

Evaluatie plof  
23 maart 2022  
Middensluis  
Terneuzen



## Rapport Nieuwe Sluis Terneuzen

Onderwerp

Evaluatie plof 23 maart 2022 Middensluis  
Terneuzen

Datum

22 september 2022

Status

Definitief

Auteur(s)

Wilbur van Beijnen, Peter  
Meesen, Harm Verbeek

Vertrouwelijkheid

VNSC bedrijfsvertrouwelijk

Kenmerk

NSTTM-858093657-188

---

# Inhoudsopgave

---

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Aanpak onderzoek</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Bevindingen per onderzoeksvraag</b>	<b>6</b>
3.1	Onderzoeksvraag 1	6
3.2	Onderzoeksvraag 2	7
3.3	Onderzoeksvraag 3	10
<b>4</b>	<b>Belangrijkste bevindingen</b>	<b>12</b>
4.1	Vaststellingen	12
4.2	Aanbevelingen	12
	<b>Bijlagen</b>	<b>14</b>

---

# 1 Inleiding

In opdracht van de Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie wordt door de bouwcombinatie Sassevaart gewerkt aan de bouw van de Nieuwe Sluis Terneuzen. Onderdeel van de werkzaamheden is de sloop van de Middensluis, gebouwd tussen 1902 en 1908 als de toenmalige zeesluis.

Voor de sloop van de Middensluis is een werkplan opgesteld, waarin voorgesteld is om de sloop uit te voeren met behulp van explosieven (ploffen). Op basis van het werkplan is een slooemelding gedaan bij de gemeente Terneuzen. Specifiek voor het gebruik van explosieven is een overbrengingsvergunning bij de gemeente Terneuzen aangevraagd. Een lijst met alle publieke documenten is in bijlage 1 te vinden.

Op 23 maart 2022 vond de eerste 'plof' plaats ten behoeve van de sloop van de Middensluis. Op dat moment werd de westelijke wand van de kolk en het westelijke deel van het binnenhoofd met behulp van explosieven gekraakt. Voorafgaand hieraan is in een online informatieavond en bij aankondigingen in verschillende media aangegeven dat de omgeving nagenoeg niets zou merken van deze werkzaamheden.

De eerste plof is echter niet verlopen zoals vooraf gepland met gevolgen van dien. De knal was luider en de trillingen waren sterker dan verwacht waarmee de impact op de omgeving groot was. Dit heeft geleid tot ongeveer 200 schademeldingen in Terneuzen. Inmiddels zijn meer dan 50% van de schadegevallen toegewezen.

Dit evaluatierapport gaat in op de vragen of de plof goed voorbereid is, goed uitgevoerd is en of er voldoende rekening is gehouden met alle veiligheidsaspecten. Dit rapport is opgesteld door de opdrachtgever, onafhankelijk van de opdrachtnemer Sassevaart (SSV). SSV is wel gevraagd om informatie aan te leveren.

In dit evaluatierapport wordt aan de hand van de beschikbaar gestelde informatie van SSV ingegaan op de bovenstaande vragen. Deze evaluatie is een beschouwing achteraf waarbij specialisten hun bevindingen delen aan de hand van de aan hen aangereikte informatie van de voorbereiding en de uitvoering van de plof door SSV.

In dit rapport wordt de uitgevoerde plof vanuit expert judgement van de betrokken deskundigen beschouwd. In hoofdstuk 2 wordt de aanpak van de uitgevoerde evaluatie geschetst. In hoofdstuk 3 worden de bevindingen per onderzoeksvraag weergegeven. En in hoofdstuk 4 komen de belangrijkste vaststellingen aan de orde komen. Deze vaststellingen zijn ter toetsing voorgelegd aan de opdrachtnemer Sassevaart.

---

## 2 Aanpak onderzoek

Het uitgevoerde onderzoek betreft een evaluatie achteraf van de plof op 23 maart 2022 bij de Middensluis in Terneuzen door de opdrachtgever. Dat wil zeggen dat de evaluatie is uitgevoerd onder leiding van de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie (VNSC). De VNSC treedt op als opdrachtgever van het project Nieuwe Sluis Terneuzen namens de Nederlandse en Vlaamse overheid.

