

PROJECTGEBONDEN RISICO ANALYSE

ONTWIKKELING BEDRIJVENTERREIN OOSTERHORN ZUID



Report:	Projectgebonden Risicoanalyse Ontwikkeling Bedrijventerrein Oosterhorn Zuid
Client:	Groningen Seaports
Report no.:	2021.01.189/UP0-306
Date:	16 juli 2021
Version:	1.0
Author:	E. van den Berg

PROJECTGEBONDEN RISICO ANALYSE

ONTWIKKELING BEDRIJVENTERREIN OOSTERHORN ZUID

Revision	Status	Date	Written	Reviewed	Released
0.1	Concept	22 juni 2021	E. van den Berg	E. Wildeman	J. Bakker
1.0	Definitief	16 juli 2021	E. van den Berg	E. Wildeman	J. Bakker

NjordIC B.V.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "J. Bakker", written over a light blue grid background.

Dhr. J. Bakker
UXO consultant & EOD manager

Copyright NjordIC B.V.

All rights reserved. Disclosure to third parties of this document or any part thereof, or the use of any information contained therein for purposes other than provided for by this document, is not permitted, except with prior and express written permission.

Illustratie voorblad: Luchtfoto Oosterhorn Zuid, bron: <https://www.sb-emsdelta.nl/initiatieven/ontwikkeling-van-oosterhorn-zuid/>.

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	5
1.1	Onderzoeksgebied	5
1.2	Doel Projectgebonden Risicoanalyse	6
1.3	Projectteam	6
1.4	Leeswijzer	6
2	Beschrijving oorlogshandelingen rondom Heveskes.....	7
2.1	Historische context.....	7
2.2	25 april 1945.....	8
2.3	27 april 1945.....	8
2.4	28 april 1945.....	9
2.5	Samenvatting relevante oorlogshandeling in en rondom Heveskes.....	9
3	Nadere analyse oorlogshandelingen	11
3.1	Afbakening Explod	11
3.2	Nauwkeurigheid van Artillerievuur	12
3.2.1	Nauwkeurigheid en consistentie	12
3.2.2	Probable error	13
3.2.3	Statistisch onderzoek granaat van 25-pdr.....	13
3.2.4	PE _R als een functie van de afstand tot het doel.	14
3.3	Gebruikte waarden voor berekening PE _R en PE _L van de beschietingen.....	15
3.4	Afbakening verdacht gebied.....	15
3.4.1	Achtergebleven soorten en kalibers OO	18
4	Verticale afbakening OO-risicogebieden.....	20
4.1	Bodemopbouw	20
4.2	Artilleriegranaten met een kaliber van 5 cm tot en met 105 mm	21
4.3	Infanteriemunitie	21
4.4	Gedumpte NGE.....	21
5	Identificatie van invloedsfactoren op mogelijk achtergebleven OO.....	22
5.1	Invloedsfactoren op explosieve stoffen	22
5.2	Invloedsfactoren op rook- en brandstichtende stoffen	22
5.3	Invloedsfactoren op ontstekers.....	22
6	Beschrijving van de geplande werkzaamheden	24
6.1	Vorbereidende onderzoeken	24
6.1.1	Grondboringen en peilbuizen.....	24

6.1.2	Geotechnisch sondeonderzoek.....	25
6.2	Ophogen	25
6.3	Horizontale drainage	26
6.4	Plaatsen van funderingen, palen en damwanden.....	26
6.5	Gestuurde boringen en persingen.....	26
6.6	Ontgraven.....	27
6.7	Terreininrichting.....	28
6.8	Terreinexploitatie	28
7	Identificatie van uitwerkingsfactoren	29
7.1	Scherfwerking.....	29
7.1.1	Schervengevarezone	29
7.2	Gasdruk.....	30
7.3	Schokgolf	30
7.4	Hitte en brand	30
8	OO-risicoanalyse.....	31
8.1	Risico matrix	31
8.2	Bepaling waarschijnlijkheid	32
8.2.1	Vorbereidende onderzoeken	32
8.2.2	Ophogen	32
8.2.3	Plaatsen funderingen, palen en damwanden	32
8.2.4	Gestuurde boringen en persingen.....	32
8.2.5	Ontgraven.....	32
8.2.6	Terreininrichting.....	32
8.3	Bepaling impact.....	33
8.3.1	Vorbereidende onderzoeken	33
8.3.2	Ophogen	33
8.3.3	Plaatsen funderingen, palen en damwanden	33
8.3.4	Gestuurde boringen en persingen.....	33
8.3.5	Ontgraven.....	34
8.3.6	Terreininrichting.....	34
8.4	Resultaten risicoanalyse	34
9	Geadviseerde mitigerende maatregelen.....	36
9.1	Vorbereidende onderzoeken	36
9.2	Ophogen	36
9.3	Plaatsen van funderingen, palen en damwanden.....	36

9.4	Ontgraven.....	37
9.5	Terreininrichting.....	37
9.6	Integrale aanpak OO gerelateerde risico's.....	37
9.7	Aantreffen stoffelijke resten	37
	Bijlage A: Toelichting detectiemethoden	38

1 INLEIDING

Groningen Seaports gaat het bedrijventerrein Oosterhorn Zuid geschikt maken voor uitgifte, inrichten en aansluiten op bestaande wegen, kabels en leidingen.

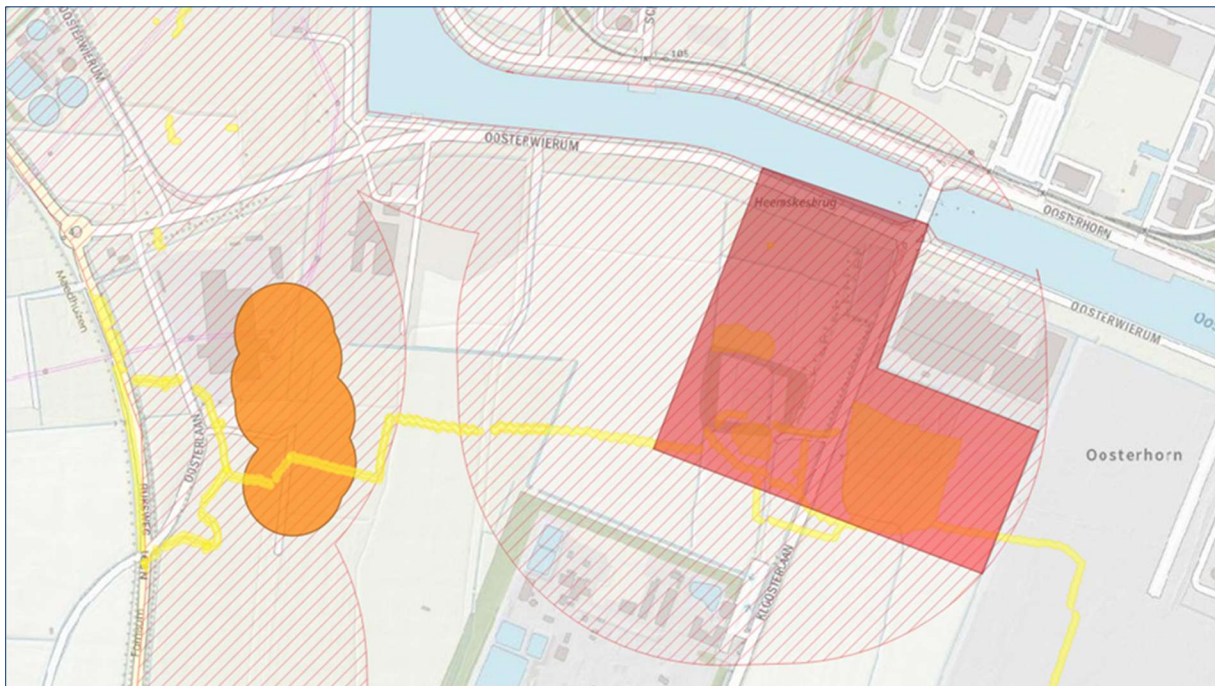
Oosterhorn Zuid wordt een circulair ecosysteem van groene recyclingbedrijven. De komende jaren ontstaan verschillende nieuwe reststromen in de Eemsdelta. Betere scheidingstechnieken van (biologisch) afval en toevoer van afgeschreven windmolenonderdelen zullen naar verloop van tijd een grote nieuwe stroom van grondstoffen opleveren. Voor de ontwikkeling van Oosterhorn Zuid, zoals het gebied wordt genoemd, wordt daarom geacquireerd op bedrijven die deze stromen kunnen verwerken.

Na het bouwrijp maken is het terrein zodanig ingericht dat het beschikt over uitgifbare en direct bebouwbare kavels. Bedrijven worden geselecteerd op basis van wat zij toevoegen aan bestaande grondstoffenstromen in de regio. De ontwikkeling van het terrein vindt gefaseerd plaats. Hierdoor blijft de definitieve indeling van het terrein flexibel.

Het plangebied is gelegen in een gebied dat verdacht is op de aanwezigheid van Ontploffbare Oorlogsresten (OO). Groningen Seaports heeft NjordIC opdracht verleend voor het uitvoeren van een gedetailleerde analyse van de afbakening van het op geschutmunitie verdachte gebied nabij de Kloosterlaan binnen het plangebied (hierna: onderzoeksgebied) en het uitvoeren van een Projectgebonden Risicoanalyse (PRA). Het resultaat van deze opdracht wordt in dit rapport beschreven.

1.1 ONDERZOEKSGBIED

Het onderzoeksgebied bestaat uit braakliggende terrein, gelegen ten zuiden van het Oosterhornkanaal, ter plaatse van de wierde Heveskesklooster (zie Figuur 1).



Figuur 1: Onderzoeksgebied ontwikkeling bedrijventerrein Oosterhorn Zuid (in rood). Met een rode arcering is het oorspronkelijke op geschutmunitie verdachte gebied weergegeven. In geel zijn gebieden weergegeven verdacht op gedumpte munitie. In oranje is het gebied weergegeven dat verdacht is op geschutgranaten van 28cm (Duits).

1.2 DOEL PROJECTGEBONDEN RISICOANALYSE

Het doel van deze Projectgebonden Risicoanalyse is:

- het opnieuw afbakenen van het op geschutmunitie verdachte gebied ter plaatse van het onderzoeksgebied op basis van een nadere analyse van het beschikbare bronnenmateriaal.
- vaststellen of bij het ontwikkelen van bedrijventerrein Oosterhorn Zuid risico's voor de arboveiligheid en openbare veiligheid op kunnen treden door de mogelijke aanwezigheid van OO en het definiëren van mitigerende maatregelen om de geïdentificeerde risico's tot aan acceptabel niveau te reduceren.

1.3 PROJECTTEAM

In het kader van deze Projectgebonden Risicoanalyse is een projectteam samengesteld dat de werkzaamheden heeft uitgevoerd. Het projectteam bestond uit de volgende medewerkers:

- Dhr. E. van den Berg, BSc Project manager, auteur
- Dhr. E. Wildeman, BSc Adviseur en tweede lezer

1.4 LEESWIJZER

De resultaten van de uitgevoerde nadere analyse van de afbakening worden beschreven in hoofdstuk 2. De verticale afbakening van de in het historisch vooronderzoek afgebakende verdachte gebieden is uitgewerkt in hoofdstuk 3. In de periode augustus tot en met oktober 2020 heeft binnen het onderzoeksgebied opsporing van NGE plaatsgevonden. De resultaten van deze opsporing worden beschreven in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 worden de invloedsfactoren die kunnen leiden tot een detonatie van de mogelijk achtergebleven NGE geïdentificeerd. Vervolgens worden in hoofdstuk 6 de geplande werkzaamheden beschreven. In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de uitwerking van een detonatie. Op basis van de voorgaande hoofdstukken wordt in hoofdstuk 8 de NGE-risicoanalyse behandeld. Hieruit blijkt welke activiteiten tot onacceptabele risico's leiden en welke niet. Ten slotte wordt in hoofdstuk 9 een advies gegeven over de benodigde mitigerende maatregelen.

