

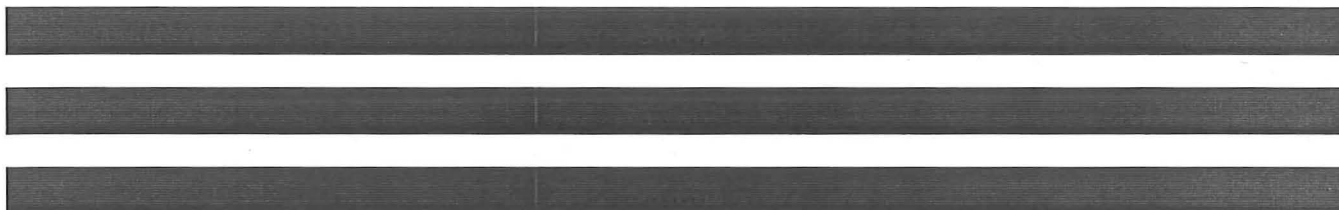
**Beneden - Zeeschelde
te Antwerpen-Loodsgebouw :
getij-evolutie 1901-2000
en getij-prognose tot 2050 .**

*Advies getijvoorwaarden bij bouw nieuwe ponton
aan het Steenplein te Antwerpen .*

ir. E. Taverniers

herwerkte versie d.d. februari 2002

(eerste versie was van januari 2000)



Beneden - Zeeschelde te Antwerpen - Loodsgebouw : getij-evolutie 1901-2000 en prognose tot 2050 .

Advies getijvoorwaarden bij bouw nieuwe ponton Steenplein .

Dit rapport geeft een **evolutie aan van het getij** in de Beneden-Zeeschelde voor de tijmeetpost **Antwerpen-Loodsgebouw**. Zo worden ondermeer de **evolutie van het hoogwater en van het laagwater over de jongste honderd jaar** (= de twintigste eeuw) aangegeven. Tevens is de geactualiseerde **overschrijdingslijn van de hoogwaterstanden** van het getij te Antwerpen-Loodsgebouw bijgevoegd, hetgeen o.m. bepalend is voor de fameuze stormhoogwaterstand "**10⁻⁴**" zijnde de initiële basis van het zich verdedigen tegen wateroverlast in het Zeescheldebekken: de stormhoogwaterstand van één per tienduizend jaar, of met een kans van voorkomen van één op honderd over een periode van honderd jaar, dat als leidraad van het sinds 1977 in voege zijnde Sigmaplan gold.

Dit rapport kwam er op vraag van de Afdeling Zeeschelde, als een advies over de getijvoorwaarden die bij het ontwerp van de nieuwe ponton aan het Steenplein te Antwerpen in acht dienen genomen te worden, vnl. te weten het hoogste hoogwater en het laagste laagwater waarmee in het ontwerp moest worden gerekend. Bij normale verwachting van gebruiksduur van de nieuwe ponton, zonder tot ingrijpende constructieveranderingen over te moeten gaan, werd een schatting gevraagd van het hoogste hoogwater en het laagste laagwater over de komende vijftig jaar. Aldus wordt ook een vooruitzicht gegeven tot 2050.

Los van deze vraag, blijft het rapport nog jaren een waardevolle bron van beschouwingen en gegevens over de getijevolutie van de Beneden-Zeeschelde. In die zin werd het rapport van januari 2000 aan de recentste meetgegevens aangepast, en met een beperkt herwerkte tekst in februari 2002 als nieuwe uitgave ruim verspreid.

Inhoud:

1. Probleemstelling	blz. 4
2. Getij-evolutie van hoogwater	5
3. Inschatting van hoogste hoogwaterstand voor ontwerp ponton	10
4. Getij-evolutie van laagwater	12
5. Inschatting van laagste laagwaterstand voor ontwerp ponton	14
6. Besluit	15

Bijlagen:

1. Probleemstelling

De ponton langs de Beneden-Zeeschelde aan het Steenplein te Antwerpen-centrum, wordt door de Afdeling Zeeschelde van de Administratie Waterwegen en Zeewezen herbouwd. Ten aanzien van de voorzieningen om de ponton ook bij zeer hoge hoogwaterstanden en bij zeer lage laagwaterstanden ongestoord op haar plaats te houden, met name dat de ponton bij dergelijke getijomstandigheden steeds goed binnen haar geleidingen blijft, en ook bij zeer lage laagwaterstanden blijft vlotten, moet een keuze gemaakt worden van de getijomstandigheden waarmee bij het ontwerp van de ponton wordt rekening gehouden.

