



Nehemia  
Bouwconsultancy bureau

Post adres  
Krombekstraat 93  
1104 KT Amsterdam  
Noord Holland

T +31(0)20 695 93 59  
M +31(0)65 154 79 67

info@nb-consultancy.nl  
www.nb-consultancy.nl

*Creativiteit, professionaliteit en klantgerichtheid is de sleutel tot elke succes*

# Rapport

## Total Cost of Ownership van damwanden in hout, kunststof en staal

Datum : 7 mei 2017  
Status : Definitief  
Projectnummer : CH/1606

### Betrokkenen

Eric de Munck : VVNH / Centrum Hout  
Robby Gittens : Nehemia Bouwconsultancy bureau



Management Consultancy Interim

Bouwkostenmanagement  
Haalbaarheidsonderzoek

Directievoering en toezicht  
Conditiemeting NEN 2676

Life Cycle Costing  
Meerjaren Onderhoudsplan

KvK Amsterdam: 34 308 627  
BTW-nr. : NL 146.854.238.B01

ING Zakelijk: BIC: INGBNL2A  
IBAN: NL32INGB0004762629

# INHOUD

<b>1. INLEIDING</b>	<b>3</b>
<b>2. UITGANGSPUNTEN CONSTRUCTIEF</b>	<b>4</b>
<b>3. UITGANGSPUNTEN KOSTENCALCULATIE</b>	<b>5</b>
3.1 Integrale kosten	5
3.2 Total Cost of Ownership	6
<b>4. LEVENSDUURKOSTEN – TOTAL COST OF OWNERSHIP</b>	<b>7</b>
4.1. Gebruiksduur 30 jaar	7
4.1.1 Levensduur 30 jaar hout en kunststof en 100 jaar staal	7
4.2. Gebruiksduur 50 jaar	7
4.2.1 Levensduur 30 jaar hout en kunststof en 100 jaar staal	7
4.2.2 Levensduur 30 jaar hout, 50 jaar kunststof en 100 jaar staal	8
4.3 Gebruiksduur 100 jaar	9
4.3.1 Levensduur 30 jaar hout en kunststof en 100 jaar staal	9
4.3.2 Levensduur 30 jaar hout, 50 jaar kunststof en 100 jaar staal	9
<b>5. ALTERNATIEVE ANALYSE</b>	<b>10</b>
5.1 Vervanging 25% hout, bij technische gebruiksduur 50 jaar	10
5.2 Vervanging 25% hout, bij technische gebruiksduur 100 jaar	10
<b>6. CONCLUSIES</b>	<b>12</b>
<b>7. LITERATUUR</b>	<b>13</b>
<b>BIJLAGE I HOUTEN DAMWANDEN</b>	<b>14</b>
<b>BIJLAGE II KUNSTSTOF DAMWANDEN</b>	<b>15</b>
<b>BIJLAGE III STALEN DAMWANDEN</b>	<b>16</b>
<b>BIJLAGE IV TCO DAMWANDEN AZOBÉ 50 MM</b>	<b>17</b>



## 1. INLEIDING

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van Centrum Hout in het kader van het Actieplan Hout in de GWW. Centrum Hout stelt zich ten doel: het verantwoord gebruik van het natuurlijke en milieuvriendelijke product hout te stimuleren op technisch-, milieutechnisch- en maatschappelijk vlak.

### Doelstelling onderzoek

Doel van de studie is het krijgen van een beter inzicht in de levensduurkosten van het gebruik van damwanden in de praktijk. Hierbij wordt een vergelijking gemaakt tussen technisch gelijkwaardige referentie damwanden in hout, kunststof en staal. Er is gerekend met drie verschillende gebruiksduren: 30, 50 en 100 jaar.

Opdrachtgevers en adviseurs kunnen met de uitkomsten een meer afgewogen investeringsbeslissing nemen. Investeringsbeslissingen worden nu meestal gekoppeld aan de initiële kosten van een project, terwijl vanuit duurzaam inkopen ook milieu- en vervangingskosten meegenomen zouden moeten worden in de eindbeslissing. De '*Total Cost of Ownership*' (levensduurkosten) geven een beter beeld van de werkelijke kosten over de gehele gebruiksduur van het project. De uitkomsten van dit rapport kunnen ook gebruikt worden voor de beoordeling van gunningscriteria (EMVI).

Nehemia Bouwkostenmanagement en -Consultancy is gespecialiseerd in bouwprocessen. Haar adviseurs begeleiden bij elk mogelijke kostenaspect van het project. Nehmia is een onafhankelijk adviesbureau met een gedegen marktkennis en ervaring. Wij maken de vertaalslag van actuele ontwikkelingen in de bouw, zoals BIM en duurzaam- en circulair bouwen naar de kosten, voor een optimale slagingskans van bouwprojecten.



## 2. UITGANGSPUNTEN CONSTRUCTIEF

De gegevens voor deze studie zijn overgenomen uit een technisch rapport (Geobest, d.d. 13 november 2015) dat onderdeel is van de studie milieubelasting van damwanden (E&Y, april 2016).

Op basis van dit rapport, en de daaropvolgende berekeningen, is voor deze kostenvergelijking gekozen voor houten damwandplanken van Azobé (**40 mm** dik en 5,5 m<sup>1</sup> lang), kunststof damwand van het type GW-460/5,5 en een stalen koudgewalst profiel PAL 3030.

Om een goede vergelijking op te zetten is uitgegaan van de constructieve eigenschappen van het in Nederland meest gebruikte houten damwandprofiel. Er is gekozen voor een technisch vergelijkbaar kunststof damwandprofiel **GW-460/5,5**. Voor het stalen profiel is het **lichtste gangbare** koudgewalste profiel gekozen. Het hout voor de Azobé damwanden is afkomstig uit duurzaam beheerde bossen (FSC gecertificeerd).

