dan in 1530 (Royers)
1666	6,25	peil 1682-1,5 vot (Prims)
1682 (26/1)	6,50-6,70	lager dan 6,80 m
1715	6,40-6,80	
1773 (16/1)	6,50-6,85	In O.-L.-Vr. kerk water enige palmen hoog
1808 (14/1)	6,90	18 Rijnlandse duimen hoger dan in 1773 (De Kanter)
1825 (4/2)	6,92	Zie Bonapartesluis (Codde)
1877 (31/1)	7,12	Zie Bonapartesluis (Codde)
1906 (12/3)	7,15	Tijwaarnemingen
1930 (23/11)	7,30	Tijwaarnemingen
1953 (1/2)	7,85	Tijwaarnemingen

Datum	Peil Bornem ⁶³ (m + NKD)
1592	4,80
1676	5,50
1846	6,30
1866	6,60

Datum	Peil Temse (m + NKD)
1906 (12/3)	6,85
1930 (23/11)	6,90
1953 (1/2)	7,30

11.2.5 Voortplanting van het getij aan de kust en in de Schelde

Een parameter die toelaat de ontwikkeling van de voortplanting van het getij te volgen is de haventijd, waarmee hier bedoeld wordt: het tijdsverschil dat men waarneemt tussen de meridiaandoorgang van de maan bij volle of nieuwe maan en het eropvolgende hoogwater in de beschouwde plaats.

Voor het voorspellen van tijdstippen van hoogwater werd sinds de 13de eeuw gebruik gemaakt van haventijden. Bretoense zeevaarders waren hierbij de pioniers.

Sinds eeuwen heeft men voor voorspellingen van hoogwatertijdstippen ten behoeve van de scheepvaart gebruik gemaakt van haventijden. Voor Londen zijn hierover gegevens bekend die teruggaan tot in 1213⁶⁴.

Als eerste werkelijk op de praktijk van de zeilvaart afgestemd gegeven vermeldt Gernez een diagram dat werd teruggevonden in een Catalaanse atlas van omstreeks 1375, met haventijden voor havens langs de Engelse en Franse kusten⁶⁵.

Bretoense getijdenkaarten die bestemd waren voor de zeevaarders om de hoogwatertijdstippen te bepalen in functie van de maanstand werden al voor 1450 vervaardigd. Voor haventijden aan de Engelse en Franse kusten is de merkwaardige getijdenkaart van G. Brouscon daterend van 1548 illustratief, waarop

haventijden voor onze kust zijn aangegeven van ongeveer 12 uur bij volle of nieuwe maan, zoals dit nog steeds het geval is⁶⁶. Op de oudst bekende Bretoense getijkaart van rond 1450 echter is voor de haventijd te Antwerpen vermoedelijk 6 uur opgegeven⁶⁷.

In de 16de eeuw was het gebruik van haventijden zeer algemeen in de scheepvaart. De eerste getijvoorspellingen voor algemeen gebruik werden in almanakken opgenomen. Rembert Dodoens als getijdevoorspeller!

Eigen onderzoek bracht aan het licht dat in de tweede helft van de 16de eeuw het gebruik van haventijden zeer algemeen was in de scheepvaart. In handleidingen voor de zeevaart, maar ook op zeekaarten uit die tijd, of op almanakken, waarvan de oudste die door ons werd teruggevonden dateert van 1556 werden haventijden voor ondermeer Antwerpen aangegeven. De almanak van Meester Pieter van Goorle van 1556 vermeldt aldus haventijden voor veertien plaatsen aan de Vlaamse en Nederlandse kusten gelegen en langsheen de Oosterschelde, de Honte en het Scheldebekken. Hierbij zijn speciaal Antwerpen met 6 uur, en Baesrode en Mechelen met 8 uur te vermelden: *'Die getijden des veerschaps van Brabant / Hollant / Zeelant / Vrieslant. Als die Mane ôtvangt oft vol is / so ist hoochwater Tantwerpen / Ouden bossche / ter Gouwe / Sparendâ te vi. urent savonts oft smorgens / en leech water op die selve plaetse te xij. ure sdaechs oft snachts. Alle quartier vander Manen ist hooch water te xij ure sdaechs en snachts op die selve plaatsen / en reket alle dage een ure af van der nyeuwermane oft volle*

⁶⁴ Doodson (1941), p.137; Taylor (1956), p.136; Gernez (1949), p. 4.

⁶⁵ Taylor (1971), p.180.

⁶⁶ Waters (Ruther), fig. 12.

⁶⁷ Taylor (1971), figuur tegenover p.180.

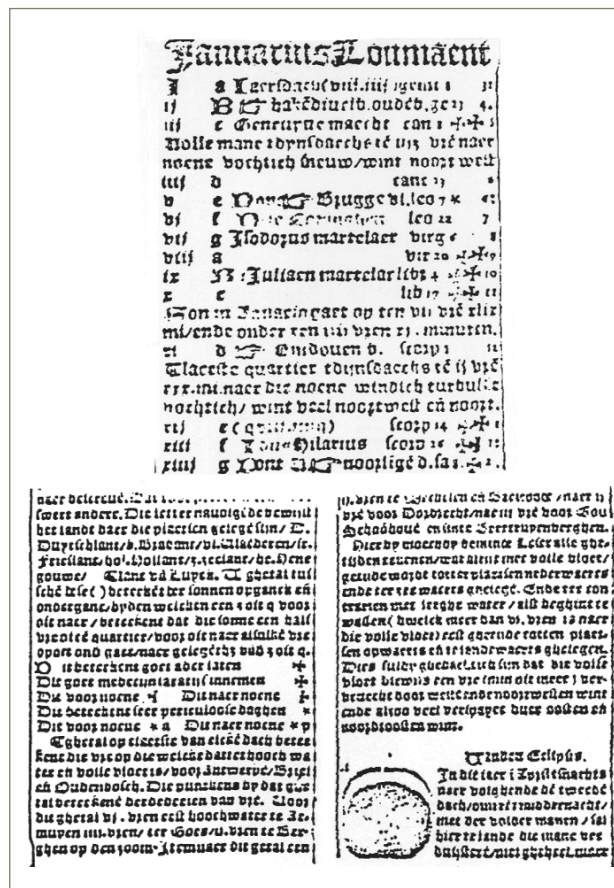
mane / oft quartieren / so hebby altijd die ghetijden vanden voorscreven plaetsen. Item Mechelen en te Baesrode ist altijd hooch water oft leech water ontrêt ij. uren daer nae te weten hoochwater metter nyeuwer oft voller mane ontrêt viij. ure smorgens oft tsavôts / en leech water ontrent twee ure sdaechs oft nachts / en alle quartiere vander Manen ist hooch water ontrêt ij. ure sdaechs oft nachts en leech water ontrent viij. uren smorgens oft savôts. Als de mane vol oft nyeu is / soo ist hooch water te Amsterdam / Rotterdam / Dordrecht en voor die Mase / tot Enchuysen / Harlinghe / Worcum / Ter Scellinghe / Staveren ende voorts alle die Driessche side hooch water Suytoost en Noortwest te iij. uren tsavonts oft smorgens. En alle Quartieren zuytoost oft Noortwest ist tot dese plaetsen hooch water te ix. uren tsavonts oft smorghens.' (zie figuur 37).

De almanak voor het jaar 1558 van Meester Rembert Dodoens geeft al meer informatie, doordat naast de haventijden voor 9 havens, het dagelijkse hoogwater voor Antwerpen opgegeven wordt op derde delen van een uur na: 'Die puntkens bij dat ghetal beteekent derde deelen van ure'. Ook wordt op mogelijke vervroeging van het hoogwater door westen- of noordwestenwind en verlating ervan door oosten- of noordoostenwind gewezen (figuur 38). De eerste getijdenboekjes voor de scheepvaart op Antwerpen dateren voorwaar minstens al van in de 16de eeuw.

figuur 37: Uittreksel uit de almanak van Pieter van Goorle (1556).



figuur 38: Uittreksel uit de almanak van Rembert Dodoens (1558).



Een mooi voorbeeld is de almanak voor het jaar 1581, van Willem de Briese, met de 'Vloeden van Brabant / Zeeland / ende Vlaendren.: Als die Mane vol ofte nieu is / soo ist hoochwater op desen nae beschreven plaetsen / op alsulcken ure als daer gheteekent staet / tsy tsavonts oft smorghens... Amstelredam iij, Antwerpen vi, Oudenbosch vi, Bergen op zoom iij, Baesrode viij, Bochoute ijz, Blanckenberghe i, Brusschelse have by Boomen vij, Calis xi, Dendermonde viij, Dort iij, Duynkercke xij, Edam ijz, Ermuyen i, Gouwe vi, Ghent voort Schelde x, Goes ijz, Grevelinghen xi, Ghentsche vaert ijz, Heyst xijz, Mechelen viij, Middelborch ijz, Neusch ijz, Nieupoort xijz, Oosthende xijz, Rotterdam iij, Sluys iz, Siericzee ijz, Sparendam vij, Temsche vij, Vere i, Vlissinghe ij, Biervliet ij.' (i, j en z staan symbool voor respectievelijk 1, 1 en 1/2 uur) (figuur 39).

Dit sijn die Gheden van

Viantant/vrant/ende
Viantien.

Als die Alme vel ofte niemot / soos ich boech
mater en oeken was bescheyuen placien / sy
allucken vte als daer querecneut daer / sy
tmonits olt (moogent) ende alle Quareieren so
in daer leetn water ende teit alle daghe een vte al
soo iult ghy altoos v getrouwen hebben/uit het waer
v eene den dooplole lippen doet.

Amsterdam	ist	Dore	ist.
Anwerpen	de	Sterringhen	ri.
Ondenboich	de	Sternede daes	ist.
Bergen op zoom	iui	Tryd	fyt.
Bariode	dus	Kirchen	den.
Bachoue	ij	Middelboep	ije
Blancenberghe	i	Meisch	ije
Duvelsche paus by		Nurupoost	nys
Doornen	du	Oodende	fyt.
Calis	ri	Korterdam	ist.
Hendermonde	dus	Shurs	ij.
Dolt	iui	Sierice	ij.
Purnkerke	rit	Spendam	dy.
Ebam	ij	Teniche	dij.
Emuren	i	Dre	ie
Bouwe	de	Diamgh	ij.
Ghent daert Sedre		Dardas	ye
de			

Lectioi ingenia adhire.



Cherintuerent de Den H. erouen
daot bā Maestrichte ende de omleggende
placien/deu dē Willem de Vries
der Bedecenen Doctoor.
q Met Gracie ende Privilegie.

De getijdengegevens op de almanakken gingen terug op werkelijke waarnemingen, zoals M. Coignet in 1580 opmerkt: *'ghelyk (bij exemple) tot Antwerpen ist altijd volle vloet / soo de Mane Oost oft West is / ende ter contrariën leech water: als sy Noorden of Suyden is... / soo hebben wij hier sommige een memorie willen stellen: soo die deur gheleerde schiplieden gheobserveert zijn...'*⁶⁹

Ook Simon Stevin gaat, zij het wat later, dieper in op de getijleer in zijn *'Sesde Bouck des Eertclootschrijfts, van den spiegheling der Ebbenvloet.'*⁷⁰

Enkele haventijden vindt men ook terug bij de bekende historicus Guicciardini in zijn *'Beschrijvinghe van alle de Nederlande.'* uit 1567⁷¹.

Engelse bronnen uit de 16de eeuw vermelden voor Antwerpen dezelfde haventijd van 6 uur, zoals Bourne in zijn *'Regiment of the Sea'* daterend van 1574⁷².

68 *Het samenval van springtijden met volle of nieuwe maan was al van in de oudheid bekend. Pytheas (4de eeuw voor Chr.) Posidonius (1ste eeuw voor Chr.) en Plinius de Oude (1ste eeuw na Chr.), worden als auteurs genoemd die het getijverschijnsel trachtten te verklaren. (Codde 1967, p.4).*

70 *Simon Stevin bij Pannekoek (1961).*

72 Bourne (1574), zie ook Nierop (1676).

nauwkeurig gekende haventijden deed zich dus lange tijd niet gevoelen. Overigens was men zich hierdoor ook niet bewust van mogelijke wijzigingen van de haventijden naarmate de tijd verstreek.

Ook in handboeken voor zeevarenden uit de 17de eeuw komen dezelfde haventijden voor, zoals bij Van Nierop uit 1676.

Het is blijkbaar eerst op het einde van de 18de eeuw dat zich de noodzaak deed gevoelen om de haventijden opnieuw waar te nemen, wat samenvalt met de nieuwe belangstelling die de haven tijdens het Franse bewind genoot⁷³.

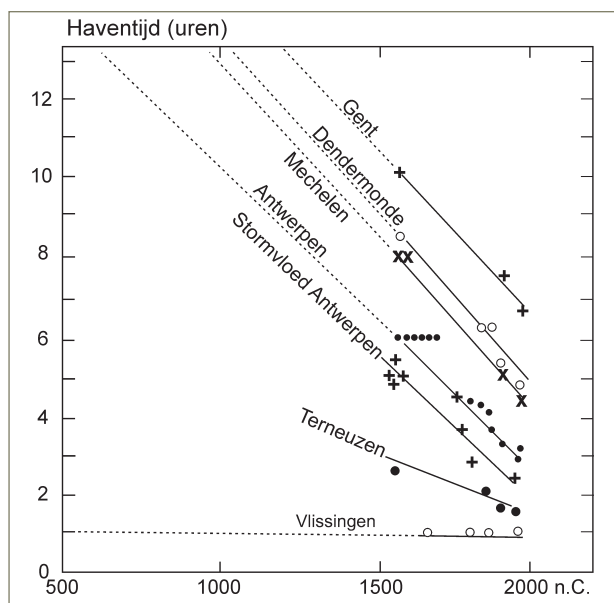
De haventijden zijn sinds de 16de eeuw te Antwerpen en opwaarts ervan met ongeveer 3 uur verminderd en te Terneuzen met circa 1 uur.

Op de tabel hierna en figuur 40 wordt het verloop met de tijd weergegeven van de belangrijkste teruggevonden haventijden voor waarnemingsposten aan de kust en langs de Benedenschelde, namelijk voor Vlissingen, Antwerpen, Mechelen, Dendermonde en Gent.

Jaartal	Bron	Vlissingen (V) Oostende (O)	Terneuzen	Antwerpen	Mechelen	Dendermonde	Gent
1556	Van Goorle			6	8		
1558	Dodoens			6	8		
1567	Guicciardini			6			
1581	De Briesse	12,30 (O)	2,30	6	8	8,30	10
1583	Magirus	2 (V)		6	8	8	
1594	Van Goorle	12 (O)	2,00	6	8	8	
1599	Simon Stevin	1 (V)		6	8	8	
1607	Franco	12,30 (O)	2,30	(6)	(6)	(8,30)	(10)
1618	Austruies	12 (O)	2,30	(6)	(8)	(8)	(10)
1668	De Dijn	1 (V)		(6)	(8)	(8,30)	
1676	Van Nierop	12,45 (V)		(6)			
1706	Bouger	1 (V)		(6)			
1791	Pronosticeur	1 (V)		(6)	(6)	(8,30)	(10)
1800	Beautemps- Beaupré			4,22			
1808	Alman. d'Anvers	1 (V)		4,25			
1835	Mailly			4,26			
1842-43	Wolters	1,10 (V)	2,00	4,14		6,17	
1862-63	Stessels	0,59 (V)	1,35	4,06			
1901-10	Van Brabandt	1 (V)	1,30	3,20	4,59	5,21	7,31
1961-70	Coen-Theuns	1 (V)	1,20	2,50	4,19	4,44	6,40

73 *Almanak d'Anvers et des deux Nèthes* (1808), p.351.

figuur 40: Evolutie van de haventijden langs de Schelde. Naarmate de erosie van de Schelde voortschreed verminderden de haventijden. Dit verschijnsel is vooral opwaarts Antwerpen aantoonbaar.



50 minuten. De maanfasen werden op de verschillende almanakken teruggevonden. Hierna volgen de 'haventijden' voor enkele buitengewone stormtijden, ter indicatie dat ook hier de haventijdverkorting aantoonbaar is.

