

DI: 800665-1

Rapport Bodems en Oevers virtuele dienstkring Zeeland

Dit rapport is opgesteld in een co-productie tussen
dr. G.B.K. de Graan, dr.ir. P.L. Wentzel

Opdrachtgever Directie Zeeland

Auteurs dr. G.B.K. de Graan, Expertisecentrum Beheer&Onderhoud
dr.ir. P.L. Wentzel, PRC Bouwcentrum

Datum 2 september 2002

PW/N150.01.01

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Ist-Kosten bodems	4
2.1	Kanaal van Gent naar Terneuzen bodems	4
2.1.1	Kritieke onderdelen.....	4
2.1.2	Interventie niveaus	5
2.1.3	Bepaling interventie moment.....	5
2.1.4	Invloeden op het prijspeil.....	6
2.1.5	Berekening onderhoudskosten.....	7
2.1.6	Samenvatting Kanaal van Gent naar Terneuzen bodems	7
2.3	Buitenhaven Hansweert bodems.....	7
3	Ist-kosten Oevers	9
3.1	Kanaal van Gent naar Terneuzen Oevers.....	9
3.1.1	Kritieke onderdelen.....	9
3.1.2	Interventieniveau.....	10
3.1.3	Interventiemoment	11
3.1.4	Functionele-eisen	12
3.1.5	Berekening onderhoudskosten.....	14
3.2	Dienstkring Schelde Rijn	14
4	Referentie document	15
4.1	Vaargeulbodems	15
4.1.1	Functionele-eisen vaargeulbodem	16
4.1.2	Interventie niveau vaargeulbodem.....	16
4.1.3	Onderhoudstrategie vaargeulbodem	17
4.2	Oevers talud	18
4.2.1	Functionele-eisen talud	18
4.2.2	Interventieniveau talud.....	18
4.2.3	Onderhoudstrategie talud.....	19
4.3	Oevers verticaal	20
4.3.1	Functionele-eisen verticale oevers.....	20
4.3.2	Kritieke onderdelen verticale oever	21
4.3.3	Interventieniveau verticale oever.....	21
4.3.4	Onderhoudsstrategie verticale oever.....	22
5	Enkele verschillen tussen het referentiedocument en instandhoudingsplan dienstkring Zeeuws Vlaanderen.....	23
5.1	Bodems.....	23
5.2	Oevers	23

Bijlage 1:	Berekening baggerhoeveelheid en interventietijd	25
Bijlage 2:	Structuur Budget Model Bodems en Oevers	

1 Inleiding.

In het kader van het onderzoek Virtuele Dienstkring Zeeland is als object van onderzoek voor beheer en onderhoud voor de natte waterstaat, geopteerd voor (de) het product (en) Oevers en bodems. Voor Bodems zijn de geraamde kosten voor baggeren voor het kanaal Gent naar Terneuzen (Dienstkring Zeeuws Vlaanderen) nader onderzocht. Voor de Dienstkring Rijn-Schelde zijn de geraamde kosten voor Hansweert nader onderzocht.

Voor deze fase van het onderzoek zijn de ist-kosten voor het baggeren in beeld gebracht. Verder heeft er in een eerste aanzet een vertaalslag plaatsgevonden naar een Budget Model.

Voor het afbakenen van de kosten voor Oevers wordt als grenslijn de insteek van het talud gehanteerd. De kosten van oevers voor het kanaal Gent naar Terneuzen hebben in het algemeen betrekking op de activiteiten onderhouden van begroeiing, maaien van het gras, instandhouden van boven- en onderwater talud en van verticale oevers en het instandhouden van lig- en wachtplaatsen.

Het verder ontwikkelen van het Budget Model (de soll situatie) voor Bodems en Oevers zal plaats vinden in de derde termijn en opgenomen worden in de eindrapportage die in de vierde termijn gereed komt.

2 Ist-Kosten bodems

De ist kosten voor bodems zijn onderzocht voor het Kanaal van Gent naar Terneuzen en de buitenhaven van Hansweert.

2.1 Kanaal van Gent naar Terneuzen bodems

Van het kanaal van Gent naar Terneuzen is een instandhoudingsplan beschikbaar. De gegevens zijn hieraan ontleend.

Het kanaal van Gent naar Terneuzen is voor de scheepvaart een hoofdtransportas (VW1). Voor alle bodem beheerobjecten geldt dat de functie scheepvaart (VW1 resp. VW3) maatgevend is.

2.1.1 Kritieke onderdelen

De functie – eisen voor de bodemdiepte en de bodembreedte van de vaarweg, worden bepaald door de diepgang, en kielbreedte van de maatgevende schepen.

De verandering van de ligging van de bodem wordt in het algemeen veroorzaakt door erosie en sedimentatie processen. Direct van invloed op deze processen zijn het aanbod van bodem materiaal uit het bovenstrooms gelegen gebied, het debiet op het kanaal, het profiel (breedte en diepte bodem t.o.v. kanaalpeil) en het verhang. De externe factoren die hierbij nog van belang zijn, zijn de schroefbewegingen van (diepgaande) schepen, het schutten van schepen, het spuien van overtollig water met de sluizen, wateronttrekking, het klimaat en calamiteiten (bijv. instorten van de oever). Al deze factoren kunnen ten grondslag liggen aan de faal-processen 'afname breedte' en 'afname diepte' van de bodem van de vaargeul.

De *diepte* en de *breedte* van de bodem zijn derhalve gedefinieerd als de kritieke onderdelen van de bodem.

Diepte

De maximale diepgang (leggerdiepgang) van de schepen die op het kanaal worden toegelaten is 12,25 m. Hierbij wordt een marge van 0,08 m. getolereerd. De voorgeschreven bruto kielspeling is 10%, waardoor de nautische diepte op het kanaal -13,50 m ten opzichte van het kanaalpeil is. Deze diepte is conform het verdrag met België.

De huidige diepte van het kanaal wijkt af van de Functionele-eisen zoals is geformuleerd door CVB.

Tabel Berekening diepte conform CVB *)

1. leggerdiepgang	$T_1 = 12,25\text{m}$	(12,25m)
2. ingrijpdiepte normaal profiel:	$h_i = 1,35 * T_1 = 1,35 * 12,25 = 16,54\text{m}$	(13,00m)
3. onderhoudsdiepte	$h_o = 16,54\text{m} + X$	(13,50m)
4. maximum geroerde diepte	$h_d = 16,54\text{m} + X + 0,2\text{m} = 16,74 + X$	(13,70m)

*) Tussen haakjes de gehanteerde waarden voor het kanaal van Gent naar Terneuzen

Breedte

De breedte op de bodem van het kanaal is minimaal 62 m. De breedte op de waterspiegelniveau (een functie eis met betrekking tot de oevers van het kanaal van Gent naar Terneuzen is minimaal 150 m.

2.1.2 Interventie niveaus

Nautisch onderhoudsbaggerwerk is een variabele maatregel. Het nautische onderhoudsbaggerwerk is een vorm van toestandsafhankelijk onderhoud: het tempo van aanslibbing is niet met zekerheid te voorspellen en de maatschappelijke en economische gevolgen

Het *interventie niveau* is de waarde van de bodemdiepte ten opzichte van het kanaalpeil en de breedte van de bodem op -13,50m kanaalpeil (-11,37 NAP), waarop de omslag van risicoloos naar risicovol gebruik maken van het kanaal zich bevindt.

Gegeven de kritieke onderdelen, wordt gesteld dat de gemiddelde sliblaag (m) op de bodem, maatgevend is voor de verandering van de diepte van de vaargeul ten opzichte van het kanaalpeil. De gemiddelde sliblaag op de bodem van de vaargeul is voorts, tezamen met het gesedimenteerde volume slib (m³) de indicator voor de verandering van de breedte van de bodem op -13,50m.kanaalpeil.

Snelheid van aanslibbing.

De snelheid van aanslibben voor de de bodem van de vaargeul bedraagt 42.055 m³ per jaar.