Het komt er op aan om uitgaande van de getij-evolutie van de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw, waarvan de waterstanden van het getij geheel representatief zijn voor deze aan het Steenplein, en uitgaande van eventueel andere overwegingen, het hoogste hoogwater- en het laagste laagwater-peil te bepalen waarmee de geleidingen van de ponton moeten worden ontworpen, en waarmee de hoogteligging van de bedding onder de ponton zelf moet worden aangelegd.

Een getij-evolutie geeft de ontwikkeling van het verleden aan, en kan een voorspelling voor een nabije toekomst inhouden, alle andere omstandigheden gelijk blijvend. Ten aanzien van de ontwerp-aannames van de nieuwe ponton aan het Steenplein weze evenwel in een verdere toekomst gekeken, want moet met een normale levensduur van een dergelijke constructie worden rekening gehouden. Deze "normale" levensduur wordt niet alleen bepaald door hetgeen een dergelijke constructie qua sterkte, stabiliteit en stijfheid mits normaal toezicht en onderhoud in de tijd aankan, maar ook door de nogal onzekere verwachting van wat de gemeenschap van een dergelijke ponton verwacht, zegge: wanneer zal de ponton door dermate andere wensen en eisen van gebruik, ligging, omgeving, alternatieve mogelijkheden e.d. door een volgende generatie toch worden vervangen, ook zonder dat er technische problemen aan de ponton zelf optreden. Bij dergelijke inschatting kan de "normale" levensduur van de ponton op vijftig à vijfenzeventig jaar worden gesteld.

In deze studie wordt aldus een getij-prognose aangegeven tot 2050.

2. Getij-evolutie van hoogwater

De bijlage 1 toont een liggingsplan van het Zeescheldebekken, met aanduiding van de tijpost te Antwerpen-Loodsgebouw. De zwarte bolletjes duiden de andere tijposten in het Zeescheldebekken aan (Westerschelde + Belgische tijbekken).

In bijlage 2 wordt een grafiek getoond van de langjarige evolutie van het hoogwater van de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw. Op deze grafiek zijn voor de jongste honderd jaar aangegeven:

- het jaarlijks gemiddeld hoogwater (*in donkerblauwe kleur*), inclusief een lineaire trendlijn;
- het jaarlijks gemiddeld hoogwater bij springtij (*in rode kleur*);
- het jaarlijks gemiddeld hoogwater bij doodtij (*in donkergroene kleur*);
- de per jaar opgetreden hoogste hoogwaterstand (*in bruine kleur*),
inclusief een lineaire trendlijn;
- en de per jaar opgetreden laagste hoogwaterstand (*in lichtgroene kleur*),
ook inclusief een lineaire trendlijn.

In deze grafiek (en alle volgende) werden de nodige correcties op de opeenvolgend in gebruik zijnde nivelleringsvlakken en op correcte inmetingen van de peillatten toegepast, en zijn de gemiddelde getijgegevens voor 1953 aangepast naar jaarwaarden zonder invloed van de toen maandenlange aanwezigheid van bressen en stroomgaten langs de Zeeschelde, invloed die bvb. lange tijd de hoogwaters deden verlagen: overstromingsgebieden "avant la lettre".

De gestage stijging van het hoogwater valt meteen op, en zulks voor alle vijf aangegeven hoogwater-gegevens. Met focus naar de jaarlijks gemiddelde hoogwatergegevens, geven de trendlijnen voor de jongste vijftig jaar een stijging van het gemiddeld hoogwater te Antwerpen met ongeveer 40 cm. Voor het gemiddeld hoogwater bij springtij is deze stijging liefst 50 cm gedurende de voorbije vijftig jaar (één centimeter per jaar), en bij gemiddeld doodtij slechts de helft, ruim 25 cm gedurende de laatste vijftig jaar. Rond en om de drie trendlijnen kunnen de nodale maansinvloeden met een periode van $18 \frac{2}{3}$ jaar bemerkt worden.

Er weze opgemerkt dat de trend van oplopende hoogwaterstanden niet nieuw is, maar zich gedurende de twintigste eeuw steeds en op een vrij continue wijze heeft voorgedaan. Bij nadere studie waarbij gebruik werd gemaakt van een reeks diverse trendlijnen, blijkt dat de verhoging van de gemiddelde hoogwaterstanden te Antwerpen zich voor de eerste helft van deze eeuw op een lineaire wijze heeft voorgedaan, zeg maar met een rekenkundige stap. Sinds de vijftiger/zestiger jaren verloopt de stijging geprononceerder, zeg maar met een meetkundige stap, het best gekenmerkt door een polynoom van de tweede graad. Deze verandering in trendlijn is in hoge mate gerelateerd aan de bathymetrische ontwikkeling van het Schelde-estuarium, waarbij vooral moet gedacht worden aan de enorme ontwikkeling van het Gat van Ossensisse naast de reeds bestaande Overloop van Hansweert in de vijftiger/zestiger jaren.