Datum:	haventijd
15/02/1552:	5 uur 30 minuten
02/01/1532:	5 uur 05 minuten
13/01/1552:	4 uur 55 minuten
01/01/1570:	5 uur 00 minuten

Datum:	haventijd
02/12/1763:	4 uur 30 minuten
21/11/1776:	3 uur 40 minuten
15/01/1808:	2 uur 50 minuten
01/02/1953:	2 uur 20 minuten

Voor enkele stormvloed en voor benaderende overstromingstijdstippen, rond ongeveer hoogwater, bekend zijn werden eveneens de 'haventijden' bepaald. Bij stormvloed treedt meestal een merkbare vervroeging van het hoogwatertijdstip op, wat op de afbeelding tot uiting komt. De gegevens over overstromingstijdstippen werden ondermeer gevonden bij F. Prims, J. Van Wesenbeeck, Van den Eynden, Gutberleth, G. Bertrijn, Gazette van Antwerpen, Van der Linden, De Castro⁷⁴.

Bij het bepalen van de hoogwatertijden werd rekening gehouden met de leeftijd van de maan, namelijk het aantal dagen dat verstreken is sinds de doorgang van de maan door de plaatselijke meridiaan bij volle of nieuwe maan. Per dag verlaat de maandoorgang met ongeveer

Uit deze voorstelling blijkt duidelijk dat de haventijden sinds de 16de eeuw in het tijgebied van de Schelde en haar bijrivieren met ongeveer 3 uur verminderd zijn. Aan de kust echter zijn de haventijden sindsdien onveranderd gebleven. Dit wijst erop dat sinds de 16de eeuw de voortplantingssnelheid van de tijgolf aanzienlijk is toegenomen in het riviergedeelte afwaarts Antwerpen en veel minder of niet in het opwaartse gedeelte. De voortschrijdende verruiming van de Westerschelde, vermindering van de zijdelingse kombergings- en invloei mogelijkheden van overstroombare gebieden, zoals ondermeer van de Braakman, zijn hieraan niet vreemd. Toch is vermoedelijk de belangrijkste oorzaak van de haventijdverkorting gelegen in de langzame verlanding van de ooit belangrijke zijgeulen, namelijk

⁷⁴ Prims vermeldt in *Gesch.v.Antw.* VII dat op 2 november 1532 de dijk te Borgerweert op de linkeroever, begafte 8 uur 's morgens. Van Wesenbeeck (Van den Eynden, 1887) schrijft dat op 1 november 1570 overstromingen plaatsvonden te Antwerpen, s avonds tussen zeven en acht uur. Merken we op dat bij stormvloed de hoogwatertijdstippen soms merkkelijk vervroegen (in 1953 ongeveer een half uur). De weerhouden hoogwatertijdstippen zijn slechts benaderend omdat ze slechts aangeven wanneer de gevolgen van deze stormvloed vastgesteld werden en dan nog met afgeronde uren. Volgens de *Chronyke van Nederland besonderkyck der Stadt Antwerpen* (bij Van den Eynden 1887), en G. Bertrijn in *Chronyck der Stadt Antwerpen*, vonden op 13 januari 1552 en op 15 februari 1552 de hoogwatertijdstippen te Antwerpen respectievelijk plaats te 19 uur en 10 uur.

Sloe (het vroegere Vlakke) en Kreekrak. De vroegere toestand bracht mee dat gedurende de vloed aanzienlijke debieten wegstroonden naar de Oosterschelde, wegens de defasering van het getij tussen Wester- en Oosterscheldemondd⁷⁵. De uiteindelijke sluiting van Sloe en Kreekrak in 1867 bezegelde een geleidelijk verzandingsproces dat de haventijdverkorting naar opwaarts toe sterk heeft beïnvloed gedurende de voorbije eeuwen. Deze afsluiting schijnt uiteindelijk geleid te hebben tot een haventijdverkorting te Antwerpen van ongeveer 1 uur.

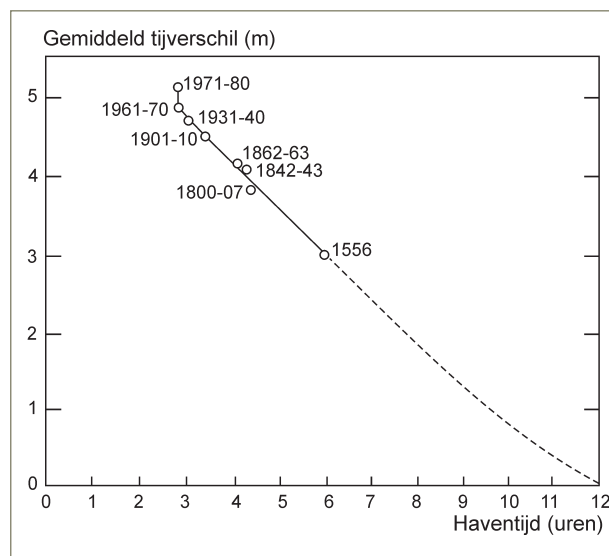
Te Antwerpen kan men het begin van de getijbeweging situeren in de 5de-6de eeuw, in Gent in de 12de-13de eeuw.

Neemt men voor het gemiddelde verloop van de haventijden met de tijd een lineaire wet aan, als extrapolatie naar het verleden toe van de wetmatigheid die we sinds de 16de eeuw vaststellen, dan valt het begin van de tijinvloed te Antwerpen te situeren in de 5de-6de eeuw, te Mechelen (vermoedelijk ook te Lier) in de 10de eeuw en te Gent in de 12de-13de eeuw. Deze laatste vaststelling valt merkwaardig genoeg samen met wat hierover uit andere bronnen bekend is.

Te Gent werd inderdaad een verhoging van de waterstanden, vermoedelijk bij stormtijden waargenomen vanaf de tweede helft van de 12de eeuw, aangezien bij de latere constructie van kerken en andere gebouwen, de funderingen ongeveer 1,50 m hoger werden aangelegd dan voorheen (Haenecour 1944). De bouw van de eerste stuwen op de Schelde en Leie voor de regeling van waterstanden en afvoer, situeert zich rond 1270 tot 1290.

Tussen de haventijden en de tijverschillen blijkt een verband te bestaan, wat niet verwonderlijk is, aangezien we hier met twee parameters te maken hebben die allebei in verband staan met de getijsterkte (figuur 41).

figuur 41: Verband tussen haventijden en tijverschillen. Een duidelijk lineair verband dat mogelijkwerijs sinds de baggerwerken vanaf 1970 uit 'evenwicht' geraakt is.



11.2.6 Evolutie van de waterstanden en debieten te Antwerpen sinds 2000 jaar

Een globale reconstructie van de evolutie van de waterstanden en tijverschillen wordt in een grafische voorstelling samengevat.

Hierna wordt een reconstructie voorgesteld van de algemene evolutie van de waterstanden en debieten te Antwerpen sinds 2000 jaar. Als randvoorwaarden gelden enerzijds de waterstanden tijdens de fluviale periode en anderzijds de waargenomen getijstanden sinds honderd jaar.

⁷⁵ De defasering van de getijdengolven in Honte en Oosterschelde veroorzaakten ter hoogte van het Kreekrak een lichte tijdelijke verhoging van de waterstanden na laagwater, vandaar de benaming 'Agger' voor deze geul in de 15de en 16de eeuw.

Voor de beschouwde periode werden de verschillende en meest relevante waterhoogte-tijdgegevens waarover we beschikken gebruikt om de waterstanden te bepalen⁷⁶.

Woonniveaus liggen boven de toenmalige hoge waterstanden.

- 76 Hierna volgt een samenvatting van de belangrijkste hoogte-tijdgegevens die van belang zijn voor de reconstructie van de waterstandverlopen met de tijd te Antwerpen of omgeving en ook aan de kust en langs de Westerschelde.
1. 3,80 m, 2de-3de eeuw, Gallo-Romeinse woonresten St. Walburgiskerk, Steen. (Van de Walle, 1960).
 2. 2,50 m, 2de-3de eeuw, vloer Kasteel van Bornem.
 3. 2,40 m, 2de-3de eeuw, bodem houten waterputten (Oost, 1977). Deze en oudere waterputten werden steeds gegraven naar tertiaire zandlagen onder een harde schelpenlaag gelegen. Het komt ons voor dat de waterputten gegraven werden naar artesische waterlagen waarin het water onder een zekere druk stond, zoals nu nog wordt waargenomen in de omgeving van Antwerpen. (Haenecour (1927), en Hasse (1946).
 4. 0,50 tot 1,00 m, top van het veen in oudste Antwerpse polders, verdronken in 300-400.
 5. 4,00-4,25 m, 11de eeuw, kruin Bunderschen en Wilmarsdoncksen dijk (Hasse (1939), Prims Antw.(1928), en G.V.A. Deel I).
 6. -0,50 tot 1,00 m, 11de eeuw, zool Wilmarsdoncksen dijk, (idem).
 7. -1,00 tot 0,10 m, zool Wilmarsdoncksen dijk, (idem).
 8. 2,50 m, 2de helft 9de eeuw, funderingszool aarden burchtwal Steen, (Van de Walle).
 9. 3,90 m, na 850, oud middeleeuws woonniveau Mattestraat, (Van de Walle).
 10. 4,10 m, 850 tot 1000, oud middeleeuws woonniveau St. -Walburgiskerk, (Van de Walle).
 11. 3,40 m, 900 tot 1200, diepste kelders zonder vaste bevoering nabij Vleeshuis, (Oost).
 12. 2,40 m, 900 tot 1200, bodem houten waterputten nabij Vleeshuis, (Oost).
 13. 1,70 -1,90 m, 900 tot 1200, bodem bakstenen waterputten nabij Vleeshuis, (Oost).
 14. 1,80 m, 1000, funderingszool stenen burchtmuur, (Hasse 1912, Prims Littek. 1944).
 15. 6,00 m, 11de eeuw, vloercota burchtmuur, (Hasse 1912).
 16. 4,40 m, 11de eeuw, middeleeuws woonniveau St. -Walburgiskerk, (Van de Walle).
 17. 4,50 m, 12de tot 13de eeuw, kruin dijk Steenborgerweert, (Hasse 1939).
 18. 0,00 m, 12de tot 13de eeuw, zool dijk Steenborgerweert, in den droge gemaakt, (Hasse 1939).
 19. 4,00 m, 12de tot 13de eeuw, dijk kruin te Kruisschans, (Hasse 1939).
 20. 1,20 m, 1200, afvoergoot in metselwerk polder van Oorderen, (Hasse 1921, Prims Antw.1828).
 21. 1,10 m, 13de eeuw, gemiddeld zeeniveau, afgeleid uit polderpeil te Weert, (Haenecour 1927, Mijs et al.1983).
 22. 5,50 m, 1300, kruin 's Gravejansdijk, (Haenecour, 1927).
 23. 4,50 m, 1350, aanvankelijk vloerpeil O.-L.-Vrouwekathedraal, (Min.Nat.Opv. 1976, Prims Antw.1951).
 24. 3,50 m, voor 1350, begrip hoge gronden, (Prims, Antw.1951).
 25. 5,60 m, 1445, O.-L.-Vrouwekerkhof overstroomd, na de eerste belangrijke overstroming te Antwerpen in 1420. (Prims, Gesch.v.Antw. 1937).
 26. 5,00 tot 5,90 m, 1477, water in Burchtkerk, (Van den Eynde, 1887). middeleeuwse gebouwenresten onder deze kerk, (Van de Walle, 1960).
 27. 6,50 m, begin 16de eeuw, dijk kruinen, (Hasse 1931).
 28. 5,70 m, 1640, dijk kruin Wilmarsdoncksen dijk, (Hasse 1939).
 29. 5,50 m, 1649, dijk kruin Wilmarsdoncksen dijk, (Prims, Antw. 1950).
 30. 6,70 m, 1640, dijk kruin Bunderschen dijk, (Hasse 1939).
 31. 6,25 tot 6,60 m, 1662, kruin Ettenhovense dijk, (Havermans 1956, 1957, 1958, 1959).
 32. 5,60 m, 1682, vloer O.-L.-Vrouwekerk, (Min.Nat.Opv. 1976).
 33. lager dan 6,80 m, 1682, stormvloedstand in O.-L.-Vrouwekerk, (Gutberleth 1703).
 34. 4,15 m, 1682, werfhoogte, afgeleid van gegeven bij Gutberleth (1703).
 35. 4,25 m, boven gemiddeld springtijhoogwater begin 16de eeuw, Wurfhoogte bij De Matthys (1890). Het natuurlijke terrein ligt in 1883-84 op 4,00 m Afgraving ervan sinds de 16de eeuw is hoogst onwaarschijnlijk gelet op de steeds toenemende overstromingsdreiging. Nul De Matthys + 0,25 m = NKD.
 36. 5,75 m, 1863-1879, kruin kranenhoofdmuur, (De Matthys 1890).
 37. 6,60 m, 1978, niveau vloer O.-L.-Vrouwekathedraal. Verkenmerk PG37 ligt op 6,90 m + TAW, console 39 cm boven kerkvloer
 38. Stormvloedstanden te Antwerpen.
 39. Gemiddelde hoogwaterstanden te Antwerpen.
 40. Gemiddelde laagwaterstanden te Antwerpen.
 41. Gemiddelde tijverschillen te Antwerpen.
 42. Gemiddelde waterstanden te Antwerpen.
 43. Gemiddelde springtijhoogwaterstanden te Antwerpen.
 44. Gemiddelde springtijlaagwaterstanden te Antwerpen.
 45. Gemiddeld zeepeil.
 46. Extreem winterpeil tijdens fluviaal regime.
 47. Extreem zomerpeil tijdens fluviaal regime.
 48. Gemiddeld peil tijdens fluviaal regime.
 49. Gemiddeld winterpeil tijdens fluviaal regime.
 50. Gemiddeld zomerpeil tijdens fluviaal regime.

De kruinhoogte van de dijken vormen de bovengrens voor de hoogste waterstanden of stormvloedstanden.

De zoolligging van de dijken of van de funderingen van constructies geven informatie over de aanleg ervan: zoveel mogelijk in den droge.

De vloerligging van de O.-L-Vrouwekathedraal geeft voor bepaalde overstromingen bij stormvloed informatie over de stormvloedstanden.

De ligging van het kranenhoofd (of werkvloer van de werf of loskade) geeft de maximum hoogte aan van de waterstand in de Schelde bij hoog springtij. In de meeste gevallen blijft deze kade dan droog, om lossen en laden mogelijk te maken.

Tijdens de overgangperiode waren de waterstanden te Antwerpen nog zeer afhankelijk van de bovendebieten. De werkelijke waterstanden kunnen door gewone superpositie van de getijgemiddelde en seizoengemiddelde waterstanden worden samengesteld⁷⁷. De tijverschillen verminderen in de tijzone op een bepaalde plaats naarmate de bovenafvoer stijgt. De invloed van de bovendebieten op de waterstanden verminderde geleidelijk. Van een volledige afhankelijkheid in de fluviale periode blijft het aandeel van de bovendebieten op de totale getijdebieten thans te Antwerpen nog slechts een paar procenten te bedragen, wat op de waterstanden nog nauwelijks invloed heeft. Met de afvoermogelijkheden naar de Oosterschelde of de Westerschelde in verband met de getijstanden in het mondingsgebied ervan, werd rekening gehouden.