Dit resulteert in een aanslibbing van: $42.055 \text{ m}^3 / 999.155 \text{ m}^2 = 0,04209 \text{ m / jaar}$

Tabel: Diepte van de bodem ten opzichte van het kanaalpeil

Max. toegelaten diepgang	kanaalpeil -12,25m	(zoetwater)
	<u>0,45m</u>	+ inzinking bij 9 km/h (methode Schijf)
	-12,70m	
	<u>-0,40m</u>	+ bij passeren schepen (methode Norbin)
Interventie waarde	-13,10m	
	<u>-0,15m</u>	- snelheid verminderen tot 7 km/h
Falen	-12,95m	

Er is sprake van **falen** wanneer de ligging van de bodem hoger is dan het **kanaalpeil -12,95 m** (dit is **-10,82 m NAP**).

Tabel: Breedte van de vaargeul op kanaalpeil –13,50 m

Ontwerp breedte vaargeul	. 62,00m	Maatgevende breedte: 34,00m
Interventie waarde	49,30m	1,45 * 34,00 m
Falen	44,20m	1,30 * 34,00 m

Er is sprake van **falen** wanneer de breedte van de vaargeul op kanaalpeil –13,50m kleiner is dan **44,20 m**,

2.1.3 Bepaling interventie moment

De verandering van de diepte van de bodem is 0,40m resp. 0,55m (ontwerpdiepte minus interventiewaarde resp. faalwaarde), de snelheid van aanslibben is 42.055 m³/j. Omdat nu rekening wordt gehouden met interventie- en faalwaarde ten aanzien van de breedte van de bodem van de vaargeul, geschiedt de berekening op basis van de te ‘garanderen’ oppervlakte¹⁾ van de vaargeul bodem. Dit resulteert in een viertal situaties (B1 t/m B4).

¹⁾ De waarde waarbij de te garanderen oppervlakte van de vaargeul faalt, is wanneer de breedte van de vaargeul op kanaalpeil -13,50m kleiner is dan $1,3 * 34,00 * \text{de lengte van het beheerobject}$. De interventie waarde van de te garanderen oppervlakte van de vaargeul is $1,45 * 34,00\text{m} * \text{de lengte van het beheerobject}$.

Interventie breedte bodem

Oppervlakte bodem vaargeul kanaal: 999.155 m²
Te garanderen oppervlakte bodem vaargeul: 49,3 (m) * 12,86 (km). $\frac{633.998 \text{ m}^2}{-}$
Totale oppervlakte waarop sedimentatie (theoretisch) plaatsvindt 365.157 m²

Falen breedte bodem

Oppervlakte bodem vaargeul kanaal: 999.155 m²
Te garanderen oppervlakte bodem vaargeul: 44,2 (m) * 12,86 (km). $\frac{568.412 \text{ m}^2}{-}$
Totale oppervlakte waarop sedimentatie plaatsvindt: 430.743 m²

	Situatie	Interval	Berekening
B1	Interventie diepte (kanaalpeil -13,10m) Interventie breedte (B = 49,30m)	3,47 Jaar	$(365.157 \text{ (m}^2) * 0,4 \text{ (m)}) / 42.055 \text{ (m}^3/\text{j})$ Volume sediment = 146.063 m ³
B2	Interventie diepte (kanaalpeil -13,10m) Falen breedte (B = 44,20m)	4,10 Jaar	$(430.743 \text{ (m}^2) * 0,4 \text{ (m)}) / 42.055 \text{ (m}^3/\text{j})$ Volume sediment = 172.297 m ³
B3	Falen diepte (kanaalpeil -12,95m) Interventie breedte (B = 49,30m)	4,78 Jaar	$(365.157 \text{ (m}^2) * 0,55 \text{ (m)}) / 42.055 \text{ (m}^3/\text{j})$ Volume sediment = 200.836 m ³
B4	Falen diepte (kanaalpeil -12,95m) Falen breedte (B = 44,20m)	5,63 Jaar	$(430.743 \text{ (m}^2) * 0,55 \text{ (m)}) / 42.055 \text{ (m}^3/\text{j})$ Volume sediment = 236.909 m ³

Het *optimaal onderhoudsinterval* is volgens Stapper gelijk aan 4 jaar, bij een *interventie niveau* van de ligging van de bodem van *kanaalpeil -13,10m*. Dit komt overeen met de situatie B2.

2.1.4 Invloeden op het prijspeil

Van invloed op de prijs is het volume en de verontreinigingsklasse van het slib en de daaruit voortvloeiende stortlocatie.

Volume

Voor wat het volume te baggeren slib betreft, geldt een eenvoudige stelregel: hoe groter het volume baggerspecie (m³) dat is opgenomen in het bestek, hoe geringer de prijs per m³. Vanaf een volume van 50.000 m³ baggerspecie wordt het rendabel geacht te baggeren.

Verontreinigingsklasse

De verontreinigingsklasse van de baggerspecie bepaalt of het moet worden opgeslagen (klassen 3 en 4) in depots, dan wel kan worden gestort in de Westerschelde (klassen 0, 1 en 2). In geval de baggerspecie moet worden opgeslagen wordt de prijs beduidend hoger.

Stortlocatie

Naarmate de stortlocatie verder van de te baggeren locatie verwijderd ligt, is men meer tijd kwijt met het vervoeren van het slib van de baggerlocatie naar de stortlocatie. De stortlocatie Koegorspolder ligt op een afstand van 10 km deze is thans (medio 2002) nog niet in gebruik.

2.1.5 Berekening onderhoudskosten

Bij de berekening van de onderhoudskosten voor het kanaal van Gent naar Terneuzen wordt uitgegaan van het volgende:

1. het interventie niveau van zowel de breedte als de bodem van de vaargeul is bereikt (situatie B1; aan de minimum eis van 50.000m³ wordt voldaan);
2. het hele kanaal wordt gebaggerd;
3. alleen de bodem van de vaargeul wordt gebaggerd²;
4. de baggerspecie van de bodem van de vaargeul valt in de klassen 3 en 4, overeenkomstig het overgrote deel van de huidige situatie (anno 2000);
5. baggerspeciedepot Koegorspolder is gereed;

Tabel: Beheerkosten bodem kanaal van Gent naar Terneuzen

		Uitgaven (k€) incl. BTW prijspeil 2002							
Onderdeel	maatregel	Interventie jaar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Vak 1 t/m 19	Baggeren bodem	4	2315	0	0	0	2315	0	0
TOTAAL uitgaven			2315	0	0	0	2315	0	0

Het reken volume is 170.000 m³ baggerspecie per keer baggeren. Dit komt overeen met 170.000 m³ * € 13,61- per m³ = k€ 2.315.

2.1.6 Samenvatting Kanaal van Gent naar Terneuzen bodems

- Het optimale interventie interval is 4 jaar. Het te baggeren volume slib is dan ongeveer 170.000m³.
- De onderhoudskosten bedragen dan ca. k€ 2.315 per 4 jaar.
- Prijs per m³ baggerwerk.€ 13,62
- Totale te baggeren oppervlakte is 365.157 m².
- Falen bij diepte -12,95 m kanaalpeil (- 10,82 NAP) en breedte 44,20 m
- Interventie op diepte -13,10 kanaalpeil (-10,97 NAP) en breedte 49,3 m
- Optimale interventie -13,04 kanaalpeil (-10,81 NAP)
- Streefdiepte -13,50 kanaalpeil (-10,97 NAP, streefbreedte 62,0 m
- Kwaliteit baggerspecie klasse 3 en 4

2.3 Buitenhaven Hansweert bodems

Van de buitenhaven Hansweert is uitsluitend een bestek beschikbaar van de baggerwerkzaamheden. Hieraan zijn de volgende gegevens ontleend.

- De buitenhaven van Hansweert is verdeeld in drie gebieden
- In het bestek ZL-5288 is voor elk van de gebieden opgenomen de totale hoeveelheid baggerspecie die in de afgelopen jaren is opgebaggerd. Voor de gebieden 1 en 2
- Voor het Budget Model wordt hiervoor als uitgangspunt genomen dat gebied 1 en 2 jaarlijks worden gebaggerd waarvoor gemiddeld per jaar een budget nodig is van k€ 288 er wordt dan jaarlijks gemiddeld 306.220 m³ baggerspecie weggehaald en voor gebied 3 per 5 jaar is een budget noodzakelijk van k€ 82 dit is gemiddeld per jaar k€ 16,4 gemiddeld wordt jaarlijks 16.053 m³ baggerspecie verwijderd.