Daar waar tot dan het Gat van Ossenisse slechts een vloedschaar was, is er met het uitdiepen van de Overloop van Hansweert nu een flinke doorgaande vaarroute. De vroegere route langs het Middelgat is al bijna twintig jaar door de zeescheepvaart verlaten, maar heeft veel van haar stromend vermogen behouden.

De grootse verdiepings- en verruimingsbaggerwerken die begin der zeventiger jaren in de Beneden-Zeeschelde (vnl. tussen Zandvliet en Kruisschans) werden uitgevoerd, en ten overstaande van de plaatselijke natte sectie en stroomgeul, belangrijker waren dan bij de recente verdiepingswerken in de Westerschelde in de jaren 1997, 1998 en 1999, hebben geen bijkomende trend of verandering van trend gegeven.

Ten aanzien van de verwachting van een verdere stijging van de hoogwaterstanden te Antwerpen-Loodsgebouw, dus Steenplein, moet aldus relatief weinig rekening gehouden worden met het effect van verdiepingsbaggerwerken. De Technische Scheldec commissie stelde in haar eindrapport (1984) over de huidige verdiepingswerken, dat het gemiddeld hoogwater te Bath een verhoging van 5 cm zou kennen, en er bij stormhoogwater geen verhoging van de hoogwaterstand zou optreden. *Deze waarden kunnen ook voor de hoogwaterstanden te Antwerpen aangehouden worden.* En daaromtrent zijn uit verdere berekeningen of waarnemingen vooralsnog geen andere bevindingen gekomen.

Voor het ontwerp van vnl. de geleidingen van de nieuwe ponton aan het Steenplein te Antwerpen, is minder het gemiddeld hoogwater dan wel de hoogste hoogwaterstand benodigd. De grafiek van bijlage 2 geeft *-zoals reeds vermeld-* in bruine lijn de opeenvolging van de hoogste hoogwaterstand per jaar, en zulks over de periode 1901 t/m 1999. Er wordt ook een lineaire trendlijn gegeven. In eerste instantie valt het schommelend karakter van de jaaropeenvolging der hoogste hoogwaterstanden op. Deze komen niet met de nodale meerjaarsschommelingen van de gemiddelde hoogwaterstanden overeen, want zijn veroorzaakt door van elkaar losstaande meteorologische omstandigheden die in een flinke verhoging van het astronomische getij aanleiding geven, tot buitengewone stormvloeden toe.

In de loop der voorbije honderd jaar zijn de volgende zeer hoge stormhoogwaterstanden als "hoogste hoogwaterstand" markant:

jaar	H.H.W. (in m T.A.W.)
1906	7,07
1928	7,07
1930	7,22
1953	7,77
1990	7,52
1993	7,53

Als bijlage 3 wordt een overzicht van de buitengewone stormvloeden over de periode 1901 t/m 2001 gegeven, waarin deze stormvloeden volgens bereikte hoogte zijn geklasseerd en zowel de datum, de hoogwaterstand zelf, als de opzet zijn aangegeven. *De "opzet" is hier bepaald als zijnde het verschil tussen de waargenomen stormhoogwaterstand en de louter astronomisch voorspelde hoogwaterstand.*

De langjarig gemiddelde trendlijn van de jaarlijks hoogste hoogwaterstand te Antwerpen, geeft een stijging te zien, met ongeveer 7,5 cm per decennium. De allerhoogste hoogwaterstanden, zoals o.m. deze die in bovenstaande tabel zijn opgenomen, vertonen geen duidelijke trend, en kunnen dat ook niet. Zij zijn immers uitschieters die los van elkaar zijn bereikt geworden, zowel door verschil in feit van springtij, middeltij of doodtij waarbij de betrokken stormopzet is opgetreden, als door de samenloop van de verschillende uitzonderlijke meteorologische omstandigheden die de grote stormopzet hebben bepaald (ligging, verplaatsing en diepte van het lagedrukgebied, duur en intensiteit van de windvelden, tijdsovereenkomst tussen astronomisch getij met het storm-windveld, enz.).