De voorgestelde verlopen hebben alleen betrekking op gemiddelde waarden over lange meerjaarlijkse perioden. Schommelingen rond deze gemiddelde waarden zijn zeer wel mogelijk en zelfs zeer waarschijnlijk, waarbij vrij plotse veranderingen in bepaalde perioden ook niet a priori mogen uitgesloten worden. De reconstructie geeft dus de meest waarschijnlijke gemiddelde trend weer van de evolutie van de waterstanden te Antwerpen, zoals

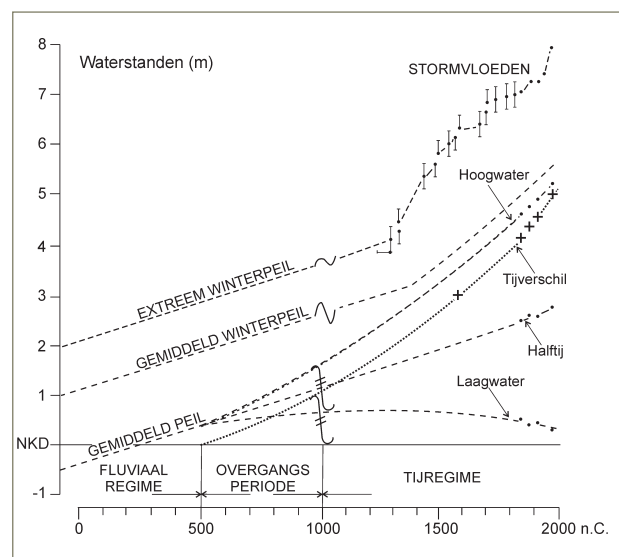
die uit het samenbrengen van de meest uiteenlopende gegevens naar voor komt (figuur 42). Afhankelijk van de beginvoorwaarden die men als meer waarschijnlijk aanneemt, zijn variante reconstructies denkbaar die echter niets afdoen aan de algemene besluiten die verbonden zijn aan de voorgestelde reconstructie.

De afgeleide reconstructies van figuur 45 en figuur 46 hangen samen met de uiteindelijke reconstructie van figuur 42.

Enkele karakteristieke peilen werden voor Antwerpen samengevat (figuur 43). De evolutie van het verloop van de waterstanden gedurende een gemiddeld getij wordt eveneens voor Antwerpen weergegeven (figuur 44).

De meest in het oog springende vaststelling is de stijging van de hoogste waterstanden te Antwerpen van 5,35 m sinds het jaar 250 en van 4,35 m sinds het jaar 1000.

figuur 42: Reconstructie van de algemene evolutie van de waterstanden te Antwerpen sinds 2000 jaar. Het einde van de periode van regenregime werd gesteld op anno 500. Op de gemiddelde waterstanden dienen nog de periodieke verhogingen en verlagingen van het getij gesuperponeerd.

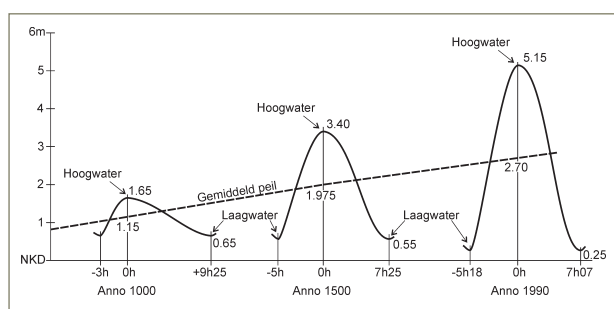


⁷⁷ Bij hoge rivierwaterstanden in de winter is de bijkomende verhoging door het getij geringer dan bij lagere waterstanden (in de zomer).

figuur 43: Enkele karakteristieke peilen te Antwerpen

+8.43 m	Kruin van de stormmuur die in het kader van het beveiligingsplan (Sigmaplan) te Antwerpen werd aangelegd.
+7.85 m	Huidig recordstormvloedstand.
+7.00 m	Peil van de bovenkant van de dekstenen van de kaden.
+5.23 m	Huidig hoogwaterpeil.
+4.00 m	Loopvlak in de Gallo-Romeinse tijd aan het Vleeshuis.
+3.50 m	Hoogste winterpeil anno 1000.
+2.50 m	Hoogste winterpeil anno 250, komt overeen met het huidig gemiddelde peil tussen hoog- en laag water.
+1.50 m	Huidig polderpeil.
0.00 m N.K.D.	Nulpeil, komt ongeveer overeen met de huidige laagwaters te Antwerpen. Ongeveer op dit peil lag het gemiddelde waterpeil van de Schelde te Antwerpen anno 250.
tussen +0.50 en -0.50 m	Veenlaag die zich onder de polderklei bevindt met in de bovenste laag Gallo-Romeinse vondsten en in de onderste laag Neolithische voorwerpen.
-3.50 m	Bodempeil van de Schelde anno 250.
-5.00 m	Bodempeil van de Schelde in het midden van de rivier anno 250.
-12.00 m	Bodemligging van de huidige Schelde in het midden van de rivier.

figuur 44: Mogelijke evolutie van het dagelijks gemiddeld getij te Antwerpen sinds het jaar 1000.



In de tabel hierna volgt een overzicht van de gemiddelde debieten te Antwerpen in de verschillende perioden. De debietwaarden vóór 1900 werden afgeleid uit het verband dat er bestaat tussen debieten en tijverschillen.

Jaartal	Debiet in m ³ /s
Tot anno 500	100 tot 200
1570	1600 tot 1800
1750	2000
1842/43	2350 (Wolters)
1862/63	2450 (Stessels)
1901/10	2750 (Van Brabandt)
1921/30	2900 (Bonnet-Blockmans)
1950	2815 (kubatuurberekening)

11.2.7 Evolutie van de waterstanden en de tijverschillen in langszin

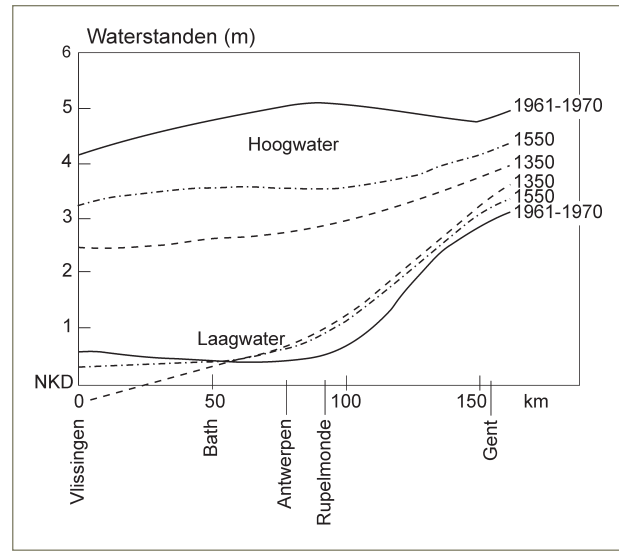
In de fluviale periode was de Schelde op vele plaatsen doorwaadbaar.

In de periode van fluviaal regime waren de waterstanden afhankelijk van de bovendebieten en dit over de bijna volledige lengte van de rivier. In de winter bracht dit hoge tot zeer hoge waterstanden met zich mee, in de zomer lage tot zeer lage. Wegens de geringe diepte was de Schelde hierdoor op talrijke plaatsen in het droge seizoen doorwaadbaar in de Keltische en Romeinse tijd. Haenecour vermeldt waadplaatsen tussen Berendrecht en Kieldrecht, van Ekeren naar Kallo, van Deurne naar Zwijndrecht, van Bornem naar Temse, te Dendermonde, Wetteren en Kwatrecht en ook op de Rupel te Niel / Wintham. Volgens Hasse waren er ook nog waadplaatsen te Schoonaarde en te Appels in de 9de eeuw, ten tijde van de invallen van de Noormannen. Het achtervoegsel 'drecht' bij verschillende plaatsnamen wijst er wel op dat men in de pre-Romeinse tijden de rivier daar kon oversteken. Het woord 'drecht' is afgeleid van het Latijnse woord 'trajectum' wat overgang of veer betekende, of van het Keltische 'traeth', wat rivier-overgang betekende⁷⁸. Het valt dus wel moeilijk om uit te maken of, wanneer en waar de rivier werkelijk doorwaadbaar was, wat wellicht toch alleen maar in de zomer kon geschieden. Feit is zeker dat de rivier zowel in breedte als in diepte veel geringere afmetingen vertoonde.

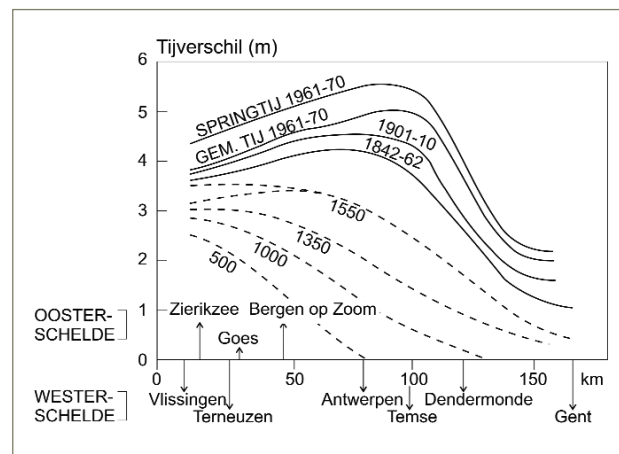
Een reconstructie van de evolutie van de waterstanden en tijverschillen voor de benedenloop van de Schelde.

Een mogelijke evolutie van de waterstanden en tijverschillen in langszin sinds de fluviale periode werd op de afbeelding weergegeven, waarbij rekening werd gehouden met een aantal bijkomende waterstand-tijdgegevens en met de evolutie van het getij aan de kust (figuur 45 en figuur 46).

figuur 45: Evolutie van de waterstanden in langszin (vóór 1200 afvloeiing langs Oosterschelde).



figuur 46: Evolutie van de tijverschillen in langszin. Vanaf de 15de eeuw begon een duidelijk overwicht van de Honte op de Oosterschelde, wat de Scheldeafvoer en ontwikkeling betreft.



⁷⁸ Gijsseling (1960) en Kurth (La Frontière Linguistique), p.410, die Van der Kindere citeert.

Hierna volgt nog een overzicht van de getijstanden aan de kust voor de verschillende perioden, in afgeronde waarden (meter + NKD). In de monding van de Oosterschelde komt het gemiddelde hoogwater 0,60 m lager en het gemiddelde laagwater 0,30 m hoger dan in de Westerscheldemonding. Het gemiddelde tijverschil bedraagt in de Oosterscheldemonding 2,90 m. Het gemiddelde hoogwater valt er 1 uur en 10 minuten later.

Jaren na Christus	Monding Westerschelde (meter +NKD)		
	Hoogwater	Laagwater	Gemiddeld zeepeil
000	1,40	-2,40	-0,50
500	2,10	-1,70	0,20
1000	2,90	-0,90	0,90
1250	3,25	-0,55	1,30
1600	3,80	0,00	1,80
1800	4,10	0,30	2,10
1900	4,20	0,45	2,25
1980	4,40	0,60	2,40

Merken we nog op dat Rohde zeer grondig de evolutie van het gemiddelde zeepeil aan de Duitse Noordzeekust bestudeerde en aan de hand van vele waterstandswaarnemingen, en daar een gemiddelde stijging sinds 1570 vaststelde van 25 centimeter per eeuw⁷⁹. De stijging van het zeepeil wordt wereldwijd vastgesteld met ongeveer dezelfde trend van 2 à 3 dm per eeuw⁸⁰.

⁷⁹ Rohde (1977), p.133.

⁸⁰ Waterbouwkundig Laboratorium - Interne nota 1976.

12 erosie van de scheldebedding

De waterstromingen zijn voortdurend sterker geworden, waardoor de zandige bodem van de Schelde erodeerde en enorm verruimde.

In de fluviale periode voerde de Schelde te Antwerpen gemiddelde debieten af van 100 tot 120 m³/s bij gemiddelde watersnelheden van 25 tot 30 cm/s doorheen een doorstroomsectie van zowat 400 tot 500 m². Thans bedragen de tijdebieten gemiddeld 2700 tot 3000 m³/s, bij gemiddelde watersnelheden van 60 tot 65 cm/s doorheen een doorstroomsectie van 4500 m².

De dwarssecties zijn dus in de omgeving van Antwerpen met een factor 10 tot 12 vermeerderd (zie ook figuur 26). Deze verruiming is te wijten aan de vergroting van de watersnelheden, waarbij we moeten bedenken dat de zandtransporten langs de bodem afhangen van de snelheid tot de vierde à vijfde macht. Een verdubbeling van de gemiddelde snelheden verhoogt de zandtransporten met een factor 16 tot 32! De dwarssecties vergroten in een erodeerbare bodem dan theoretisch met een factor 8 tot 16.

Voor het zandtransport langs de bodem onder invloed van de waterstroming kan de gemiddelde watersnelheid als een onafhankelijke invloedsfactor opgevat worden. Hierdoor kan de gemiddelde watersnelheid als een maatstaf voor de erosie aangewend worden. De gemiddelde snelheden van de bijrivieren van de Schelde bedragen thans aan de grens van het tijgebed ongeveer 0,30 m/s. In de lager gelegen Schelde te Antwerpen waren de gemiddelde watersnelheden in de fluviale periode dan vermoedelijk van de orde van grootte van 0,25 m/s.

Deze vaststellingen voor Antwerpen kunnen worden doorgetrokken voor het volledige getijgebied. De verruiming van de Honte in enkele eeuwen tijd werd al aangetoond. Bij het doorzetten van het getij naar opwaarts toe kwam ook daar een versterkte erosie op

gang en werd de morfologie op sommige plaatsen grondig gewijzigd, zoals te Weert, en wellicht bij de eerste getijimpulsen rond de 5de-6de eeuw ook in de omgeving van Antwerpen.

De erosie heeft de sporen van vroegere liggingen van de bedding en van mogelijk begaanbare bodems weggewist.

De voortdurende erosie van de bedding heeft alle sporen van de vroegere toestand definitief opgeruimd. Misschien zijn er nog enige relictten te vinden in sommige bodems die door vroege bedijkingen van verdere erosie gevrijwaard bleven, zoals in de Borgerweertpolder op de linkeroever voor Antwerpen.

De dwarssecties zijn belangrijk vergroot.

Mogelijke dwarssecties in de fluviale periode voor Antwerpen worden op figuur 26 getoond, waarbij andere mogelijkheden zoals het splitsen in twee armen, met een geul voor Zwijndrecht niet mogen uitgesloten worden. De rivier was er in dat geval wellicht gemakkelijker doorwaadbaar. Mogelijk reikten de bewoningsmogelijkheden in de pre-Romeinse tijd van de huidige rechteroever tot voorbij de huidige linkeroever (figuur 27, figuur 28, figuur 29 en figuur 30) en evolueerde naar het tracé in de 9de eeuw. Mogelijke eilandjes in de vrij verwilderde rivier werden vervolgens weggeërodeerd (figuur 31). Bij het doordringen van het getij verlegde de rivier zich onder invloed van de grotere watersnelheden door uitbochtiging van de linker- naar de rechteroever, en wiste zo alle oude bewoningssporen uit. Bij het doordringen van het getij verdronk het winterbed weliswaar dagelijks, maar kwam anderzijds bij laagwater tweemaal per etmaal opnieuw droog te liggen, nadat deze gronden door slibafzettingen waren opgehoogd. Door bedijkingen werden op deze

wijze uitgestrekte polders op het water teruggewonnen langsheen de Scheldeboorden. De oude Scheldearm te Weert, getuige van de toestand van de rivier rond de 13de eeuw toen een nieuwe rivierloop ontstond en de oude arm van verdere ontwikkeling verstoken bleef, heeft een breedte van ongeveer 100 m. Sinds de periode van zuiver regenregime onderging de rivier blijkbaar al enige toename van de erosie, waardoor de breedte van 100 m kan verklaard worden, waar we, gelet op de bovenafvoer van de toenmalige Schelde van $65 \text{ m}^3/\text{s}$, ons aan een breedte van ongeveer 80 m verwachten. Het zand dat door erosie werd afgevoerd is, behoudens de kleine fractie die op de schorren, slikken en in de kreken tot bezinking kwam, voor het overgrote deel naar zee verplaatst. Als men de totale erosie beschouwt over vele eeuwen, is de hoeveelheid zand die gemiddeld genomen per getij naar zee werd vervoerd niet eens zo'n grote hoeveelheid. Het erosieproces in de Schelde is inderdaad een traag maar zeker verschijnsel.

13 bedijkingen, inpolderingen en normalisatiewerken in het verleden

Tegen de overstromingen beveiligden de bewoners zich door de aanleg van terpen, later door bedijkingen.