² Met betrekking tot het baggeren van taluds gelden andere (hogere) prijzen per m³.

- De totale gemiddelde kosten per jaar bedragen k€ 304,4
- Totale hoeveelheid baggerspecie 322.273 m³
- Prijs per m³ baggerwerk.€ 0,944
- Interventie niveau -7,50 m NAP
- Onderhoudsdiepte maximaal – 9,30m NAP
- Bij oplevering gemiddelde diepte (= -8,40m NAP)
- Eisen aan de stortplaats
- Profiel, vak staat op tekening.

3 Ist-kosten Oevers

3.1 Kanaal van Gent naar Terneuzen Oevers

De ist-situatie is ontleend aan het concept rapport “Instandhoudingsplan Oevers”.

3.1.1 Kritieke onderdelen

Tabel: Kritieke onderdelen damwandconstructie

Functie	Functie-eis	Kritiek onderdeel
VW1/3	Instandhouden vaargeul van voldoende kanaalbreedte (en diepte)	Stalen damwand
		Houten damwand
		Anker
		Ankerstang
		Anker Gording
	Instandhouden onderwatertalud (van 1:4)	Onderwatertalud voor damwand
		Onderwatertalud bij vaargeul
	Instandhouden lig- en wachtplaatsen	Bolders
		Meerpalen
		Betonhoofden
	Er dient een profiel van vrije ruimte van 2 cm te zijn tussen de koppen van ankerstangen en de gordingen	Gordingen
	Voldoende diepgang bij damwand bij afmeerplaatsen	Onderwatertalud voor damwand
AV/WK	Dit zijn nagenoeg dezelfde functie-eisen als voor de instandhouding van het profiel voor de scheepvaart gedefinieerde functie-eisen	Stalen, houten damwand, anker, gording, onderwatertalud bij damwand, grondlichaam achter damwand
Overig	Veilige toegang kade	Grondlichaam achter damwand
	Functionies achterland niet in gevaar (wonen, transport, industrie) / kabels en leidingen	Grondlichaam achter damwand

Tabel: Kritieke onderdelen breuksteenconstructie

Functie	Functie-eis	Kritiek onderdeel
VW1/3	Instandhouden vaargeul van voldoende kanaalbreedte (en diepte)	Bovenwatertalud bestorting
		Bovenwatertalud opsluitconstructie
	Instandhouden onderwatertalud van 1:4	Onderwatertalud bij vaargeul
	Instandhouden lig- en wachtplaatsen	Bolders
		Meerpalen
	Voldoende diepgang bij afmeerplaatsen	Onderwatertalud bij afmeerplaatsen
AV/WK	Dit zijn nagenoeg dezelfde functie-eisen als voor de instandhouding van het profiel voor de scheepvaart gedefinieerde functie-eisen	Bovenwatertalud (bestorting/opsluisconstructie) en onderwatertalud
Overig	Functionies achterland niet in gevaar (wonen, transport, industrie) / kabels en leidingen	Grondlichaam achter damwand

Tabel: Gevolgen na falen

functie	Faalproces	Gevolg falen	Effect op functie	Criterium
VW1	Bezijsen anker(stang)/ ontgronding voor damwand/ corrosie stalen damwand	Bezwijken/ Vooroverkomen / uitbuigen damwand	Onmogelijk af te meten Versmalling doorvaartprofiel	Is er een afmeerfunctie? Verhouding (afstand damwand tot vaargeul) tot (waterkerende hoogte damwand)
		Sedimentatie vaargeul	Versmalling doorvaartprofiel	Zijn er bijzondere objecten in / om het kanaal waarmee een mogelijke aanvaring plaats kan vinden?
		Uitstekende bouten	Beschadiging schepen	Is er een afmeerfunctie?
		Ondiepte bij damwand	Onmogelijk af te meten	Is er een afmeerfunctie?
		Bezwijken bolders, meerpalen en betonhoofd	Onmogelijk af te meten	Is er een afmeerfunctie?
OV		Vooroverkomen damwand Afkalving achter oever	Verzakkingen wegen, woningen, kabels, leidingen, etc.	Geïnvesteerde waarde binnen een straal van 30 meter van de damwand Belangrijke kabels/leidingen?
		Afkalving achter oever	Onveilig gebruik oever	Intensief/ extensief gebruik oever

3.1.2 Interventieniveau

Tabel Interventieniveau damwandconstructie

Kritiek onderdeel	Inspectieparameter	Interventieniveau
Stalen damwand	Dikte damwand [mm], percentage doorgeroest en gaten per meter	Dikte 44% van oorspronkelijke wanddikte , meer dan 35% doorgeroest of gaten
Houten damwand	Uitbuiging damwand [cm], dikte damwand [mm]	Maximale uitbuiging 10 cm, dikte damwand 44% van oorspronkelijke dikte
Anker	Uitbuiging damwand [cm]	Uitbuiging damwand 10 cm
Ankerstang	Uitbuiging damwand [cm]	Uitbuiging damwand 10 cm
Anker Gording	Wijking gording [cm]	Mag niet los zitten, niet roesten, Uitbuiging gording 4 cm
Onderwatertalud voor damwand	Diepte ontgrondingskuil [m], Diepte [cm]	Verdieping van 2 m van het onderwatertalud vlak voor de damwand over een bepaalde afstand (of factor lengte ingeklemde damwand/totale lengte damwand)
Onderwatertalud bij vaargeul	Diepte [m] van het onderwatertalud	Diepte talud volgens functie-eis + 30 cm
Bolders	Hoek [graden]	Hoek van 20 graden
Meerpalen	Slijtage (desintegratie) [mm], scheuren [mm]	Dwarsscheuren niet toegestaan, langsscheuren “door en door” niet toegestaan, geen scheuren in spanningsveld.

Betonhoofden	Gaten [cm]	Gat van 400 cm ²
Gordingen	Uitstekende bouten [mm], scheuren [mm]	Scheurwijdte vanaf bout ≥ 5 mm of houtdekking op boutkop ≤ 5 mm. Bij uitstekende stalen onderdelen geldt een vrije ruimte tussen het onderdeel en de beschermende gording van 2 cm.
Grondlichaam achter damwand	Verzakkingen [m], hollen van konijnen, muskusratten	Verzakkingen van 0,5 meter diepte, 6 holen per 100 strekkende meters over een breedte van 15 meter

Tabel Interventieniveau breuksteen constructie

Kritiek onderdeel	Inspectieparameter	Interventieniveau
Bovenwatertalud bestorting	Percentage ontbrekende breuksteen	40 % van het aantal vierkante meter breuksteen van het boven de waterlijn gelegen gedeelte van de bovenbouw, gaten groter dan 2 vierkante meter.
Bovenwatertalud opsluitconstructie	Vooroverhellen opsluitconstructie [m], diepte ingerot hout [mm]	Matige staat opsluitconstructie, 2 m vooroverhellen constructie of 20 mm ingerot hout
Onderwatertalud bij vaargeul	Diepte [m] van het onderwatertalud	Diepte talud volgens functie-eis + 30 cm
Bolders	Hoek [graden]	Hoek van 20 graden
Meerpalen	Slijtage [mm], scheuren [mm]	Dwarsscheuren niet toegestaan, langsscheuren “door en door” niet toegestaan, geen scheuren in spanningsveld
Onderwatertalud onder breuksteen	Helling onderwatertalud [1 : x]	Helling 1:2
Onderwatertalud bij afmeerplaatsen	Diepte [m]	Verdieping van 2 m van het onderwatertalud vlak voor de damwand over een bepaalde afstand (of factor lengte ingeklemde damwand/totale lengte damwand)
Grondlichaam achter damwand	Verzakkingen [m], hollen van konijnen, muskusratten	Verzakkingen van 0,5 meter diepte, 6 holen per 100 strekkende meters over een breedte van 15 meter

3.1.3 Interventiemoment

Onderwater talud.

Het talud van het kanaal heeft een aanslibbing van: 10.989 m³ per jaar

Dit is een aanslibbing van: $10.989 / (12.860 * 25 * 2) = 0,017$ m per zijde per jaar

De totale theoretische hoeveelheid te baggeren specie heeft een omvat $12.860 * 25 * 2 * 0,30 = 192.900$ m³

Formule:

$$T = I/S_b$$

Waarin: T = interventie tijd voor het uitvoeren van baggerwerken

I = hoeveelheid te baggeren specie in m³

S_b = gemiddelde aanslipsnelheid in m³ per jaar

De interventie tijd is $T = I/S_b = 192.900/10.989 = 17,5$ jaar

Stalen damwand

Roestsnelheid damwand is gemiddeld ongeveer 0,1mm per jaar ³.