Uitgaande van een eventuele samenwerkingsfactor voor het overdragen van belasting via “zwakkere” planken naar “sterkere” houten damwandplanken (alleen van toepassing in het geval van planken die zijn voorzien van een messing en groef), kan nog circa 1 mm tot maximaal 3 mm van de hoogte van de damwandplank worden gereduceerd. Hierbij is uitgegaan van een verhoging van de sterkte eigenschappen en de stijfheid (EI) van 17% conform de uitgave DWW wijzer 93 d.d. 1999. Deze uitgave is echter niet opgenomen in de Eurocode 5.

Indien de vergelijking wordt gemaakt op basis van de rekenwaarde van de maximale opneembaar moment, is een Azobé damwandplank met een dikte van 44 mm nodig om dezelfde momentcapaciteit te verkrijgen als het kunststof GW-460/5,5 profiel.



### 3. UITGANGSPUNTEN KOSTENCALCULATIE

Om te komen tot de Total Cost of Ownership (TCO) is gerekend met de integrale kosten, plus de vervangingskosten.

Voor deze studie is van onderstaande punten uitgegaan:

1. Peildatum maart 2017.
2. Situering van de werkzaamheden (alle werkzaamheden zijn gesitueerd in het centrum van Nederland. Een straal van 35 km geldt als uitgangspunt voor de aanvoer van personeel, materiaal, materieel en onderaannemers).
3. Directe kosten (materiaal, arbeid en onderaannemers).
4. Indirecte kosten oftewel staartkosten van 34%
  - projectkosten 10%
  - bouwplaats kosten 12%
  - algemene kosten 9%
  - onvoorzien 3%
5. Hoeveelheden in vaste m<sup>2</sup> (tenzij anders vermeld).
6. Marktsituatie (rente 2,5% per jaar). Marktsituatie heeft te maken met de diverse marktwerkingen van de verschillende branches binnen de bouw en gww sector (inflatie, arbeid, materiaal en materieel). De laatste 6 jaar laat een gemiddelde prijsstijging zien van tussen de 0.4% en 2.5% (CBS index). De komende jaren (5 jaar) is de verwachte prijsstijging tussen de 1.7% en 2.1% (CPB index).

#### 3.1 Integrale kosten

Met integrale kosten wordt bedoeld het totaal van de:

1. Projectkosten, inclusief de kosten van het ontwerpbestek.
2. Bouwkosten.
3. Onderhoudskosten en bijkomende montagekosten ten behoeve van het onderhoud.
4. De bedrijfskosten. Dit zijn de kosten voor het maken van het onderhoudsbestek, het begeleiden van de uitvoering van het onderhoud, het uitvoeren van milieumaatregelen en de indirecte kosten die het gevolg zijn van het onderhoud zoals het realiseren van (vaar)wegafzettingen, enzovoort. De bedrijfskosten keren bij iedere onderhoudsactie terug.
5. Recyclingkosten en milieueffecten bij het afdanken of hergebruiken, voor zover die in kosten kunnen worden uitgedrukt.
6. Vervangingskosten, exclusief de punten 1 tot en met 5.

Uit praktijkervaring blijkt dat in het bijzonder de bedrijfskosten, waaronder de kosten voor milieumaatregelen, een groot deel uit kunnen maken van de integrale kosten. De integrale kosten worden getotaliseerd over de gehele verwachte ontwerplevensduur of (rest)levensduur.

De ontwerper legt de kiem voor deze kosten. In de gebruiksfase kunnen technische innovaties voor het verlagen van de integrale kosten vaak alsnog worden toegepast.

De onderhoudsvrije periode van objecten heeft grote invloed op de integrale kosten. Hoe langer deze is, hoe groter het onderhoudsinterval kan zijn. Het aantal malen dat de onderhouds- en bedrijfskosten uitgegeven moeten worden gedurende de levensduur van het object, kan dan dalen. Dit betekent dat een duurdere variant bij het bouwen over de totale levensduur gezien toch goedkoper kan te zijn.

In tabel 1 zijn de berekende integrale kosten voor de houten damwand (Azobé D70), kunststof damwand (GW-460/5,5) en stalen damwand (PAL 3030) over een periode van respectievelijk 30, 50 en 100 jaar weergegeven. Hierbij is uitgegaan van een levensduur van 30 jaar voor hout en kunststof en 100 jaar voor staal. Hierdoor komt het aantal vervangingen bij hout en kunststof voor een periode van 50 jaar op éénmaal. Voor een periode van 100 jaar (levensduur 30 jaar) is dat voor hout en kunststof tweemaal.

Omschrijving	Azobe D70 levensduur 30 jr	Kunststof GW 450/5.5 levensduur 30 jr	Staal PAL 3030 levensduur 100 jr
Directekosten	€ 160	€ 184	€ 203
Indirectekosten	€ 44	€ 50	€ 51
Onderhoudskosten	€ 14	€ 23	€ 150
Milieukosten	€ 0	€ 9	€ 133
<b>Integrale kosten</b>	<b>€ 218</b>	<b>€ 266</b>	<b>€ 537</b>

Tabel 1: Overzicht Integrale kosten bij levensduur 30 jaar voor hout en kunststof en 100 jaar voor staal.

Tevens is berekend wat de integrale kosten zijn bij een geschatte levensduur van een kunststof damwand van 50 jaar:

	30 jaar	50 jaar	100 jaar
Omschrijving	Azobe D70	Kunststof GW 450/5.5	Staal PAL 3030
Directekosten	€ 160	€ 184	€ 203
Indirectekosten	€ 44	€ 50	€ 51
Onderhoudskosten	€ 14	€ 56	€ 150
Milieukosten	€ 0	€ 13	€ 133
<b>Integrale kosten</b>	<b>€ 218</b>	<b>€ 303</b>	<b>€ 537</b>

Tabel 2: Overzicht Integrale kosten bij levensduur 30 jaar voor hout , 50 jaar voor kunststof, 100 jaar voor staal.