2 BESCHRIJVING OORLOGSHANDELINGEN RONDOM HEVESKES

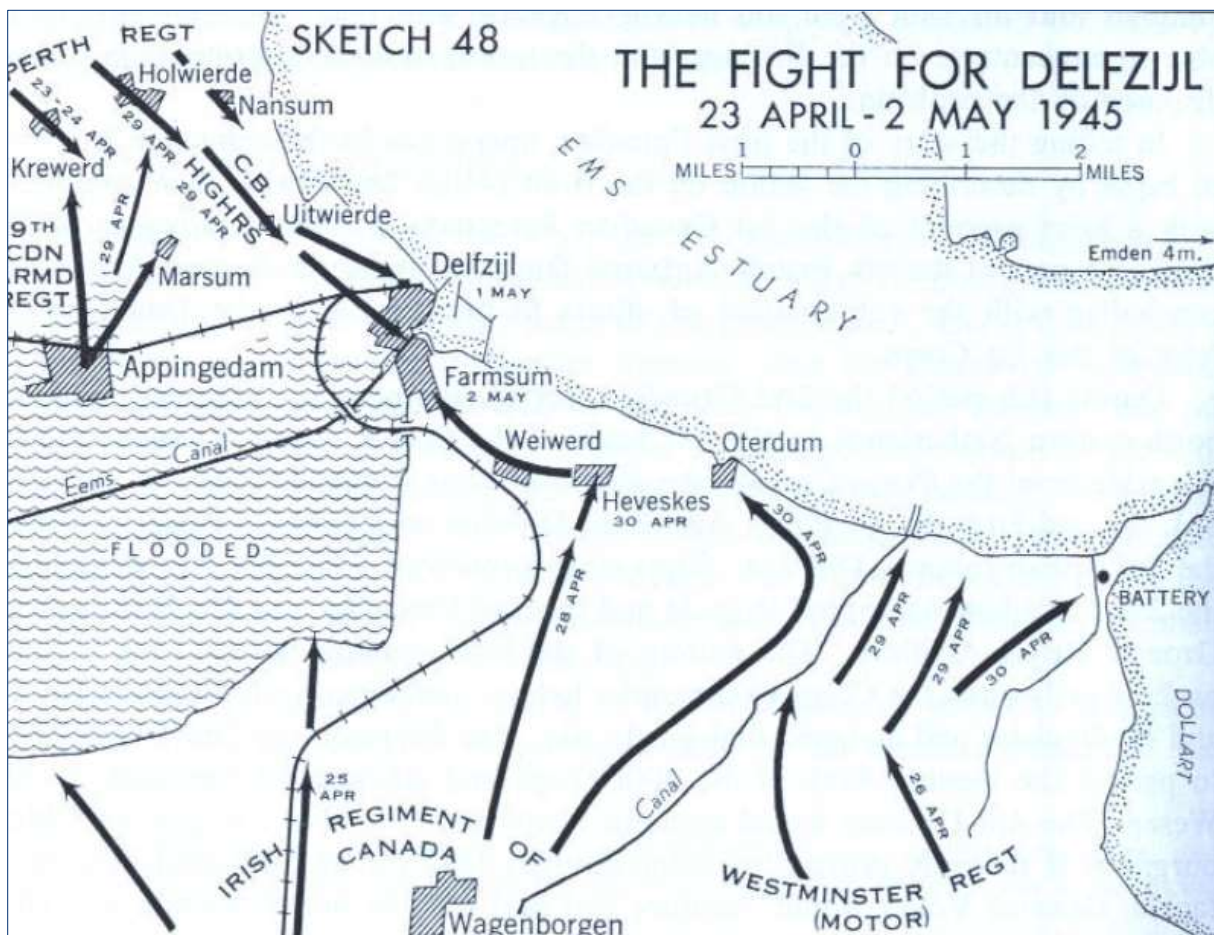
In dit hoofdstuk worden de oorlogshandelingen (indicaties) die relevant zijn voor het onderzoeksgebied beschreven. De in dit hoofdstuk beschreven informatie is ontleend aan het door Expload opgestelde historisch vooronderzoek.¹

2.1 HISTORISCHE CONTEXT

Voorafgaand aan de bevrijding van Delfzijl is hard gevochten in en rondom de dorpen Heveskes en Weiwerd.

De gevechten voorafgaand aan de bevrijding van Delfzijl begonnen op 23 april. Op 2 mei 1945 werd Delfzijl bevrijd. De gevechten rondom Heveskesklooster vonden plaats tussen 26 en 28 april 1945. Deze gevechten zijn relevant voor het onderzoeksgebied.

Bij de bevrijding werd door de geallieerde legerleiding het Irish Regiment of Canada (IRC) ingezet. In het historisch vooronderzoek (Expload, 2018) zijn fragmenten opgenomen uit de Canadian War Diaries. Door de gedetailleerde beschrijvingen van de gevechtshandelingen is het mogelijk om van dag tot dag een reconstructie te maken van de oorlogshandelingen rondom Heveskes. De opmarsroute van het IRC is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2: Opmarsroute Irish Regiment of Canada richting Heveskes (bron: www.battlefieldtours.nu).

¹ Aanvullend vooronderzoek Conventionele Explosieven uit de Tweede Wereldoorlog, Beheersgebied Groningen Seaports, kenmerk RN-17051-1-0, versie 1.0, d.d. 3 april 2018.

In de volgende paragrafen wordt per dag een beschrijving gegeven van de relevante oorlogshandelingen. De teksten zijn citaten overgenomen uit het historisch vooronderzoek (Expload, 2018) en van websites met gevechtsverslagen van het 17 Canadian Field Regiment.

2.2 25 APRIL 1945

Gevechtsverslag 17 Canadian Field Regiment:

[Begin citaat] *“Fraternization continued with 37 battery being the most successful when “their” town of FRANEKER threw a dance for them. On the 24th April the Regiment less 60 battery moved to SIDDEBUREN to support the Division's attack on DELFZIJL. The following day the Regiment moved on up to WAGENBORGEN and were joined the next day by 60 bat-tery. For the first day or two no one was too happy there until it was settled that the infantry and not the unit were sitting on the FDLs. A great deal of firing was done from this position both in support of the Westminster Regiment and the Irish Regiment. The Westminster Regiment were loud in their praise of the rapid response to fire orders and expressed surprize at the amount of actual killing done by the guns. The Irish Regiment was up against some very highly fortified positions and numerous targets were fired for them with great success. The majority of the targets fired were “Guns now firing” and the Air OP carried out many sorties securing numerous direct hits. Observation was usually excellent and the OPs carried out more observed shooting than at any other time in the history of the Regiment. Capt. J.F.W. Tennant even engaged a boat in the EMS Estuary sending down such corrections as NW 1000 and SE 2000! The mount of HE and propaganda shell fired had a great effect on the Jerry defenders as was later verified from prisoners. Enemy artillery was numerous and active but the gun area received only light shelling on one day lo-sing 3 vehicles. The surrender of the DELFZIJL pocket was accepted on the 2nd May.”* [einde citaat]²

2.3 27 APRIL 1945

Historisch vooronderzoek (Expload, 2018):

[Begin citaat] *“Omstreeks het middaguur kreeg IRC opdracht om Oterdum (noordoostelijk van Heveskes) in te nemen en daarna door te stoten naar een Duits hoofdkwartier aan de zuidkant van Delfzijl. De A, B en C-compagnieën kwamen tussen 13.35 en 14.00 echter onder hevig Duits vuur te liggen vanuit de dorpen Weiwerd en Heveskes, die onder een rookgordijn lagen. De geallieerde artillerie beantwoordde het vuur. Op de Defence Overprint zijn rondom deze twee dorpen veel schuttersputjes, loopgraven en geschutopstellingen te zien. Vermoedelijk vuurden de Duitsers vanuit deze voorbereide posities. Het is waarschijnlijk dat het geallieerde tegenvuur vanuit Wagenborgen kwam, omdat de gevechtsverslagen melden dat 17 Canadian Field Regiment bij Wagenborgen de Duitse geschutopstellingen bij Heveskes en Weiwerd in de middag beschoot. 17 Canadian Field Regiment stond met in hoofdzaak 25-pounder geschut opgesteld langs de oostrand van Wagenborgen op circa 6 km zuidelijk van Heveskes en Weiwerd. Beide dorpen lagen daarmee binnen het bereik van 25-pounder granaten met charge 2 of charge 3.*

In de avond van 27 april werd storend vuur uitgebracht op de dorpen Farmsum, Weiwerd, Heveskes en Oterdum. Het gevechtsverslag van de Royal Canadian Artillery (RCA) over de bevrijding van Delfzijl noemt specifiek de inzet van het 75 mm geschut van de GGHG bij Wagenborgen om storend vuur uit te brengen.” [einde citaat]

² Bron: <http://bezeau.ca/h17fr/h17f086.htm>.

Het 17 Canadian Field Regiment gaf blijkens het citaat “harassing fire” op stellingen rondom Heveskes, Oterdum en Weiwerd. Heveskesklooster wordt niet met name genoemd, maar bevond zich in de opmarsroute. Gezien de aanwezigheid van een 3-tal bunkers en stelling bij Heveskesklooster is het aannemelijk dat dit complex eveneens onder vuur is genomen.

De nauwkeurigheid van vuren was relatief hoog, doordat specifiek ook melding wordt gemaakt van het goede werk van de ‘Air Op’ die nauwkeurige vuurgeleiding gaven (zie onderstaand citaat).

Historisch vooronderzoek (Expload, 2018):

[Begin citaat] *“Dit geschut zou in hoofdzaak worden ingezet om het Duitse geschut langs de kust van Delfzijl en bij Emden uit te schakelen met ondersteuning van de zogenoemde "Air Op": piloten in vliegtuigjes die aanwijzingen gaven aan de artillerie. De Air Op werd uitgevoerd door een gespecialiseerd team en functioneerde volgens de geallieerde berichten zeer goed.”* [einde citaat]

2.4 28 APRIL 1945

[Begin citaat] *“In de vroege ochtend van 28 april trok de C-compagnie van IRC verder op naar Heveskes, over de Kloosterlaan. Deze route werd echter afgesloten door een krater in het wegdek met een diameter van 15 ft (4,5 m), even ten noorden van de Pomperij. Deze krater werd in de middag gedicht. Voortgang over de Kloosterlaan werd bovendien ter hoogte van de Pomperij tijdelijk gestremd door een mijneveld met antipersoneelmijnen en vijandelijk vuur vanuit een woning. De C-compagnie trok op in de nacht en bereikte bij daglicht Heveskesklooster. Omstreeks 17.00 uur volgde echter een Duitse tegenaanval vanuit Heveskes, die een uur duurde. De aanval werd afgeslagen met mitrailleurs, mortieren en artillerie.”*[einde citaat]

[Begin citaat] *“Het vliegtuig moet vele malen heen en weer zijn geschud door de explosies. Desondanks blijft het kleine vliegtuig een half uur boven Heveskes vliegen om de zo gewenste informatie over de eenheid door te geven aan de Canadese artillerie nabij Wagenborgen. Hiermee komt de ondersteuning van de artillerie weer op gang. Salvo's van de 17- Field Artillerie, opgesteld bij Wagenborgen, komen terecht tussende Duitsers op posities rond de C-Compagnie.”* [einde citaat]³

2.5 SAMENVATTING RELEVANTE OORLOGSHANDELING IN EN RONDOM HEVESKES

Op basis van de in het historisch vooronderzoek gepresenteerde informatie kan worden geconcludeerd dat de volgende oorlogshandelingen voor het onderzoeksgebied relevant zijn:

1. Het 17 field artillery regiment van het Canadese leger werd vanuit Leeuwarden gedirigeerd naar Wagenborgen om de opmars van de Canadezen richting Delfzijl te ondersteunen
2. Dit regiment gaf “harassing fire” op stellingen rondom Heveskes, Oterdum en Weiwerd op 26/27 april. Heveskesklooster wordt niet met name genoemd, maar gezien de aanwezigheid van een 3-tal bunkers en stelling is het logisch dat dit complex eveneens onder vuur is genomen. De nauwkeurigheid van vuren was relatief hoog, doordat specifiek ook melding wordt gemaakt van het goede werk van de observation posts (OP's) die nauwkeurige vuurgeleiding gaven.
3. Op 28 april werd Heveskesklooster ingenomen door C-compagnie van het Irish Regiment of Canada (IRC).

³ Bron:
<https://www.nazatendevries.nl/Artikelen%20en%20Colums/WO%20II/Slag%20bij%20Heveskesklooster/Slag%20bij%20Heveskesklooster.html>.

4. Aan het einde van de middag van 28 april volgde een tegenaanval van Duitse troepen op Heveskesklooster met als doel om het te heroveren op de het IRC.
5. Tijdens die tegenaanval werd een geallieerd vliegtuig boven het gebied gedirigeerd om vuurleiding te geven aan het 17 field artillery regiment die de oprukkende Duitse troepen onder vuur nam.

Expload heeft aangenomen dat de Canadese troepen bij Heveskesklooster ook vanaf grote afstand is beschoten door Duitse artillerie. Voor deze aanname ontbreken echter de feitelijke aanwijzingen. Tevens lijkt dit niet logisch, omdat de Duitse eenheden probeerden het bunkercomplex te heroveren. Ook zijn de Canadezen maar kort in Heveskesklooster gebleven. De eenheden zijn snel doorgestoten richting Heveskes, Weiwerd, Farmsum en Delfzijl.

3 NADERE ANALYSE OORLOGSHANDELINGEN

De gemeente Eemdelta en Groningen Seaports hebben door Expload een historisch vooronderzoek laten opstellen voor het gehele industriegebied, waaronder het onderzoeksgebied Oosterhorn Zuid. Op basis van deze onderzoeken is vastgesteld dat het onderzoeksgebied verdacht is op geschutmunitie en gedumpte munitie.