De dikte van het lijf bedraagt (nieuw) 10 mm

Overeenkomstig de eis mag wegroesten 35% dit is dus 3,5 mm

De interventie tijd voor vervanging is $T = d_r / S_r$

Waarin: T = interventie tijd voor het vervangen van de stalen damwand

d_r = dikte in mm die maximaal mag wegroesten (35% van de doorsnede)

S_r = gemiddelde roestsnelheid in mm per jaar

De interventietijd is $T = d_r / S_r = 3,5 / 0,1 = 35$ jaar.

3.1.4 Functionele-eisen

De Functionele-eisen kunnen onder andere worden verdeeld in de functie's:

- Afvoeren
- Scheepvaart
- Waterkeren
- Overig

Afvoeren

Aan de eisen van het peilbeheer en het onderwaterprofiel wordt voldaan. De eisen vanuit de scheepvaart ten aanzien van het onderwaterprofiel worden op het kanaal maatgevend geacht.

Scheepvaart

- Instandhouden breedte

Het kanaal is overal 150 meter breed [afgeleid uit kaarten van het kanaal]. Er wordt dus aan de eis voldaan.

Er dient een vrije ruimte van 2 cm te aanwezig zijn tussen de koppen van ankerstangen en de gordingen. Het vervangen/inspecteren van gordingen behoort tot het vast onderhoud. Er wordt voldaan aan de functie-eis.

- Instandhouden hellingen onderwater talud

Op de hellingen van het kanaal vindt netto sedimentatie plaats. Hierdoor groeit de helling langzaam aan. Over de onderwatertaluds van het kanaal en de toegangsgeulen is een sediment hoeveelheid berekend van ongeveer 160.000 m³. Om de hellingen aan de eis te laten voldoen dient deze hoeveelheid sediment gebaggerd te worden. Er is een verbetermaatregel voorgesteld.

- Instandhouden ligplaatsen

– schepen met blauwe kegels of lichten

In de huidige situatie zijn er twee plaatsen waar zeeschepen en binnenvaartschepen met één of twee blauwe kegels of lichten af kunnen meren, te weten:

- a) 120 meter, rond kilometer 0,23-0,37, bij Sas van Gent, linker oever, maximale scheepslengte 110 meter, kade;
- b) 500 meter, rond kilometer 11,9-12,45, tussen Terneuzen en Sluiskil, linker oever, meerbreedte 23 meter, meerpalen aanwezig;
- c) In totaal is er een lengte beschikbaar van 620 meter. Dit blijkt voldoende te zijn.

– overnachtings- en ligplaatsen

³) Overeenkomstig rapport : Douanekade te Sas van Gent

In de huidige situatie zijn er 4 ligplaatsen:

- a) 220 meter, rond kilometer 0,2-2,2, bij Sas van Gent, linker oever, tot een maximale breedte (vanaf bord) van 26 meter, kade;
- b) 300 meter, rond kilometer 0,73-1,03, bij Sas van Gent, linker oever, tot een maximale breedte (vanaf bord) van 18 meter, kade;
- c) 200 meter, rond kilometer 13,53-13,73, bij de binnenvaartsluizen in Terneuzen, toegangsgeulen, tot een maximale breedte (vanaf bord) van 17 meter, kade;
- d) 120 meter, rond kilometer 13,73-13,85, bij de binnenvaartsluizen in Terneuzen, toegangsgeulen, tot een maximale breedte (vanaf bord) van 14 meter, kade.

In totaal is er een lengte beschikbaar van 840 meter. Dit blijkt voldoende te zijn.

- Instandhouden wachtplaatsen

- Zeevaart

In de huidige situatie zijn er 3 wachtplaatsen nabij de Westsluis:

- a) 140 meter, rond kilometer 12,53-12,67, oevers links, meerpalen;
- b) 400 meter, rond kilometer 13,15-13,55, toegangsgeul (westsluis), westelijke oever, meerpalen;
- c) 400 meter, rond kilometer 13,15-13,55, toegangsgeul (westsluis), oostelijke oever, meerpalen.

De totale lengte is 940 meter en nadert de eis van 1000 meter. Er wordt vanuit gegaan dat het aantal meters wachtplaatsen voldoet.

- binnenvaart oostsluis

In de huidige situatie is er 1 wachtplaats nabij de Oostsluis:

- a) 600 meter, rond kilometer 13,5-14,1 (overlapt met wachtplaatsen), toegangsgeul (oost-, middensluis), oostelijke oever, kade.

De totale lengte is 600 meter en schiet tekort bij de eis van 1.000 meter. Echter, schepen kunnen dubbel naast elkaar liggen, zodat ruimschoots aan de eis voldaan wordt.

- Middensluis

In de huidige situatie is er 1 wachtplaats nabij de Middensluis:

- a) 150 meter. Rond kilometer 14,2-14,35, toegangsgeul middensluis, oostelijke oever, kade. Deze kade kan gebruikt worden door de scheepvaart. Er wordt aan de eis voldaan.

Maaiveld

Omdat het kanaal breed is zijn geen eisen aan de zichtlijnen gesteld.

Instandhouden van struikgewas langs de westelijke oever volgens het bestaande beheerplan en opgenomen in het groen bestek.

Groenvoorzieningen

De groenvoorzieningen worden 1 maal per jaar gemaaid, dit is opgenomen in het groen bestek.

Waterkeren

- Instandhouding van het dwarsprofiel

- Kruinhoogte

Functie-eis, een kruinhoogte van NAP + 4,2 meter, gehaald. Er wordt dus niet aan de eis voldaan. Het kritieke gedeelte van het kanaal het traject van de rechter oever tussen de aanleginrichting en de draaibrug bij Sluiskil. Of de werkelijke kruinhoogte ook onder de 3 meter zal liggen, is te betwijfelen. Echter, op dit traject zal de kruinhoogte geen NAP + 4,2 meter bedragen en dus wordt de functie-eis niet gehaald.

Strikt genomen zou een verbetermaatregel moeten worden voorgesteld. Dat zal echter niet gebeuren, omdat de te lage waterkering “gedoogd” wordt. In de toekomst zal echter wel gekeken moeten worden naar de verhoging van de secundaire waterkering in samenwerking met het waterschap Zeeuws-Vlaanderen, die de verantwoordelijkheid draagt voor de secundaire waterkering.

- Kruinbreedte/taludhelling
Over de huidige situatie van de kruinbreedte en taludhelling zijn geen gegevens bekend. Het is dus niet duidelijk of aan de eisen voldaan is.

- *Onderwatertalud:*
Instandhouden hellingen van het talud 1:4.
- *Oeverwerken*
Herzetten betonblokken

Overig

- Kades met een afmeerfunctie dienen een veilige toegang te verschaffen aan een ieder
Hiervoor wordt gezorgd aan de hand van vast onderhoud: het vullen an de leemtes achter de damwand en het herstellen van het tegelwerk. Zodoende wordt voldaan aan de functie-eis.
- Bij het aanleggen vannieuwe damwanden dienen er om de 40 meter trappetjes aangelegd te worden.
- De functies van het achterland (wonen, transport, landbouw enz.) mogen niet in gevaar komen.
- Kabels en leidingen dienen gehandhaafd te worden.
- Het bieden van wachtruimte voor wachtende passagiers bij de pont van Sluiskil.

3.1.5 Berekening onderhoudskosten

Om de hellingen van de onderwatertaluds in stand te houden dient in de huidige situatie 160.000 m³ gebaggerd te worden op diverse plaatsen. “Hot spots” zijn onder andere het kanaalprofiel bij de draaibrug Sluiskil en de brug bij Sas van Gent. De baggerspecie kan echter niet gedumpt worden, omdat er nog geen depots zijn (vergunningen zijn nog niet rond). Op het moment dat de depots operationeel zijn kan een begin worden gemaakt met de baggerwerkzaamheden. Er wordt hier vanuit gegaan dat dat in 2004 is. Uitgaande van een sedimentatie groei van 3 cm per jaar op de taluds, over het hele gebied genomen ongeveer 20.000 m³ ⁽⁴⁾, zou er tegen die tijd 200.000 m³ gebaggerd moeten worden. Als de verbetermaatregel wordt uitgesmeerd over 5 jaar en de kosten van baggeren worden geschat op 25 euro per m³, dan kan onderstaande tabel gemaakt worden.