### 3.2 Total Cost of Ownership

Total Costs Of Ownership (TCO) in dit rapport is gedefinieerd als: *‘Een financiële raming van de directe- en indirecte kosten van een product of systeem toegepast op de beoogde levensduur. Een TCO analyse omvat de totale kosten van aanschaf en de exploitatiekosten’.*

Samengevat wordt hier met Total Cost of Ownership bedoeld het totaal van de:

1. integrale kosten
2. vervangingskosten



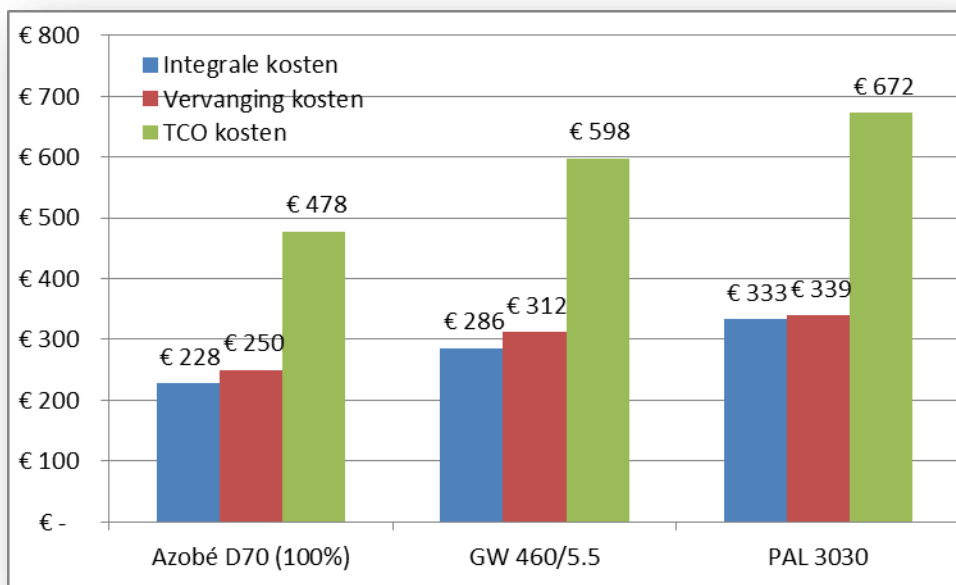
## 4. LEVENSDUURKOSTEN – TOTAL COST OF OWNERSHIP

Onderstaand treft u de uitkomsten van de kosten voor de gebruiksduren 30, 50 en 100 jaar, onderverdeeld in integrale kosten, vervangingskosten en de totale levensduurkosten (TCO kosten).

### 4.1 Gebruiksduur 30 jaar

#### 4.1.1 Levensduur 30 jaar hout, 30 jaar kunststof en 100 jaar staal

Bij een technische gebruiksduur van 30 jaar scoort de houten damwand met € 478,- /m<sup>2</sup> het gunstigst gevolgd door kunststof € 598,- /m<sup>2</sup> (hout: -20%) en staal € 672,- /m<sup>2</sup> (hout: -29%).

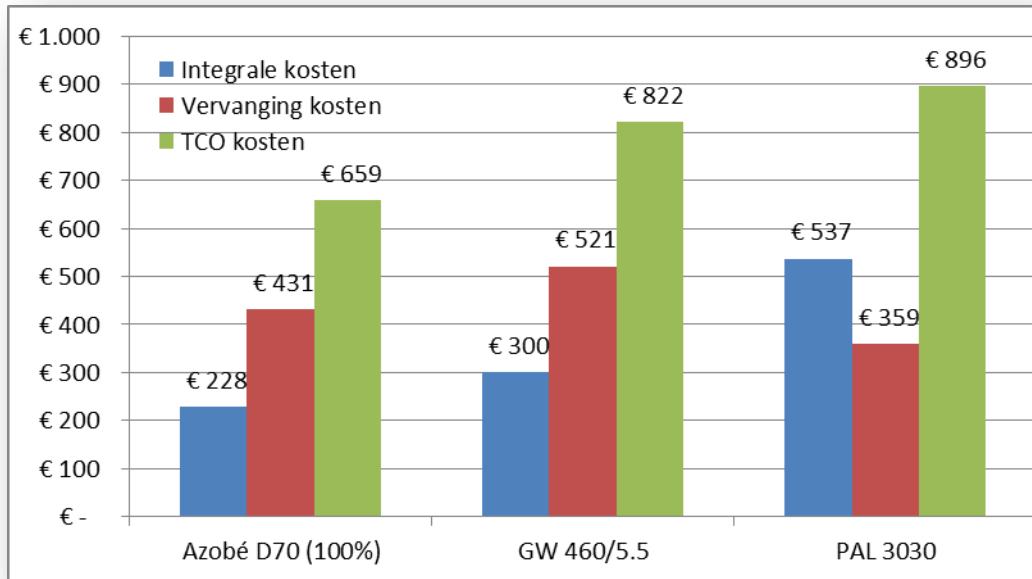


Grafiek 1: Overzicht TCO kosten over een gebruiksduur van 30 jaar.