Naarmate de zee het land overstroomde werd door menselijke ingrepen getracht het verloren land terug te winnen. Was men aanvankelijk geneigd zich tegen het water te beveiligen door de aanleg van terpen of door bewoning op hoger gelegen gronden, dan begon men zich later waar de slikken en schorren steeds hoger aanslibden tegen de opdringende zee te verdedigen door de aanleg van dijken. Als bij laag water de schorren droogvielen, waren in de middeleeuwen inpolderingen aan de orde.

Het uiteindelijke resultaat van deze systematische bedijkingen is een volledig met dijken omzoomde rivier waarbij de getijwateren thans vele meters boven het polderpeil kunnen uitstijgen: getuigen van de aanzienlijk lagere waterstanden in vroegere tijden. Hierbij is het wel duidelijk welke de invloed is geweest van de eeuwenlange bedijkingen allerhande op de ontwikkeling van de Schelde.

Het zijn de Friezen geweest die zich omstreeks de 4de eeuw langs onze kusten en ook langsheen de Schelde vestigden tot aan Antwerpen toe. Ze liggen vermoedelijk aan de basis van de allereerste schuchtere pogingen van bedijkingen en landaanwinning voor de schapenweek op de zilte schorrenvlakten⁸¹. In de 7de eeuw kwamen de Franken meer en meer naar de 'nieuwe landen' aan kreken en rivieren afgezaakt. In de 8de en 9de eeuw vielen de Noormannen onze streken binnen en hebben, volgens de moderne geschiedschrijvers, belangrijk bijgedragen

tot de methodische ontginning door bedijking en droogmaking van de aangeslibde vruchtbare gronden.

De benaming 'polder' ('polre') duikt in onze streken voor het eerst op in een akte van de St.-Michielsabdij te Antwerpen in de 12de eeuw⁸². De eerste schuchtere pogingen groeiden in de 12de-13de eeuw uit tot massale landwinning door bedijkingen en inpolderingen in Zeeland en Vlaanderen en langs de Scheldeoevers. Zo waren volgens Beekman de zeeweringen langs beide oevers van de Honte en de Braakman en ook rond Walcheren en Zuid-Beveland in 1300 een feit. In ons land waren ze dan zeker aangelegd langs de Scheldeoevers tot Antwerpen en Zwijndrecht en ook verder naar opwaarts toe (zie P. Guns (1972 en 1975)).

Een eeuwenlange strijd werd geleverd tegen het opdringende water.

Gedurende de opeenvolgende eeuwen hadden deze zeeweringen dikwijls te lijden van overstromingen of werden ze om militaire redenen doorstoken. Het herstel en het onderhoud van de dijken was een voortdurende, soms verwaarloosde, zorg voor de overheid en de omwonenden.

Bij de aanleg en de herstelling van de dijkwerken hebben de kloosterorden in belangrijke mate bijgedragen. Zo werden door de abdijen St.-Bertinus, St.-Baafs en St.-Pieters (Gent), Ter Doest (Lissewege), Ter Duinen (Koksijde), St.-Michiels (Antwerpen), woeste gronden ('wastinen') ontgonnen, moerassen ('mariscoe') drooggelegd en watergangen aangelegd. Ook werden schorren,

81 Verhulst: *Het landschap in Vlaanderen in historisch perspectief*, p.15.

82 De Keyser (1962-1968), p.106 en Prims (Antwerpen 1951).

aanwerplanden en voorlanden ingedijkt, drooggelegd en krekken en geulen afgedamd. Hierbij waren niet alleen de monniken werkzaam, maar ook de ingezetenen van nabij gelegen dorpen⁸³.

In de Antwerpse polders werd volgens F. Prims het eerste dijkwerk verricht door de eerste markgraaf van Antwerpen, Gothelo, die in de 11de eeuw de naam van dijkbouwer verwierf. In de 11de eeuw werd veel inpolderingswerk verricht, zodat in de 12de eeuw al bijna gans de rechteroever met Lillo, Berendrecht, Oorderen, Zandvliet en Wilmarsdonk ingepolderd was⁸⁴. Zie ook de studies hierover van P. Guns (1972 en 1975).

In de 12de eeuw heeft de St.-Michielsabdij zich toegelegd op indijkingen langs de rechteroever ten noorden van Antwerpen. Volgens een akte uit 1154 werd te Zandvliet een zogenaamde 'wildert' ingedijkt, waarbij ook door werklieden vreemd aan de abdij werd medegewerkt. In 1239 werken de abdij en Godfried IV van Breda samen om het 'Nortlant' van Zandvliet opnieuw in te dijken. Na overstromingen in de winter van 1233-1234, wordt het herindijken van gronden rond Zandvliet toevertrouwd aan twee aannemers uit Vlaanderen, namelijk Jan Van Gistel, Ridder van Vormezele en Woesten en Jan Van Zwijnaerde, een Gentse poorter. Deze indijkingswerken mislukten echter waarschijnlijk⁸⁵. De uitvoeringsmoeilijkheden waren in die tijd zeker niet te onderschatten. Anderzijds waren de dijkafmetingen in die tijd nog eerder bescheiden. De dijk die door beide aannemers moest aangelegd worden had weliswaar een aanzienlijke lengte, maar over de dwarse afmetingen vernemen we '... de voregeseghede myn her Jan, riddere, ende die voregeseghede Jan, porte, dat de voregeseghede oude lant van Zantflite ende van Berendrecht selen droghen, water..., diken ende bewaren tegen die vlode van der zee ende selen maken ende gheloven te makene dien

dijk ommegeende, beneden drie roeden orden belopens, ende boven breet tien vote, ende hoech twalefvot.'⁸⁶

Eeuwenoude ervaring resulteerde in voortreffelijke uitvoeringsmethoden.

De dijken werden op een zate met vette aarde opgebouwd door 'spademans' en met graszoden bekleed. Er werd goed de hand gehouden aan de herkomst van de vette specie, beducht als men was voor overstromingen door mogelijke verzwakking van bestaande dijklichamen. Om de achterliggende polders te kunnen drooghouden werden hier en daar afwateringskanalen en sluisjes gebouwd. Om de dijktafsluitingen aan de teen tegen ontgroningen te beschermen maakte men ook wel gebruik van rijshouten matten. De aanleg van de dijken stoelde in de 13de eeuw ongetwijfeld al op een eeuwenoude ervaring.

In de 16de eeuw was A. Vierlingh, een gevestigde dijken-expert, getuige zijn 'Tractaet van Dijckagie' dat hij in 1575 schreef. Hij vermeldt in verband met dijkwerken in de Noorderpolders een dijkwerk met een breedte aan de basis van 8 roeden en aan de top van 12 voet, bij een hoogte van 14 voet⁸⁷. Hieruit moge blijken dat in de 16de eeuw de dijken hoger werden aangelegd en ook met veel flauwer belopen dan in de 13de eeuw.

In de 18de eeuw werd de 'Scheld of Zeedijck opp ses differente Plaetsen' tussen Lillo en Frederik Hendrik door de landmeter Van Someren opgemeten. Gemiddeld genomen lag de dijk kruin op ongeveer 6,25 meter boven de laagwaterlijn en ongeveer 4,65 meter boven het polderpeil⁸⁸.

Door Hasse werden er ter gelegenheid van grote havenwerken in de polders ten noorden van Antwerpen

83 De Keyser (1962-1968), p.147

84 Prims (Gesch. v. Antw.).

85 Prims (Antw. 1927, nr.13).

86 De Keyser (1962-63), p.146.

87 Vierlingh (1575), p.133.

88 Rijksarchief Antwerpen: Polder van Lillo (nr.1154).

een aantal restanten van dijklichamen onderzocht⁸⁹. Ook door Havermans werd hierover onderzoek verricht.

Samenvattend kan men met Hasse opmerken dat de kruincota's van de oudste dijken op ongeveer 4,00 m. liggen, en de aanzet op 0,00 tot 1,00 m. In sommige gevallen wijst de aanzet erop dat de aanleg ervan in den droge geschiedde. De dijken werden in het begin van de 16de eeuw met ongeveer 2 meter verhoogd en ook zwaarder gemaakt.

De dijken dienden voortdurend verhoogd, verzwaaard en versterkt.

Vergelijkt men de oude dijkafmetingen met de huidige, dan stelt men vast dat deze voortdurend dienden aangepast aan de steeds stijgende stormtijhoogwaterstanden. Sinds de 18de eeuw werden ze nog bijkomend verhoogd en versterkt. Na de stormvloed van 1 februari 1953 wordt in uitvoering van het Sigmaplan gans het Scheldebekken beveiligd tegen overstromingen door dijkverhogingen en verzwaringen. Te Antwerpen bouwde men een keermuur langs de kaden met een kruinhoogte van 8,35 m. (+ TAW), of 1,35 meter boven de bestaande kadedekstenen⁹⁰.

⁸⁹ Hasse (1939).

⁹⁰ Sigmaplan (1977).

14 oorzaken van de Scheldeontwikkeling

In de vorige hoofdstukken werd al terloops gewezen op enkele factoren die de ontwikkeling van de Schelde in de hand gewerkt hebben. Tot beter begrip zal een en ander hierna worden samengevat.

14.1 De zeespiegelrijzing

De zeespiegelrijzing heeft geleid tot kusterosie en inbraken in de strandwal met vorming van zeegaten.

De primaire oorzaak dient gezocht in de relatieve zeespiegelrijzing, die geholpen door de regelmatig optredende stormvloed aan de kust, tot doorbraken van de beschermende duinengordel langs de kust heeft geleid, en dit in opeenvolgende fasen die eenvoudigheidshalve transgressiefasen worden genoemd.

De inbraken hebben op diverse plaatsen langsheen de kust geleid tot vorming van brede en diepe tijgeulen, die afhankelijk van de in- en uitstromende debieten, na enige tijd door terugschrijdende erosie tot ver in het achterland konden doordringen en verruimden.

Deze tijgeulen worden vooral door de ebstromingen, die bij overwegend lagere waterstanden plaatsgrijpen dan de vloedstromingen, in de diepte geërodeerd. De vloedstromingen voeren de fijnere door het water meegevoerde vaste stoffen op de hogergelegen schorren, slikken en krekken, waar ze tot bezinking komen, vooral in de mengzones van zoet regenwater en zout zeewater.

De tijstromingen eroderen voortdurend de bedding van de rivier, voeren het bodemzand zeewaarts, behalve de zeer fijne fractie waardoor de bedding uiteindelijk verruimt, wat de tijvoortplanting ten goede komt. De stormeffecten kunnen zich dan geleidelijk aan steeds meer landinwaarts doen gelden.

Stormvloed werken als mokers in de monding. De algemene erosie wordt echter meer door het gemiddelde getij bepaald.

De stormvloed zelf kunnen vooral in het afwaartse gedeelte de ontwikkeling in een bepaalde richting sturen, zoals door het overspoelen van een duinengordel, of het openploegen van drempels en ondiepten. Vooral een reeks opeenvolgende stormvloed kan een ontwikkeling blijvend forceren. Voorbeelden hiervan zijn voor de Schelde de perioden van 1288-1304, en van 1375-1404.

De algemene riviererosie wordt echter veel meer door het gemiddelde getij bepaald. Het gemiddelde getij vormt de maatstaf voor de erosieprocessen, en uiteindelijk voor het behoud en de ontwikkeling van de rivier.

14.2 Situatie aan de monding

Eilanden en ondiepten verhinderen de vrije doordringing van het getij.

De doorstroomsectie die voor de getijstromingen aan de monding voorhanden is, heeft een zeer belangrijk effect op de waterstanden naar opwaarts toe en op de verruiming van het estuarium in het algemeen. Afhankelijk van de waterhoeveelheden die er tijdens de vloed kunnen binnendringen, kan een min of meer krachtig getij zich naar opwaarts voortplanten. De erosie van de eilanden en ondiepten die gedurende eeuwen de Hontemond als het ware hebben versperd, heeft de voortschrijdende ontwikkeling van de Schelde belangrijk bevorderd. Allerlei locale factoren speelden hierbij mee, ondermeer de grotere tijsterkte met lagere laagwaters in de Hontemond, dan in de Oosterscheldemond. En ook de richting van de overheersende ebstromingen in de monding en de geringe hoek die de zandgeladen vloedstromingen hiermee maken. In het mondingsgebied

doet zich langs de Belgische kust belangrijke kusterosie voor, die door zandopspuitingen beteugeld worden.

14.3 Bedijkingen, inpolderingen en normalisatiewerken

De mens bevorderde de ontwikkeling door het systematisch bedijken van overstroombare gebieden en de afdamming van zijgeulen.

De menselijke ingrepen zoals bedijkingen, inpolderingen of normalisatiewerken hebben in belangrijke mate de ontwikkeling van de Schelde in de goede richting gestuurd. De inpolderingen en bedijkingen allerhande hebben de instroommogelijkheden naar zijkreken en overstromingsvelden in hoge mate beperkt, met als gevolg hoogwaterstijgingen over de volledige rivierlengte, grotere watersnelheden tijdens de eb, en op langere termijn laagwaterdalingen. Hierbij dient opgemerkt dat de bedijkingen dikwijls slechts konden doorgaan als de oevergelanden, schorren, slikken of krekken voldoende waren opgehoogd door natuurlijke aanslibbing. Het openhouden, al of niet gewild, van belangrijke zijgeulen, zoals het Sloe, het Kreekrak, of de Braakman waren van grote betekenis voor de verruiming van de Hontemond en de Hontegeul in de omgeving van Saeftinge.

Langdurige overstromingen, soms gewild om militaire redenen, hebben eveneens invloed gehad op de ontwikkeling.

De herbedijking van polders die na buitengewone stormvloed langdurig drijvend bleven, dienen vermeld, zoals de polders van Lillo, Berendrecht, Stabroek en Zandvliet, die 57 jaar drijvend bleven na de overstroming in 1283. Ook de inpolderingen van 1651 en 1662 van polders ten noorden van Antwerpen hebben vrijwel zeker hun weerslag gehad op de versterking van het getijregime in de omgeving van Antwerpen.

De voortdurende aanslibbing van buitendijkse schorren hebben geleidelijk aan de zijdelingse komberging ingeperkt en hierdoor het dagelijkse getij naar opwaarts toe versterkt.

Ook de kunstmatige langdurige inundaties van uitgestrekte polders om militaire redenen, hebben minstens lokaal de ontwikkeling bevorderd. De naar deze velden toestromende tijdebieten via brede en diepe geulen, waren soms van die aard dat ze een niet onbelangrijk percentage uitmaakten van de Scheldebieten ter plaatse. Ze fungeerden als potpolders met volledig open instroming aan de mond. Door de dijken waren de aangrenzende landen ook beveiligd tegen de stormvloedstanden, zij het niet volledig. Anderzijds werd door de dijkenaanleg het totale bergingsvermogen van het bekken beperkt, zodat het stormeffect in principe verhoogde. De werkelijk buitengewone stormvloed zijn echter meestal het gevolg van zeer langdurige stormen, waarbij de vulling van het bekken zich over meerdere getijen uitstrekt, zodat de ultieme vloed zich voordoet bij een grotendeels gevuld bekken

Sommige rivierwerken hebben de morfologie beïnvloed.

Bepaalde verdedigingswerken zoals het Oude Hoofd van Walsoorden hebben in het verleden de rol van vast punt vervuld, waardoor het uitbochten van de geul daar eeuwenlang werd verhinderd. In het opwaartse gedeelte tussen St.-Amands en Gent hebben normalisatiewerken zoals het afsnijden van rivierbochten, een belangrijke invloed gehad op de morfologie en de getijvoortplanting in dit gebied (zie ook hoofdstuk 10).

14.4 Bovenafvoer

Tijdens de overgangsperiode van fluviaal naar getijregime heeft de bovenafvoer zeker nog een, zij het geleidelijk afnemende, invloed gehad op de waterstanden, en hierdoor ook op de erosie van de rivier.

14.5 Baggerwerken

De baggerwerken op de ondiepe drempels verminderen de weerstand van de rivierbodem tegen de getijvoortplanting en verhogen de getijsterkte, vooral door laagwaterverlaging.