Tabel: Planning onderwatertaluds baggeren (inclusief BTW, Prijspeil 2002)

Jaar	2004	2005	2006	2007	2008
m ³ baggerspecie	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
Kosten (euro)	1 miljoen	1 miljoen	1 miljoen	1 miljoen	1 miljoen

3.2 Dienstkring Schelde Rijn

De nadruk ligt bij de dienstkring Schelde Rijn op het onderhoud van de sluizen.

In de vaste kosten zijn hierbij wat kosten opgenomen voor het instandhouden van de oevers.

De kosten van het onderhoud van de aanlegplaatsen worden hier tot de sluizen gerekend.

Het onderhoud aan het groen is in het groenbestek opgenomen.

Het totaal aan kosten is opgenomen bij de kosten van de sluizen en kan derhalve niet verder worden onderscheiden naar oevers en bodems.

⁴⁾ Op basis van mondelinge informatie J. van Buren (dienstkring)

4 **Referentie document**

In het BPN Referentiedocument Oevers en Bodems worden vele typologieën van oevers en bodems onderscheiden. In verband met de vergelijkbaarheid met de Hoofdtransportas Gent naar Terneuzen wordt geopteerd voor bodems voor de categorie voor Bodems de subcategorie “Vaargeulbodem” en voor de Oevers de subcategorieën “Oevers/dijken, type talud en verticale oever”.

4.1 **Vaargeulbodems**

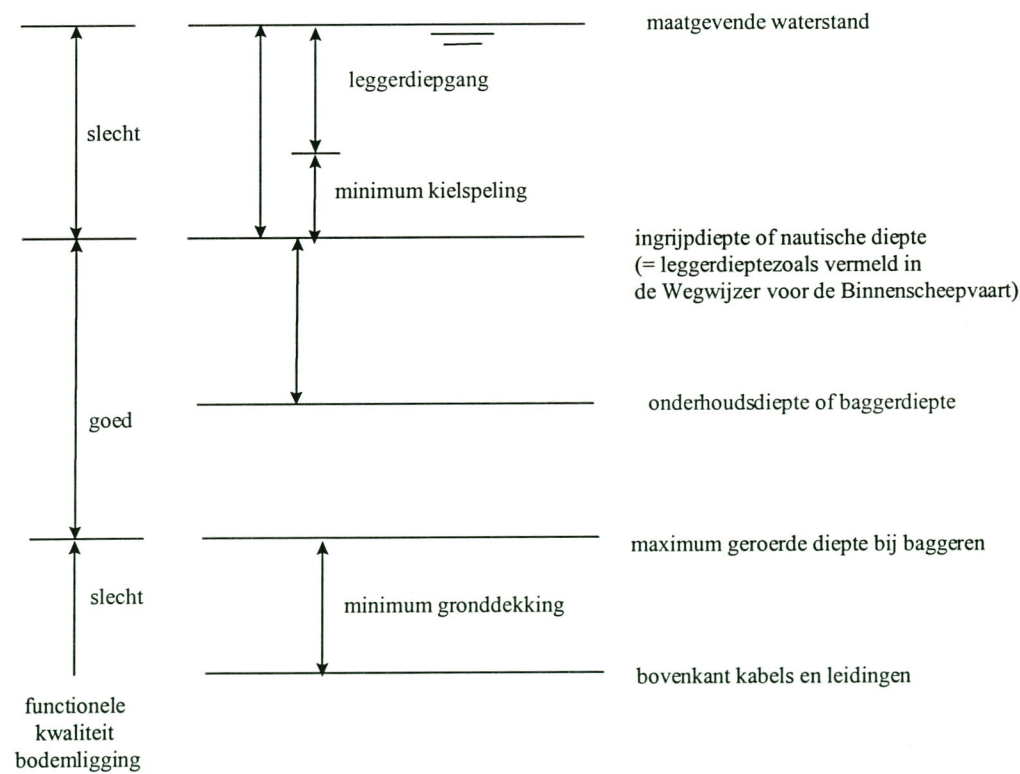
Een vaargeulbodems is een bodem met een functie voor de scheepvaart. Door sedimentatie of erosie kan de bodemligging veranderen en onderhoud aan de vaargeul noodzakelijk zijn.

Sedimentatie en daardoor een beperkte diepte is het meest voorkomende probleem bij vaargeulbodems. De twee belangrijkste vragen zijn:

- Bij welke bodemligging ga je baggeren, dit levert het interventie niveau;
- Tot welke diepte verwijder je het materiaal, dit levert de onderhoudsdiepte.

Het belangrijkste verschil in vaargeulbodems is de mate van sedimentatie. Bij vaarbodems in kanalen is sprake van een geringe sedimentatie, terwijl bij vaargeulbodems in rivieren en zeearmen sprake is van veel sedimentatie. De frequentie van onderhoud verschilt daarom sterk.

Bij erosie ontstaat een grotere diepte waardoor de gronddekking van kabels, leidingen of andere constructies in gevaar komen.



4.1.1 Functionele-eisen vaargeulbodem

Functie	Functie-eisen
Afvoer van water en sediment en ijs	Instandhouden van dwars- en lengteprofiel voor afvoer
Beroepsvaart (VW1, VW2, VW3) Meestal bepalend	Instandhouden van vaargeul van voldoende breedte en diepte, die onder gedefinieerde omstandigheden aan minimale eisen voldoet
Kabels en leidingen of andere constructies (bijv. Tunnels)	Minimale gronddekking van 'x m op kabels en leidingen of constructie Maximale roerdiepte bij baggerwerkzaamheden

4.1.2 Interventie niveau vaargeulbodem

Het moment van interventie wordt bepaald door de minimumdiepte en breedte waarover minimumdiepte aanwezig is.

Het interventie niveau voor het baggeren van een vaarweg bestaat uit drie componenten:

- maximum bodemligging in de as van de vaargeul;
- minimumbodembreedte op dat niveau;
- een minimum lengte waarover het interventie niveau overschreden is.

Interventieniveau bodemligging

- Indien voor een vaargeulbodem een politiek vastgestelde streefdiepte met een bijbehorende bodemligging geldt kan deze streefdiepte als interventie niveau genomen worden
Interventieniveau = politiek vastgestelde streefdiepte.
- Een andere wijze van bepalen van het interventie niveau is het met behulp van CVB-richtlijnen bepalen van de vereiste waterdiepte bij een maatgevende waterstand voor het maatgevende schip van de vaarweg. Het interventie niveau kan zijn het bereiken van het krappe profiel van de vaarweg (minimum kielspeling van 25%) Het profiel kan dan tot minimale diepte van de functie-eis op diepte worden gebracht (kielspeling 35% voor normaal profiel). Eventueel kan een overdiepte gebaggerd worden.
Interventieniveau = legger diepgang met minimum kielspeling

Interventieniveau bodembreedte

In een kanaal kan er vanuit worden gegaan dat de scheepvaart het kanaal ter plaatse van de as van de vaarweg opdiepte houdt. Langs de oevers zal het slib zich ophopen. De breedte met het minimale bodemniveau neemt in de loop van de tijd af. Het interventie niveau wordt bereikt op het moment dat de breedte niet meer voldoet aan de functie eis voor breedte. Ook hier zijn conform het interventie niveau bodemligging verschillende mogelijkheden voor het vaststellen van het interventie niveau:
Interventieniveau = politiek vastgestelde minimum breedte vaarweg
Interventieniveau = breedte krapprofiel van de vaarweg

Interventieniveau bodemlengte

Ingrijpen vindt pas plaats nadat over een bepaalde lengte van het oevervak het interventie niveau van bodemligging en bodembreedte is bepaald. Geen voorbeelden van dienstkringen voorhanden hoe zij met dit criterium omgaan.

Ten behoeve van kabels, leidingen of andere constructies die de betreffende vaarweg kruisen moet worden gedefinieerd:

- interventie niveau onderhoudsdiepte;
- interventie niveau minimum gronddekking.