### 4.2 Gebruiksduur 50 jaar

#### 4.2.1 Levensduur 30 jaar hout, 30 jaar kunststof en 100 jaar staal

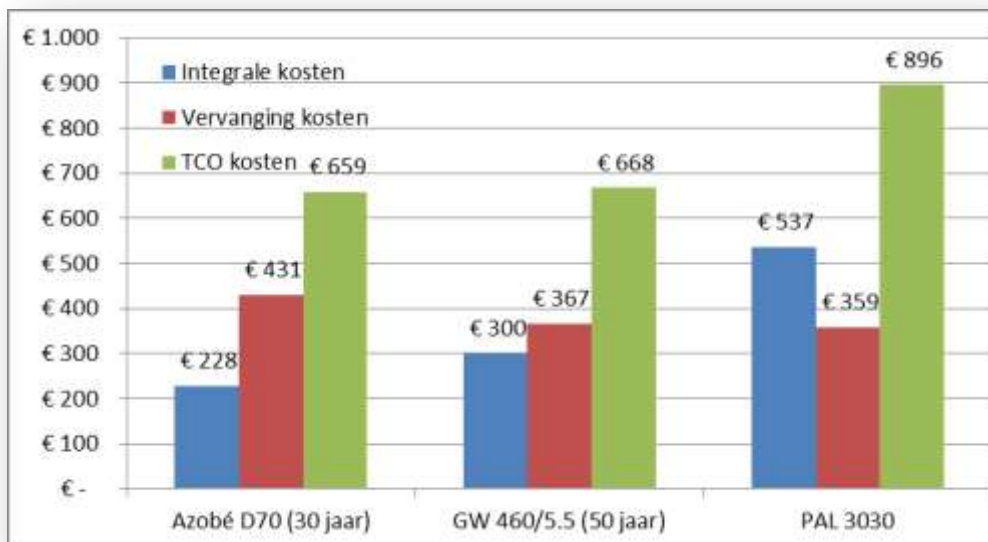
Bij een voorgeschreven technische gebruiksduur van 50 jaar is éénmaal vervanging van de houten damwand en éénmaal vervanging van de kunststof damwand na 30 jaar nodig. In deze situatie is de houten damwand met € 659,- /m<sup>2</sup> het goedkoopste gevolgd door kunststof € 822,- /m<sup>2</sup> (hout: -20%) en staal € 896,- /m<sup>2</sup> (hout: -26%).



Grafiek 2: Overzicht TCO kosten bij een gebruiksduur van 50 jaar (1 keer Azobé 100% vervangen na 30 jaar, 1 keer kunststof vervangen na 30 jaar en staal na 100 jaar).

#### 4.2.2 Levensduur 30 jaar hout, 50 jaar kunststof en 100 jaar staal

Indien bij een gevraagde technische levensduur van 50 jaar voor kunststof een 'geschatte levensduur' van 50 jaar wordt aangehouden en voor hout de levensduur gesteld wordt op 30 jaar bij 100% vervanging, dan levert dit het volgende beeld op. In deze situatie is de houten damwand met € 659,-/m<sup>2</sup> het goedkoopste gevolgd door kunststof € 668,-/m<sup>2</sup> (hout: -1,3%).



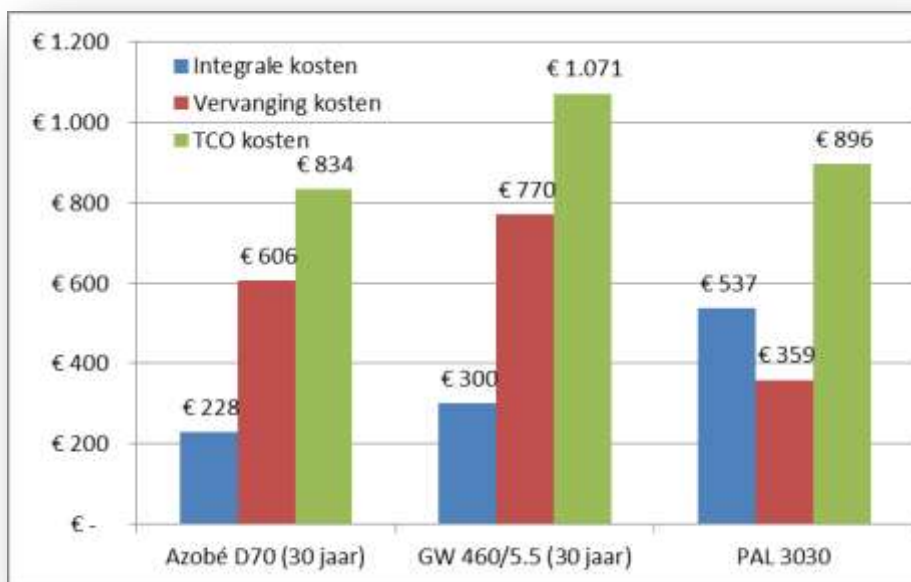
Grafiek 3. Overzicht TCO kosten bij een gebruiksduur van 50 jaar (1 keer Azobé 100% vervangen na 30 jaar. Kunststof en staal geen vervanging).



### 4.3 Gebruiksduur 100 jaar

#### 4.3.1 Levensduur 30 jaar hout, 30 jaar kunststof en 100 jaar staal

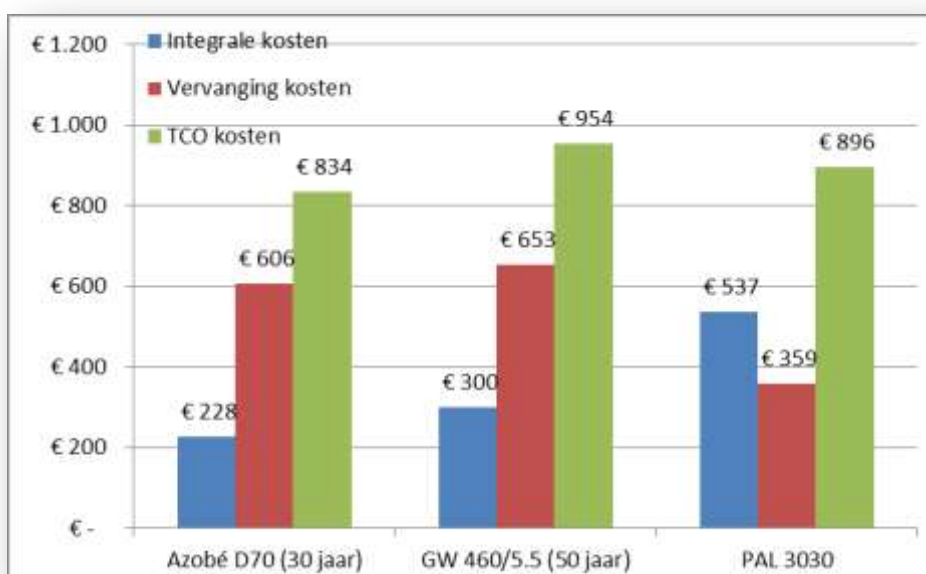
Bij een technische gebruiksduur van 100 jaar met driemaal vervanging van de houten damwand en driemaal vervanging van de kunststof damwand na 30 jaar, is de houten damwand met € 834,- /m<sup>2</sup> het goedkoopste gevolgd door staal € 896,- /m<sup>2</sup> (hout: -7%).