NjordIC heeft een gedetailleerde analyse uitgevoerd ten behoeve van de ontwikkeling van het nabijgelegen bedrijventerrein Heveskes. Het resultaat van deze analyse was een aanzienlijke verkleining van het op geschutmunitie verdachte gebied. Naar aanleiding van het voor Heveskes behaalde resultaat heeft Groningen Seaports aan NjordIC gevraagd een gedetailleerde analyse van de artilleriebeschietingen op het onderzoeksgebied Oosterhorn Zuid uit te voeren.

Deze nadere analyse heeft uitsluitend betrekking op het op geschutmunitie verdachte gebied. Rondom Heveskesklooster waren enkele stellingen en loopgraven aanwezig. Naar aanleiding hiervan zijn diverse gebieden afgebakend waar gedumpte/achtergelaten munitie aanwezig kan zijn. Omdat de afbakening van deze gebieden uitsluitend is gebaseerd op de ligging van de stellingen en loopgraven, zoals die op luchtfoto's te zien is, is het niet mogelijk deze verdachte gebieden verder te verkleinen. De afbakening van deze gebieden wordt daarom overgenomen uit het door Expload uitgevoerde onderzoek.

Het door Expload opgestelde historisch vooronderzoek is uitgevoerd op basis van het WSCS-OCE.⁴ Het WSCS-OCE geeft richtlijnen voor de afbakening van verdachte gebieden voor verschillende soorten indicaties. Voor artilleriebeschietingen geldt dat het verdachte gebied situationeel dient te worden afgebakend. Dit betekent dat er geen eenduidige richtlijn is. Het verdachte gebied dient gebruik makend van alle beschikbare informatie te worden afgebakend. De afbakening dient goed te worden gemotiveerd en gedocumenteerd.

In dit hoofdstuk wordt allereerst de door Expload gebruikte afbakening van het verdachte gebied beschreven. Vervolgens wordt de nauwkeurigheid van artilleriebeschietingen beschreven. Tenslotte wordt op basis hiervan het verdachte gebied opnieuw afgebakend.

3.1 AFBAKENING EXPLOAD

Expload heeft het op geschutmunitie verdachte gebied afgebakend op basis van onderzoek verricht naar de nauwkeurigheid van artilleriebeschietingen⁵. Expload heeft de spreiding van granaten bij een gegeven afstand daarbij als afbakeringsprincipe gebruikt. Hiervoor is volgende tabel gehanteerd.

⁴ Werkveldspecifiek certificatieschema voor het Systeemcertificaat Opsporen Conventionele Explosieven. Per 1 januari 2021 is het WSCS-OCE vervangen door het Certificatieschema Opsporen Ontploffbare Oorlogsresten (CS-000). In het CS-000 zijn geen richtlijnen voor het uitvoeren van vooronderzoek opgenomen. De richtlijnen voor vooronderzoek zijn ondergebracht in het vrijwillige Certificatieschema Vooronderzoek en Risicoanalyse Ontploffbare Oorlogsresten (CS-VROO).

⁵ LAC, RG24 20323 952.003 (D18), *Final Report of the Committee Set Up by the War Office to Investigate the Accuracy of Predicted Fire* (1945).

Straal rond doelwit (m)	Uitleg
366	De afstand waarbinnen 100% van de granaatinslagen liggen bij beschietingen door 25-ponder geschut op een afstand van max. 8,7 km van het doel.
421	De afstand waarbinnen 100% van de granaatinslagen liggen bij beschietingen door zwaar kaliber geschut van 5,5 inch over het volledige bereik.
457	De afstand waarbinnen 100% van de granaatinslagen liggen bij beschietingen door 25-ponder geschut, waarbij de stukken sterk verspreid rond het doel staan opgesteld
549	De afstand waarbinnen 100% van de granaatinslagen liggen bij beschietingen door zwaar kaliber geschut van 5,5 inch, waarbij de stukken sterk verspreid rond het doel staan opgesteld.

Figuur 3: De door Expload gehanteerde tabel voor de spreiding van granaatinslagen (bron: Expload, 2018).

De straal rondom het doelwit is door Expload gebruikt om verdachte gebieden af te bakenen, waarbij het niet altijd duidelijk was wat het doelwit is geweest van een specifieke aanval. Daarom zijn in enkele gevallen gebieden afgebakend rondom een compleet kaartvierkant.

3.2 NAUWKEURIGHEID VAN ARTILLERIEVUUR

NjordIC heeft hetzelfde onderzoek nogmaals nauwkeurig bestudeerd. Het rapport is geschreven naar aanleiding van onderzoek uitgevoerd door het Engelse leger in samenwerking met het Canadese leger. Dit onderzoek had als doel vast te stellen welke factoren verantwoordelijk zijn voor de afwijking van de granaat ten opzichte van het beoogde doel. Dit onderzoek is uitgevoerd door de Werkgroep Veldartillerie van het Permanente Comité voor de nauwkeurigheid van artillerievuur.

De reden voor dit werk, uitgevoerd door verschillende subcommissies, was de bezorgdheid dat artillerievuur te onnauwkeurig was. De commissie gebruikte vele bronnen, waaronder rapporten van de 1st en 2nd Operational Research Sections, die gegevens verzamelden in verschillende proeven en tests in het Verenigd Koninkrijk en Canada.

3.2.1 Nauwkeurigheid en consistentie

In het onderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen nauwkeurigheid en consistentie.

Nauwkeurigheid zegt iets over de nabijheid van de gemiddelde uitkomst van de beschieting (Mean Point of Impact) ten opzichte van het doel.

Consistentie zegt iets over de mate van spreiding van de granaatinslagen. Bij artillerie wordt deze variabele ook wel 'precisie' genoemd.

Voor artillerievuur zijn er twee belangrijke componenten die bepalend zijn voor de nauwkeurigheid:

1. De ligging van het doelpunt ten opzichte het werkelijke doel (doelnauwkeurigheid).
2. De dichtheid van het Mean Point of Impact (MPI) om het doel.

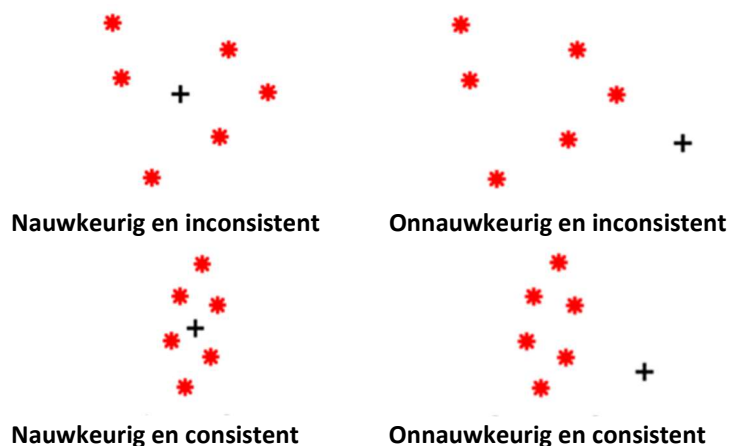
Ad 1.

Dit is een functie van de nauwkeurigheid en consistentie van het vuursysteem en de nauwkeurigheid van de doelcoördinaten. Bij de nauwkeurigheid van de doelcoördinaten speelt niet alleen de horizontale positie een rol (X, Y), maar ook de hoogte (Z). Een hoogtefout leidt namelijk tot een afwijkende val van de granaat en daarmee ook tot een horizontale fout.

Ad2.

Dit is meestal een functie van de gegevens en methoden die worden gebruikt om het doel te fixeren en de kanonnen te oriënteren om de afvuurgegevens te berekenen. Het doel van het nauwkeurig bepalen van de afstand tot het doel is om deze bronnen van onnauwkeurigheid te corrigeren. Echter, onnauwkeurigheden konden ook optreden door dagelijkse variaties van de gekalibreerde mondingssnelheid.

In Figuur 4 wordt de betekenis van de termen nauwkeurigheid en consistentie geïllustreerd.



Figuur 4: Nauwkeurigheid en consistentie (bron: <https://nigelef.tripod.com/errorsmistakes.htm>).

3.2.2 Probable error

Zowel de nauwkeurigheid als consistentie worden in de artillerie uitgedrukt in 'Probable Error'. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de afwijking in de vuurlijn (PE_R) en de afwijking haaks op de vuurlijn (PE_L), waarin:

PE_R : Probable Error _ Range

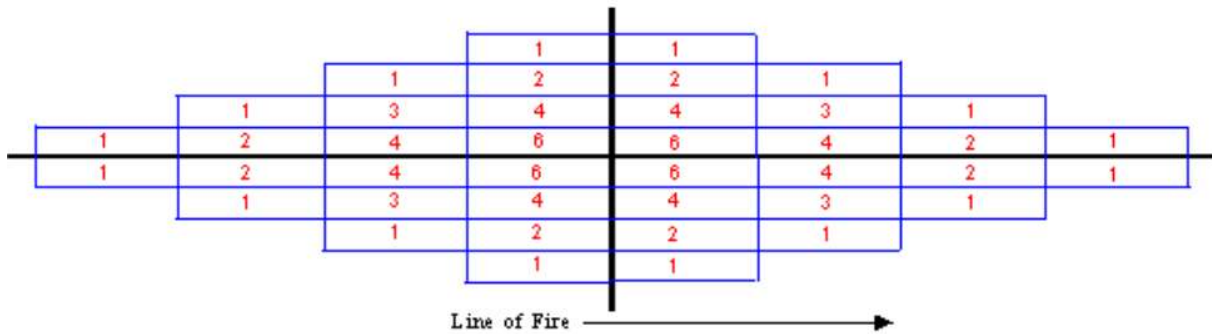
PE_L : Probable Error _ Line

De afwijkingen zijn empirisch bepaald ten opzichte van het "Mean Point of Impact (MPI)".

3.2.3 Statistisch onderzoek granaat van 25-pdr

Er is bij het genoemde onderzoek een proef gedaan met het afvuren van granaten met het 25-pdr geschut. Hierbij zijn 100 granaten in dezelfde omstandigheden met hetzelfde kanon op een doel afgevuurd. Vervolgens is vastgesteld waar deze 100 granaten ten opzichte van het doel zijn neergekomen. De schoten vallen in een patroon zoals afgebeeld in Figuur 5. Het nummer in de vakken geeft het aantal inslagen in betreffend vak weer. Hierbij is vastgesteld dat alle 100 granaten neerkomen binnen $4PE_R$ en $4PE_L$.

Voor een 25-pdr die met kardoes 3 op 8.000 yards (7.315m) een doel beschiet bedraagt de PE_R 27,5 m en de PE_L 3,7m. Dit leidt tot een spreidingsgebied met een lengte van $8 \times 27,5 \text{ m} = 220 \text{ m}$ in schootsrichting en $8 \times 3,7 \text{ m} = 29,6 \text{ m}$ haaks op de schootsrichting gecentreerd rond het MPI.



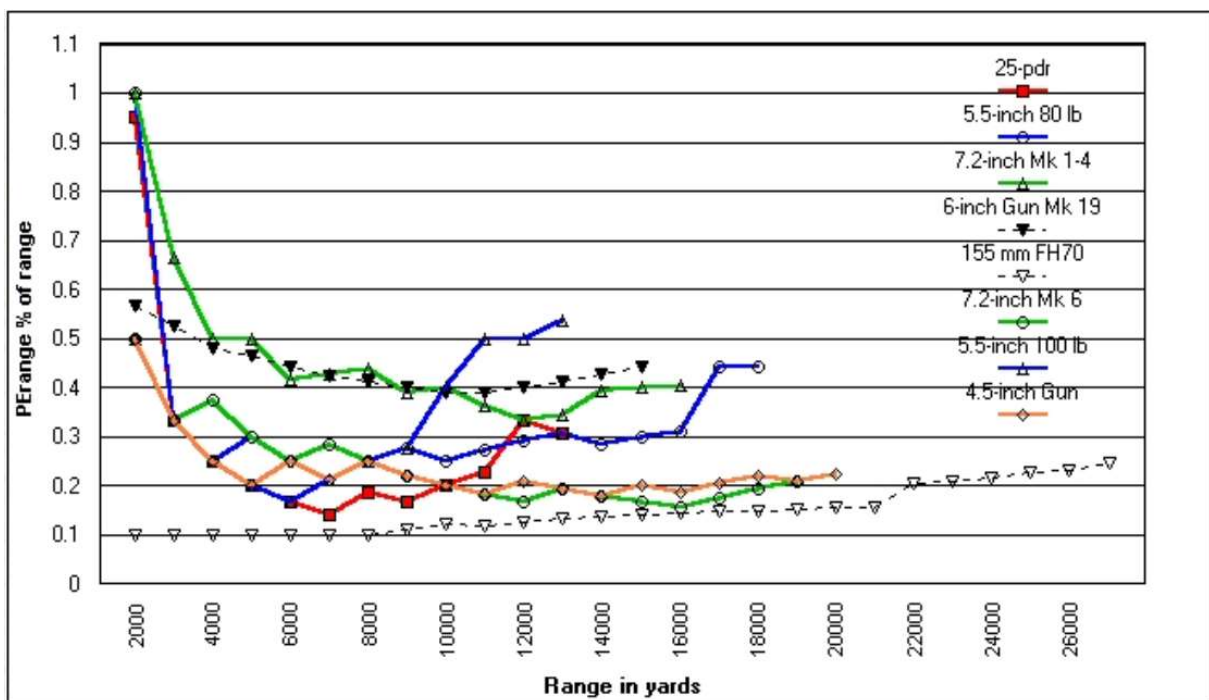
Figuur 5: Inslagspreiding van 100 25-pdr granaten ten opzichte van het doel (bron: <https://nigelef.tripod.com/errorsmistakes.htm>).