Interventieniveau onderhoudsdiepte

Het interventie niveau geeft alleen aan bij welke bodemligging gebaggerd gaat worden. Dit is dus de totale dikte van de laag die verwijderd gaat worden. De diepte tot waar ontgraven wordt, wordt de onderhoudsdiepte of nautische diepte genoemd.

De onderhoudsdiepte moet vastgesteld worden aan de hand van de eigenschappen van de bodem, de snelheid van aanslibbing en de gewenste baggerfrequentie. Indien kabels en leidingen in de bodem aanwezig zijn, kan de onderhoudsdiepte niet beneden het niveau van minimale dekking komen.

Interventieniveau minimum gronddekking

Het interventie niveau wordt bepaald door snelheid van ontgroning, kwetsbaarheid van de constructie en kans op beschadiging van de constructie (slepend ankers en baggerwerkzaamheden)

Bij het bepalen van het interventie moment moet voorts nog in beschouwingen worden genomen:

- Indien zeer weinig sedimentatie optreedt (in kanalen) kan bijvoorbeeld de onderhoudsdiepte gelijkgesteld worden aan het normale profiel van de vaarweg. In de loop van de tijd slibt het profiel dicht tot aan het krappe profiel waarna opnieuw gebaggerd wordt.
- In vaargeulen met een grote sedimentatie kan een economische analyse worden opgesteld voor de onderhoudsdiepte. Vaak weinig baggeren, en dus een kleinere onderhoudsdiepte, of soms veel baggeren en dus een grotere onderhoudsdiepte.

4.1.3 Onderhoudstrategie vaargeulbodem

A Onderhoud door verwijderen van verontdiepingen

Het onderhoud bestaat uit het baggeren van de vaargeul. Het op diepte houden van de vaargeul is toestand afhankelijk onderhoud.

Onderhoudsinterval

Schatting wanneer het interventie niveau is bereikt geschied op basis van de gemeten bodemligging, kennis van het sedimentatie proces en kennis van het historisch verloop van de aanslibbing.

Onderhoudsmethode

Mogelijkheden voor het verwijderen van het bodemmateriaal:

- Sleephopperzuiger;
- Snijkopzuiger(cutterzuiger)
- kraanschip

Kosten

Kosten van onderhoud bij sedimentatie zijn afhankelijk van

- De hoeveelheid te verwijderen bodemspecie
- Bodemmateriaal (slib, zand enz.)
- Mate van vervuiling van de bodemspecie
- Transportafstand
- Toe te passen baggermaterieel

B *Onderhoud door aanvullen van de waterbodem*

Indien inspectie uitwijst dat het interventie niveau van de bodemligging bereikt wordt, kan grond worden bijgestort of kan een bestorting worden aangebracht.
Het instandhouden van minimale dekking is toestand afhankelijk onderhoud

Onderhoudsinterval

Het onderhoudsinterval wordt bepaald door de ontgrondingsnelheid.

Onderhoudsmethode

Nader in te vullen

Kosten van onderhoud bij erosie

Hoeveelheid aan te storten grond of aan te brengen bestorting
Optredende stroomsnelheden bepalen de zwaarte van de bestorting
Transport afstand (eventueel bodemmateriaal dichtbij voorhanden)

4.2 Oevers talud

4.2.1 Functionele-eisen talud

Functie	Functie-eisen
Afvoer van water en sediment en ijs	Instandhouden van dwars- en lengteprofiel voor afvoer
Beroepsvaart (VW1, VW2, VW3) <i>Meestal bepalend</i>	Instandhouden van vaargeul van voldoende breedte en diepte, en voldoende zichtlengte.
Waterkeren	Instandhouden dwarsprofiel oever
Wegen, wonen en kabels en leidingen	Instandhouden achterliggende functies zoals wegen, wonen, industrie, kabels en leidingen, enz.

4.2.2 Interventieniveau talud

Het interventieniveau wordt mogelijk per faalproces met de met de bijbehorende inspectieparameter bepaald door de afweging tussen de gevolgen van falen ten gevolge van functieverlies en kosten van variabel onderhoud. Een inschatting moet gemaakt worden wat acceptabel is. Vaak zijn bij dit soort constructies van belang de gevolgen voor de achterliggende functies zoals wegen, bebouwing enz. Indien bezwijken van de constructie geringen invloed heeft op de functies kan storingsafhankelijk onderhoud toegepast worden. Indien op een eerder moment ingegrepen moet worden zal toestandsafhankelijk onderhoud gepleegd moeten worden.

De volgende interventieniveau's worden onderscheiden:

Maaiveld

Toename van de begroeiing waardoor de zichtlegte verminderd
Interventie niveau Zichtlengte < 550m (IJssel en Nederrijn/Lek; <800m (Bovenrijn/Waal)

Bovenwatertalud: grasmat

Geen gegevens voorhanden

Bovenwatertalud: stortsteen

Verlies van stortsteen

Interventie niveau

Bovenwatertalud: gezet

Verlies van zetsteen

Interventieniveau Op basis van een theoretische beschouwing is het interventieniveau ingeschat op de situatie waarin meer dan 40% van de zetsteen niet meer aanwezig is.

Bovenwatertalud: opsluitconstructie bovenbouw gezet

Verlies van opsluitconstructie

Interventieniveau Op basis van een theoretische beschouwing is het interventieniveau ingeschat op de situatie waarin meer dan 40% van de zetsteen niet meer aanwezig is, en de staat van de opsluitconstructie niet meer goed is. De perkoenen hellen of te ver over of zijn verrot.

Onderwatertalud stortsteen

Versteilen talud

Interventieniveau In de Nota Functie-eisen, technische eisen en interventieniveaus voor oevers en kribben (Bouwdienst 1994) is het interventieniveau bepaald tussen een helling van 1:1 en 1:1,5. Hoe groter de gevolgschade bij functieverlies hoe dichter het interventieniveau nadert tot 1:1,5.

Onderwatertalud onverdedigd

Versteilen talud

Interventieniveau helling 1:2

4.2.3 Onderhoudstrategie talud

Maaiveld

Toename van de begroeiing waardoor de zichtlegte verminderd

Toestandafhankelijk onderhoud: indien inspectie uitwijst dat zichtlengte te gering is geworden, zal gesnoeid worden.

Onderhoudsinterval

Bovenwatertalud: grasmat

Maaien

Bovenwatertalud: stortsteen

Nader te bepalen

Bovenwatertalud: gezet

Verlies van zetsteen

De instandhoudingsmaatregel die uitgevoerd moet worden is het herzetten van de zetsteen.

Bovenwatertalud: opsluitconstructie bovenbouw gezet

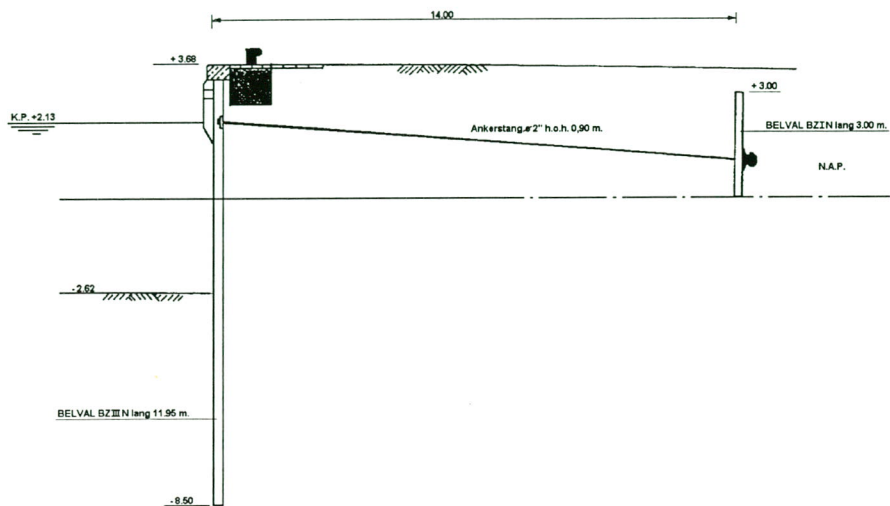
Verlies van opsluitconstructie

De instandhoudingsmaatregel die uitgevoerd moet worden is renovatie van de gehele bovenbouw.