Grafiek 4: Overzicht TCO kosten bij een gebruiksduur van 100 jaar (3 keer 100% vervanging Azobé, 3 keer 100% vervanging kunststof en geen vervanging staal).

#### 4.3.2 Levensduur hout 30 jaar, kunststof 50 jaar en 100 jaar staal

In grafiek 5 zijn de kosten bij een technische gebruiksduur van 100 jaar weergegeven, bij een levensduur van hout van 30 jaar (driemaal 100% vervanging Azobé damwand) en een geschatte levensduur van kunststof van 50 jaar (tweemaal 100% vervanging in jaar 50 voor kunststof).



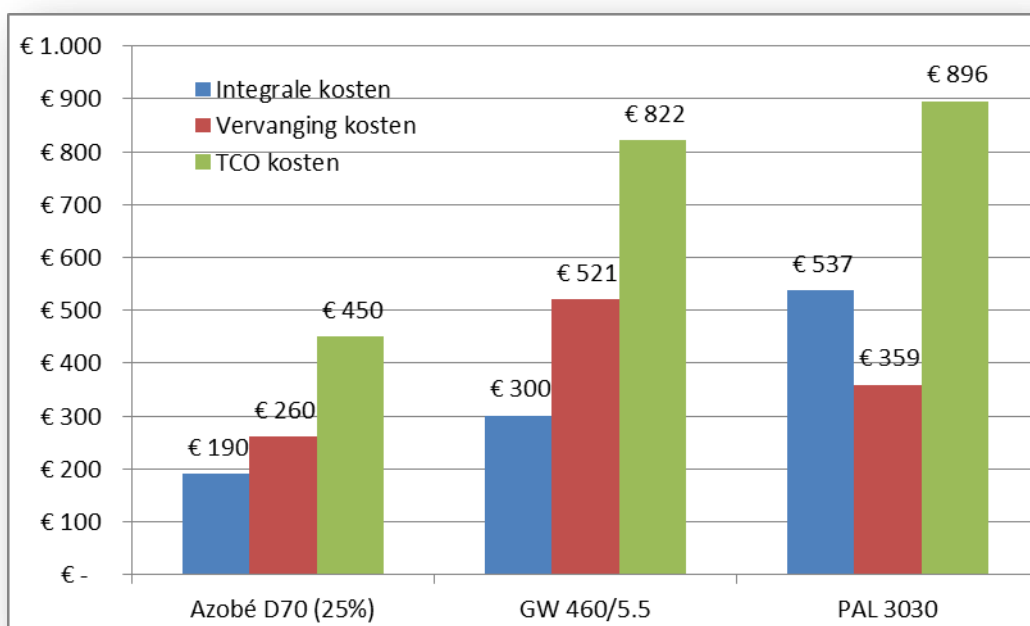
Grafiek 5: Overzicht TCO kosten bij een gebruiksduur van 100 jaar (3 keer 100 % vervanging Azobé, 2 keer vervanging kunststof en geen vervanging staal).

## 5. ALTERNATIEVE ANALYSES

### 5.1 Vervanging 25% houten damwand na 30 jaar bij technische gebruiksduur 50 jaar

In dit scenario wordt de kunststof damwand vervangen na 30 jaar, geen vervanging van stalen damwand.

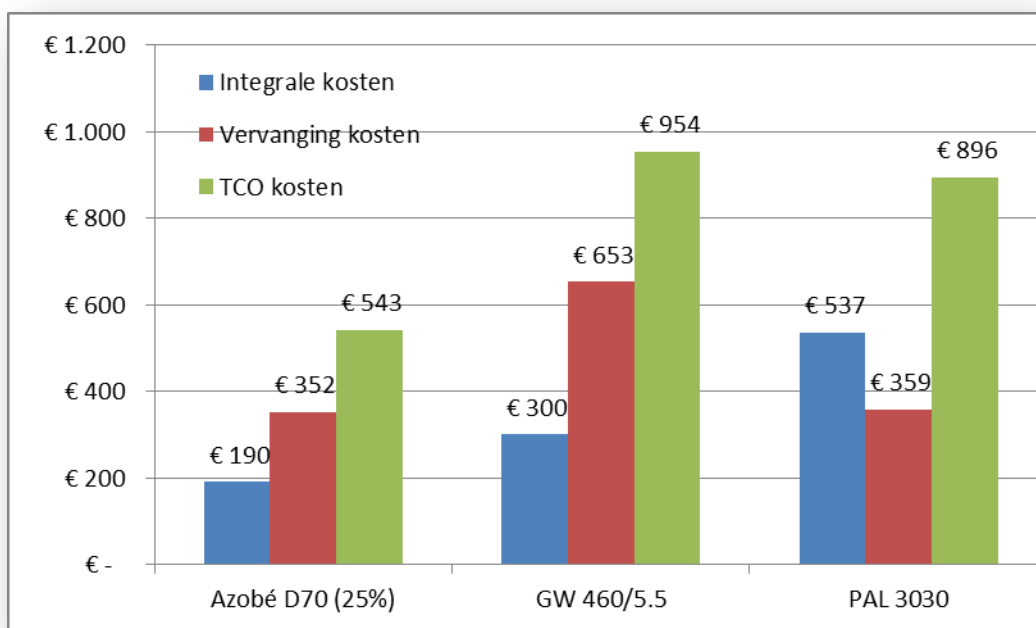
In de berekeningen in hoofdstuk 4 is steeds uitgegaan van 100% vervanging van houten damwanden. In de praktijk blijkt echter dat een groot deel van de damwand technisch nog voldoet, waardoor slechts een deel van de damwand vervangen zou hoeven worden. In grafiek 6 zijn de TCO kosten weergegeven bij een vervanging van 25% van een houten damwand (schatting aannemers GWW) bij een levensduur van 30 jaar over een technische gebruiksduur van 50 jaar. Kunststof damwanden raken te beschadigd wanneer zij worden getrokken. Deelvervanging van kunststof damwanden is daarom niet mogelijk.