Hierbij is het snijpunt van de vuurlijn en de haakse lijn op de vuurlijn het MPI, oftewel het doel. In werkelijkheid treedt ook een afwijking van het MPI ten opzichte van het doel op, maar hier wordt later in deze analyse dieper op ingegaan.

In Figuur 5 is de lengte van het rechthoek PE_R , terwijl de hoogte PE_L is. Zoals al vermeld, 100% van de granaten vallen binnen een gebied ter grootte van $8PE_R$ en $8PE_L$.

3.2.4 PE_R als een functie van de afstand tot het doel.

In Figuur 6 wordt de PE_R voor verschillende kalibers geschut weergegeven als functie van de afstand tot het doel.



Figuur 6: PE_R als functie van de afstand tot het doel (bron: <https://nigelef.tripod.com/errorsmistakes.htm>).

In bovenstaande grafiek valt het op dat de nauwkeurigheid van diverse kalibers op korte afstanden tot ongeveer 1% van de range bedraagt. Bij grotere afstanden vanaf ongeveer 5.000 yard is de nauwkeurigheid veelal beter dan 0,5% van de range. Een van de belangrijkste factoren voor afwijkingen was dan ook een doel op te korte afstand.

Empirisch is vastgesteld dat PE_L gemiddeld ligt rond 14 minuten afwijking ten opzichte van de vuurlijn bij een schootsafstand van 9.500 yards. Aangezien de schootsafstand voor deze nadere analyse minder is, kan gesteld worden dat de optredende PE_L in ieder geval binnen deze waarde zal liggen. Op 1.000 yards is de afwijking per minuut ongeveer 1 foot (0,30 m).

3.3 GEBRUIKTE WAARDEN VOOR BEREKENING PE_R EN PE_L VAN DE BESCHIETINGEN

Om voor het uitgebrachte Duitse en geallieerde artillerievuur berekeningen te maken heeft NjordIC de volgende parameters gebruikt:

- PE_R als functie van de range (hierbij is rekening gehouden met de afwijking van de ligging van het MPI ten opzicht van het doel):
 - o Afstanden > 5.000 m tot het doel: 0,5%
 - o Afstanden < 5.000 m tot het doel: 1,0%
- PE_L is gesteld op 4,2 m per 1.000 yards
- Marge ter compensatie van onzekerheden: 100%

Als voorbeeld:

- Afstand tot het doel: 1.100 m
- $PE_R = 11,0\text{m}$
- $PE_L = 4,6\text{ m}$
- Totale afwijking in langsrichting: $8PE_R = 8 \times 11,0 = 88\text{ m}$ (44 m overshoot en 44 m undershoot)
- Totale afwijking in dwarsrichting: $8PE_L = 8 \times 4,6 = 36,8\text{ m}$ (18,4 m links en 18,4 rechts van het MPI)
- Toeslag onnauwkeurigheid: 100%
- Totale afwijking $PE_R = 22,0\text{m}$ en $PE_L = 9,2\text{ m}$

3.4 AFBAKENING VERDACHT GEBIED

In eerste instantie was de gedachte dat Heveskesklooster alleen met geschutgranaten beschoten zou zijn door de Duitse troepen vanuit Weiwerd en Heveskes. Uit de beschikbare informatie blijkt dat ook het 17 field artillery regiment van het Canadese leger actief geweest bij het vuren op Heveskesklooster e.o. en de gebieden ten zuiden van Heveskes. Op basis hiervan is een op OO verdacht gebied afgebakend. Het gebied dat verdacht is naar aanleiding van de beschietingen door de Duitse eenheden valt binnen het gebied dat is afgebakend naar aanleiding van de artilleriebeschietingen door de Canadese eenheden. Om deze reden wordt in deze paragraaf uitsluitend ingegaan op de afbakening van het op geallieerde geschutmunitie verdachte gebied.

Voor de afbakening is het allereerst is het belangrijk te weten waar de geallieerde artilleriestellingen hebben gestaan. Uit de in hoofdstuk 2 gepresenteerde informatie blijkt dat de geallieerde artilleriestellingen stonden opgesteld bij Wagenborgen.

Op basis van historisch vooronderzoek uitgevoerd door Explod⁶ ten behoeve van het kindcentrum Wagenborgen is vastgesteld dat de Canadese stellingen op 27 april 1945 waren opgesteld op het oostelijk deel van het voormalige Groot Bronswijk terrein te Wagenborgen. Deze locatie is daarom als opstelpunt van de Canadese artillerie gekozen voor de bepaling van de richting van de vuurlijn.

⁶ RN-18180, Historisch vooronderzoek Kindcentrum Wagenborgen, Explod, datum 30-1-2019 versie 1.0



Figuur 7: Positie Canadese stellingen te Wagenborgen (rode diamant) met de vuurlijn (geel) richting de Duitse stellingen en bunkers (bron: Expload, 2018, foto van 15 juli 1945).

Om de locatie van de doelen in Heveskesklooster te bepalen is de luchtfoto van 24 april 1945 bestudeerd. Aan de westzijde van de Kloosterlaan zijn op de luchtfoto 3 bunkers te zien. Deze bunkers zijn doellocatie aangemerkt. Aan de oostzijde van de Kloosterlaan is een wapenopstelling te zien. Het centrum van deze wapenopstelling is eveneens als doellocatie aangemerkt.

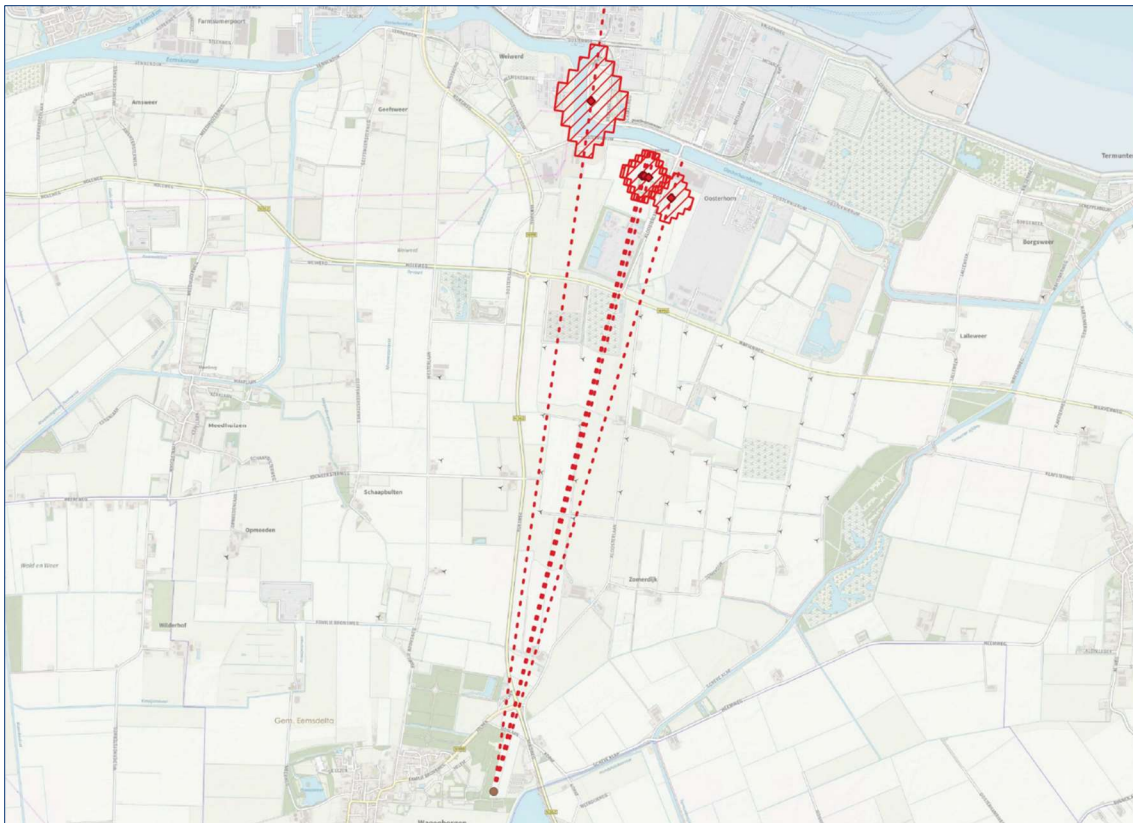


Figuur 8: De drie bunkers (links) en de wapenopstelling (rechts) ter plaatse van Heveskesklooster (bron: Expload, 2018, foto van 24 april 1945).

Tenslotte is bekend dat de Duitse eenheden een tegenaanval hebben uitgevoerd vanuit Heveskes. De Duitse eenheden bevonden zich tijdens de beschietingen in de weilanden ten zuiden van Heveskes. In Figuur 9 is een overzicht gepresenteerd van de positie van geallieerde artilleriestellingen, de doelposities en vuurlijnen.

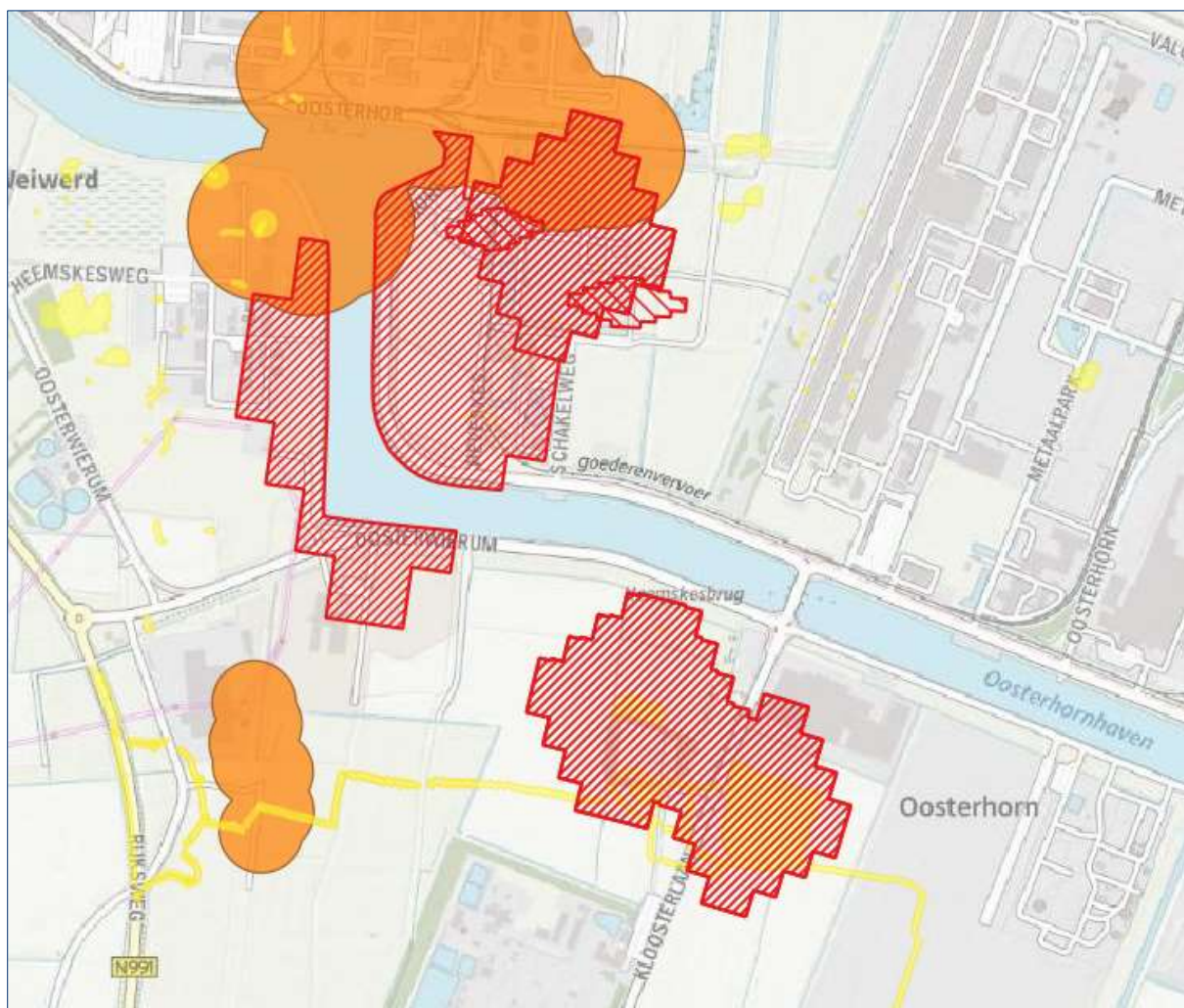
De afstand (range) tussen de stellingen en de bunkers en wapenopstelling te Heveskesklooster bedraagt ongeveer 5.200 m. Op basis van deze gegevens kan de PE_R en PE_L berekend worden. Deze zijn achtereenvolgens (inclusief 100% marge ter compensatie van onzekerheden) 52 m en 42 m. Dit houdt in dat de maximale afwijking in de vuurlijn aan weerszijden van het doel ongeveer 208 m is. De maximale zijdelingse afwijking ten opzichte van het doel is ongeveer 168 m aan weerszijden van het doel. Op basis hiervan is het verdachte gebied in Figuur 9 ingetekend. Hierbij is de vorm van het verdachte gebied naar analogie van Figuur 5 bepaald.