Ook de baggerwerken die sinds vele decennia in de Schelde worden uitgevoerd beïnvloeden het hydraulisch regime. In het stadium van ontwikkeling dat de rivier thans bereikt heeft, bevorderen de baggerwerken op de drempels de tijvoortplanting, omdat ze de weerstand ertegen verminderen⁹¹, en ze vooral ook de laagwaterstanden verlagen. Deze baggerwerken gebeuren op ondiepere zandtransportintensieve en voor wat de tijvoortplanting betreft, gevoelige plaatsen.

Een belangrijk aspect hierbij is dat er tussen de baggeringreep en het uiteindelijk resulterende gevolg belangrijke tijdsverschuivingen optreden, wegens de traagheid van de erosieverschijnselen. Hierdoor is het uiteindelijke effect op lange termijn ook niet goed in te schatten.

14.6 Samenvatting

De getijdenmotor draait in de Schelde al vele eeuwen. Er is gewettigde hoop dat deze motor ook in de toekomst zal blijven draaien.

Samenvattend en zeer schematisch kan men stellen dat het gemiddelde getij de werkelijke maatstaf is voor de erosie en dat de stormvloed eerder als een moker dienen beschouwd die de ontwikkeling in een bepaalde richting kan forceren. Door de relatieve zeespiegelrijzing, geholpen door stormvloed aan de kust, kon het getijde de Schelde binnendringen. De gemiddelde riviersnelheden die tijdens het fluviale regime golden werden hierdoor vergroot. Hierdoor kwam een toename van de erosie op gang, wat geleidelijk de rivierbedding verruimde. Dat veroorzaakte op zijn beurt een vergroting van de tijdebieten en tijverschillen.

De bedijkingen en inpolderingen en sinds enkele decennia gedeeltelijk ook de baggerwerken, hebben de natuurlijke tendens versterkt en versneld. Bij deze vereenvoudigde voorstelling dient men in de eerste plaats ook de belangrijkheid van de instroommogelijkheden, dus de verruiming van de monding te onderstrepen.

Er deden zich in het verleden vermoedelijk een aantal impulsen voor die de getijontwikkeling in de hand gewerkt hebben, namelijk omstreeks 500-600 of wat vroeger, omstreeks 950-1000, en omstreeks 1350-1400. Een vierde impuls, vooral te wijten aan inpolderingen en bedijkingen, en voortschrijdende aanslibbing van schorren, is sedert 1750 merkbaar en nog steeds actief. Een bijkomende activering wordt de jongste jaren vastgesteld en is gedeeltelijk te wijten aan de baggerwerken.

Het hoger geschetste erosiemechanisme waarvoor het getijde als een werkelijke motor fungeert, is blijkbaar al enkele eeuwen 'draaiende'. Zolang in het mondingsgebied geen drastische wijzigingen aanleiding geven tot belangrijke aanzandingen, wat gelet op de voortdurende afslag van onze kust daar zeer onwaarschijnlijk is, zal deze motor blijven draaien. Achteruitgang van de volledige zee-arm is op korte of halflange termijn niet te verwachten, zoals in het verleden nochtans wel eens meer werd betoogd. Lokale aanzandingen zijn geen maatstaf voor de ontwikkeling van de rivier in haar geheel gezien.

⁹¹ Volgens een vereenvoudigde berekening voor stationaire toestand en gelijkblijvende debieten per eenheidsbreedte levert een drempelverdieping van -12,50 m NKD naar -17,50 m NKD weerstandsverminderingen van ca. 50% (max. eb) à 80% (max. vloed).

15 recente en toekomstige getijontwikkeling

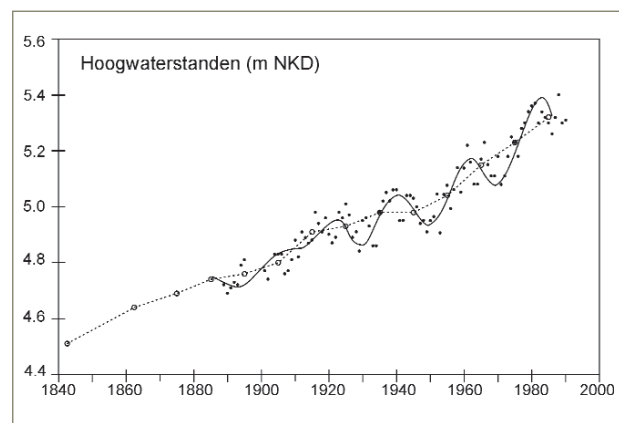
Bij de beschouwingen over de ontwikkeling van de Schelde, rijst onmiddellijk de vraag naar een mogelijke 'evenwichtstoestand' van het getijregime.

De hoger geschetste ontwikkeling van het regime toont aan dat de Schelde sinds haar ontstaan als tijrivier voortdurend verruimd en gegroeid is en dat het maritieme karakter ervan zich meer en meer manifesteert. Het groeiproces gaat dus nog steeds door. Tekent zich hierbij niet een min of meer permanent eindpunt af, dat eventueel door achteruitgang kan gevolgd worden? Het antwoord hierop hangt af van wat we zelf in de toekomst van deze Schelde willen 'maken'.

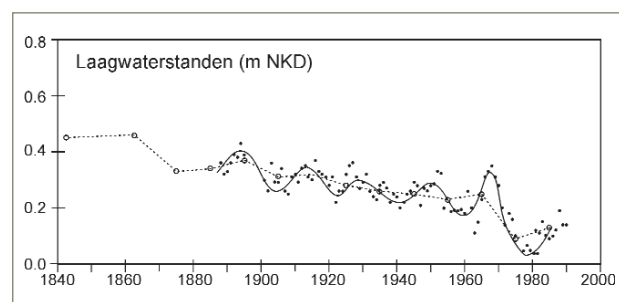
Voor de beveiliging van de opwaarts van Antwerpen gelegen zone, is op termijn de bouw van een stormvloedkering onafwendbaar.

Door zijn eeuwenlange strijd tegen de opdringende Scheldewateren in verband met de zeespiegelrijzing en met de vaste wil om zoveel mogelijk cultuurgrond te behouden of te verwerven, hebben de Zeeuwen en de Vlamingen de Schelde langzaam maar zeker beroofd van zijn natuurlijke overstromingsvelden, en hierbij onrechtstreeks de groei van de tijrivier verzekerd. De jongste decennia werden er ten behoeve van de scheepvaart verdiepingsbaggerwerken uitgevoerd op de Schelddrempels met speciestorting in de vloedscharen. Het effect hiervan op de waterstanden is gedeeltelijk aantoonbaar op de verlopen van de hoog- en vooral de laagwaterstanden. De recente getijontwikkeling te Antwerpen, als een maatstaf voor de gehele benedenloop van de Schelde, dient men te plaatsen in de algemene ontwikkeling, zoals op de afbeeldingen voor de voorbije 130 jaar wordt getoond (figuur 47, figuur 48, figuur 49 en figuur 50).

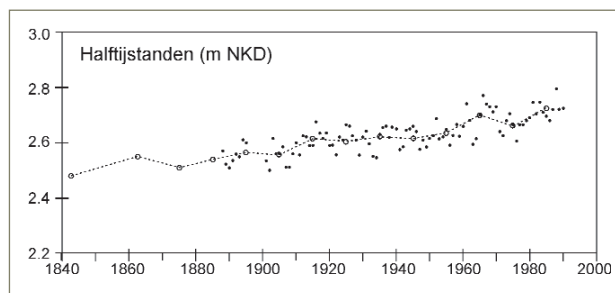
figuur 47: Verloop van de hoogwaterstanden te Antwerpen volgens de waargenomen jaargemiddelden sinds 1842. Men neemt sindsdien een gemiddelde stijging waar van circa 80 cm.



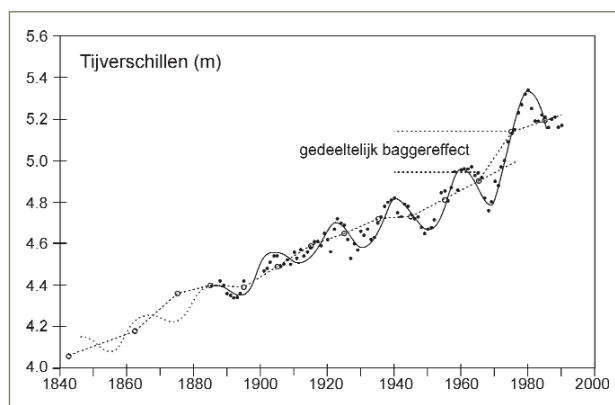
figuur 48: Verloop van de laagwaterstanden te Antwerpen volgens de waargenomen jaargemiddelden sinds 1842. Men neemt sindsdien een gemiddelde daling waar van circa 35 cm.



figuur 49: Verloop van de halftijstanden te Antwerpen volgens de waargenomen jaargemiddelden sinds 1842. Men neemt sindsdien een gemiddelde stijging waar van circa 25 cm.



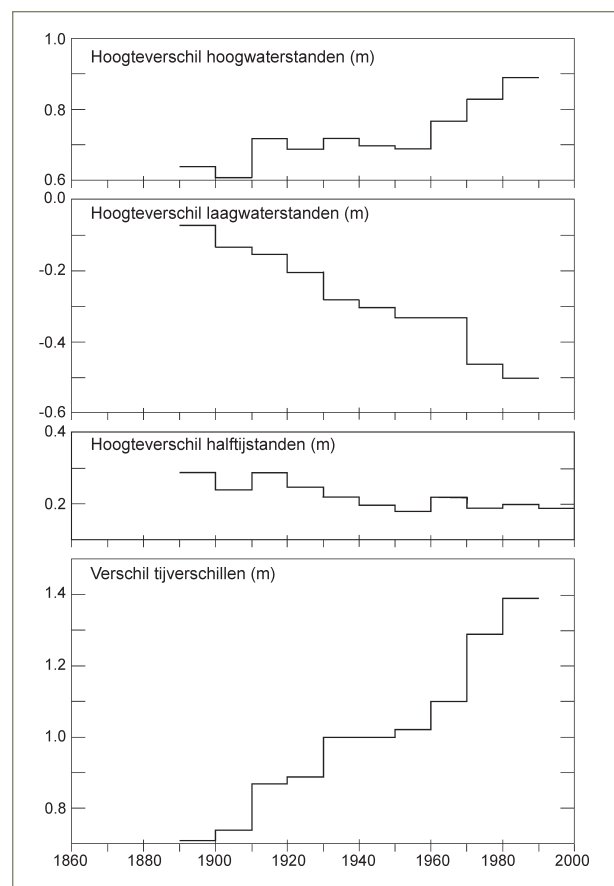
figuur 50: Verloop van de tijverschillen te Antwerpen volgens de waargenomen jaargemiddelden sinds 1842. Men stelt sindsdien een gemiddelde stijging vast van circa 1,20 m.



Naast de verhoging van de hoogwaterstanden en de verlaging van de laagwaters (dus versterking van het getij, wat op het verloop van de tijverschillen nog duidelijker tot uiting komt), stelt men ook vast dat de amplitude van het nodaal getij (18,61 jarige cyclus) eveneens gestegen is.

Het stemt tot nadenken dat deze vrij sterke bijkomende verzwarende van het getij samenvalt met aanzienlijke baggerwerken op verschillende drempels en ook in het mondingsgebied, waarbij grote hoeveelheden baggerspecie uit de rivier werden verwijderd of in vloedscharen gestort. Het effect heeft zich in een relatief korte tijd gerealiseerd, wat erop wijst dat de vergroting van de snelheden vrij vlug tot verruiming van de bedding heeft

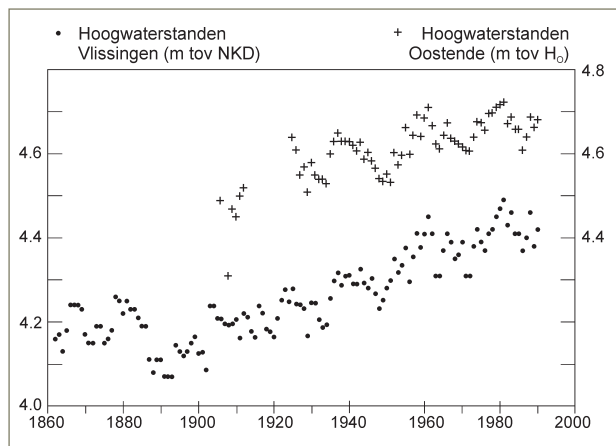
figuur 51: Tienjaarlijkse gemiddelden van getijkarakteristieken voor Antwerpen-Vlissingen (periode 1891-1990).



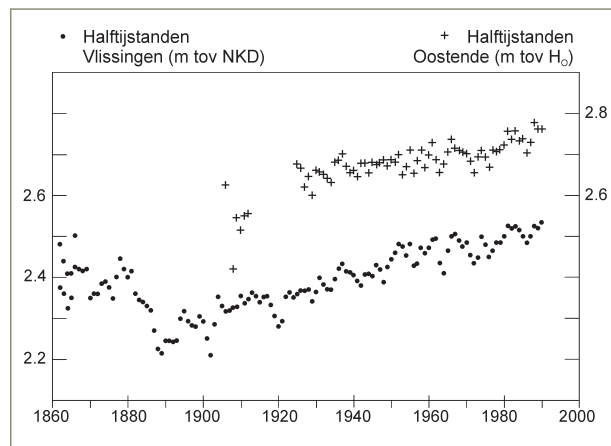
geleid en er zich een nieuwe 'evenwichtstoestand' heeft ingesteld. Hier komt duidelijk het uitgesproken dynamische karakter van de Schelde tot uiting, zodat er hoogstens sprake is van een labiel evenwicht dat door verdere drempelverdiepingen kan resulteren in bijkomende getijversterking naar opwaarts toe. De zandafslag aan de oostkust die een gevolg is van (eeuwenoude) natuurlijke invloeden (stormvloed en stromingen) speelt hier natuurlijk ook een rol.

Aan de kust verliepen de hoog- en laagwaterstanden, de halftijstanden en tijverschillen voor de periode 1880-1970 voor de meetpunten te Oostende en Vlissingen zoals voorgesteld op figuur 52, figuur 53, figuur 54 en figuur 55. De trend van zeespiegelrijzing is

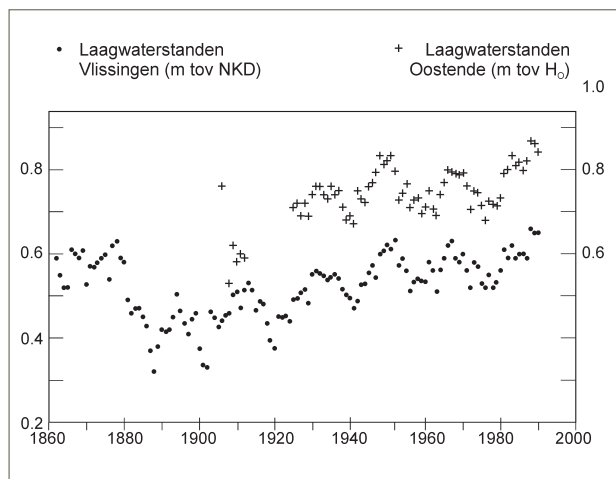
figuur 52: Verloop van de hoogwaterstanden te Oostende (periode 1906-1990) en Vlissingen (periode 1860-1990).



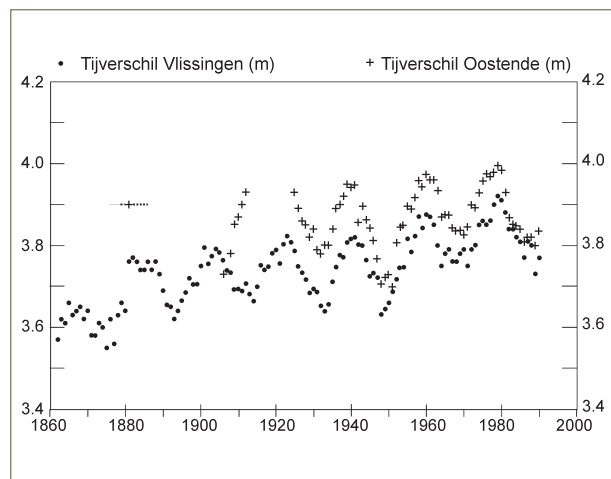
figuur 54: Verloop van de halfcijstanden te Oostende (periode 1906-1990) en Vlissingen (periode 1860-1990).



figuur 53: Verloop van de laagwaterstanden te Oostende (periode 1906-1990) en Vlissingen (periode 1860-1990).



figuur 55: Verloop van de tijverschillen te Oostende (periode 1880-1990) en Vlissingen (periode 1860-1990).



voor Vlissingen groter dan voor Oostende. Hierbij dient opgemerkt dat Vlissingen in de invloedzone van het Westerschelde-estuarium gelegen is dat in die periode volop in ontwikkeling verkeerde.