Grafiek 6: Overzicht TCO kosten bij een gebruiksduur van 50 jaar (2 keer 25% vervanging Azobé per cyclus van 30 jaar, 1 keer 100% vervanging kunststof en geen vervanging staal).

### 5.2 Vervanging 25% houten damwand na 30 jaar en 100% vervanging kunststof na 50 jaar bij technische gebruiksduur 100 jaar

In dit alternatief is 25% van de houten damwand vervangen bij een levensduur van 30 jaar en een vervanging van 100% van de kunststof damwand voor een 'geschatte levensduur' van 50 jaar. Dit resulteert in de volgende levensduurkosten: hout € 543,- /m<sup>2</sup>, kunststof € 954,- /m<sup>2</sup> en staal € 896,- /m<sup>2</sup>. Zie hiervoor grafiek 7.



Grafiek 7. Overzicht TCO kosten bij een gebruiksduur van 100 jaar (3 keer 25% Azobé vervanging per cyclus van 30 jaar, 2 keer 100% vervanging kunststof per cyclus van 50 jaar en geen vervanging staal).



## 6. CONCLUSIES

Doel van de studie was het krijgen van een beter inzicht in de kosten van het gebruik van damwanden over de gehele levensduur in de praktijk. Hierbij wordt een vergelijking gemaakt tussen technisch vergelijkbare damwanden in hout, kunststof en staal over verschillende gebruiksperiodes.

Uit de studie blijkt dat de Total Cost of Ownership van de damwanden in hout met een technisch levensduur van 30 jaar over de verschillende gebruiksperiode (30, 50 en 100 jaar) goedkoper waren dan damwanden van kunststof en staal. Zowel bij een geschatte levensduur van kunststof damwanden van 30 jaar alsook bij een geschatte levensduur van 50 jaar.

Levensduur	Azobe D70 levensduur 30 jr	Kunststof GW 450/5.5 levensduur 30 jr	Kunststof GW 450/5.5 levensduur 50 jr	Staal PAL 3030 levensduur 100 jr	Azobe D70 levensduur 30 jr 25%
Gebruiksduur					
30 jaar	€ 478	€ 598	X	€ 672	X
50 jaar	€ 659	€ 822	€ 668	X	€ 450
100 jaar	€ 834	€ 1.071	€ 954	€ 896	€ 543

Tabel 3: Overzicht TCO kosten bij levensduur 30 jaar voor hout, 50 jaar kunststof en 100 jaar voor staal.

Tegelijkertijd met de studie naar de totale levensduurkosten voor houten Azobé damwanden van 40 mm dik /lengte 5,5 m<sup>1</sup> zijn ook Azobé damwanden van 50 mm dik/ 5.5 m<sup>1</sup> lang doorgerekend. Hieruit kan worden geconcludeerd dat ook hier de totale levensduurkosten van de houten damwand in alle scenario's **lager** zijn dan die van de in de bijlagen beschreven damwanden van kunststof. Uitzondering hierop is het scenario '**levensduur 30 jaar hout, 50 jaar kunststof en 100 jaar staal**'. Hier is de total cost of ownership 'break-even' bij 33 in plaats van 50 jaar. Zie voor de uitkomsten 50 mm dik/5.5 m<sup>1</sup> lang bijlage IV.



## Literatuur

1. Ros, D. NIO-A-N-200313 “*Technische innovaties voor het verlagen van integrale kosten en milieubelasting*”, versie 27 mei 2003.
2. De Munck, ir. E. LCA Studie “*Levens Cyclus Analyse van enkel houtsoorten tbv damwanden*”, Centrum Hout, verschijnt in dd. 2016.
3. Maase, M. R32016, *Vervangen damwanden Plan Het Brekkense Wiel te Lemmer door Wiertsema & Partners*, versie 30 oktober 2014.
4. Brouwer, ir J.W.R. 27625-R02-RBR-Rev2 “*Vervangen damwand – Vergelijking staal en kunststof tegenover hout*”. Versie 13 november 2015.
5. Vos, M en Schep, H. “*Ketenanalyse stalen damwand*” van Hakkers BV, versie 30 april 2014.
6. Kieft, A. en Terlingen, J. “*Ketenanalyse Duurzamere damwandtypen*” door Primum, versie 19 september 2011.



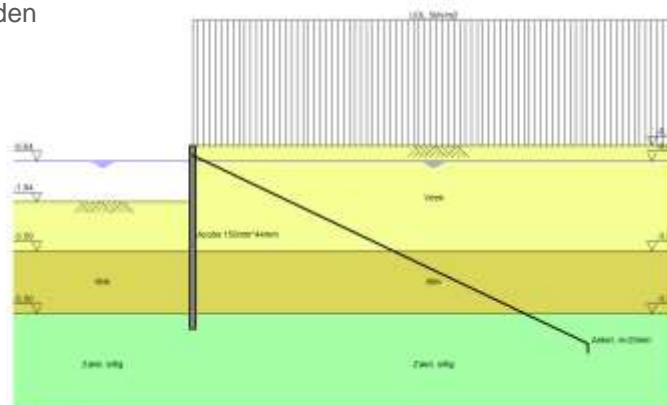
## BIJLAGE I HOUTEN DAMWANDEN

Technische omschrijving Azobé damwand:

Materiaal omschrijving : houten damwanden  
Type : Azobé D70

### Damwandeigenschappen

Dikte : 40 mm  
Breedte : 150 mm  
Lengte : 5500 mm  
Stijfheid : 76 KNm<sup>2</sup>/m  
Max. opneembaar moment : 5 KNm/m  
Weerstandsmoment : 323 cm<sup>3</sup>/m