Bij de durf om alle gegevens zo goed als mogelijk te combineren, en bij voor het overige gelijk blijvende omstandigheden (o.a. zonder rekening te houden met een al dan niet versnelde algemene rijzing van de zeespiegel of met een drastische morfologische wijziging in het estuarium), kan -op voorzichtige wijze en met alle beperkingen- ingeschat worden dat het langjarig gemiddelde van de jaarlijks hoogste hoogwaterstanden te Antwerpen in 2050 het peil T.A.W. (+ 7,30 m) à (+ 7,40 m) zou kunnen bereiken.

Er is veel te doen rond een (versnelde) rijzing van de zeespiegel door het opwarmen van de atmosfeer van de aarde. Een toenemend broeikaseffect zou ervoor verantwoordelijk zijn, en de opwarming zou resulteren in een "flinke stijging" van de zeespiegel, door thermische expansie van het zeewater zelf, door het afsmelten van gletsjers, van ijsbergen en van de ijskappen van Noord- en Zuidpool. Als "zeespiegel" wordt daarbij wel de gemiddelde zeestand verstaan, dus niet het gemiddelde hoog- of laagwater, maar het gemiddelde van de uurlijkse waterstanden over een jaar. Bij een nog vrij symmetrische tijkromme kan deze gemiddelde zeestand benaderd worden door het halftij, nl. het gemiddelde van de hoog- en laagwaterstand. Al naargelang de bron kan sprake zijn van een absolute rijzing van de zeestand op zich, of van een relatieve rijzing waarbij een voor onze regio geldende algemene bodemdaling is ingerekend.

In 1990 publiceerde het IPCC (International Panel on Climate Change, opgericht door zowel UNO als de Wereld Meteorologische Organisatie) een eerste rapport, met een volgens de toenmalige maar matige computermodellen berekende stijging van de zeespiegel met een halve tot een hele meter voor de komende eeuw. Veel contestatie en iets betere computer-modellen resulteerden in 1995 tot een tweede IPCC-rapport, waarbij de zeespiegel nog met hooguit veertig à zestig centimeter in de komende eeuw zou stijgen. Tegenwoordig geven de berekeningsresultaten nog slechts een stijging van hooguit twintig à dertig centimeter voor de komende eeuw aan (*EOS-magazine, november 1999, artikel van dhr. W. Daems*).

Het staat vast dat de zeespiegel gedurende de twintigste eeuw aan onze kusten is gestegen, tenminste: dat de gemiddelde zee-stand iets hoger is komen te liggen dan het land-peil. Er heeft zich in de 20e eeuw aan de Belgische en de Nederlandse Noordzeekust een relatieve zeespiegelrijzing voorgedaan van 10-15-20-22 cm/eeuw, al naargelang de plaats en de bron (*ing. C. Van Cauwenberghe, AWK, over het getij te Oostende, studie van 1999*) (*J. Van Malde, RIKZ-Den Haag, over getij-analyse langs de Nederlandse kust, studie van 1992, en artikel in The Hydrographic Journal, October 1997*). Volgens Baeteman *et al.* (1992) en ing. C. Van Cauwenberghe (1999) is er in de loop van deze eeuw evenwel *geen versnelling* van de zeespiegelrijzing te Oostende vastgesteld. Ook voor Vlissingen wordt in het artikel van J. Van Malde (1997) een lineaire zeespiegelrijzing over de voorbije honderd jaar aangegeven.

Ten nutte van een evaluatie van het hoogste hoogwaterpeil waarmee in het ontwerp van een nieuwe ponton aan het Steenplein te Antwerpen moet worden rekening gehouden, dient eerder dan naar de rijzing van een gemiddelde zeestand, naar de stijging van de hoogwaterstanden gekeken. De volgende tabel somt de rijzing van de gemiddelde zeestand en van de gemiddelde hoogwaters over de voorbije eeuw te Vlissingen op:

V l i s s i n g e n	
rijzing gemiddelde zeestand	22 cm/eeuw
stijging GHW bij springtij	39 cm/eeuw
stijging GHW bij middeltij	33 cm/eeuw
stijging GHW bij doottij	27 cm/eeuw

Voor de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw moet -zoals reeds hoger vermeld- een onderscheid worden gemaakt in enerzijds de eerste helft van de voorbije honderd jaar (*met een lineaire stijging van de gemiddelde hoogwaterstanden*) en anderzijds in de tweede helft van de voorbije honderd jaar (*met een stijging van de gemiddelde hoogwaterstanden volgens een polynoom van de tweede graad*). In eenzelfde tabel als voor Vlissingen moet dus voor Antwerpen-Loodsgebouw gebruik gemaakt worden van de gegevens over de voorbije vijftig jaar:

Antwerpen - Loodsgebouw	
rijzing gemiddelde "zee"-stand	10 cm/halve eeuw
stijging GHW bij springtij	50 cm/halve eeuw
stijging GHW bij middeltij	40 cm/halve eeuw
stijging GHW bij doottij	25 cm/halve eeuw

De relatief kleine rijzing van de gemiddelde "zee"-stand te Antwerpen is buiten de flinke stijging van het gemiddeld hoogwater ook resultaat van een flinke daling van het gemiddeld laagwater (over de laatste vijftig jaar: ongeveer 20 cm bij middeltij, iets meer dan 30 cm bij springtij, terwijl de daling van gemiddeld doottij over de voorbije vijftig jaren slechts 12 cm bedroeg).

Aangezien aan de Noordzeekust (Oostende en Vlissingen) geen versnelling van de rijzing van de zeestand wordt waargenomen, en omdat ook ing. C. Van Cauwenberghe in zijn studie van 1999 zich vragen stelt of er, vanaf een bepaald ogenblik, daadwerkelijk een versnelde zeespiegelrijzing zal optreden, is het zeer de vraag of er buiten de huidige trend in stijging van de hoogwaterstanden te Antwerpen nog een bijkomende invloed van versnelling van de rijzing van de zeespiegel moet ingerekend worden.

Alsdan kan de vooropstelling op blz. 6 van deze nota aangehouden worden, dat -op voorzichtige wijze en met alle beperkingen, en bij geen drastische wijziging van de morfologie van het Schelde-estuarium- kan ingeschat worden dat het langjarig gemiddelde van de jaarlijk hoogste hoogwaterstanden te Antwerpen in 2050 het peil T.A.W. (+ 7,30 m) à (+ 7,40 m) zou bereiken.

Dan is overigens niets gezegd over de allerhoogste hoogwaterstanden, met name zij die beduidend hoger dan het langjarig gemiddelde uitkomen. Hieromtrent is het quasi onmogelijk om een redelijke inschatting te maken, en moet teruggevallen worden op de frequentieverdeling van de opgetreden hoogwaterstanden te Antwerpen, evenwel met bijkomende evaluaties en overwegingen.

Als bijlage 4 is de jongste overschrijdingslijn van de hoogwaterstanden van de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw gegeven. Deze handelt over de periode 1971 t/m 1997, dus over 27 jaar, zijnde de langste periode die voor overschrijdingsfrequenties voor het hoogwater te Antwerpen is gebruikt. De gebruikte methode is deze die bij de Antwerpse Zeediensten reeds meer dan dertig jaar in zwang is. Dienaangaande kunnen uiteraard andere statistische methoden aangewend worden, doch deze geven -met een flinke marge- frequentielijnen waarvan de hier voorgestelde een goede en waardevolle gemiddelde is.

Uit deze overschrijdingslijn blijkt dat de volgende waterstanden nu de opgegeven frequentie kennen:

peil <i>(meter T.A.W.)</i>	herhalingsperiode <i>(in jaar)</i>
7,50	13
8,00	90
8,35	360
8,50	620
9,00	4.000

3. Inschatting van hoogste hoogwaterstand voor ontwerp ponton

Uit de hierboven geschetste getij-evolutie en uit de opgegeven overschrijdingsfrequenties van hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw, kan een statistische keuze omtrent het in het ontwerp van de nieuwe ponton aan het Steenplein aan te nemen hoogste hoogwater gemaakt worden. In alle redelijkheid kan bij aanname van een "normale" levensduur van de nieuwe ponton van 50 jaar, een hoogste hoogwaterpeil van T.A.W. (+ 8,00 m) verdedigd worden.

Maar er kan ook een gans andere benadering ontwikkeld worden, die uitgaat van andere evaluaties en overwegingen, en absoluut van aard is. Dan zal blijken dat het zojuist vernoemde hoogwaterpeil enigszins laag ligt.

Er kan in deze namelijk niet worden voorbijgegaan dat het centrum van Antwerpen tegen stormvloeden beschermd wordt door een betonnen waterkeermuur (met stalen poorten in de doorrij-openingen). Stormvloeden in de Zeeschelde die lager dan of gelijk aan het waterkerend peil van deze waterkeermuur zijn, mogen geen waterlast of schade veroorzaken. Er mag van deze waterkeermuur gesteld worden dat het bovenpeil tevens waterkerend peil is (en de zgde waakhoopte nul is).