Door de verschillen te beschouwen tussen hoog- en laagwaterstanden en tijverschillen opgemeten te Antwerpen en Vlissingen, komt duidelijk tot uiting dat de Westerschelde naar opwaarts toe verder evolueert naar een relatieve versterking van het getijde (figuur 51).

De netto-ontwikkeling van de waterstanden en tijverschillen op de Schelde kan nagegaan worden door de vergelijking te maken met Oostende en Vlissingen. Ten opzichte van het getij aan de kust valt vooral de verlaging van de laagwaters op en de stijgende trend van de tijverschillen. Hieruit blijkt de voortschrijdende verbetering van de afvloeiing door de verlaging van de afwaartse drempels⁹².

Wat de toekomst betreft dienen we in de eerste plaats met de toekomstige zeespiegelrijzing rekening te houden. Recente prognoses door Rijkswaterstaat Nederland houden het bij drie mogelijke scenario's: een stijging van 20 cm per eeuw zoals de huidige trend, een '*verwacht*' tempo van 60 cm per eeuw en een '*ongunstig*' scenario van 85 cm per eeuw⁹³ (gevolg van broeikas effect).

Een getijvoortplanting met een zeer korte vloed, waarbij de waterstanden zeer snel stijgen en aanleiding geven tot sterke waterstromingen, dient natuurlijk zoveel mogelijk vermeden te worden. Gelet op de vastgestelde stijging van de tijverschillen en hoogwaterstanden te Antwerpen, is enige waakzaamheid geboden.

Uit het geschetste verloop van de stormvloedstanden is overduidelijk gebleken dat de frequentie van optreden van stormvloedstanden een uitermate dynamische en tijdsafhankelijke grootheid is, waarvan de ontwikkeling in verband met het overstromingsgevaar nauwgezet moet gevolgd worden. Wegens de misverstanden die hierover bestaan moet deze parameter bij het voorspellen van record-stormvloedstanden voorzichtig geïnterpreteerd worden. Principieel kan men zich de vraag stellen tot hoever een frequentieanalyse voor een dynamische rivier als de Schelde zich buiten de waamemingsperiode mag wagen, gelet ook op het feit dat de Schelde als tijrivier een jonge rivier is van hooguit 1500 jaar.

Een gewone lineaire extrapolatie van de recordstormvloedstanden te Antwerpen uit het verleden naar de toekomst toe, toont zonder meer aan dat deze verder zullen stijgen. De storm van februari 1953, waarvan men de frequentie van voorkomen aan de kust destijds schatte op eenmaal om de 250 jaar, kan binnen enkele decennia wat betreft de vloedstanden te Antwerpen misschien een frequentie vertonen van eenmaal om de 25 jaar.

Aan de middelen die er bestaan voor het afwenden van deze dreiging, die zich vooral op de Belgische Schelde zal doen voelen, namelijk de verhoging van de dijken en het aftoppen van de hoogwaterstanden door artificiële overstromingsvelden (zogenaamde potpolders), zijn duidelijk grenzen gesteld. Voor de '*volledige*' beveiliging van het opwaartse gebied tegen de steeds stijgende stormvloedstanden, zal op termijn de bouw van een stormvloedkering te Oosterweel of elders wellicht onafwendbaar zijn. Gecontroleerde overstromingsgebieden van beperkte omvang geven slechts tijdelijk en lokaal enig soelaas. In de brakwaterzone van het estuarium hebben deze oplossingen weliswaar een onmiskenbaar ecologisch belang.

Naar opwaarts toe zullen, zonder stormvloedkering, vooral de zones rond Mechelen, Lier, Temse, Rupelmonde meer en meer bedreigd worden. Een eventuele stormvloedkering zou dan vrij regelmatig dienen te sluiten om naar opwaarts toe het Scheldewater binnen de dijken te houden.

92 Coen (1973).

93 Rijkswaterstaat. *Kustverdediging na 1990* (mei 1989).

16 slot- beschouwingen

Door de ontwikkeling van de Schelde te schetsen en het verloop van de waterstanden te reconstrueren wordt inzicht gegeven in het uitgesproken dynamische karakter ervan, en wordt aangetoond welke belangrijke rol uiteindelijk de mens hierbij heeft gespeeld. Hiermede wordt het onderzoek naar mogelijke toekomstige ontwikkelingen, evenwichten of achteruitgang in een breder perspectief geplaatst

Voor de scheepvaart was de voorbije ontwikkeling alleen maar voordelig te noemen. Ingezet door zuiver natuurlijke invloeden, namelijk de voortdurende zeespiegelrijzing, werd ze door menselijke ingrepen in de goede richting gestuurd, naar achteraf gebleken is. Door de bedijkingen werden de zijdelingse overstromingsmogelijkheden ingeperkt, wat tot stijging van de getijsterkte en van de stroomsnelheden leidde. Dit resulteerde in een eeuwenlang proces van verruiming en verdieping van de bedding over het volledige getijgebied. Bepaalde normalisatiewerken zoals leidammen, oeververdedigingen, afdamming van geulen en gedeeltelijk de baggerwerken van de jongste decennia op de ondiepere drempels en het storten van de baggerspecie in de vloedscharen hebben de rivier behoorlijk genormaliseerd en een vrij stabiele vaargeul gecreëerd, met een voldoening gevend tracé in plattegrond, met voor de scheepvaart veilige diepten en stromingen, een regelmatige opvolging van vloedscharen en een continu doorlopende ebgeul. De snelle voortplanting van het getij vanaf de monding, met naar opwaarts toe stijgende tijverschillen, verzekert bij vloed voldoende komberging, zodat tijdens de ebstroom het schurende vermogen op de zandige bodem maximaal wordt benut.

Het erosiemechanisme waarvoor het getij als een werkelijke motor fungeert, is blijkbaar al vele eeuwen draaiende. Zolang in het mondingsgebied geen

drastische stroomwijzigingen aanleiding geven tot belangrijke zandbewegingen en aanzandingen die het vrij binnendringen van het getij zouden verhinderen, zullen de voor de scheepvaart zeer gunstige omstandigheden blijven bestaan. Achteruitgang van het estuarium is niet te verwachten. Lokale aanzandingen zijn geen maatstaf voor de ontwikkeling van het estuarium in zijn geheel gezien. Het zullen veeleer de steeds stijgende waterstanden bij stormtij zijn die de toekomstige generaties zorgen kunnen baren.

De haven van Antwerpen dankt haar wereldbelang aan de volgroeide Schelde, maar ook andere havens zowel in België (Gent) als in Nederland (Terneuzen, Sloehaven...) danken hun stijgend belang aan de ontwikkeling van deze merkwaardige rivier.

Ecologisch is de Schelde er beduidend slechter aan toe. Dit belangrijke aspect van rivierbeheer kon binnen het bestek van deze studie niet aan bod komen. Voor de economie van ons land is de Schelde een belangrijke slagader. Bij het realiseren van verdere verdiepingsbaggerwerken of andere waterbouwkundige werken zal men de nadelige gevolgen voor het milieu moeten bestuderen en zoveel mogelijk door passende maatregelen moeten tegengaan. De sterke vervuiling van de wateren over het volledige stroomgebied moet door zuivering van de in de rivieren geloosde afvalwaters worden teruggedrongen om op termijn opnieuw de weelderige fauna en flora van weleer te herstellen. Gelukkig worden door de overheid thans maatregelen genomen om dit ecologische herstel mogelijk te maken⁹⁴.

De volgende generaties zullen hopelijk kunnen vaststellen dat onze generatie het behoud en de sanering van de Schelde grondig en doelbewust ter harte heeft genomen.

94 T. Kelchtermans, *Gemeenschapsminister van Leefmilieu, Natuurbehoud en Landinrichting. MINA-plan 2000, Milieubeleidsplan voor Vlaanderen. Voorstellen voor 1990-1995, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 14 februari 1990. Oppervlaktewaterkwaliteit 90-95, p.307 e.v.*

17 figuren

figuur 1	Voortplanting van het getij in de Noordzee
figuur 2	Gemiddeld hoog- en laagwaterverloop langs de Belgische en Nederlandse kusten (1981-1990)
figuur 3	Het aan getij onderhevig gedeelte van de Schelde
figuur 4	Gemiddeld hoog- en laagwaterverloop in de Schelde en gemiddelde tijkrommen te Vlissingen, Antwerpen, Dendermonde en Gentbrugge (Claessens 1988)
figuur 5	Geografische toestand van Engeland en het Europese vasteland tijdens de laatste ijstijd
figuur 6	Relatieve stijging van het zeepeil tijdens de laatste 8.000 jaar volgens verschillende onderzoekers
figuur 7	Een typedwarsprofiel van de bodemlagen aan onze kusten (naar Jelgersma)
figuur 8	Mogelijke situatie van het kustgebied bij het begin van de Romeinse overheersing
figuur 9	Reconstructie van de <i>'waddenzee in de Romeinse tijd'</i> volgens Van Veen (1936)
figuur 10	Reconstructie van de zeearm <i>'Oosterschelde'</i> in de Romeinse tijd (naar Verhulst) gebaseerd op historische en geografische gegevens
figuur 11	Typeprofiel van de bodemlagen dwars over de Schelde te Waarde (naar Jelgersma)
figuur 12	De zandruggen ten oosten van Hulst-Berendrecht (naar Snacken)
figuur 13	Reconstructie van Zeeland <i>'anno 600'</i> naar het Egmontkaartje bij Krüger (1854)
figuur 14	Vlaanderen anno 861 volgens Vredius
figuur 15	Reconstructie linkeroever Schelde <i>'anno 960'</i> bij De Hoon
figuur 16	Kopie van de Dampierrekaart uit 1274 (fragment)
figuur 17	Zeeland anno 1300 naar Beekman (1932)
figuur 18	Toestand van de Honte anno 1300 volgens Ortelius (1570)
figuur 19	Fragment van de Scheldekaart die hoort bij het Charter van Karel de Stoute (1469)
figuur 20	Kaart van Zeeland naar Mercator (toestand na Elisabethvloed 1570)
figuur 21	Toestand van Zeeland in 1575 (naar Sgrooten)
figuur 22	Navigatiekaart bij L.J. Waghenaar uit 1583 (fragment)
figuur 23	Morfologische evolutie van de Westerschelde sedert 1800
figuur 24	Relatieve zeespiegelrijzing sedert 2.000 jaar

figuur 25	Waterstanden-debietenverband voor de Schelde te Antwerpen tijdens de fluviale periode
figuur 26	Typedwarsprofielen over de Schelde te Antwerpen
figuur 27	Mogelijke situatie van de ' <i>Neolithische Schelde</i> ' in de omgeving van Antwerpen
figuur 28	Mogelijke situatie van de ' <i>Neolithische Schelde</i> ' in de omgeving van Antwerpen (variante)
figuur 29	Mogelijk tracé van de Schelde in de omgeving van Antwerpen in de Romeinse tijd (variante)
figuur 30	Mogelijk tracé van de Schelde in de omgeving van Antwerpen in de Romeinse tijd (variante)
figuur 31	Mogelijk tracé van de Schelde in de omgeving van Antwerpen in de 9de eeuw
figuur 32	De grenzen van de Schelde in de 11de eeuw op- en afwaarts Antwerpen volgens Kummer (1844)
figuur 33	Evolutie van de gemiddelde hoogwaters te Antwerpen volgens de beschikbare waarnemingen
figuur 34	Evolutie van de gemiddelde laagwaters te Antwerpen volgens de beschikbare waarnemingen
figuur 35	Evolutie van de gemiddelde tijverschillen te Antwerpen volgens de beschikbare waarnemingen
figuur 36	Stormvloedhoogwaterstanden te Antwerpen en aan het Sas van Bornem (Weert) en Temse, afgeleid van waarnemingen
figuur 37	Uittreksel uit de almanak van Pieter van Goorle (1556)
figuur 38	Uittreksel uit de almanak van Rembert Dodoens (1558)
figuur 39	Uittreksel uit de almanak van Willem de Brieze (1581)
figuur 40	Evolutie van de haventijden langs de Schelde
figuur 41	Verband tussen haventijden en tijverschillen
figuur 42	Reconstructie van de algemene evolutie van de waterstanden te Antwerpen sedert 2000 jaar
figuur 43	Enkele karakteristieke peilen te Antwerpen
figuur 44	Mogelijke evolutie van het dagelijks gemiddelde getij te Antwerpen sedert het jaar 1000
figuur 45	Evolutie van de waterstanden in langszin (vóór 1200 afvloeiing langs Oosterschelde)
figuur 46	Evolutie van de tijverschillen in langszin
figuur 47	Verloop van de hoogwaterstanden te Antwerpen volgens de waargenomen jaargemiddelden sinds 1842
figuur 48	Verloop van de laagwaterstanden te Antwerpen volgens de waargenomen jaargemiddelden sinds 1842
figuur 49	Verloop van de halftijstanden te Antwerpen volgens de waargenomen jaargemiddelden sinds 1842
figuur 50	Verloop van de tijverschillen te Antwerpen volgens de waargenomen jaargemiddelden sinds 1842
figuur 51	Tienjaarlijkse gemiddelden van getijkarakteristieken voor Antwerpen-Vlissingen (periode 1891-1990)

figuur 52	Verloop van de hoogwaterstanden te Oostende (periode 1906-1990) en Vlissingen (periode 1860-1990)
figuur 53	Verloop van de laagwaterstanden te Oostende (periode 1906-1990) en Vlissingen (periode 1860-1990)
figuur 54	Verloop van de halftijstanden te Oostende (periode 1906-1990) en Vlissingen (periode 1860-1990)
figuur 55	Verloop van de tijverschillen te Oostende (periode 1880-1990) en Vlissingen (periode 1860-1990)

18 bibliografie

1. **Anoniem**
Algemene geschiedenis van de Nederlanden, Van Dishoeck Haarlem.
2. **Anoniem**
Rolle van den quaden tijt. i.e. Volumen Calamitas temporis ab anno... tot 1552. XVIIde eeuw, S.A.A. Priv. 102.
3. **Anoniem**
Tienjarig overzicht der waterhoogten en afvoeren. 1951-1960, Staatsuitgeverij s'Gravenhage 1964.
4. **Addink-Samplonius M.**
Urnen delven, het opgravingsbedrijf artistiek bekeken.
5. **Asaert G.**
De Antwerpse Scheepvaart in de XVde eeuw (1394-1480), Verh. Kon. Wet. Lett. en Sch. Kunsten van België. 1973.
6. **Beekman A.A.**
Nederland als Polderland. Zutphen 1932.
7. **Bertrijn G.**
Chronyck der Stadt Antwerpen (16de eeuw).
8. **Blanchard R.**
La Flandre. Etude géographique de la plaine flamand en France, Belgique et Hollande. 1906. Paris.
9. **Blockmans J.**
Idem, période 1921-1930. Ann. Trav. Publ. Belg. Août. 1934
10. **Blockmans J.**
Récapitulations annuelles et décennales des observations de marées faites pendant la période 1911-1920. Ann. Trav. Publ. Belg. Oct 1927.
11. **Boen J.**
Maten en gewigten. Antw. 1857.