Ondanks het feit dat het hier gaat om een interne evaluatie is door de VNSC gebruik gemaakt van externe expertise. Deze experts hadden tot het moment van de plof geen betrokkenheid met het project en zij zijn gevraagd om een expert judgement te geven op de onderzoeksvragen. Daarnaast hebben een aantal deskundigen, die al langer bij het project betrokken zijn, een bijdrage geleverd.

Een aantal medewerkers van de gemeente Terneuzen heeft als toehoorder deelgenomen aan de besprekingen.

### Onderzoeksvragen

De evaluatie heeft zich toegespitst op een drietal onderzoeksvragen.

1. *Was de voorbereiding op de plof in voldoende mate en deugdelijk uitgewerkt en werd de plof in voldoende mate beheerst en deugdelijk uitgevoerd?*
2. *Was de trillingsbelasting van de plof op de omgeving correct ingeschat en voldoende onderbouwd?*
3. *Was de integrale veiligheid voldoende geborgd in de voorbereiding en tijdens de uitvoering?*

Het eindrapport als geheel is door alle leden van de evaluatiecommissie bekeken en becommentarieerd.

---

## 3 Bevindingen per onderzoeksvraag

De bevindingen per onderzoeksvraag worden hieronder beschreven.

### 3.1 Onderzoeksvraag 1

***Onderzoeksvraag 1. Was de voorbereiding op de plof in voldoende mate en deugdelijk uitgewerkt en werd de plof in voldoende mate beheerst en deugdelijk uitgevoerd?***

Uit de bevindingen is op te maken dat de voorbereiding en de uitvoering onvoldoende is geweest. Dit wordt hieronder toegelicht.

1. Op basis van de beschikbaar gestelde informatie, de beelden en overige bronnen ontstaat het beeld dat het explosieplan niet volledig was. Op basis van de beschikbaar gestelde informatie is geprobeerd om een verband te leggen tussen het explosieplan en de opgetreden explosie. Deze reconstructie bleek echter niet te maken omdat er relevante informatie in het explosieplan mist.
2. Uit de beschikbaar gestelde documentatie is niet op te maken op welke manier rekening is gehouden met vrije vlakken die gecreëerd worden door het vertragingsschema. Dit is een werkwijze die noodzakelijk voor het reduceren van de ladingen en het sturen van de beoogde explosie. Uit de beschikbare informatie lijkt het er op dat het aantal kilo's aan springstof afwijkt van de theorie, het explosieplan en dat wat werkelijk gebruikt zou zijn.
3. Het boorgatpatroon dat gekozen wordt, zorgt voor de grootte van fragmentatie. De keuze voor een vierkant boorgatpatroon met evenwijdige boorgatrijen is logisch en ook bij dit springplan toegepast. De boorgaten zijn onder een hoek geboord om rekening te houden met de vorm. De afstand tussen de boorgaten varieert naar gelang het te springen onderdeel. De fragmentatie van het object is groter dan van te voren beoogd. Dit werd buiten ook geconstateerd bij de berging van de restanten van de Middensluis. De commissie stelt vast dat de boorgaten te ver uit elkaar liggen voor het beoogde doel uit het explosieplan.
4. Voor een goede ladingverdeling moet rekening worden gehouden met vrije vlakken en reflectievlakken van de constructie. Het maakt verschil of springstof wordt aangebracht aan de buitenkant van de constructie of middenin de constructie. Tevens is onduidelijk op welke wijze de verschillende ladingen in een boorgat op afstand zijn gehouden van elkaar. Op basis van een theoretische benadering kan de conclusie getrokken worden dat de ladingverdeling niet juist was.
5. Een goede beschouwing op de uitgangspunten van de elektronische ontsteking door de evaluatiecommissie is niet mogelijk gebleken aangezien deze informatie pas heel laat in het evaluatieproces beschikbaar gesteld is. Op basis van de beschikbare videobeelden

---

en de uitgangspunten die volgens experts gehanteerd moeten worden is de tijdsinterval te kort om een effectieve reductie van de trillingen te bewerkstelligen.