Voor het gebied waar de Duitse eenheden zijn beschoten (westelijk gelegen gebied in Figuur 9) bedraagt de range ongeveer 5.896 m. Voor dit gebied is voor PE_R 1% van de range gebruikt. Dit vanwege de verwachte grotere spreiding van het vuur. Ook is 100% marge toegepast ter compensatie van onzekerheden. Dit resulteert in een PE_R range van 118 m en PE_L van 74 m.



Figuur 9: Overzicht positie geallieerde artilleriestellingen, doelposities en vuurlijnen.

In Figuur 10 is de afbakening van het verdachte gebied weergegeven.



Figuur 10: Herziene afbakening van het op geschutmunitie verdacht gebied ter plaatse van Heveskesklooster (rode arcering). In oranje zijn de gebieden weergegeven die verdacht zijn op granaten van 28 cm Duits. In geel zijn de gebieden weergegeven die verdacht zijn op gedumpte munitie.

3.4.1 Achtergebleven soorten en kalibers OO

Naar aanleiding van de artilleriebeschietingen op Heveskesklooster is een verdacht gebied afgebakend waar verschoten geschutmunitie kan zijn achtergebleven. Hierbij moet gedacht worden aan Duitse artilleriegranaten met een kaliber van 2 tot en met 8,8 cm en geallieerde granaten met een kaliber van 75 mm, 3 inch mortier, 25 pponder en 105 mm.

Hoofdsort en type OO	Verschijningsvorm
Geschutmunitie: - 75 mm, 3-inch mortier, 25-ponder en 105 mm (geallieerd) - 2 cm, 5 cm, 7,5 cm en 8,8 cm (Duits)	Verschoten

Tabel 1: Mogelijk achtergebleven geschutmunitie.

Binnen het afgebakende OO-risicogebied kan tevens infanteriemunitie zijn achtergebleven.

Hoofdsoort en type OO	Verschijningsvorm
Klein-kaliber munitie (KKM) (Duits, geallieerd)	Verschoten
Hand- en geweergranaten (Duits, geallieerd)	Geworpen/verschoten
Munitie voor granaatwerpers (Duits, geallieerd)	Verschoten

Tabel 2: Mogelijk achtergebleven infanteriemunitie.

Ter plaatse van voormalige loopgraven, schuttersputten en wapenopstellingen kan door de zich terugtrekkende Duitse militairen OO zijn gedumpt/achtergelaten. Daarom zijn ter plaatse hiervan gebieden afgebakend waar gedumpte OO kan zijn achtergebleven. Hierbij moet vooral gedacht worden aan klein-kaliber munitie, hand- en geweergranaten en mortiermunitie.

Hoofdsoort en type OO	Verschijningsvorm
Klein-kaliber munitie (KKM) (Duits, geallieerd)	Opgeslagen/gedumpt/begraven
Hand- en geweergranaten (Duits, geallieerd)	Opgeslagen/gedumpt/begraven
Geschutmunitie, kaliber 2 cm tot en met 15 cm brisant en brisantpantser (Duits)	Opgeslagen/gedumpt/begraven
Munitie voor granaatwerpers (Duits, geallieerd)	Opgeslagen/gedumpt/begraven
Explosieve stoffen	Opgeslagen/gedumpt/begraven
Ontstekingsinrichtingen	Opgeslagen/gedumpt/begraven
Toebehoren van munitie	Opgeslagen/gedumpt/begraven

Tabel 3: Mogelijk achtergebleven OO naar aanleiding van militaire aanwezigheid.

4 VERTICALE AFBAKENING OO-RISICOGEBIEDEN

Als naar achtergebleven OO gezocht moet worden is het belangrijk om te weten op welke diepte deze OO zich in de bodem bevinden. Het vaststellen van de diepte waarop OO zich kunnen bevinden wordt de verticale afbakening genoemd. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de verticale afbakening van de verschillende op OO verdachte gebieden. Hierbij wordt rekening gehouden met eventuele naoorlogse veranderingen van de maaiveldhoogte. Op deze wijze wordt zowel de minimale als maximale zoekdiepte bepaald.

4.1 BODEMOPBOUW

Voor informatie over de bodemopbouw is het Dinoloket geraadpleegd. De ondiepe ondergrond in het plangebied bestaat overwegend uit klei op veen. Onder het klei- op veenpakket bevindt zich een pakket fijn zand. De dikte van de klei- en veenlagen varieert. In de boringen B08A0377, B08A0373 en B08A0130 bevindt het zandpakket zich op respectievelijk 1,40, 1,50 en 1,60 m-maaiveld. In boring B08A0128 begint het zandpakket op 2,70 m-maaiveld.

In boring B08A0066 is een antropogene ophooglaag aangetroffen van 2,90 m dikte. Hieronder bevindt zich het oorspronkelijke bodemprofiel.



Figuur 11: Locaties boormonsterprofielen (bron: Dinoloket).

Voor zover bekend hebben in het onderzoeksgebied naorlogs geen ontgravingen en/of ophogingen plaatsgevonden. Het gebied is sinds de oorlog in agrarisch gebruik geweest. De antropogene ophooglaag die in boring B08A0066 is aangetroffen is waarschijnlijk vooroorlogs. Mogelijk betreft het een uitloper van de wierde Heveskesklooster.

4.2 ARTILLERIEGRANATEN MET EEN KALIBER VAN 5 CM TOT EN MET 105 MM

In het historisch vooronderzoek (Expload, 2018) is voor geschutmunitie tot 28 cm een penetratiediepte aangegeven van 3,50 m – oorspronkelijk maaiveld. In het onderzoeksgebied wordt uitsluitend geschutmunitie verwacht met een kaliber van 5 cm tot en met 105 mm. De penetratiediepte van deze granaten is aanzienlijk minder dan 3,5 m-maaiveld. Op basis van de bodemopbouw wordt de maximaler penetratiediepte ingeschat op 1,5 tot 2,0 m-maaiveld.

4.3 INFANTERIEMUNITIE

In het historisch vooronderzoek (Expload, 2018) wordt voor infanteriemunitie een verticale afbakening vastgesteld van 3,5 m – maaiveld. De verticale afbakening is gebaseerd op de met de grondgevechten gepaard gaande artilleriebeschietingen.

Er wordt geen differentiatie gemaakt naar de soort munitie. Klein kaliber munitie, hand- en geweergranaten en munitie voor granaatwerpers hebben een geringe penetratiediepte vanwege de beperkte afmetingen van de OO en de (relatief) geringe kinetische energie. De verticale afbakening voor deze OO is door NjordIC dan ook vastgesteld op ongeveer 0,5 m – maaiveld.

4.4 GEDUMPTE NGE

In het historisch vooronderzoek (Expload, 2018) wordt voor de gedumpte OO een verticale afbakening vastgesteld van 1,5 m – maaiveld. Deze verticale afbakening wordt door NjordIC overgenomen.

Noot:

In het onderzoeksgebied waren enkele sloten en laagten aanwezig. Deze zijn na de oorlog gedempt/opgevuld. Ter plaatse van de voormalige sloten en laagten kunnen de meeste soorten en kalibers OO dieper zijn ingedrongen.

5 IDENTIFICATIE VAN INVLOEDSFACTOREN OP MOGELIJK ACHTERGEBLEVEN OO

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de invloedsfactoren die kunnen leiden tot het tot uitwerking komen van de mogelijk achtergebleven OO. Hierbij wordt onderscheidt gemaakt tussen invloedsfactoren op de in de OO aanwezige springstof en invloedsfactoren op de geplaatste ontstekers. De weergegeven informatie is ontleend aan het Informatiepakket-CE.⁷

5.1 INVLOEDSFACTOREN OP EXPLOSIEVE STOFFEN

In de OO die in het onderzoeksgebied kunnen zijn achtergebleven is veelal een lading bestaande uit springstof opgenomen. In een OO zijn doorgaans meerdere soorten explosieve stoffen opgenomen. Samen vormen deze de zogenaamde explosieketen. Dit is een opeenvolging van explosieve stoffen waarbij de aanvangsimpuls via een kleine hoeveelheid zéér gevoelige explosieve stof (inleidspringstof) wordt overgebracht naar één of meerdere minder gevoelige explosieve stoffen (overdrachtsspringstoffen) die uiteindelijk de grotere hoeveelheid minst gevoelige explosieve stof (hoofdlading) tot uitwerking brengt. Het is dus een opeenvolging van een aantal explosieve stoffen waarvan iedere volgende stof door de vorige stof tot reactie wordt gebracht.

Bij het uitvoeren van civieltechnische werkzaamheden kunnen diverse factoren een eventueel aanwezig OO beïnvloeden. De belangrijkste invloedsfactor is de deformatie van de springstof (inleid-, overdrachtsspringstof of hoofdlading) in de ontsteker en/of het lichaam van het OO.

5.2 INVLOEDSFACTOREN OP ROOK- EN BRANDSTICHTENDE STOFFEN

Omdat ook rook, springrook en brandgranaten kunnen zijn achtergebleven dient rekening te worden gehouden met factoren die van invloed zijn op een rook- of brandstichtende hoofdlading. Rook, springrook en brandgranaten kunnen voorzien zijn van een hoofdlading bestaande uit witte of rode fosfor. De belangrijkste invloedsfactor op rook- en brandstichtende stoffen is het blootstellen van de hoofdlading aan zuurstof uit de buitenlucht.

5.3 INVLOEDSFACTOREN OP ONTSTEKERS

In het onderzoeksgebied kunnen afwerpmunitie, geschutmunitie, hand- en geweergranaten en munitie voor granaatwerpers zijn achtergebleven. De te verwachten munitie is op de gedumpte munitie na, verschoten, afgeworpen of gegooid. Dit betekent dat de ontstekers in principe gewapend zijn. Bij het wapenen worden blokkeringen en/of veiligheidsvoorzieningen weggenomen. Hierdoor kunnen de inleidladingen op de beoogde wijze tot uitwerking worden gebracht, of worden de verschillende onderdelen van de explosieketen in één lijn gebracht. Over het algemeen kan gesteld worden dat een gewapende ontsteker gevaarlijker is dan een niet gewapende ontsteker.

Op de mogelijk achtergebleven OO kon een grote variëteit aan ontstekers worden toegepast. De factoren die van invloed kunnen zijn op ontstekers zijn afhankelijk van het werkingsprincipe van de ontstekers. In Tabel 4 is een overzicht opgenomen waarin is weergegeven welke werkingsprincipes werden toegepast in ontstekers die op de mogelijk achtergebleven OO kunnen zijn geplaatst.

⁷ Van den Berg, E. et al (NjordIC/REASeuro), *Informatiepakket-CE*, kenmerk RO-180223, d.d. 14-09-2018.

Omdat het werkingsprincipe van mechanisch vertraagde tijdontstekers berust op de aanwezige voorgespannen slagpinveer worden deze typen ontstekers in de tabel niet afzonderlijk benoemd. Ze maken onderdeel uit van ontstekers op basis van het werkingsprincipe ‘voorgespannen slagpinveer’. Klein kaliber munitie is doorgaans niet voorzien van een ontsteker. Daarom wordt deze hoofdgroep niet in Tabel 4 vermeld.⁸

Werkingsprincipe ontsteker	Geschutmunitie	Hand- en geweergranaten	Munitie voor granaatwerpers
Scheurdraad	X		
Ophoudveer	X	X	X
Diafragma	X		
Voorgespannen slagpinveer	X		
Pyrotechnisch	X	X	
Elektrisch	X		

Tabel 4: Overzicht van de werkingsprincipes van de op de mogelijk achtergebleven NGE toegepaste ontstekers (gebaseerd op Van den Berg, E. et al, *Informatiepakket-CE*, kenmerk RO-180223, d.d. 14-09-2018).