12. **Boeynaems en Pontus H.L.J.**
Les anciennes dénominations de l'Escaut et les populations qui occupaient les terres baignées par ce fleuve. Mém.XXII^{me} Congr. Arch. et Hist., Malines 1911.
13. **Bonnet L. et Blockmans J.**
Etude du régime des rivières du bassin de l'Escaut maritime par cubature de la marée moyenne décennale 1921-30. Ann. Trav. Publ. Belg. Juin 1936.
14. **Bonnet L.**
Iets over de Schelde en hare overstromingen in het verleden. De Technische Gids, Juni 1923.
15. **Bouguer**
Traité complet de la navigation. Paris 1706.
16. **Bourdelles H.**
Etude du régime de la marée dans la Manche. Ann. Ponts et Chaussées de France. 1899-2.
17. **Bourdelles H.**
Etude sur le régime de la marée. Ann. Ponts et Chaussées. Paris 1900.
18. **Bourne W.**
A regiment for the sea (1535-1582), Ed Taylor University Press Cambridge 1963.
19. **Bovie M.**
Etude sur le régime de la marée au port d'Ostende. Ann. Trav. Publ. Belg. tXLIV, 1886.
20. **Brand K.**
Hulst en de Vier Ambachten rond 1180. Publ. Streekmuseum
'De Vier Ambachten', Hulst, 1980, Nr.3.
21. **Brand K.**
Over het ontstaan van het Oost Zeeuws Vlaamse Polderland. Zeeuws Tijdschr. Nr.6, 1978.
22. **Caesar J.**
De Gallische oorlog. Vertaling Caesaris Commentarii Belli Gallici, (58-52 voor Chr.), De Nederl. Boekh., 1975.
23. **Ceyssens J.**
L'ancien vocable Hon. Gesch. en Oudheidk. Studiekring Hasselt. Verz. opstellen. Boekd. IV. Hasselt 1928.

24. **Claessens J. en Belmans H.**
Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1971-1980. Tijdschr. Openb. Werk. Belg., Nr3, 1984.
25. **Claessens J.**
Het hydraulisch regime van de Schelde. Tijdschr. Water nr 43/1, 1988.
26. **Codde R. en De Keyser L.**
Noordzee-Kust / Scheldemonding - Zeeschelde Atlas van België 1967.
27. **Codde R. en De Keyser L.**
Tienjarige overzichten van tijwaarnemingen 1941-50 en 1951-60. Tijdschr. Openb. Werk. v. Belg. Aug 1954 en Aug. 1963.
28. **Coen I.**
De ontwikkeling van het regime van de Schelde. Oct.1978 (onuitgegeven).
29. **Coen I.**
Neerslag - afvoerrelaties voor Schelde en bijrivieren. Tijdschr. Openb. Werk. v. Belg. Nr.3, 1978.
30. **Coen I.**
Nota over de evolutie van het getij in de Westerschelde. Maart 1973. (dienstnota).
31. **Coen I.**
Ontstaan en ontwikkeling van de Westerschelde. Water Nr.43/1 1988.
32. **Coen I.**
Ontstaan en ontwikkeling van de Westerschelde. 1984, (onuitgegeven).
33. **Coen I.**
Ontwikkeling van de Schelde. 1991.
34. **Coignet M.**
Nieuwe Onderwijsinghe op de principaelste punten der Zeevaart. Antwerpen 1580.
35. **Cornet J.**
Leçons de Géologie 1927.
36. **Cornet J.**
L'évolution de rivières Belges. Extr. Ann. Soc. Géol. Belg. t.XXXI, Mém. 1904.
37. **Dansgaard W. et al.**
One thousand centuries of climatic record from camp century on the Greenland ice sheet. Science vol 166, 1969.

38. **De Castro J.**
De Kleine chronijke.
39. **De Hoon A.**
Mémoire sur les Polders de la Rive Gauche de l'Escaut et du littoral Belge. Académie Royale de Belgique. Bruxelles 1853.
40. **De Kanter J.**
Beschrijving van de Watervloed voorgevallen den 4 februarij 1825. Middelburg 1825.
41. **De Kanter J.**
Natuur- en geschiedkundige Beschrijving van de Watervloed, tusschen den 14 en 15 Januarij 1808. Middelburg 1808.
42. **De Keyzer J.**
Quelques aspects de l'Histoire Economique de l'Abbaye Saint Michel d'Anvers aux XII^{me} et XIII^{me} Siècles, (1124-1284). Univ. Libre de Bruxelles, 1962-63.
43. **De Langhe J.**
De oorsprong der Vlaamsche Kustvlakte, 1939.
44. **De Matthys M.**
Les nouvelles installations maritimes du port d'Anvers. Ann. Trav. Publ. de Belg. 1890.
45. **De Mey M.**
L'Escaut maritime. Vme Cong. Int. Nav. Inter., Paris, 1892.
46. **De Vries J.**
Etymologisch woordenboek. Aulaboeken 1959.
47. **Dejardin H.**
Description de deux coupes. Bruxelles 1862.
48. **Denucé J.**
De Loop van de Schelde van de Zee tot Rupelmonde in de XV^{de} eeuw. Veritas, Antwerpen.
49. **Denys L. en Verbruggen C.**
A case of drowning. The end of subatlantic peat growth and related paleoenvironmental changes in the lower Scheldt basin (Belgium) based on diatom and pollen analysis. Rev. Palaeobotany and Palynology, 59, (1989): 7-36. Elsev. Amsterdam.
50. **Doodson A. en Warburg H.**
Admiralty manual of tides. London 1941.

51. **Doursther H.**
Dictionnaire universel des poids et mesures anciens et modernes. Amsterdam 1965, oorspr. uitg. Antw. 1840.
52. **Dresselhuis Utrecht J.AB.**
De Provincie Zeeland, in hare aloude gesteldheid en geregelde vorming beschouwd. Middelburg 1836.
53. **Du Boys P.**
Le Rhône et les rivières à lit affouillable. Ann. Ponts et Chauss. 1879, Paris.
54. **Edelman T.**
Bodemdaling en zeespiegelrijzing. Land en Water. Juni 1959.
55. **Ferraris (comte de)**
Mémoires historiques, chronologiques et oeconomiques, Bruxelles, Pro Civitate MCMLXVI. Ferrariskaart + couverture. 10 december 1977.
56. **Fournier G.**
Hydrographie, 1643.
57. **Gernez D. en Denucé J.**
Het Zeeboek. Handschrift van de Stedelijke Boekerij te Antwerpen. Acad. Marin v. Belg. Deel II, MCMXXXVI.
58. **Gernez D.**
Les indications relatives aux marées dans les anciens livres de mer. Extr. Arch. Intern. d'Hist. Sc. N°7, 1949.
59. **Gieske J.**
De oorsprong van het brakke grondwater in het Ysselmeergebied. Diffusie, dispersie of dichtheidsstroming? H2O (24) 1991, Nr7.
60. **Gijsseling M.**
Toponymisch woordenboek van België, Nederland, Luxemburg, Noord Frankrijk en West Duitsland (voor 1226). Belg. Univers. Centr. voor Neerlandistiek 1960.
61. **Gittenberger F. en Weiss H.**
Zeeland in oude kaarten. Lannoo Tiel/Bussum, 1983.
62. **Goetschalckx P.**
Oorkondenboek der Witherenabdij van St. Michiels te Antwerpen 1909.
63. **Goovaerts A.**
Le 'Dilf' ou chantier navale d'Anvers du XIII^{me}- XIV^{me} siècle (1261-1387) Anvers 1889.

64. **Gottschalk M.**
Historische geografie van Westelijk Zeeuws Vlaanderen I en II (1958).
65. **Gottschalk M.**
Subatlantische transgressiefasen en stormvloeden. In: Transgressies en
occupatie-geschiedenis in de kustgebieden van Nederland en België. Verhulst A.
en Gottschalk M., Gent 1980.
66. **Guicciardini L.**
Beschrijvinghe van alle de Nederlande (Kiliaanvertaling 1612 v. Descrittione di tutti
i Paesi Bassi (1567 en 1588).
67. **Guns P.**
Enkele vaststellingen in verband met het ontstaan van Antwerpen. (december 1975).
68. **Guns P.**
Onuitgegeven nota's (1974-1975).
69. **Guns P.**
De Antwerpse Noorderpolders in de 16de en 17de eeuw, Waterb. Labor. 1972.
70. **Guns P.**
Historische evolutie van het polderlandschap langs de linkerscheldeoever. Waterb.
Labor. 1975.
71. **Gutberleth T.**
Nederlandse Watervloeden. Gouda 1703.
72. **Haenecour R.**
Etude sur la formation de l'Escaut maritime et des rivières à marée de Belgique.
Leur entretien et leur amélioration. Ann. Trav. Publ. Belg. 1927.
73. **Haenecour R.**
Formation de la côte et des fleuves à marée de Belgique. Projet d'avant port pour
Anvers. 1944.
74. **Haenecour R.**
Recherches sur les voies de communication préhistoriques dans la Gaule Belgique.
Ann. Trav. Publ. Belg. 1947.
75. **Hasse G.**
Contribution à l'étude de l'hydrologie du scaldien, du diestien, et du miocène au
nord d'Anvers. 1946.
76. **Hasse G.**
Hydrographie primitive au nord d'Anvers. 1934.

77. **Hasse G.**
La vie à Anvers pendant la fin du Néolithique et l'age du Bronze. 1908.
78. **Hasse G.**
L'ancienne enceinte du XI^{me} siècle à Anvers. 1912.
79. **Hasse G.**
Le '*Verdronken Land*' de Saeftingen. 1931.
80. **Hasse G.**
Le cimetière de l'ancienne église de St. Walburge à Anvers. 1909.
81. **Hasse G.**
Le Schijns et l'Escaut primitifs. 1910.
82. **Hasse G.**
Les premières digues au nord d'Anvers. 1939.
83. **Hasse G.**
Les Vikings en Belgique. 1935.
84. **Hasse G.**
Un ancien aqueduc dans le polder d'Oorderen. 1921.
85. **Hasse G.**
Un problème géologique et historique à Oud-Kruisschans. 1930.
86. **Havermans R.**
De haven groeit, de polder sterft. Tijdschr. stad Antwerpen 1956, 1957, 1958 en 1959.
87. **Hettema's Grote Historische Atlas (UWG).**
Hasselt 1977.
88. **Howse D. en Sanderson M.**
The sea chart. Newton Abbot 1973.
89. **Huizinga T.**
Grondmechanica. 1948.
90. **Jamees A.**
Inventaris Polder Lillo, Stabroek, Berendrecht en Zandvliet. Rijksarch. Antwerpen 1957.
91. **Jelgersma S.**
Een geologische kijk op de kust. In: Kustontwikkeling, verleden, heden, toekomst. Waterl. Labor. en Rijkswaterst. 1985.

92. **Jelgersma S.**
Holocene sea level changes in the Netherlands. Ned. Geol. Sticht. Maastricht, 1961.
93. **Jones L. en Heiderscheidt M.**
Surface de niveau zéro belges et zéro hydrographique H. Tijdschr. Openb Werk. Belg. 1952.
94. **Kiden P. en Verbruggen C.**
Het landschap in het Antwerpse sinds de laatste ijstijd. Zie Warmenbol E. 1987.
95. **Kiden P.**
Recente morfodynamiek van de Schelde in de omgeving van Temse. Rijksuniv. Gent, 1983.
96. **Kiedel K. und Schnall U.**
Die Hanse kogge von 1380. Förderverein Deutsches Schiffartsmuseum. Bremerhaven 1963.
97. **Krüger J.**
Potamo-chorographie of nauwkeurige navorschingen over de Schelde, en chorographie van Zeeland. Bergen op Zoom 1854.
98. **Kummer F.**
Polders du Bas-escout en Belgique. Ann. Trav. Publ. Belg. 1844.
99. **Kurth G.**
La frontière linguistique en Belgique et dans le nord de la France, I en II.
100. **Kustverdediging na 1990.**
Discussienota Min. Verkeer en Waterstaat. 1 mei 1989.
101. **Lamb M.**
Climatic fluctuations in historical times and their connection with transgressions of the sea, storm floods and other coastal changes. In: Verhulst en Gottschalk 1980.
102. **Lane E.**
The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. HY July, 1955.
103. **Lauwers M.J.**
Les marées des ports d'Ostende, de Zeebrugge et de Nieuport. Ann. Trav Publ. Belg. 1949.
104. **Lauwers M.J.**
Les marées du port d'Ostende. Ann. Trav. Publ. Belg. 1930.

105. **Maarleveld Th. en Ginkel E.**
Archeologie onder water. Het verleden van een varende volk. 1990. Meulenhoff Amsterdam.
106. **Mailly E.**
Sur les marées en différents points des côtes de Belgique. Mém. Ac. Belg. 1835.
107. **Mc Intoch J.**
Archeologisch handboek 1987. Gaade Veenendaal.
108. **Mees J.**
De geschiedenis der gemeente Hingene. Gent.
109. **Mees M.**
La formation du Vieil Escaut.
110. **Mesdagh M.**
De Vikingen bij ons. Het Grote Leger (879-892) in België en Frankrijk. Stichting Mens en Cultuur. Gent 1989.
111. **Meyvis L.**
Indijkingen en waterbouwkundige werken langs de Westerschelde en de Zeeschelde. Antwerpse Zeediensten, Aug.1977.
112. **Mijs M. et al.**
De Holocene evolutie van de alluviale vlakte van de Benedenschelde. Tijdschr. Belg. Ver. Aardr. Studies, Bevas, 1983.1.
113. **Mijs M.**
De landschapsgeschiedenis van de Scheldepolders ten Noorden van Antwerpen. Tijdschr. Belg. Ver. Aardr. Studies. 1973.
114. **Min. Openb. Werk. Best. Waterwegen.**
Stormvloed op de Schelde. Delen 1 tot 5, 1966.
115. **Ministerie Nat. Opv. en Ned. Cultuur.**
Rijksdienst voor Monumenten en Landschapszorg. Bouwen door de eeuwen heen. Inv. Cultuurbezit in Belg. Arch., D3, Stad Antwerpen. 1976.
116. **Ministerie van Openbare Werken**
Tienjarige overzichten der getijwaarnemingen aan de Kust en de Schelde sedert het begin der waarnemingen (resp. 1941 en 1891)

117. **Minnaert G. en Verbruggen C.**
Palynologisch onderzoek van een veenprofiel uit het Doeldok te Doel. Bijdr. Arch. Dienst. Waasland. Buiteng. uitg. Kon. Oudh. Kring Land van Waas. Deel 19, St. Niklaas, 1986.
118. **Munaut A.**
La forêt ensevelie de Terneuzen. Industrie 21, Ann, 3 mrs 1967. (Féd. Industr. Belg.).
119. **Nijhoff G.**
Schets van de ontwikkeling van de Schelde. s'Gravenhage 1930-1931, met medewerking van de geologen P. Tesch en dr. TH. Reinhold.
120. **Noorduyn W.**
Leerboek der zeevaartkunde. 1911.
121. **Oost T.**
Bewoningsgeschiedenis van Antwerpen en omgeving. In: Landschap en bewoning rond de mondingen van de Rijn, Maas en Schelde, Rotterdam, 1986. (Rotterdam Papers V).
122. **Oost T.**
De bewoning te Antwerpen tijdens de Gallo-Romeinse periode. In: Het ontstaan van Antwerpen, feiten en fabels, Red. Warmenbol E. Antwerpen, 1987.
123. **Oost T.**
De opgravingen '*Stadsparking*' te Antwerpen. Tijdschr. stad Antwerpen. 1977.
124. **Oost T.**
Van Nederzetting tot Metropool. Archeologisch-historisch onderzoek in de Antwerpse binnenstad. Volkskundemuseum Antwerpen. 1982-1983.
125. **Ortelius**
Historische kaarten gebundeld door B. Moretus in 1624 in een Parergon, Plantijnmuseum Antwerpen.
126. **Pardé M.**
Fleuves et rivières. Paris 1955.
127. **Persoons G.**
Datumlijst van de geschiedenis van het cultuurhistorisch monument het 'Sas' (1592) tot de oude Schelde (13de eeuw) te Bornem. 1980.
128. **Pierrot J.**
Observations de la marée dans l'Escaut. 25 avril 1896.