### Uitgangspunten

- De constructie is in risicoklasse RC1 geplaatst conform NEN9997-1
- Scheve buiging is niet van toepassing
- Modificatiefactor aangehouden: 0,5 (voor synthetische materialen)
- Modificatiefactor aangehouden: 0,5 (voor hout in klimaatklasse 3, blijvende belasting)
- Materiaalfactor: 1,0 (staal) / 1,2 (kunststof) / 1,3 (hout)
- O.k. damwand op NAP -6,0 m

Damwand is verankerd:

- Ankers h.o.h.: 2,50 m
- Type ankerstaaf: M20
- Type klapanker: JLD 2.8 (o.g.)
- Aangrijpniveau op: NAP -0,46 m
- Ankerhoek t.o.v. horizontaal: 30°
- Lengte ankerstang: 12 m
- Gording type KLP-S (staal versterkt)
- Afmeting: 150 mm x 160 mm

### Opmerkingen

De kostenberekeningen zijn gebaseerd op het rapport van Geobest d.d. 13 november 2015 en aanvullende berekeningen van februari 2017.

Enkele aannames zijn o.a.:

- Theoretisch levensduur van hout (verval van het hout ca. 0,172 mm per jaar)
- Richtprijs hout Azobé € 860- per m<sup>3</sup>
- Richtprijs transporteren en plaatsen van damwanden
- Milieukosten overgenomen uit rapport VVNH

### Levensfasen

De volgende levensfasen zijn meegenomen:

- Productie
- Transport naar de bouwplaats
- Onderhoud
- Einde levensduur

AZOBÉ D70	AZOBÉ D70		
Omschrijving	30 jr	50 jr	100 jr
Directekosten	€ 151	€ 151	€ 151
Indirectekosten	€ 58	€ 58	€ 58
Onderhoudskosten	€ 14	€ 19	€ 44
Milieukosten	€ 0	€ 1	€ 1
Vervangingskosten	€ 250	€ 431	€ 514
<b>Totaal cost of ownership</b>	<b>€ 472</b>	<b>€ 659</b>	<b>€ 767</b>

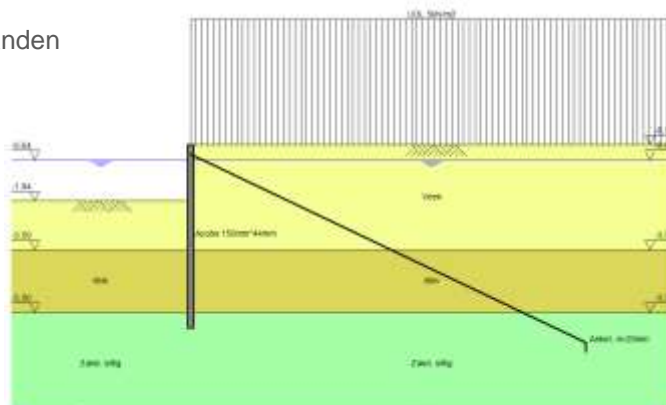
## BIJLAGE II KUNSTSTOF DAMWANDEN

Technische omschrijving kunststof damwand:

Materiaal omschrijving : kunststof damwanden  
 Type : GW-460/5.5

### Damwandeigenschappen

Dikte : 5.5 mm  
 Breedte : 460 mm  
 Lengte : 6000 mm  
 Stijfheid : 63 KNm<sup>2</sup>/m  
 Max. opneembaar moment : 7 KNm/m  
 Weerstandsmoment : 380 cm<sup>3</sup>/m



### Uitgangspunten

- De constructie is in risicoklasse RC1 geplaatst conform NEN9997-1
- Scheve buiging is niet van toepassing
- Modificatiefactor aangehouden: 0,5 (voor synthetische materialen)
- Modificatiefactor aangehouden: 0,5 (voor hout in klimaatklasse 3, blijvende belasting)
- Materiaalfactor: 1,0 (staal) / 1,2 (kunststof) / 1,3 (hout)
- O.k. damwand op NAP -6,0 m

Damwand is verankerd;

- Ankers h.o.h.: 2,50 m
- Type ankerstaaf: M20
- Type klapanker: JLD 2.8 (o.g.)
- Aangrijpniveau op: NAP -0,46 m
- Ankerhoek t.o.v. horizontaal: 30°
- Lengte ankerstang: 12 m
- Gording type KLP-S (staal versterkt)
- Afmeting: 150 mm x 160 mm

### Opmerkingen

De kostenberekeningen zijn gebaseerd op het rapport van Geobest d.d. 13 november 2015.

Enkele aannames zijn o.a.:

- Theoretisch levensduur van kunststof (verval van het 0,032 mm per jaar)
- Richtprijs kunststof € 281,40 per m<sup>1</sup>
- Richtprijs transporteren en plaatsen van damwanden
- Milieukosten overgenomen uit rapport VVNH

### Levensfasen

De volgende levensfasen zijn meegenomen:

- Productie
- Transport naar de bouwplaats
- Onderhoud
- Einde levensduur

Kunststof GW 460/5.5	Kunststof GW 460/5.5		
	30 jr	50 jr	100 jr
<b>Omschrijving</b>			
Directekosten	€ 184	€ 184	€ 184
Indirectekosten	€ 70	€ 70	€ 70
Onderhoudskosten	€ 23	€ 34	€ 79
Milieukosten	€ 9	€ 13	€ 21
Vervangingskosten	€ 312	€ 521	€ 653
<b>Toal cost of ownership</b>	<b>€ 598</b>	<b>€ 822</b>	<b>€ 1.007</b>