6. De gebruikte afdekking van de te ploffen muur met geotextiel en gaas was niet afdoende voor een springwerk van dergelijke omvang.
7. De omvang van de veilige zone (in het explosieplan afgebakend als perimeter) is onvoldoende onderbouwd en, indien de beoordelingsrichtlijn voor het veilig werken met springstoffen wordt gehanteerd, te beperkt van afmeting. Dit heeft geleid tot een toename van risico's. De uitworp van materiaal bleef binnen de bepaalde 200 meter perimeter.

Bovenstaande bevindingen zorgen ervoor dat er redenen zijn om aan te nemen dat in de voorbereiding zaken onvoldoende zijn uitgedacht wat invloed heeft gehad op de uitvoering van de plof.

### 3.2 Onderzoeksvraag 2

#### ***Onderzoeksvraag 2. Was de trillingsbelasting van de plof op de omgeving correct ingeschat en voldoende onderbouwd?***

Uit de bevindingen is op te maken dat de trillingsbelasting van de plof te laag is ingeschat. De gebruikte vertragingstijd tussen de explosieve ladingen is niet gelijk aan die in het originele explosieplan en de trillingen zijn onderschat.

1. Voor het voorspellen van de trillingen in de omgeving is de formule van Dowding gebruikt. Deze formule is gebaseerd op een relatief harde bodem en derhalve niet toepasbaar voor het voorspellen van trillingen in een relatief zachte waterverzadigde zandige kleigrond zoals aanwezig rondom de Middensluis in Terneuzen.
2. Daarnaast gaat het explosieplan er vanuit dat een hogere densiteit van de bodem een hogere weerstand levert tegen de voortplanting van de grondschok. Dit is incorrect. De stelling dat het uitgraven van de grond achter de kolkwanden en die van het binnenhoofd vrije vlakken creëert, zodat de springstof optimaal kan werken en een gunstig effect zou hebben op de trillingen, is niet van toepassing omdat de wanden grotendeels omringd waren door water tijdens de sloop. Dit levert namelijk geen reductie op.
3. In het explosieplan wordt conform de SBR-A richtlijn rekening gehouden met de volgende maximum deeltjessnelheden:
  - Woningen in Terneuzen: 5 mm/s
  - Omliggende structuren: 20 mm/s
  - Combiwand: 100 mm/s
  - Groutankers en achterliggende betonstructuur: 80 mm/s

---

Echter had aan de hand van de SBR-A richtlijn ook een andere keuze gemaakt kunnen worden die beter aansluit bij de type trilling en bouwkundige staat voor de woningen in Terneuzen:

- Cat 1 (gewapend beton of hout)
  - Geen monument, niet gevoelig: 20 mm/s
  - Monument, gevoelig: 12 mm/s
- Cat 2 (metselwerk of brosse steenachtige materialen)
  - Geen monument, niet gevoelig: 5 mm/s
  - Monument, gevoelig: 3 mm/s
- Fundering
  - Geen monument: 10 mm/s
  - Monument: 6 mm/s