129. **Poncelet L.**
Aperçu sur la variation séculaire des précipitations en Belgique. La Technique de l'Eau.
130. **Prims F.**
Antwerpiensia. Jaarl. uitg. De Vlijt Antw. 1927 tot 1951.
131. **Prims F.**
De littekens van Antwerpen. De Sikkel, Antwerpen. 1944.
132. **Prims F.**
Geschiedenis van Antwerpen. Standaard Boekhandel Brussel, Delen I tot X, 1927 tot 1949.
133. **Ptolemeus CL.**
'De Geographia van Ptolemeus', Vijftiende eeuwse kaarten uit de 'Cosmographia'. Atrium (MCMXC).
134. **Puch D.**
Le niveau de la mer: changement et enjeu. Nature et Ressources, vol 26, n°4, 1990.
135. **Quinette de Rochemont M.**
Notice sur l'Escaut maritime et le port d'Anvers. Ann. Ponts. Chauss. France. t.XV, 1878.
136. **Réménieras G.**
L'hydrologie de l'ingénieur. Eyrolles Paris, 1965.
137. **Rijksarchief Antwerpen**
Polderarchief.
138. **Rijkswaterstaat**
Tienjarige overzichten getijwaarnemingen sedert het begin der waarnemingen (1860).
139. **Rijkswaterstaat**
Verslag over de stormvloed van 1953. Den Haag 1961.
140. **Rijkswaterstaat**
Kustverdediging na 1990 (discussienota), 1 mei 1989.
141. **Roelandts K.**
Van Scaldis tot Schelde in: Eeuwige Schelde. 1953.
142. **Roeleveld W.**
De bijdrage van de aardwetenschappen tot de studie van de transgressieve activiteit langs de zuidelijke kusten van de Noordzee. In: Verhulst A. en Gottschalk M., 1980.

143. **Rohde H.**
Sturmfluthöhen und säkularer Wasserstandsanstieg an der deutschen Nordseeküste. Die Küste, Heft 30, 1977.
144. **Rombaut H.**
Merovingisch Antwerpen historisch en archeologisch bekeken. Zie Warmenbol E., 1987.
145. **Rombout H.**
Het ontstaan van Antwerpen in de Romeinse tijd en het strategisch belang van de samenvloeiing van Rupel en Schelde. Het Wiel, Tijdschrift voor de geschiedenis van de Rupelstreek en Klein-Brabant, 2de jaargang nr.1, 1992.
146. **Ronde J.**
Changes of relative mean sea level of mean tidal amplitude along the Dutch coast. 1983. Seism. and Seism. Risk Offsh. North Sea Area, 131-141.
147. **Roovers P.**
Stormvloeden en stormvloedbeheersing in het Zeescheldebekken. Het Ingenieursblad nr. 11, 1977
148. **Routier de la mer (Un)**
Jacques le forestier, Rouen 1502-1510. Scheepvaartmuseum, C 18309.
149. **Routier Flamand (Un Vieux)**
Het Leeskaartenboek van Wisbuy (1566). In: La Chronique graphique, 12dejaarg. Sept.1936. nr.5. Scheepvaartmuseum, C 19818.
150. **Royers G.**
Anvers port de mer. Bruxelles 1885.
151. **Rutter of the Sea (The)**
Zeeleesboek 1557. Scheepvaartmuseum, C 18309.
152. **Ryckaert M.**
Resultaten van het historisch-geografisch onderzoek in de Belgische kustvlakte. In: Verhulst A. en Gottschalk M.K.Z. (1980).
153. **Sigmaplan**
Voor de beveiliging van het zeescheldebekken tegen stormvloeden op de Noordzee. Min. Openb. Werk. 1977.
154. **Simon Stevin**
Seste bouck des Eertclootschrifts van den spiegheling der Ebbenvloet.(1599). In: Pannekoek, Navigation, The principal works of Simon Stevin. Vol III- Astronomy. Crone Amsterdam 1961.

155. **Snacken F.**
De ontwikkeling van het Scheldepolderlandschap. Verslagboek Vierde Int. Havencongres Antwerpen 1964. (K.V.I.V.).
156. **Snacken F.**
Verklarende tekst bij kaartbladen Bodemkaart van België.
157. **Sterling A.**
Interne nota over evolutie getij Schelde. 1976.
158. **Sterling A.**
Oude geulen in de polders ten Noorden van Antwerpen. Verslag Vierde Int. Havencongres Antwerpen 1964. (K.V.I.V.).
159. **Stessels A.**
Discussion des observations de la marée et ses effets dans l'Escaut. Ann. Trav. Publ. Belg. 1872.
160. **Stessels M.A.**
Etude sur l'Escaut maritime. Ann. Trav. Publ. Belg. 1865.
161. **Stessels M.A.**
Mémoire sur les marées de l'Escaut. Ann. Trav. Publ. Belg. 1863-1864.
162. **Stuyck R.**
De Schelde van Bron tot Monding. Lannoo, Tielt 1987.
163. **Suyckens A.**
Grote overstromingsrampen. In: Eeuwige Schelde. 1953.
164. **Tavernier R. en Ameryckx J.**
Kust, Duinen, Polders. Verklarende tekst bij Blad 17, Atlas van België. Gent 1970.
165. **Tavernier R. en Ameryckx J.**
Kust, Duinen, Polders. Verklarende tekst bij Blad 17. Atlas van België. Gent 1970.
166. **Taylor E.**
The haven finding art. London 1971.
167. **Theuns J. en Coen I.**
Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het tijdperk 1961-1970. Tijdschr. Openb. Werk. Belg nr 3, 1972-73.
168. **Torfs K.L.**
Historische schets der watervloeden in België en Holland. 1850.

169. **Van Beylen J.**
Maritieme Encyclopedie. De Boer Bussum, 1971.
170. **Van Beylen J.**
Scheepvaart en cartografie. Tentoonstellingscatalogus Antwerpens Gouden Eeuw. 1955.
171. **Van Beylen J.**
Schepen van de Nederlanden van de late Middeleeuwen tot het einde van de 17de eeuw.
172. **Van Brabandt L. en Pierrot J.**
Etudes sur le régime des rivières du bassin de l'Escaut maritime. Recueil de documents relatifs à l'Escaut maritime. 1907.
173. **Van Brabandt L.**
Récapitulations annuelles et décennales des observations de marées faites dans le Service Spécial de l'Escaut maritime et de ses affluents soumis à la marée pendant la période 1901-1910. Ann. Trav. Publ. Belg. Oct. 1912.
174. **Van Brabant J.**
De Onze Lieve Vrouwekathedraal van Antwerpen. V.T.B. uitg. nr.80-81, Juni 1977.
175. **Van Brabant J.**
Rampspoed en restauratie der kathedraal van Antwerpen. SBA/H242836.
176. **Van Caukercken**
Chronijcke der stat Antwerpen van voor de gheboorte Christie tot anno 1500. Stadsarch. Antwerpen.
177. **Van Cauwenberghe C.**
Overzicht van de tijwaarnemingen langs de Belgische kust. Periode 1961-1970. Tijdschr. Openb. Werk. Belg. Nr 4, 1977.
178. **Van Cauwenberghe C.**
Overzicht van de tijwaarnemingen langs de Belgische kust. Periode 1971-1980. Tijdschr. Openb. Werk. Belg. Nr5, 1985.
179. **Van Cleemput F.**
Michiel Coignet. Een Antwerps Wis- en Zeevaartkundige uit de 16de eeuw. Mar. Acad. Med. Boek XXIII 1973, 1974, 1975.
180. **Van Craenenbroeck W.**
Oorsprong en uitbouw van de watervoorziening in het Antwerps Brouwerskwartier. Ant. Ver. Voor Bodem- en Grotonderzoek. Tentoonstelling - publicatie. 1988.

181. **Van Dale**
Etymologisch woordenboek, 1990.
182. **Van de Walle A.**
De archeologische opgravingen in het oud stadscentrum te Antwerpen. Tijdschr. Stad Antwerpen. Nr.2. Juli 1960.
183. **Van den Berg M.**
De oorsprong van de Brabo-sage: de ridder en de reus. Zie Warmenbol E., 1987.
184. **Van den Bogaerde J.**
Het distrikt St.-Niklaas voorheen Land van Waes, Provincie Oost Vlaanderen, Eerste deel, 1825.
185. **Van den Eynden E.H.**
Antwerpsch verzameling van aentekeningen betreffende de geschiedenis dezer stad. 1887.
186. **Van der Schaar J.**
Woordenboek van voornamen. Het Spectrum 1964, 1981.
187. **Van Ertborn O. en Cogels P.**
Anvers à travers les ages géologiques.
Le sol d'Anvers et l'Escaut. 1886.
188. **Van Hoek S.**
Natuur en geschiedkundige beschrijving van den verschrikkelijken watervloed tussen den XIV den en XV den van Louwmaand des jaars MDCCCVIII. Haarlem 1808.
189. **Van Loon J.**
De vroegste geschiedenis van Antwerpen volgens de plaatsnamen. Voordracht A.V.R.A. 18 jan. 1985.
190. **Van Loon J.**
Een taalkundige benadering van Antwerpens vroegste geschiedenis.
Zie Warmenbol E., 1987.
191. **Van Mierlo J.**
Note sur les marées à la fin de l'époque quaternaire sur les côtes de Belgique. 1898.
192. **Van Nierop D.**
Nieroper Schatkamer, waermee dat de kunst der stuerluyden, door seeckere gront-regulen geleert en gebruickt kan worden. 1676.

193. **Van Raemdonck J.**
Le Pays de Waas préhistorique. Saint Nicolas, 1878.
194. **Van Veen J.**
Eb- en vloedchaarsystemen in de Nederlandse getijwateren. 1950.
195. **Van Veen J.**
Onderzoekingen in de Hoofden. Rijkswaterstaat 1936.
196. **Vanderlinden E.**
Chronique des événements météorologiques en Belgique jusqu'en 1834. Bruxelles 1923.
197. **Veenstra H.**
Zand vertelt geschiedenis der wadden. Géol. Inst. RWS, Groningen, Land en Water, Juni 1976.
198. **Vekemans R.**
Tienjarig Overzicht der tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken. 1931-1940, Tijdschr. Openb. Werk. Belg. Aug. 1946.
199. **Verbruggen C. en Kiden P.**
L'évolution postglaciaire du bas et moyen Escaut C.P.N. nr.6, 2me sem. 1989.
200. **Verbruggen C.**
Paleoecologische en palynologische benadering van enkele bekende historisch-geografische problemen in Vlaanderen.
201. **Verhulst A. en Blok D.**
Landschap en Bewoning tot circa 1000. In: Algemene Geschiedenis der Nederlanden. Deel I.
202. **Verhulst A. en Gottschalk M.**
Transgressies en occupatiegeschiedenis in de kustgebieden van Nederland en België. Belgisch Centrum voor Landelijke Geschiedenis, Publ.66, Gent 1980.
203. **Verhulst A.**
De stad Antwerpen van de Romeinse tijd tot de 17de eeuw. Het ontstaan van de vroege topografie van Antwerpen van de Romeinse tijd tot het begin van de 12de eeuw. Gemeentekrediet van België. 1978.
204. **Verhulst A.**
Het landschap in Vlaanderen in historisch perspectief. Ned. Boekh. Antwerpen.
205. **Verwijs en Verdam**
Middelnederlands Woordenboek, 's Gravenhage 1894.

206. **Vierlingh A.**
Tractaet van dijckagie. (1575).
207. **Vifquain J.**
Des voies navigables en Belgique. 1842.
208. **Vlaemschen Indicateur (Den) ofte aenwijzer der wetenschappen en Vrije Konsten.**
Nr13, 1785.
209. **Voies Navigables de la Belgique.**
Recueil des renseignements. 1880.
210. **Waghenaer L.J.**
Thresoor der Zeevaart, Leyden 1592. Facs. Theatrum Orbis Terrarum LTD, Amsterdam MCMLXV.
211. **Warmenbol E.**
Het ontstaan van Antwerpen, feiten en fabels. Met bijdragen van Callebaut D., Cuyt G., Hurt V., Kiden P., Lafaurie J., Oost T., Rombout H., Van den Bergh M., Van Loon J., Vanmerkerke J., Van Peer Ph., Verbrugge C. en Warmenbol E. Antwerpen. 1987.
212. **Waterbouwkundig Laboratorium**
Interne nota's over verhoging van de hoogwaterstanden. 1976.
213. **Waters D.W.**
The Rutters of the Sea. Scheepvaartmuseum. C 19818.
214. **Waterschoot M.**
De Vlaamsche Kustvlakte. 1939.
215. **Wauwermans H.**
Le Steen, le Bourg et les nouveaux quais Anvers. Extr. Bull. Acad. Arch. Belg. 1877.
216. **Wilderom M.**
Tussen afsluitdammen en deltadijken. Delen 1 tot 4. 1961, 1964, 1968, 1973.
217. **Willems J.F.**
Aantekeningen op eene oude kaart van Zeeland. Antw. 1827-1830.
218. **Winkler Prins**
Encyclopedie. Elsevier 1951.
219. **Wolters**
Mémoire sur le projet de diminuer les inondations de l'Escaut, de la Lys et de la Durme. 1944.

19 geraadpleegde kaarten, almanakken en periodieken

1. Ptolemeus Cl. (100-180): De '*Geographia van Ptolemeus*'. vijftiende-eeuwse kaarten uit de '*Cosmographia*'. Atrium (MCMXC).
2. Peutinger kaart (4de eeuw), fragment in Hettema's Grote Historische Atlas (1977).
3. Kaartje van Zeeland '*Egmond*' bij Krüger (1845).
4. Anonieme kaarten van de Schelde 1504, 1505, 1559, 1567 (kopies Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout).
5. Dampierrekaart van Van Thuyne 1617, origineel vermoedelijk van 1274.
6. Kaarten van Zeeland en de Schelde van Ortelius (1570), Mercator (1570), Chr. Sgroten (1575). Historische kaart van Ortelius (1594), Verbist (1638), Janssonius (1652), Bollaert (1663), Anoniem (1584), Aichingerius (1585), Luyken (1584-85), Blauw (1635).
7. Zeekaart Zeeuwse eilanden: Waegenaer (1583).
8. Bodemkaarten van België. Snacken F. Antwerpen, Noordhoek, Kieldrecht, Lillo, Beveren-Waas, St. Niklaas, St. Gillis-Waas, Ekeren.
9. Historische reconstructies bij Ortelius (1570), Krüger (1845), Kummer (1844), Verhulst A. en Blok D. en in Historische atlassen, zoals Hettema (1977).
10. Kaartjes van Zeeland bij Beekman A. '*Nederland als Polderland*' 1932. Toestand van Zeeland rond 1300.
11. Kaarten van Zeeland uit 16de, 17de en 18de eeuw. In: Zeeland in oude kaarten. (Gittengerger F. en Weiss H., Lannoo Tielt/Bussum, 1983).
12. Carte topographique de la Belgique, 1863-1883, Anvers, St. Nicolas et Tamise.
13. Militair Geografisch Instituut, Stafkaarten.
14. Plans Stad Antwerpen, Royers, Losson (1846), en andere.

15. Almanakken (selectie): Van Goorle P. (1556), Dodoens R. (1558), Hakendover J.C. (1571), Hakendover J.C. (1580), Boudewijns (1581), De Brieze W. (1581), Magirus A. (1583), Van Goorle V. (1594), Franco J. (1607), Austruies J.B. (1618), Peetersen H. (1662), De Dijn Ph. (1668), De Dijn Ph. (1678), Van Bruggen L. (1709), Anoniem (1745), Van Vlaenderen J. (1745 en 1760), Pronostiqueur (1791), Van Vlaenderen J. (1798), Alman. d'Anvers et des deux Nèthes (1808). In Stadsbibliotheek Antwerpen.
16. Periodieken: Gazette van Antwerpen (18de en 19de eeuw), in Stadsbibliotheek Antwerpen.
17. Hydrografische kaarten Westerschelde van Beautemps-Beaupré, Stessels, Petit, Nederlandse Marine, Antwerpse Zeediensten e.a.

colofon

***Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Waterbouwkundig Laboratorium***

vormgeving Meer wit

drukwerk Digitale Drukkerij Vlaamse Overheid

januari 2008

D/2007/3241/203

Omslag:

foto omslag © Bart Lasuy