Bij het uitvoeren van grondroerende werkzaamheden kunnen diverse factoren een eventueel aanwezig OO beïnvloeden, hierbij kan gedacht worden aan:

- Mechanische impact op het lichaam van een OO, waardoor zich een schokgolf door het OO-lichaam verplaatst, die zich doorzet in de ontsteker (MI);
- Deformatie van het OO en in het bijzonder de geplaatste ontsteker (DO);
- Beweging van een OO met een gewapende ontsteker van het voorgespannen slagpinveer type (BE).

In Tabel 5 zijn de invloedsfactoren samengevat die kunnen leiden tot initiatie van de beschreven typen ontstekers.

Werkingsprincipe ontsteker	MI	DO	BE
Scheurdraad	X	X	
Ophoudveer type	X	X	X
Diafragma type	X	X	X
Voorgespannen slagpinveer	X	X	X
Pyrotechnisch		X	
Elektrisch		X	

Tabel 5: Mogelijke invloedsfactoren op ontstekers met verschillende werkingsprincipes. Hierbij is MI = Mechanische Impact, DO = Deformatie Ontsteker, BE = Beweging (bron: Van den Berg, E. et al, *Informatiepakket-CE*, kenmerk RO-180223, d.d. 14-09-2018).

⁸ Een uitzondering wordt gevormd door Duitse 13 en 15 mm munitie die voorzien kan zijn van een ontsteker en een brisante of brandstichtende hoofdoplading. Deze munitie wordt echter sporadisch aangetroffen en is daarom niet verder uitgewerkt in dit rapport.

6 BESCHRIJVING VAN DE GEPLANDE WERKZAAMHEDEN

In dit hoofdstuk worden de werkzaamheden die worden uitgevoerd in het kader van de ontwikkeling van bedrijventerrein Oosterhorn Zuid beschreven. Voor het bedrijventerrein is (nog) geen ontwerp beschikbaar waaruit de grondroerende werkzaamheden kunnen worden afgeleid. Omdat een ontwerp ontbreekt worden de werkzaamheden globaal beschreven. Er wordt hierbij uitsluitend ingegaan op de grondroerende activiteiten. Op basis van de beschrijving van de werkzaamheden wordt per bodemroerende activiteit vastgesteld welke invloedsfactoren op de mogelijk achtergebleven OO op kunnen treden ten gevolge van de werkzaamheden.

6.1 VOORBEREIDENDE ONDERZOEKEN

In het kader van de voorbereiding van de beoogde ontwikkeling van het bedrijventerrein worden diverse onderzoeken uitgevoerd. In de volgende paragrafen worden de voorbereidende onderzoeken beschreven.

6.1.1 Grondboringen en peilbuizen

Op het terrein worden diverse handmatige grondboringen uitgevoerd. Deze boringen worden uitgevoerd in het kader van bodemkundig, geotechnisch, archeologisch en milieuhygiënisch onderzoek. De boringen worden doorgaans uitgevoerd met behulp van een edelmanboor. De maximale boordiepte bedraagt ongeveer 4,0 m – maaiveld. Het opgeboorde materiaal wordt op het maaiveld beschreven (bodempartering) of verzameld in grondmonsters die later worden geanalyseerd (milieuhygiënisch en/of geotechnisch onderzoek).

In het boorgat kan een filterbuis worden geplaatst voor het bepalen van de grondwaterstand en/of het nemen van grondwatermonsters. Het plaatsen van een peilbuis vindt gewoonlijk plaats door het fluidiseren van de ondergrond in combinatie met het direct inbrengen van de peilbuis. Dit fluidiseren wordt gerealiseerd door handmatig een spuitlans in te brengen door het midden van de peilbuis.

Als veel boringen moeten worden geplaatst en/of boringen tot grote diepte moeten worden uitgevoerd wordt dit veelal machinaal uitgevoerd. Hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar, zoals sonisch boren, holle avegaar en volle avegaar.

Bij sonisch boren wordt in de boorkop een hoogfrequente slagkracht gecreëerd. De trillingen die hieruit voortvloeien, worden overgezet op de boorbuis waardoor de grond gefluidiseerd wordt. Het gewicht van de machine duwt vervolgens de buizen de grond in.

De volle avegaarboor bestaat uit een ronddraaiende spiraal die wordt aangestuurd door een boormotor. De draaiende beweging zorgt ervoor dat de boor zichzelf de grond in schroeft. Vervolgens wordt de met grond gevulde boor omhooggetrokken.

De holle avegaarboor bestaat uit een spiraalboor met een holle binnenkant. Door de buis te vullen met werkwater alvorens de punt wordt verwijderd, loopt er geen grond of spoeling in de buis. Hierdoor kunnen op de gewenste diepte(s) één of meerdere peilbuizen worden aangebracht en kan het boorgat worden afgewerkt met grind en zwelklei.

Noot:

De beschreven werkzaamheden kunnen tevens voorkomen bij de inrichting van het terrein en/of de exploitatie in het kader van de realisatie van warmte/koude opslag en/of industriële grondwateronttrekkingen.

Invloedsfactoren op OO:

Bij het uitvoeren van grondboringen en het plaatsen van peilbuizen kunnen de volgende invloedsfactoren optreden:

- Deformatie van de springstof (DS);
- Het blootstellen van een rook- en/of brandstichtende hoofdloading aan zuurstof uit de buitenlucht (ZB).
- Mechanische impact op het lichaam van een OO, waardoor zich een schokgolf door het OO-lichaam verplaatst, die zich doorzet in de ontsteker (MI);
- Deformatie van het OO en in het bijzonder de geplaatste ontsteker (DO);
- Beweging van een OO met een gewapende ontsteker van het voorgespannen slagpinveer type (BE).

6.1.2 Geotechnisch sondeonderzoek

Het geotechnisch sondeonderzoek, waarbij een sondering wordt uitgevoerd, is een type booronderzoek waarbij in het veld metingen aan de ondergrond worden gedaan door een kegelvormige sonde met een constante snelheid de grond in te drukken. Traditioneel is het doel met de sonde parameters te bepalen als de weerstand en de wrijving, die de conus op de weg naar beneden ondervindt, om daaruit mechanische eigenschappen van de ondergrond af te leiden.

Invloedsfactoren op OO:

Bij het uitvoeren van geotechnische sonderingen kunnen de volgende invloedsfactoren optreden:

- Deformatie van de springstof (DS);
- Mechanische impact op het lichaam van een OO, waardoor zich een schokgolf door het OO-lichaam verplaatst, die zich doorzet in de ontsteker (MI);
- Deformatie van het OO en in het bijzonder de geplaatste ontsteker (DO);
- Beweging van een OO met een gewapende ontsteker van het voorgespannen slagpinveer type (BE).

6.2 OPHOGEN

Groningen Seaports hoogt het hele onderzoeksgebied op. Hiertoe wordt tot 2,0 tot maximaal 3,0 m zand opgebracht. Voorafgaand aan de ophoging wordt de grasmat (waar aanwezig) gefreesd. Mogelijk wordt ook de bouwvoor ontgraven. De ontgraven teelaarde wordt in dit geval afgevoerd en elders toegepast. Het ophoogzand wordt naar verwachting per as in het gebied gebracht en verwerkt.

Mogelijk wordt verticale drainage toegepast om de waterspanning te verlagen en de zetting te versnellen. Hierbij wordt een kunststof drain door middel van een stalen lans in de grond gebracht. De lans wordt in de grond geduwd en teruggetrokken door een systeem van cilinders en lieren, die op hun beurt worden aangedreven door het hydraulische systeem van de basis machines.

Invloedsfactoren op OO:

De freesdiepte bedraagt ongeveer 5 tot maximaal 20 cm. Als een OO geraakt wordt kan dit vanwege de grote hoeveelheid energie waarmee dit gebeurt leiden tot initiatie van het OO. Als de bouwvoor wordt ontgraven kan dit leiden tot deformatie, mechanische impact en/of het bewegen van een OO. Eventueel optredende spoorvorming kan leiden tot een stand verandering (beweging) van een OO ten gevolge van de optredende zettingen. Het risico hierop wordt echter als zeer gering ingeschat.

De volgende invloedsfactoren kunnen bij het ophogen van het terrein optreden:

- Deformatie van de springstof (DS);
- Mechanische impact op het lichaam van een OO, waardoor zich een schokgolf door het OO-lichaam verplaatst, die zich doorzet in de ontsteker (MI);
- Deformatie van het OO en in het bijzonder de geplaatste ontsteker (DO);
- Beweging van een OO met een gewapende ontsteker van het voorgespannen slagpinveer type (BE).

6.3 HORIZONTALE DRAINAGE

Voor verbetering van de afvoer van grondwater wordt mogelijk horizontale drainage aangebracht. Bij horizontale drainage worden buizen die voorzien zijn van een drainage filter door middel van een kettinggraver, sleufloze draineermachine of diepgraver in de grond geplaatst. De drainagebuizen kunnen aangebracht worden met een sleufopvulling van zand, grind of een ander vulmateriaal. De drainagebuizen kunnen al naar gelang de functie worden aangebracht tot een diepten tot 8 m-maaiveld.

Invloedsfactoren op OO:

De volgende invloedsfactoren kunnen hierbij (afhankelijk van de gekozen werkmethode) optreden:

- Deformatie van de springstof (DS);
- Mechanische impact op het lichaam van een OO, waardoor zich een schokgolf door het OO-lichaam verplaatst, die zich doorzet in de ontsteker (MI);
- Deformatie van het OO en in het bijzonder de geplaatste ontsteker (DO);
- Beweging van een OO met een gewapende ontsteker van het voorgespannen slagpinveer type (BE).

6.4 PLAATSEN VAN FUNDERINGEN, PALEN EN DAMWANDEN

In het onderzoeksgebied worden op diverse locaties funderingen, palen en damwanden aangebracht ten behoeve van onder andere leidingstraten, gebouwen en bouwkuipen. De funderingen, palen en damwanden worden door middel van heien en/of hoogfrequent trillen aangebracht.

Invloedsfactoren op OO:

Bij het aanbrengen van funderingen, palen en damwanden kunnen de volgende invloedsfactoren optreden:

- Deformatie van de springstof (DS);
- Mechanische impact op het lichaam van een OO, waardoor zich een schokgolf door het OO-lichaam verplaatst, die zich doorzet in de ontsteker (MI);
- Deformatie van het OO en in het bijzonder de geplaatste ontsteker (DO);
- Beweging van een OO met een gewapende ontsteker van het voorgespannen slagpinveer type (BE).

6.5 GESTUURDE BORINGEN EN PERSINGEN

Voor de aanleg van kabels en leidingen worden mogelijk gestuurde boringen en persingen uitgevoerd. Gestuurde boringen bestaan uit drie fases: eerst wordt een pilotboring uitgevoerd, hierna wordt het boorgat verruimd en tot slot wordt de kabel/leiding in het geboorde gat getrokken. Bij het uitvoeren van de boring worden boorbuisen met een boorkop in de grond gedrukt.

De boorkop kan worden gestuurd. Meestal wordt hiervoor gebruik gemaakt van een jet-bit stuursysteem. Tijdens het boren draait de boorkop, waardoor de boring in een rechte lijn gaat.

Gestuurde boringen worden meestal uitgevoerd over grotere afstanden. De diepte van de boring is vaak zo groot dat de boring zich voor een groot deel onder de verdachte laag bevindt. Veelal wordt alleen nabij het in- en uitredepunt de verdachte laag gekruist.

Persingen zijn horizontale niet gestuurde boringen. Deze worden veelal gebruikt om een object zoals een weg of inrit sleufloos te kruisen. Persingen bevinden zich daarom meestal niet op grotere diepte. Bij een persing wordt aan één zijde een sleuf/gat gegraven waarin een stalen buis en raket worden aangebracht om vervolgens de stalen buis onder het object door te persen. De raket wordt met luchtdruk aangedreven. De diepte van de raketboringen beperkt zich waarschijnlijk tot de ophooglaag.

Invloedsfactoren op OO:

Bij het aanbrengen van gestuurde boringen en persingen kunnen de volgende invloedsfactoren optreden:

- Deformatie van de springstof (DS);
- Mechanische impact op het lichaam van een OO, waardoor zich een schokgolf door het OO-lichaam verplaatst, die zich doorzet in de ontsteker (MI);
- Deformatie van het OO en in het bijzonder de geplaatste ontsteker (DO);
- Beweging van een OO met een gewapende ontsteker van het voorgespannen slagpinveer type (BE).