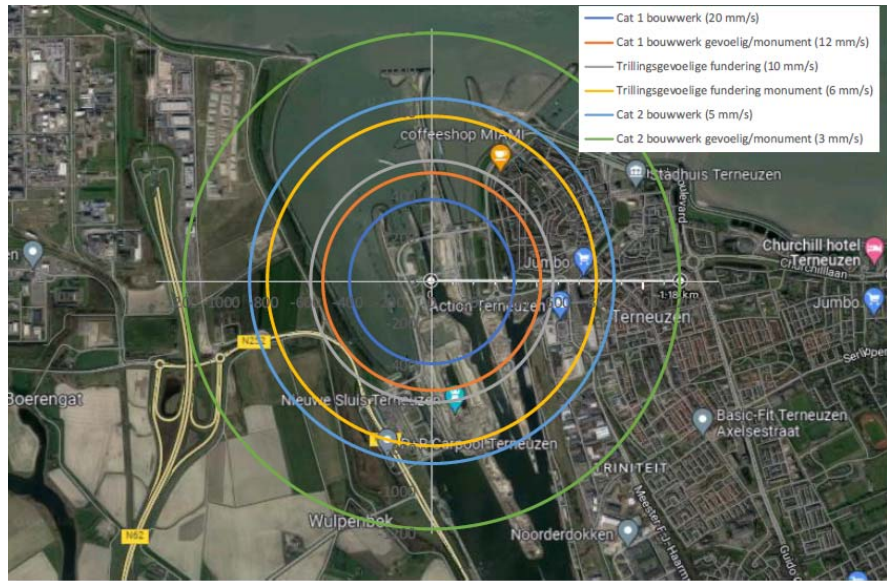
Voor de combiwand en groutankers worden deeltjessnelheid grenswaarden gebruikt die gelden voor buisleidingen. Dit is niet correct. De grenswaarden van 5 en 20 mm/s die gehanteerd zijn voor woningen en "omliggende structuren" zijn incompleet; voor monumenten en trillingsgevoelige bouwwerken geldt namelijk een partiële veiligheidsfactor van 1.7, die deze grenswaarden verlaagd naar 3 en 12 mm/s. Met deze veiligheidsfactor is geen rekening gehouden.

4. Om trillingen voor de omgeving te beperken zou ervoor gekozen zijn om de explosieven met vertraging tot ontploffing te brengen. Door de explosie op te delen in een hele trein van kleinere explosies wordt de trillingsbelasting beperkt. Conform het explosieplan zou de explosie 23 seconden moeten bedragen maar aan de hand van de beschikbare videobeelden is vast te stellen dat explosieduur slechts ongeveer 5 seconden is geweest.

Om inzichtelijk te maken wat de invloed is op de impact van de trillingen bij verschil in vertragingstijd zijn een aantal berekeningen gemaakt. Deze zijn vertaald in een tweetal figuren (overgenomen uit rapport van TNO):

- "Figuur 11" geeft de trillingen aan uitgaande van een totale explosieduur van 23 seconden.
- "Figuur 12" geeft de trillingen weer bij een explosieduur van 5 seconden.





Figuur 11 Effectafstanden (inclusief marge ter compensatie van het omringende water) voor Cat 1 en Cat 2 bouwwerken en Trillingsgevoelige fundering conform [SBR A, 2017], op basis van 5 ms vertraging tussen explosieve ladingen en 500 ms vertraging tussen iedere twee schijven.



Figuur 12 Effectafstanden (inclusief marge ter compensatie van het omringende water) voor Cat 1 en Cat 2 bouwwerken en Trillingsgevoelige fundering conform [SBR A, 2017], op basis van 5 ms vertraging tussen explosieve ladingen en 500 ms vertraging tussen Middenhoofd en Kolk.

5. Proefschoten uit 2020 op het terrein zijn door de uitvoerder in opdracht van SSV als niet bruikbaar beoordeeld, maar zijn volgens de evaluatiecommissie wel degelijk goed bruikbaar voor de voorbereiding van de plof
6. De kwaliteit van de trillingsmetingen tijdens de sloop door SSV zijn twijfelachtig en niet gecorrigeerd met een partiële veiligheidsfactor voor een indicatieve meting. De gemeten snelheden zijn significant hoger dan de berekende waarden (op basis van 5 ms vertraging tussen de ladingen en 500 ms vertraging tussen het binnenhoofd en de kolk).

### 3.3 Onderzoeksvraag 3

#### ***Onderzoeksvraag 3. Was de integrale veiligheid voldoende geborgd in de voorbereiding en tijdens de uitvoering?***

Op basis van de beschikbaar gestelde documenten zijn er in de voorbereiding een aantal verkeerde uitgangspunten gekozen die er voor zorgen dat tijdens de uitvoering de integrale veiligheid onvoldoende geborgd was. Tijdens de uitvoering was op het eerste oog de veiligheid geborgd, maar in de analyse achteraf bleek dit toch onvoldoende te zijn.