Onderwatertalud stortsteen
Versteilen talud
Nader te bepalen

Onderwatertalud onverdedigd
Versteilen talud
Nader te bepalen

4.3 Oevers verticaal



Afbeelding: Dwarsdoorsnede damwandconstructie (bron: DK Zeeuws-Vlaanderen)

4.3.1 Functionele-eisen verticale oevers

Functie	Functie-eisen
Waterkeren (WK)	Instandhouden dwarsprofiel
Scheepsvaart (VW1, VW2, VW3)	<ul style="list-style-type: none">• Instandhouden van vaargeul van voldoende breedte en diepte, die onder gedefinieerde omstandigheden aan minimale eisen voldoet• voldoende zichtlengte• gording moet voldoende glad zijn om als wijfgording te kunnen functioneren
Overig oeveragebruik wegen/wonen/ kabels	Het instandhouden van achterliggende functies zoals wegen, kabels, recreatie, natuur, enz.

Verticale damwand
De belangrijkste functie van een damwand is meestal het in stand houden van het kanaal (breedte x m en diepte x m) omdat de beschikbare ruimte beperkt is.

4.3.2 Kritieke onderdelen verticale oever

Het faalproces dat leidt tot functieverlies moet worden geanalyseerd. In de gebeurtenissenboom is hiervan op hoofdlijnen een grafische weergave van gemaakt.

Onderstaand zijn de in de gebeurtenissenboom globaal weergegeven faalprocessen verder gespecificeerd. Tevens is per kritiek onderdeel de inspectieparameter gegeven.

1. Anker
Scenario:
 - overbelasting anker of afname staaldikte ankerstang of defecten
 - ankerschot
 - bezwijken van anker en/of ankerschot
 - damwand komt (plaatselijk) naar voren en scheuren ontstaan in het taludInspectieparameter: uitbuiging damwand [mm] en scheuren in talud [m]
2. Ankergording
Scenario A:
 - aantasting van de gording
 - bezwijken van gording
 - damwand komt (plaatselijk) naar voren en scheuren ontstaan in het taludInspectieparameters: wijking gording [mm]
Scenario B:
 - schuring van schepen veroorzaakt beschadiging hout of rotting van hout
 - uitstekende boutenInspectieparameters: uitstekende bouten [mm] of scheuren in gordingen [mm]
3. Onderwatertalud voor damwand
Scenario:
 - doorgaande ontgronding t.g.v. door schroefstraal van schepen of stroomsnelheid water bij hoge afvoer veroorzaakt ontgronding aan teen
 - onder uitkomen damwandInspectieparameters: diepte ontgrondingskuil voor damwand [m]
4. Damwand
Scenario:
 - rotting houten damwand of corrosie stalen damwand
 - doorbuiging damwand en tot slot bezwijken van damwand en vooroverkomenInspectieparameters: dikte van damwand [mm] of uitbuiging van damwand [mm]

4.3.3 Interventieniveau verticale oever

Het interventieniveau voor de verschillende kritieke onderdelen wordt sterk bepaald door de functies achter de damwand en de gevolgen voor het functioneren van de vaarweg. Afhankelijk van het vaarwegprofiel en de kerende hoogte hoeft het vooroverkomen van een damwand geen grote consequenties voor de scheepvaart te hebben. In sommige situaties kan met enige hinder en aanvullende maatregelen de scheepvaart wel doorgang vinden. In die gevallen kan besloten worden pas op moment van bezwijken in te grijpen (Storingsafhankelijk Onderhoud). Indien de functies achter de damwand belangrijk zijn (wegen, woningen, kabels en leidingen) of het doorvaartprofiel wordt onacceptabel verkleind is het vooroverkomen van de damwand niet acceptabel en zal in een eerder

stadium ingegrepen moeten worden. De uitwijking van de damwand zal dan in de gaten gehouden moeten worden (Toestandsafhankelijk Onderhoud).

In onderstaande tekst wordt per faalscenario een benadering gegeven van het interventieniveau:

- 1) Bezwijken anker
Nader te bepalen
- 2) Bezwijken ankergording
De uitbuiging van de damwand en de uitbuiging van de gordingen zijn meetbare parameters voor de bewaking van dit faalproces. Van het anker en de gording is veelal de gording de meest kwetsbare schakel. Door rotting en aanvaring wordt de gording aangetast. Indien de ankerstang is gesitueerd rond het freatisch vlak kan door corrosie ook het anker zelf worden aangetast. Interventieniveau vaarwegen Noord-Brabant⁵: maximale verzakking gording over een lengte van > 100 m tussen de verankeringspunten
Interventieniveau Amsterdam-Rijnkanaal⁶: met behulp van NCW-methode is interventieniveau voor veroudering wrijfgordingen bepaald. Conclusie: het is niet lonend om gordingen te vervangen voordat ze volledig gefaald hebben. Geen inspecties, wel zo snel mogelijk vervangen na falen.
- 3) Beschadigde ankergording (hout)
Het interventieniveau wordt bepaald door de kans dat een schip langs de gording komt en de schade die veroorzaakt wordt. Interventieniveau kan zijn als door schuring van schepen bouten uit het hout gaan steken.
Interventieniveau⁷: scheurwijdte (vanuit bout) = 5 mm of houtdekking op boutkop = 5 mm
- 4) Bezwijken damwand
Corrosie op de waterlijn is over het algemeen niet bepalend voor de sterkte van de damwand, aangezien het maximale moment in de damwand onder water optreedt. Door uitspoeling van grond uit het gedeelte direct achter de damwand, kunnen plaatselijke verzakkingen optreden, die van invloed zijn op veiligheid van mens en materieel achter de damwand.
- 5) Ontgroning onderwater talud voor damwand
Bij een bepaalde ontgroning voor de damwand wordt de kans op bezwijken zo groot dat dit niet langer acceptabel is. Factoren die bepalend zijn voor het moment van bezwijken zijn voor de maximale ontgroning voor de damwand de grondsoort, kerende hoogte en inheidiepte van de damwand.

4.3.4 Onderhoudsstrategie verticale oever

Uit de analyse van het interventieniveau van de Dienstkring waterwegen Noord-Brabant volgde dat ingrijpen pas nodig is als bezwijken optreedt en dat dus kan worden volstaan met storingsafhankelijk onderhoud voor gordingen, ankers en damwand. Op die plaatsen waar de gevolgschade aanzienlijk is, of maatschappelijk dit risico niet wordt geaccepteerd, moet TAO gepleegd worden. Het variabel onderhoud bestaat uit:

- verdediging aanbrengen en/of aanvullen onderwatertalud
- vervangen gordingen over een langere afstand
- grondichtheid en verzakkingen achter damwand herstellen
- vervangen gehele damwandconstructie

⁵ DK Waterwegen Noord-Brabant, 1998

⁶ Bouwdienst RWS, 1995 Pilot Amsterdam-Rijnkanaal volgens 10-stappenplan

⁷ Voorbeeld langs IJsselpand uit DWW, 1994, Praktijkrichtlijnen Interventieniveaus Oevers

5 Enkele verschillen tussen het referentiedocument en instandhoudingsplan dienstkring Zeeuws Vlaanderen

Tussen het referentie document en de praktijk bestaan verschillen. In dit hoofdstuk worden deze verschillen in beeld gebracht en keuzen gemaakt ten behoeve van het soll-model

5.1 Bodems

Kanaal van Gent naar Terneuzen

- Diepte

Voor het kanaal bestaat een overeenkomst met België voor de diepte en de breedte van de vaargeul. De diepte wijkt af van het gestelde in het referentie document. Daardoor wordt de ingrijpdiepte ook op een andere wijze bepaald. Conform de richtlijnen zou de ingrijpdiepte moeten zijn de leggerdiepte + 35%. Bij het kanaal van Gent naar Terneuzen is deze berekend vanuit de leggerdiepte + inzinking bij 9 km/h en een toeslag bij het passeren van schepen.

- Breedte onder water

Het referentie document houdt geen rekening met de breedte van de vaarweg. Door sedimentatie aan de zijkanen van het kanaal kan het kanaal te smal worden. Bij het vaststellen van het interventie moment moet hiermee rekening worden gehouden.