6.6 ONTGRAVEN

Ten behoeve van de ontwikkeling van het onderzoeksgebied tot bedrijventerrein vinden diverse ontgravingen plaats ten behoeve van onder andere watergangen, bouwkuipen, kabels en leidingen. Veel van de ontgravingen vinden plaats nadat het terrein is opgehoogd (bijvoorbeeld voor kabels en leidingen) en beperken zich tot de opgehoogde laag. In dit geval treden geen effecten op OO op.

Invloedsfactoren op OO:

De volgende invloedsfactoren kunnen bij de ontgravingen onder het niveau van de ophooglaag optreden:

- Deformatie van de springstof (DS);
- Blootstellen van de hoofdlading aan zuurstof uit de buitenlucht (ZB);
- Mechanische impact op het lichaam van een OO, waardoor zich een schokgolf door het OO-lichaam verplaatst, die zich doorzet in de ontsteker (MI);
- Deformatie van het OO en in het bijzonder de geplaatste ontsteker (DO);
- Beweging van een OO met een gewapende ontsteker van het voorgespannen slagpinveer type (BE).

6.7 TERREININRICHTING

De uitgegeven kavels en de openbare ruimte worden ingericht. Hierbij worden verhardingen, hekwerken, beplantingen en straatmeubilair aangebracht. De terreininrichting wordt aangebracht nadat het terrein is opgehoogd. De diepte van de grondroeringen ten behoeve van de terreininrichting is overwegend kleiner dan de dikte van de opgebrachte ophooglaag. In dit geval treden geen invloedsfactoren op OO op.

Invloedsfactoren op OO:

Alleen als de diepte van de grondroeringen groter is dan de dikte van de ophooglaag kunnen de volgende invloedsfactoren op OO optreden:

- Deformatie van de springstof (DS);
- Blootstellen van de hoofdlading aan zuurstof uit de buitenlucht (ZB);
- Mechanische impact op het lichaam van een NGE, waardoor zich een schokgolf door het NGE-lichaam verplaatst, die zich doorzet in de ontsteker (MI);
- Deformatie van het NGE en in het bijzonder de geplaatste ontsteker (DO);
- Beweging van een NGE met een gewapende ontsteker van het voorgespannen slagpinveer type (BE).
- Het veroorzaken van versnellingen (trillingen) in de (water-)bodem waarin zich een NGE met een gewapende ontsteker van het voorgespannen slagpinveer type bevindt (V).

6.8 TERREINEXPLOITATIE

Tijdens de reguliere exploitatie van het terrein treden geen aanvullende invloedsfactoren op OO op. Invloedsfactoren op OO treden uitsluitend op als grondroerende activiteiten worden verricht, nadat het terrein in gebruik is genomen. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als een nieuw gebouw wordt gerealiseerd. De grondroeringen die tijdens de exploitatiefase kunnen worden uitgevoerd zijn in te delen in één van de in dit hoofdstuk beschreven categorieën.

7 IDENTIFICATIE VAN UITWERKINGSFACTOREN

Bij de detonatie van een met springstof gevuld OO komt in een zeer korte tijd een grote hoeveelheid energie vrij. De vrijgekomen energie uit zich in een deel thermische energie en een deel mechanische energie. De uitwerkingsverschijnselen van een detonatie zijn scherfwerking, gasdruk, schokgolf en hitte. De luchtdruk, schokgolf en scherfwerking kunnen een alom vernietigende uitwerking hebben op de omgeving van het detonatiepunt en schade en (dodelijk) letsel veroorzaken. In dit hoofdstuk worden de uitwerkingseffecten van de mogelijk achtergebleven soorten OO beschreven.

7.1 SCHERFWERKING

Scherfwerking ontstaat doordat bij een detonatie het stalen lichaam van het OO verscherft en door de drukwerking met een hoge snelheid wordt weggeblazen. Bij scherfwerking, ook wel fragmentatie genoemd, wordt onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire scherven. Primaire scherven zijn afkomstig van het OO-lichaam. Secundaire scherven zijn afkomstig van materialen uit de directe omgeving van het detonatiepunt, zoals puin.

Als een detonatie onder de aangebrachte ophooglaag plaatsvindt (bijvoorbeeld tijdens heiwerkzaamheden) zal het aanwezige zandpakket de scherfwerking en luchtdruk aanzienlijk verminderen. De schokgolf in de bodem wordt in dit geval wel versterkt.

7.1.1 Schervengevarenzone

De schervengevarenzone is het gebied rond de ligplaats van een explosief, waar bij een eventuele explosie gerede kans bestaat dat men door scherven van het explosief of secundaire scherven van bijvoorbeeld puin wordt getroffen.⁹

De omvang van de schervengevarenzone is afhankelijk van de hoeveelheid springstof die in het OO aanwezig is. In Tabel 6 zijn de schervengevarenzones voor fragmenten van het OO-lichaam weergegeven. In de rechter kolom zijn voorbeelden gegeven van OO die in het onderzoeksgebied kunnen zijn achtergebleven. De vermelde afstanden zijn van toepassing op OO die zich op, of dicht onder het maaiveld bevinden.

NEG ¹⁰ [kg]	Schervengevarenzone fragmenten [m]	Typen en kalibers OO
0 – 0,5	200	Hand- en geweergranaten, geschutmunitie 2cm, 5 cm
0,5 – 1,0	250	Geschutmunitie 7,5 cm, 8,8 cm, 25 pponder
1,5 – 2,0	360	Geschutmunitie 105 mm ¹¹
2,0 – 2,5	410	Geschutmunitie 105 mm ¹²

Tabel 6: Straal van het gebied waarin tijdens demontagehandelingen of tijdens een “niet-afgedekte” vernietiging maatregelen tegen scherfwerking moeten worden genomen. ¹³

⁹ Bron: VS 9-861, Voorschrift opruimen en Ruimen van Explosieven, druk 2, 29 september 2010.

¹⁰ Netto Explosief Gewicht.

¹¹ Afhankelijk van type.

¹² Idem.

¹³ Bron: HB EOD, Handboek Explosive Ordnance Disposal support to National Operations, kenmerk LAND-ENG-EOD-01, d.d. 12-06-2020.

7.2 GASDRUK

Eén van de effecten van een explosie is de plotselinge drukverhoging. Dit is een direct gevolg van de snelle uitzetting van de hete, gasvormige reactieproducten die worden gevormd tijdens de explosie. Deze drukverhoging zal zich in de vorm van een golf van het explosiepunt af bewegen.

Gasdruk heeft effect op het menselijk lichaam. Het kan schade veroorzaken aan met name de met lucht gevulde organen (longen, oren). Longschade kan leiden tot overlijden.

Een sterke schokgolf of drukgolf wordt vergezeld door een explosiewind van orkaankracht. Deze wind kan mensen omverwerpen en/of meesleuren. Een persoon hierdoor op zijn hoofd terecht komen of tegen een hard en star object botsen. De eventuele letale gevolgen van meesleuren worden voornamelijk veroorzaakt door deze botsingen.

De gasdruk kan ook dakpannen van daken blazen, ruiten laten springen en lichte constructies omverblazen.

7.3 SCHOKGOLF

Dit is de heftige trilling die ontstaat bij de explosie en zich voortplant door de omringende materie. Hoe dichter de omringende materie, hoe verder de schokgolf zich kan voortplanten. Wanneer een explosief onder het aardoppervlak detoneert ontstaat een schokgolf, die zich in de vorm van een aardshok voortplant door de grond en door alle daarin aanwezige voorwerpen. Hierbij kunnen op grotere afstand gelegen leidingen, fundamenten, etc. vernield of beschadigd raken.

Wanneer een explosief in de lucht detoneert ontstaan vanuit het springpunt schokgolven, die in concentrische cirkels uitdijen. Zij hebben dezelfde aard als geluidsgolven en verplaatsen de lucht dus niet, maar geven de schok door aan de naastliggende luchtmoleculen. De eerste golf is het sterkst en zal dus de meeste schade aanrichten.

7.4 HITTE EN BRAND

Bij explosies is er altijd sprake van hitteontwikkeling. Bij bepaalde groepen van munitie, zoals licht-, sein-, rook-, brand- en springrook munitie, is het gevaar van hitte en brand langer aanwezig.

In rook- en brandstichtende munitie is veelal witte fosfor aanwezig. Bij ontbranding van witte fosfor komt giftige rook vrij die schadelijk is bij inademing.

8 OO-RISICOANALYSE

In dit hoofdstuk wordt op basis van de uitwerking van de invloed- en uitwerkingsfactoren bepaald welke risico's aanvaardbaar zijn en welke niet. Hiervoor wordt een "Semi Kwantitatieve Risico Analyse (SKRA)" gebruikt. Deze methode wordt beoordeeld als de beste, thans beschikbare methode om te komen tot een goede risicobeoordeling. Vervolgens worden de geadviseerde mitigerende maatregelen beschreven.

8.1 RISICO MATRIX

De in Tabel 7 weergegeven matrix is gebruikt om het risico te kwantificeren. Elk specifiek OO-risico is beoordeeld op de kans van voorkomen (waarschijnlijkheid) en de effecten/gevolgen (impact). De waarschijnlijk is gerelateerd aan de invloedfactoren en de impact aan de uitwerkingsfactoren.

		Waarschijnlijkheid				
		A	B	C	D	E
Impact	1	LAAG 1	LAAG 2	LAAG 3	LAAG 4	GEMIDDELD 5
	2	LAAG 2	LAAG 4	LAAG 6	GEMIDDELD 8	GEMIDDELD 10
	3	LAAG 3	GEMIDDELD 6	GEMIDDELD 9	GEMIDDELD 12	GEMIDDELD 15
	4	GEMIDDELD 4	GEMIDDELD 8	HOOG 12	HOOG 16	HOOG 20
	5	HOOG 5	HOOG 10	HOOG 15	HOOG 20	HOOG 25

Tabel 7: Risico matrix (A = Zeer onwaarschijnlijk, B = Onwaarschijnlijk, C = Mogelijk, D = Kansrijk, E = Zeer kansrijk, 1 = Minimaal, 2 = Matig, 3 = Ernstig, 4 = Groot, 5 = Catastrofaal).

8.2 BEPALING WAARSCHIJNLIJKHEID

In deze paragraaf wordt de beoordeling van de waarschijnlijkheid van een detonatie door de diverse voorgenomen werkzaamheden toegelicht. Hierbij wordt rekening gehouden met de aard van de werkzaamheden.

8.2.1 Voorbereidende onderzoeken

Handboringen hebben naar verwachting geen effect op ontstekingsinrichtingen van geschutmunitie, gezien de veelal stugge ophoudveren die aanwezig zijn in de ontstekingen. De waarschijnlijkheid wordt als zeer onwaarschijnlijk (A) beoordeeld.

Een ontsteker kan echter door mechanische boringen of sonderingen (mits op de juiste plek geraakt) wel worden geïnitieerd. De waarschijnlijkheid hiervan wordt als onwaarschijnlijk (B) beoordeeld.

8.2.2 Ophogen

Bij het frezen van de zode bestaat de kans op detonatie door de grote hoeveelheid energie die op een eventueel aanwezig OO wordt overgebracht. Bij het aanbrengen van verticale drainage wordt een stalen lans machinaal met kracht de bodem ingedrukt. Bij het ontgraven van grond kan een OO met de graafbak hard worden geraakt. Hierdoor kan deformatie van het OO en de ontsteker optreden. Ook kan een OO worden bewogen. De waarschijnlijkheid dat door frezen, ontgraven en het aanbrengen van verticale drainage een detonatie wordt veroorzaakt indien een OO wordt geraakt wordt ingeschat als mogelijk (C).

8.2.3 Plaatsen funderingen, palen en damwanden

Bij het plaatsen van funderingen, palen en damwanden door heien en/of trillen wordt een grote hoeveelheid energie overgebracht. Als een OO wordt geraakt kan een detonatie worden veroorzaakt. De waarschijnlijkheid dat door het plaatsen van funderingen, palen en damwanden een detonatie wordt veroorzaakt wordt ingeschat als mogelijk (C).

8.2.4 Gestuurde boringen en persingen

Bij gestuurde boringen is de hoeveelheid energie die wordt overgedragen aan een OO beperkt. Ook bevindt slechts een klein deel van het traject van de gestuurde boring zich binnen de op OO verdachte laag. De waarschijnlijkheid dat door een gestuurde boring een detonatie wordt veroorzaakt wordt ingeschat als onwaarschijnlijk (B).

Bij persingen wordt aanzienlijk meer energie overgedragen op een OO. Echter, de persingen worden uitgevoerd in de ophooglaag die wordt aangebracht. De waarschijnlijkheid dat door een persing een detonatie wordt veroorzaakt wordt daarom ingeschat als zeer onwaarschijnlijk (A).