1. De uitgevoerde Taak Risico Analyse (TRA) roept veel inhoudelijke vragen op. Deels komen deze terug in de conclusies bij de andere 2 onderzoeksvragen en deels staan ze op zichzelf. Opvallend is ook dat er een risico is geformuleerd over snijladingen, terwijl er bij dit werk helemaal geen sprake is van snijladingen. Dit roept vragen over de toepasbaarheid van de TRA in zijn geheel op.
2. VOMES is de Nederlandse stichting die zorgdraagt voor registratie van springmeesters in het kader van de Arbowetgeving. De aangestelde springmeester beschikte over de correcte registratie. Het gaat hier om registratie 'springmeester onder water'. Echter, iedereen die werkzaamheden verricht met explosieve stoffen, maar voor wie geen registratieplicht bestaat op de competentieniveaus, moet zijn geregistreerd in het Register veilig werken met explosieve stoffen op het competentieniveau 'Basiskennis VOMES'. Uit de beschikbaar gestelde informatie kan niet worden opgemaakt dat de medewerkers van de springmeester over dergelijke registratie beschikten.
3. De vooraf geplande veiligheidsmaatregelen zijn op de dag van de plof op correcte manier uitgevoerd. Daarbij moet worden opgemerkt dat de maximale tijd van de verkeersstop ruim is overschreden, maar wel binnen de norm van de omzetting van een tijdelijke verkeersmaatregel is gebleven. Een en ander is het gevolg van meer uitworp van brokstukken dan op voorhand verwacht. Hierdoor moest de weg eerst vrij worden gemaakt van brokstukken alvorens deze weer kon worden opengesteld.

4. Op basis van de beschouwing van de risico's inclusief beheersmaatregelen ten opzichte van de wet en regelgeving zijn er een aantal constatering gedaan die tijdens de evaluatie niet direct opgehelderd zijn. Het gaat daarbij om de hoeveelheid aangevoerde springstof, de gebruikte hoeveelheid en de overgebleven hoeveelheid. Op een later moment is door SSV aangegeven wat de exacte hoeveelheden, die aangevoerd, gebruikt en teruggestuurd zijn.
5. Er is een hogere kans op een zettingsvloeiing van een grondlichaam geweest dan vooraf gedacht doordat de opgetreden trillingen hoger waren dan de predictie. Zoals ook uit andere onderdelen van de evaluatie blijkt, is de formule van Dowding niet de juiste formule om voor deze situatie de trillingen te voorspellen. Het model (D-Geo Stability) waarmee de veiligheid van afschuivingen is bepaald, is conservatief gebleken.

De vooraf geplande veiligheidsmaatregelen zijn op de dag van de plof op correcte manier uitgevoerd. Zo zijn de veiligheidszones (perimeter) goed en duidelijk afgezet.

---

## 4 Belangrijkste bevindingen

### 4.1 Vaststellingen

Door het evaluatiecommissie zijn de volgende vaststellingen gedaan:

- De berekeningen voor de hoeveelheid explosieven, de plaatsing hiervan in de kolkwand en het binnenhoofd en de opgetreden intervaltijden voor ontsteking van de springstof vertonen gebreken. Hierdoor is mogelijk teveel springstof gebruikt en is deze in een te korte tijdsduur tot ontploffing gebracht, wat de overschrijding van de trillingen uit de SBR-A richtlijn tot gevolg heeft gehad.
- Niet aangetoond is dat de registratie van aanvoer, gebruik en afvoer van explosieven volledig was. De omvang van de hoeveelheden is op een later moment wel compleet aangetoond.
- De combinatie van afdekking van de te springen objecten en de gehanteerde veilige zone (perimeter) bleek ontoereikend te zijn, waardoor er een gevaar voor menselijke ongevallen in de nabijheid de explosie aanwezig was.