- Bodemplengte

Het begrip bodem lengte opgenomen in het referentie document wordt niet gebruikt bij het bepalen van het interventie niveau en moment bij het kanaal van Gent naar Terneuzen.

- Faalgrens

In het instandhoudingsplan wordt de faalgrens berekend rekening houdend met de inzinking bij 9 km/h (methode Schijf), het passeren van twee schepen (methode Norbin) en een snelheidsvermindering tot 7 km/h. In het referentie document wordt dit niet aan de orde gesteld.

- Interventie moment

In het instandhoudingsplan wordt uitgaande van de gemiddelde aanslibssnelheid het verschil tussen de onderhoudsdiepte en ingrijpdiepte de interventie interval berekend. In het referentie document wordt dit niet aan de orde gesteld.

5.2 Oevers

In het referentie document komt in hoofdzaak de taluds aan de orde. Bij het kanaal van Gent naar Terneuzen worden meerdere zaken aan de orde gesteld:

- Voor de functie scheepvaart moet naast de in het referentie document genoemde onderwerpen ook instand worden gehouden:
 - de breedte van het kanaal ter hoogte van de waterspiegel;
 - de ligplaatsen en wachtplaatsen.
- Voor de functie waterkeren moet het dwarsprofiel in stand worden gehouden dit houdt in:
 - de kruinhoogte en kruinbreedte;
 - onderwater en bovenwater talud.

1 Oorzaken verandering

In de loop van de tijd zal de diepte van een vaarweg veranderen alsgevolg van de afzetting van sediment en/of het optreden van erosie.

Afzetting sediment

Baggeren is noodzakelijk omdat in de vaarwegen als gevolg van sedimentatie in de loop van de tijd ondiepten kunnen optreden. Voor het baggeren is van belang de:

- snelheid van de sedimentatie per jaar deze kan worden vastgesteld op basis van ervaring vanuit het verleden, metingen van de toename van de afzetting van sediment.
- plaats waar het sediment wordt afgezet.

Optreden erosie

Door erosie van de bodem kunnen ook diepe plekken ontstaan. De noodzaak om deze aan te vullen wordt bepaald door de plaats waar deze ontstaat.

2 Factoren

Als gevolg van de afzetting van dsediment en de erosie moet regelmatig worden ingegrepen. Berekend moet worden de hoeveelheid specie en het interval waarop dit moet worden verwijderd. Hierbij wordt onderscheiden: de aanslibsnelheid, ontgronding, ingrijpdiepte, onderhoudsdiepte, faalgrens.

Aanslibsnelheid

Vanuit periodieke metingen kan de verandering in de diepte van de vaarweg worden gemeten. Gelijktijdig kan worden vastgesteld of deze verandering gelijkmatig dan wel plaatselijk is. Bij een onregelmatige neerslag van sediment in tijd en/of plaats kan de jaarlijkse hoeveelheid aangeslibte specie ook worden afgeleid vanuit de hoeveelheid specie die in het verleden is opgebaggert. Berekend moet worden de gemiddelde aanslibsnelheid per jaar. De gemiddelde aanslibsnelheid is S_b in m^3 per jaar

Ontgrondingssnelheid

Op gelijke wijze als bij het aanslibben kan de snelheid van ontgronding worden gemeten. De ontgronding is S_o in m^3 per jaar

Ingrijpdiepte

Het kanaal kent een ingrijpdiepte of nautische diepte (ten opzichte van kanaalpeil)
De ingrijpdiepte is de leggerdiepgang + kielspeling. Ondieper wordt als slecht geklassificeerd.

Formule:

$$d_i = d_l \times p_k$$

Waarin: d_i = Ingrijpdiepte in m ten op zichte van kanaalpeil

d_l = Leggerdiepgang (maatgevende diepgang) in m ten op zichte van kanaalpeil

p_k = percentage voor kielspeling 35% (bij een krapprofiel 25%)

In geval van het aanvullen van diepe plaatsen id de hierbeschreven wijze van bepaling van de diepte de maximale onderhoudsdiepte

In het kanaal van Gent naar Terneuzen is de ingrijpdiepte de leggerdiepte + inzinking bij 9 km/h (methode Schijf) + toeslag voor het passeren van schepen (methode Norbin).

Onderhoudsdiepte

De onderhoudsdiepte wordt bepaald afhankelijk van de snelheid van sedimentatie. Boven kabels en leidingen dient een minimale grondekking te worden gedefinieerd. Hierbij dient rekening te worden gehouden met het toegestane roeren van de grond tot een diepte van 10 à 20 cm.

In geval van het ontstaan van diepere plekken door erosie is ingeval van een bedreiging van tunnels kabels en of voor het verzakken van kades of oevers de hier beschreven diepte de ingrijpdiepte.

De onderhoudsdiepte is d_o in m ten op zichte van kanaalpeil.

Faalgrens

In het kanaal van Gent naar Terneuzen is deze diepte de leggerdiepte + inzinking bij 9 km/h (methode Schijf) + toeslag voor het passeren van schepen (methode Norbin) + toeslag indien de snelheid wordt verminderd tot 7 km/h.

Bij het vaststellen of de faalgrens wordt overschreden dient ook rekening te worden gehouden met de vereiste breedte van de vaarweg waarop de diepte aanwezig is. Op een ondiepe plaats aan de kant kan niet worden gevaren en maakt de vaarweg dus smaller. Bij ontgroning mag moet een waarde worden gesteld voor de dekking van kabels, tunnels enz.

Voorkomen moet worden dat de faalgrens wordt bereikt.

De faalgrens is d_f in m ten op zichte van kanaalpeil

3 Berekening

Vanuit de verzamelde gegevens wordt de hoeveelheid en de interventietijd berekend.

Hoeveelheid

Bij een gelijkmatige afzetting van het sediment is de hoeveelheid te baggeren specie gelijk aan de theoretische oppervlakte van het sediment \times de verandering van de diepte van de bodem (is de dikte van de laag). Deze kan eventueel worden gecorrigeerd indien de afzetting niet gelijkmatig maar sterk plaatselijk aanwezig is in het betreffende vak of kanaal.

Bij de bepaling van de hoeveelheid baggerspecie kan, naast de diepte ook de breedte bij de vereiste diepte worden betrokken, indien de wijze waarop het sediment neerslaat daartoe aanleiding geeft.

Formule

$$I = (d_o - d_i) \times A$$

Waarin: I = de totale hoeveelheid baggerspecie in m^3

d_o = onderhoudsdiepte in m ten op zichte van kanaalpeil

d_i = ingrijpdiepte in m ten op zichte van kanaalpeil

A = theoretische oppervlakte te baggeren specie in m^2

Naast het neerslaan van sedimenten kunnen ook door erosie diepere plekken ontstaan de hoeveelheid aan te vullen zand wordt op gelijke wijze berekend.

Voorbeeld

Kanaal van Gent naar Terneuzen

Oppervlakte waarop sedimentatie theoretisch plaats vindt $A = 430.743 m^2$

Onderhoudsdiepte – ingrijpdiepte:

$$d_o - d_i = 13,50 - 13,10 = 0,40 m$$

Totaal te baggeren

$$I = 430.743 m^2 \times 0,4 m = 172.297 m^3$$

Interventie tijd

De interventie tijd is de hoeveelheid specie gedeeld door aanslibssnelheid per jaar

Formule:

$$T = I/S_b$$

Waarin: T = interventie tijd voor het uitvoeren van baggerwerken

I = hoeveelheid te baggeren specie in m^3

S_b = gemiddelde aanslibssnelheid in m^3 per jaar

Voorbeeld

Kanaal van Gent naar Terneuzen

Totale te baggeren hoeveelheid

$$I = 172.297 \text{ m}^3$$

De gemiddelde aanslibingsnelheid

$$S_b = 42.055 \text{ m}^3/\text{j}$$

De interventie tijd is

$$T = 172.297 / 42.055 = 4,1 \text{ jaar.}$$

Dit wordt afgerond op 4 jaar, hierbij wordt vervolgens de hoeveelheid te baggeren bodemspecie berekend: $4 \times 42.055 = 168.220 \text{ m}^3$, afgerond 170.000 m^3

Ten behoeve van het aanvullen van te diepe plekken wordt de interventie tijd op gelijke wijze berekend.