Bij uitbreiding mogen de stormvloeden lager dan of gelijk aan het bovenpeil van de waterkeermuur dan ook geen schade inhouden voor de voornaamste aanhorigheden van de waterweg, o.m. de nieuwe ponton aan het Steenplein. Uiteraard mag altijd enige (beperkte) gebruiksschade optreden, maar zulks mag geen aanleiding tot buitengewone interventies geven. Het ligt in het verlengde om te stellen dat de nieuwe ponton dan ook veilig binnen zijn geleidingen moeten blijven voor alle stormvloeden lager dan of gelijk aan het peil van de waterkeermuur.

De hoogte van deze waterkeermuur is destijds deterministisch bepaald geworden als *"een halve meter hoger dan de hoogwaterstand bij de buitengewone stormvloed van 1 februari 1953, zijnde N.K.D. (+ 7,85 m)"*. De hoogte van de waterkeermuur zou dus reiken tot het peil N.K.D. (+ 8,35 m). Bij aanvang van de bouw ervan, was het tot dan gebruikelijke nivelleringsvlak van het Bestuur der Waterwegen (N.K.D.) pas door het einde jaren veertig begonnen algemene Belgische nivelleringsvlak (T.A.W.) vervangen. De waterkeermuur is inderdaad gebouwd geworden tot het peil (+ 8,35 m), evenwel niet in N.K.D. maar wel in T.A.W. Gezien te Antwerpen het verschil tussen beide nivelleringsvlakken acht centimeter bedraagt (het T.A.W.-nulpvlak ligt er 8 cm hoger dan het N.K.D.-nulpvlak), reikt de waterkeermuur in werkelijkheid 58 cm hoger dan de stormhoogwaterstand van 1 februari 1953.

Vanuit het ontwerp kan dan redelijkerwijze nog een reserve van bvb. 15 cm gesteld worden, zodat het ontwerp alsdan moet rekening houden dat de nieuwe ponton tot een hoogste hoogwater van T.A.W. (+ 8,50 m) zonder problemen in zijn geleidingen moet blijven. Een waterstand van T.A.W. (+ 8,50 m) te Antwerpen komt overeen met een frequentie van 1/620 jaar. Ten aanzien van een hoger als "normale" gebruiksduur aangehouden periode van 50 à 75 jaar, is de keuze van T.A.W. (+ 8,50 m) zeker te verdedigen.

Bij dit alles is de eventuele bouw van een stormvloedkering te Oosterweel nog steeds niet als een element van beschouwing aan bod gekomen. Overigens: de bouw van een nieuwe ponton aan het Steenplein staat budgettair geprogrammeerd en de ponton zal dus reeds binnen twee jaar kunnen klaar zijn, terwijl de eventuele bouw van een stormvloedkering nog onzeker is, en vanaf de datum van beslissing tot bouw nog vele jaren van ontwerp, uitvoering, afstelling en indienststelling vergt.

Zolang afwaarts het Steenplein geen stormvloedkering in dienst is genomen, en bij gelijke hoogten van de waterkeringen, o.m. de huidige betonnen waterkeermuur te Antwerpen-centrum, kan zelfs gesteld worden dat een hoogwaterpeil hoger dan T.A.W. (+ 8,50 m) moeilijk zal kunnen bereikt worden. Zelfs bij een stormvloed met frequentie 1/4.000 of 1/10.000 jaar, zal het hoogwater te Antwerpen moeilijk hoger dan (+ 8,50 m) kunnen komen aangezien al het Scheldewater hoger dan dat peil over de kilometers lange betonnen waterkeermuur zal stromen. In die aanname spreekt het vanzelf dat de geleidingen van de nieuwe ponton niet hoger dan T.A.W. (+ 8,50 m) moeten komen.

Er kan ook nog een andere beschouwing gemaakt worden: aan het Loodsgebouw te Antwerpen ligt een bijna twintig jaar nieuwe ponton in het Margueriedok. Ook deze ponton heeft vrij hoge geleidingen, uitgaande van toenmaals in het ontwerp aangenomen hoogste hoogwaterstanden. De nieuwe ponton aan het Steenplein zou van minstens dezelfde ontwerp-aannames kunnen vertrekken. Ook dit houdt een bevestiging van het peil T.A.W. (+ 8,50 m) in.