Sassevaart heeft in een reactie op de bevindingen geantwoord:

- Voor de voorziene sloop van de honderd jaar oude Middensluis op 23 maart jongstleden is gebruik gemaakt van een 1<sup>e</sup> plof met explosieven van de westelijke wand van de Middensluis. Dit is anders verlopen dan verwacht en gemeld, waarna diverse schademeldingen aan woningen en overige panden zijn ontvangen. Het verloop van deze plof betreft Sassevaart dan ook ten zeerste.
- Sassevaart heeft inmiddels duidelijkheid gegeven aan de bewoners en eigenaren of gemelde schade voor compensatie (door middel van herstel of schadeloosstelling) in aanmerking komt. Objecten als de bestaande bruggen en sluizen en de nieuwe objecten van de Nieuwe Sluis hebben geen schade.
- Het springen door middel van explosieven van een honderd jaar oude sluis en het ploffen van materialen is een empirisch – een op ervaring gebaseerd - vakgebied, met weinig tot geen relevante voorbeelden. Oorzaak van de “anders verlopen dan verwachte plof” is het tot ontploffing brengen van teveel kilogrammen explosieven in te weinig tijd. Sassevaart is inmiddels in staat de invloed van de trillingsbelasting op de omgeving beter en van tevoren te bepalen.

### 4.2 Aanbevelingen

Bij het uitvoeren van de evaluatie zijn er ook aanbevelingen gedaan door de evaluatiecommissie. De VNSC zal deze voor zover mogelijk ook hanteren bij het vervolg van het sloopwerk. Een bijzondere aanbeveling hierbij is dat TNO op verzoek van VNSC achteraf een trillingsmodel gemaakt dat rekening houdt met superpositie van trillingen door meerdere explosies. Dit model is gebruikt voor het berekenen van de trillingen op basis van het originele en een alternatief explosieplan.

Dit model kan worden gebruikt voor toekomstige ploffen ten behoeve van de sloop Middensluis. Op basis van de beoogde plof van de oostelijke wand van het binnenhoofd en de kolk zullen metingen verricht worden om dit model te kunnen verbeteren. Dit levert mogelijk nieuwe informatie op, die gebruikt kan worden om werkzaamheden aan het buitenhoofd te kunnen uitvoeren.

Sassevaart ziet op basis van de evaluatie de volgende verbeterpunten:

- De hoeveelheid explosieven per eenheid materiaal wordt gereduceerd;
- De eenheidslading wordt aanzienlijk gereduceerd;
- Het tijdsinterval tussen afgaan van ladingen wordt verruimd en met toepassing van tussenpauzes / vertragingsschema wordt de totale tijdsduur van de plof langer;
- Gezien de gevoelige en variabele ondergrond van met name oudere bebouwing in Terneuzen, wordt de veiligheidsfactor opnieuw bepaald;
- Het materiaal voor afdekking van de volgende plof wordt opnieuw bepaald;
- De gewenste perimeter van de volgende plof wordt opnieuw bepaald;
- Het aantal trillingsmeters wordt verhoogd tot een totaal aantal van 10 trillingsmeters.

# Bijlagen

## Bijlage 1 – Lijst met vooraf verkregen toestemmingen

Vergunning	Activiteit	Juridische basis	Bevoegd gezag
Melding Besluit Lozen Buiten Inrichtingen	Lozen van stoffen op rijkswateren (ploffen sluiswanden, puin scheppen en hakken vloer)	Waterwet, Besluit Lozen Buiten Inrichtingen	ILT
Slopmelding	Slopen sluisdeuren, bruggen, wanden en vloer Middensluis	Wabo, Bouwbesluit, Wro	Gemeente Terneuzen (m.b.t. asbest advies RUD Zeeland)
Overbrengingsvergunning	Transporteren van explosieven binnen de gemeentegrenzen	Wet explosieven voor civiel gebruik	Gemeente Terneuzen
Vergunning explosieven	Transporteren van explosieven bij > 1000 punten conform 1000 punten regeling van ADR	Wet explosieven voor civiel gebruik	ILT
n.t.b.	Tijdelijke verkeersmaatregelen	n.t.b.	Gemeente Terneuzen

Door de gemeente Terneuzen is bevestigd dat op 29 september 2021 de slopmelding is geaccepteerd voor het verwijderen van asbest en het slopen van een sluis op de locatie van de bestaande Middensluis in Terneuzen.