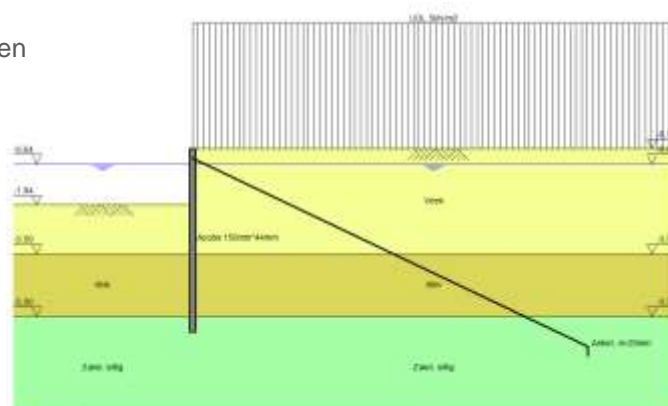
### BIJLAGE III STALEN DAMWANDEN

Technische omschrijving stalen damwand:

Materiaal omschrijving : stalen damwanden  
 Type : PAL 3030

#### Damwandeigenschappen

Dikte : 3 mm  
 Breedte : 660 mm  
 Lengte : 5500 mm  
 Stijfheid : 1050 KNm<sup>2</sup>/m  
 Max. opneembaar moment : 21 KNm/m  
 Weerstandsmoment : 1120 cm<sup>3</sup>/m



#### Uitgangspunten

- De constructie is in risicoklasse RC1 geplaatst conform NEN9997-1
- Scheve buiging is niet van toepassing
- Modificatiefactor aangehouden: 0,5 (voor synthetische materialen)
- Modificatiefactor aangehouden: 0,5 (voor hout in klimaatklasse 3, blijvende belasting)
- Materiaalfactor: 1,0 (staal) / 1,2 (kunststof) / 1,3 (hout)
- O.k. damwand op NAP -6,0 m

Damwand is verankerd;

- Ankers h.o.h.: 2,50 m
- Type ankerstaaf: M20;
- Type klapanker: JLD 2.8 (o.g.)
- Aangrijpniveau op: NAP -0,46 m
- Ankerhoek t.o.v. horizontaal: 30°
- Lengte ankerstang: 12 m
- Gording type KLP-S (staal versterkt)
- Afmeting: 150 mm x 160 mm.

#### Opmerkingen

De kostenberekeningen zijn gebaseerd op het rapport van Geobest d.d. 13 november 2015.

Enkele aannames zijn o.a.:

- Theoretisch levensduur van staal (verval van het 0,031 mm per jaar)
- Richtprijs staal € 218,- per m1
- Richtprijs transporteren en plaatsen van damwanden
- Milieukosten overgenomen uit rapport VVNH

#### Levensfasen

De volgende levensfasen zijn meegenomen:

- Productie
- Transport naar de bouwplaats
- Onderhoud
- Einde levensduur

Staal PAL 3030	Staal PAL 3030		
	30 jr	50 jr	100 jr
<b>Omschrijving</b>			
Directekosten	€ 186	€ 203	€ 203
Indirectekosten	€ 51	€ 51	€ 51
Onderhoudskosten	€ 38	€ 75	€ 150
Milieukosten	€ 59	€ 80	€ 133
Vervangingskosten	€ 339	€ 322	€ 359
<b>Toal cost of ownership</b>	<b>€ 672</b>	<b>€ 731</b>	<b>€ 896</b>



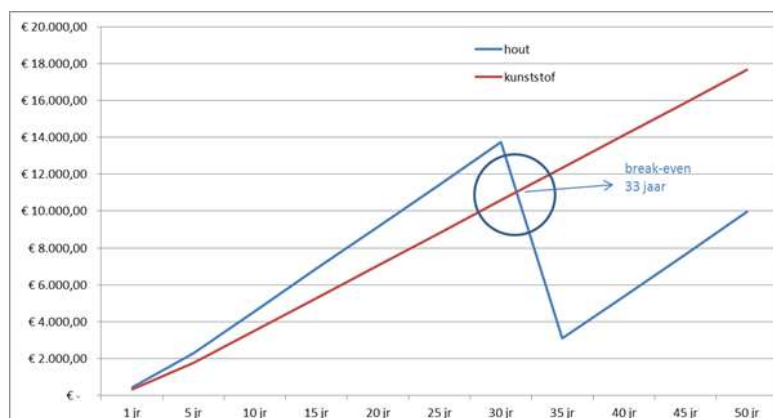
## BIJLAGE IV TCO DAMWANDEN AZOBÉ 50 MM

Total Cost of Ownership van referentie damwanden in hout (Azobé 50 mm dik en 5,5 m<sup>1</sup> lang), kunststof (type) GW 450/5,5 en staal (type PAL 3030) in Euro's per m<sup>2</sup> voor een gebruiksduur van 30-, 50- of 100 jaar, bij een (geschatte) levensduur van 30-, 50- of 100 jaar. Ook is een scenario geschetst waarbij in tegenstelling tot die van kunststof en staal maar 25% van de houten damwanden vervangen hoeven te worden (zie hoofdstuk 5.2).

Total Cost of Ownership €/ m2					
	Azobé 50 mm/5,5m1	Kunststof GW 450/5,5		Staal PAL 3030	Azobé 50 mm/5,5m1
Levensduur	30 jaar	30 jaar	50 jaar	100 jaar	30 jaar 25%
Gebruiksduur					
30 jaar	€ 504,-	€ 598,-	nvt	€ 672,-	nvt
50 jaar	€ 695,-	€ 822,-	€ 668,-*	nvt	€ 462,-
100 jaar	€ 880,-	€ 1074,-	€ 954,-	€ 896,-	€ 558,-

Tabel: TCO in Euro's per m<sup>2</sup> bij verschillende gebruiks- en levensduren.

\* Bij een gebruiksduur van 50 jaar Azobé 50 mm is de TCO gelijk aan die van kunststof bij een verwachte levensduur van 33 jaar.



Grafiek: Break-even vergelijking bij een gebruiksduur van 50 jaar tussen hout (levensduur 30 jaar) en kunststof (levensduur 50 jaar).