4. Getij-evolutie van laagwater

De bijlage 5 toont een grafiek van de langjarige evolutie van het laagwater van de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw. Op deze grafiek zijn voor de jongste honderd jaar aangegeven:

- het jaarlijks gemiddeld laagwater (*in donkerblauwe kleur*), inclusief een lineaire trendlijn;
- het jaarlijks gemiddeld laagwater bij springtij (*in rode kleur*);
- het jaarlijks gemiddeld laagwater bij doottij (*in donkergroene kleur*);
- de per jaar opgetreden hoogste laagwaterstand (*in bruine kleur*), inclusief een lineaire trendlijn;
- en de per jaar opgetreden laagste laagwaterstand (*in lichtgroene kleur*), ook inclusief een lineaire trendlijn.

Ook in deze grafiek (en alle volgende) werden de nodige correcties op de opeenvolgend in gebruik zijnde nivelleringsvlakken en op correcte inmetingen van de peillatten toegepast.

De daling van de laagwaterstanden valt meteen op, en zulks voor alle vijf aangegeven laagwater-gegevens. Met focus naar de jaarlijks gemiddelde laagwatergegevens, geven de trendlijnen voor de jongste vijftig jaar een daling van het gemiddeld laagwater te Antwerpen met ongeveer 20 cm bij middeltij, iets meer dan 30 cm bij springtij, terwijl de daling bij doottij over de voorbije vijftig jaar slechts een twaalfstal centimeters bedroeg. De dalingen van het gemiddeld laagwater blijven dus kleiner dan de in paragraaf 3 aangehaalde stijgingen van het gemiddeld hoogwater. Rond en om de langjarige gemiddelden kunnen de nodale maansinvloeden met een periode van $18 \frac{2}{3}$ jaar bemerkt worden.

Zoals bij de hoogwaters, is de trend van de lager wordende gemiddelde laagwaterstanden niet nieuw, maar heeft zij zich in de 20^e eeuw steeds en op continue wijze voorgedaan. Bij nadere studie waarbij gebruik werd gemaakt van ook andere trendlijnen, blijkt ook hier dat de dalende trend in de eerste helft van deze eeuw vrij lineair is, en zij in de tweede helft van de 20e eeuw geprononceerder is geworden (eerder volgens een dalende polynoom van de tweede graad). Deze verandering van trendlijn der laagwaters komt qua tijd geheel met de verandering van trendlijn der hoogwaters overeen, en is ook hier gerelateerd aan de bathymetrische ontwikkeling van het Schelde-estuarium, waarbij vooral moet gedacht worden aan de ontwikkeling van het Gat van Ossensisse en de Overloop van Hansweert in de vijftiger/zestiger jaren, zoals hoger in punt 2 uitgelegd.

Op eerste zicht zou kunnen bedacht worden dat de daling van de laagwaterstanden in de tweede helft van de zeventiger jaren een gevolg zijn van de toen uitgevoerde grootse verdiepings- en verruimingsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde. De laagwaterstanden in de tachtiger en negentiger jaren bevestigen evenwel dat de lagere laagwaterstanden in de tweede helft van de zeventiger jaren een *-het weze vrij uitgesproken-* invloed van de $18 \frac{2}{3}$ -jarige maansperiode zijn. Ter vergelijking: einde de zestiger jaren zijn de laagwaterstanden door hetzelfde natuurlijke fenomeen relatief vrij hoog.

Ten aanzien van de verwachting van een verdere daling van de laagwaterstanden te Antwerpen-Loodsgebouw, dus Steenplein, moet aldus weinig rekening gehouden worden met het effect van verdiepingsbaggerwerken. De Technische Scheldecommissie stelde in haar eindrapport (1984) over de huidige verdiepingswerken, dat het gemiddeld laagwater te Bath een daling van 10 cm zou kennen. Dit moet ook bij de verdere daling van het laagwater te Antwerpen in aanmerking genomen worden. Verdere berekeningen of waarnemingen tonen daaromtrent nog geen ander beeld.

Voor het ontwerp van vnl. de geleidingen van de nieuwe ponton aan het Steenplein, en van de nodig vrij te houden bedding onder de onderkant van de ponton, is minder het gemiddeld laagwater dan wel de laagste laagwaterstand van tel. De grafiek toont *-zoals reeds vermeld-* in lichtgroene kleur de opeenvolging van de laagste laagwaterstand per jaar, en zulks over de periode 1901 t/m 2000. Er wordt tevens een lineaire trendlijn aangegeven. Zoals bij de jaar-opeenvolging van de hoogste hoogwaterstanden, valt ook hier de wisselvalligheid van de laagste laagwaterstanden meteen op. Deze komen niet overeen met de nodale (of algemeen: astronomische) meerjaarsschommelingen van de gemiddelde laagwaterstanden overeen, want zijn veroorzaakt door van elkaar losstaande meteorologische omstandigheden die tot een flinke verlaging van het astronomische getij aanleiding geven, bvb. bij aanhoudend sterke oostenwind.

In de loop der voorbije honderd jaar zijn de volgende zeer lage laagwaterstanden als "laagste laagwaterstand" markant:

jaar	H.H.W. (in m T.A.W.)
1913	- 1,00
1929	- 1,08
1956	- 1,25
1964	- 1,26
1984	- 1,36
1994	- 1,20

De langjarig gemiddelde trendlijn van de jaarlijkse laagste laagwaterstanden te Antwerpen, geeft een daling te zien, met ongeveer 4 cm per decennium. De verbindingslijn van de allerlaagste laagwaterstanden, zoals opgenomen in bovenstaande tabel, vertonen verrassend eenzelfde trend, al zijn zij in wezen uitschieters die los van elkaar zijn bereikt geworden, zowel door het feit of het toenmaals een springtij, middeltij of doodtij betrof, als door de samenloop van uitzonderlijke meteorologische omstandigheden die een zeer grote afwaaiing van het laagwater heeft bewerkstelligd (ligging, verplaatsing en diepte/hogte van de lage- en hoge-drukgebieden, duur en intensiteit van de windvelden, tijdsovereenkomst tussen astronomisch getij met het meest doorslaggevende windveld, enz.).

Bij de durf om alle gegevens zo goed als mogelijk te combineren, en bij voor het overige gelijk blijvende omstandigheden (o.a. zonder rekening te houden met een al dan niet versnelde algemene rijzing van de zeespiegel, of met een drastische morfologische wijziging in het Schelde-estuarium) kan -op voorzichtige wijze en met alle beperkingen- ingeschat worden dat het langjarig gemiddelde van de jaarlijks laagste laagwaterstanden te Antwerpen in 2050 het peil T.A.W. (- 1,10 m) à (- 1,20 m) zou benaderen.

Dan is overigens niets gezegd over de allerlaagste laagwaterstanden, met name zij die beduidend lager dan het langjarig gemiddelde uitkomen. Gezien de verrassend zelfde trend in deze allerlaagste waterstanden als het "gewone" langjarige gemiddelde van de jaarlijks laagste laagwaterstanden, kan toch een goede inschatting gemaakt worden: binnen een vijftigtal jaren zou moeten rekening worden gehouden met laagwaterstanden van T.A.W. (- 1,60 m) à (- 1,70 m) als zijnde de allerlaagst mogelijke laagwaterstanden te Antwerpen-Loodsgebouw.

5. Inschatting van laagste laagwaterstand voor ontwerp ponton

Algemeen kan worden gesteld dat de grootte van de als realistisch in te schatten mogelijke verlagingen door afwaaiing van de laagwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw, kleiner zijn en zullen blijven dan de grootte van de mogelijke verhogingen door stormopzet van de hoogwaterstand. De over de voorbije honderd jaar gebleken variabiliteit van de opeenvolging van de jaarlijks laagste laagwaterstanden, is ook beduidend kleiner dan bij de opeenvolging van de jaarlijks hoogste hoogwaterstanden. Dit maakt dat een inschatting van de allerlaagste laagwaterstanden binnen de komende vijftig jaar, beter dan bij een inschatting van de allerhoogste hoogwaterstanden, vrij goed kan geschieden aan de hand van de waarnemingen van het laagwater tijdens de 20e eeuw.

De laatste zin van vorige paragraaf kan aldus als richtsnoer aangehouden worden: binnen een vijftigtal jaren zou moeten rekening worden gehouden met laagwaterstanden van T.A.W. (- 1,60 m) à (- 1,70 m) als zijnde de allerlaagst mogelijke laagwaterstanden te Antwerpen-Loodsgebouw.

6. Besluit

Ten nutte van het ontwerp van de nieuwe ponton aan het Steenplein te Antwerpen-centrum, moet *-gezien de getij-evolutie van de 20e eeuw, met de huidige vooruitzichten, en zonder drastische morfologische wijzingen in het Schelde-estuarium-* voor de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen met de volgende uiterste getij-voorwaarden worden rekening gehouden:

- | - hoogste hoogwaterstand : T.A.W. (+ 8,50 m);
- | - laagste laagwaterstand: T.A.W. (- 1,70 m).

Antwerpen, 25 februari 2002

ir. E. Taverniers