8.2.5 Ontgraven

Bij het ontgraven van grond kan een OO met de graafbak hard worden geraakt. Hierdoor kan deformatie van het OO en de ontsteker optreden. Ook kan een OO worden bewogen. De waarschijnlijkheid dat door ontgraven een detonatie wordt veroorzaakt wordt ingeschat als mogelijk (C).

8.2.6 Terreininrichting

De terreininrichting wordt aangebracht nadat het terrein is opgehoogd. De diepte van de grondroeringen is veelal geringer dan de dikte van de ophooglaag. Voor deze situatie wordt de waarschijnlijkheid dat door het aanbrengen van terreininrichting een detonatie wordt veroorzaakt beoordeeld als zeer onwaarschijnlijk (A).

Indien de diepte van de grondroeringen groter is dan de dikte van de ophooglaag wordt de waarschijnlijkheid dat hierdoor een detonatie wordt veroorzaakt ingeschat als mogelijk (C).

8.3 BEPALING IMPACT

Bij de bepaling van de impact van een detonatie moet onderscheid gemaakt worden tussen de impact die optreedt bij detonatie van een ondiep begraven OO en een OO onder de ophooglaag. Ook is de impact afhankelijk van de explosieve inhoud van het OO. In deze paragraaf wordt de impact van een detonatie voor de verschillende situaties bepaald.

8.3.1 Voorbereidende onderzoeken

Als bij het uitvoeren van handboringen een OO wordt geïnitieerd is de kans op ernstig letsel groot. De kans op letsel en de ernst van het letsel zijn afhankelijk van de grootte van het OO en de diepte waarop de detonatie plaatsvindt. Vanwege de relatief grote explosieve inhoud van sommige kalibers geschutmunitie is het effect van een detonatie van een dergelijk OO groot. Een detonatie zal in zo'n geval zeer waarschijnlijk fataal zijn voor de direct betrokken personeelsleden. Bij een detonatie van een kleiner OO (bijvoorbeeld een 2 cm granaat) treedt vrijwel zeker letsel op. De impact is daarom beoordeeld als ernstig (3) tot groot (4).

8.3.2 Ophogen

Voor het frezen van de zode en het ontgraven van de bouwvoor geldt dat een detonatie vlak onder het maaiveld optreedt. Hierdoor is de impact als ernstig (3) tot groot (4) beoordeeld, afhankelijk van het soort OO en de explosieve inhoud.

Bij het aanbrengen van verticale drainage is de ophooglaag al aanwezig. Dit betekent dat in geval van een detonatie 2,0 tot 3,0 m (droog) zand aanwezig is tussen het detonatiepunt en het maaiveld.¹⁴ Zand heeft vanwege de open structuur een aanzienlijk reducerend effect op de scherfwerking en de gasdruk.

Het HB EOD¹⁵ geeft veiligheidsafstanden voor een gecontroleerde vernietiging van OO. De geringste veiligheidsstraal geldt bij OO die 15 kalibers diep zijn ingegraven (15 maal de doorsnede van het OO). Voor OO met een NEG van 0 tot 5 kg geldt een veiligheidsafstand van 25 m. Het grootste kaliber OO dat kan zijn achtergebleven betreft een 105 mm granaat (doorsnede 105 mm). Deze is in geval van een detonatie tenminste 19 kalibers diep ingegraven. De impact van een detonatie van een OO wordt daarom beoordeeld als matig (2).

8.3.3 Plaatsen funderingen, palen en damwanden

Bij het plaatsen van funderingen, palen en damwanden is de ophooglaag al aanwezig. Hierdoor is de impact hetzelfde beoordeeld als voor het aanbrengen van verticale drainage (zie paragraaf 8.3.2).

De impact van een detonatie van een OO wordt beoordeeld als matig (2).

8.3.4 Gestuurde boringen en persingen

Bij gestuurde boringen is de ophooglaag al aanwezig. Hierdoor is de impact hetzelfde beoordeeld als voor het aanbrengen van verticale drainage (zie paragraaf 8.3.2).

De impact van een detonatie van een OO wordt beoordeeld als matig (2).

Omdat de persingen worden uitgevoerd in de ophooglaag die vrij is van OO wordt de impact van een detonatie ingeschat op minimaal (A).

¹⁴ De dikte van de ophooglaag is afhankelijk van de huidige maaiveldhoogte en de toekomstige maaiveldhoogte en kan daardoor binnen het plangebied variëren.

¹⁵ HB EOD, Handboek Explosive Ordnance Disposal support to National Operations, kenmerk LAND-ENG-EOD-01, d.d. 12-06-2020.

8.3.5 Ontgraven

Voor ontgravingen waarvan de diepte kleiner is dan de dikte van de ophooglaag geldt dat gegraven wordt in grond die niet verdacht is op de aanwezigheid van OO. Om deze reden is de impact beoordeeld als minimaal (1).

Bij ontgravingen waarvan de diepte groter is dan de dikte van de ophooglaag is geen sprake meer van een ingegraven OO. De detonatie kan aan het oppervlak plaatsvinden. Hierdoor treedt scherfwerking en luchtdrukwerking op. Dit kan zelfs bij een OO met een klein kaliber (zoals een handgranaat) een aanzienlijke impact hebben op personeel en materieel dat betrokken is bij de ontgraving. De impact is daarom als ernstig (3) tot groot (4) beoordeeld, afhankelijk van het soort OO en de explosieve inhoud.

8.3.6 Terreininrichting

Bij het aanbrengen van terreininrichting is de ophooglaag al aanwezig. Als de diepte van de grondroeringen kleiner is dan de dikte van de ophooglaag geldt dat gewerkt wordt in grond die niet verdacht is op de aanwezigheid van OO. Om deze reden is de impact beoordeeld als minimaal (1).

Bij grondroeringen dieper dan de dikte van de ophooglaag is de impact hetzelfde beoordeeld als voor het aanbrengen van verticale drainage en het plaatsen van funderingen, palen en damwanden (zie paragraaf 8.3.2 en 8.3.3).

De impact van een detonatie van een OO wordt beoordeeld als matig (2).

8.4 RESULTATEN RISICOANALYSE

Op basis van de risicomatrix (zie Tabel 7) en de ingeschatte waarschijnlijkheid en impact is de risicoscore bepaald. De risicoscore bestaat uit het product van de waarschijnlijkheid en de impact.

Risicoscore (R) = Waarschijnlijkheid (W) x Impact (I)

Vergelijking 1: Formule voor de bepaling van de risicoscore.

In Tabel 8 is de risicoscore voor de verschillende activiteiten weergegeven. De weergegeven waarden voor de risicoscore (R) zijn de hoogste berekende waarden als meerdere impactwaarden zijn bepaald (afhankelijk van het NEG van het OO).

Activiteit	W	I	R
Vorbereidend onderzoek			
Handboringen	A	3-4	4 (GEMIDDELD)
Mechanische boringen en sonderingen	C	3-4	12 (HOOG)
Ophogen			
Frezen	C	3-4	12 (HOOG)
Ontgraven bouwvoor	C	3-4	12 (HOOG)
Ophogen	A	1	1 (LAAG)
Verticale drainage	C	2	6 (LAAG)
Plaatsen van funderingen, palen en damwanden			
Plaatsen van funderingen, palen en damwanden	C	2	6 (LAAG)
Gestuurde boringen en persingen			
Gestuurde boringen	B	2	4 (LAAG)
Persingen	A	1	1 (LAAG)
Ontgraven			
Ontgraven diepte < dikte ophooglaag	A	1	1 (LAAG)
Ontgraven diepte > dikte ophooglaag	C	3-4	12 (HOOG)
Terreininrichting			
Diepte grondroering < dikte ophooglaag	A	1	1 (LAAG)
Diepte grondroering > dikte ophooglaag	C	2	6 (LAAG)

Tabel 8: Risicoscore per activiteit.

Voor alle activiteiten met een risicoscore in de klasse LAAG zijn de OO gerelateerde risico's acceptabel klein. Er zijn voor deze activiteiten geen risicobeperkende of -mitigerende maatregelen nodig om het risico verder terug te dringen.

Voor alle activiteiten met een risicoscore in de klasse GEMIDDELD en HOOG dienen risicobeperkende en/of -mitigerende maatregelen te worden getroffen om de risico's tot een acceptabel niveau terug te dringen (zie hoofdstuk 9).

9 GEADVISEERDE MITIGERENDE MAATREGELEN

Dit hoofdstuk beschrijft de mitigerende maatregelen die worden geadviseerd om de risico's voortvloeiend uit de mogelijke aanwezigheid van OO tijdens de ontwikkeling van het bedrijventerrein tot een acceptabel niveau terug te dringen. De geadviseerde mitigerende maatregelen zijn alleen van toepassing binnen de afgebakende verdachte gebieden. In het deel van het onderzoeksgebied dat niet als verdacht gebied zijn afgebakend zijn geen mitigerende maatregelen met betrekking tot OO van toepassing.

9.1 VOORBEREIDENDE ONDERZOEKEN

Bij de uitvoering van de voorbereidende onderzoeken kunnen invloedsfactoren optreden die op hun beurt kunnen leiden tot een detonatie van een OO. Het risico op een detonatie kan op de volgende manieren worden teruggedrongen:

- Het vermijden van de op OO verdachte gebieden bij de uitvoering van de voorbereidende onderzoeken.
- Het voorafgaand aan het voorbereidend onderzoek vrijgeven van de onderzoekslocaties door middel van detectie. De detectie kan worden uitgevoerd door middel van realtime passieve oppervlakedetectie. Als zoekdoel wordt OO met een kaliber ≥ 5 cm geadviseerd. Geadviseerd wordt de op gedumpte OO verdachte gebieden te vermijden. Hier kunnen OO zich onder het detectiebereik van de detectieapparatuur bevinden. Gedetecteerde objecten die aan het zoekdoel voldoen dienen te worden gemeden. De onderzoekslocatie dient in dit geval te worden verplaatst naar een locatie waar geen objecten aanwezig zijn.

9.2 OPHOGEN

Voorafgaand aan het ophogen wordt de zode gefreesd en/of wordt de bouwvoor ontgraven. Dit kan leiden tot een detonatie. Het risico op een detonatie kan als volgt worden gemitigeerd:

- Het voorafgaand aan frezen en/of ontgraven detecteren van op OO verdachte gebied door middel van non-realttime passieve oppervlakedetectie en het aansluitend benaderen van de gedetecteerde objecten die aan het zoekdoel voldoen. Het zoekdoel voor deze detectie bestaat uit OO met een kaliber groter of gelijk aan 5 cm. Kleinere soorten en kalibers OO hoeven niet te worden opgespoord. Vanwege de voormalige aanwezigheid van een boerderij in het gebied dient rekening te worden gehouden met de aanwezigheid van detectieverstoringen in de vorm van bijmenging van puinresten.

Na het uitvoeren van bovengenoemd onderzoek kan de verticale drainage zonder aanvullende maatregelen geplaatst worden.

9.3 PLAATSEN VAN FUNDERINGEN, PALEN EN DAMWANDEN

In het onderzoeksgebied worden op diverse locaties funderingen, palen en damwanden aangebracht ten behoeve van onder andere leidingstraten, gebouwen, aanlegvoorzieningen en bouwkuipen. De funderingen, palen en damwanden worden aangebracht nadat het terrein bouwrijp is gemaakt en de ophooglaag is aangebracht. Indien het advies voor ophogen wordt gevolgd zijn geen aanvullende mitigerende maatregelen meer nodig.

9.4 ONTGRAVEN

Het verrichten van ontgravingen waarvan de diepte kleiner is dan de dikte van de ophooglaag leidt niet tot invloedsfactoren die kunnen leiden tot een detonatie. Er zijn dan ook geen mitigerende maatregelen nodig ten behoeve van deze ontgravingen.

Als de diepte van de ontgravingen groter is dan de dikte van de ophooglaag treden wel invloedsfactoren op OO op. Indien het advies voor ophogen wordt gevolgd zijn echter geen aanvullende mitigerende maatregelen meer nodig.

9.5 TERREININRICHTING

Bin het aanbrengen van terreininrichting is de diepte van de grondroeringen veelal kleiner dan de dikte van de ophooglaag. In dit geval leiden de werkzaamheden niet tot invloedsfactoren die kunnen leiden tot een detonatie. Er zijn dan ook geen mitigerende maatregelen nodig ten behoeve van deze werkzaamheden.

Als de diepte van de grondroeringen groter is dan de dikte van de ophooglaag treden wel invloedsfactoren op OO op. Indien het advies voor ophogen wordt gevolgd zijn echter geen aanvullende mitigerende maatregelen meer nodig.

9.6 INTEGRALE AANPAK OO GERELATEERDE RISICO'S

Om te komen tot een zo efficiënt mogelijk proces met betrekking tot het mitigeren van de OO gerelateerde risico's wordt geadviseerd om voorafgaand aan het aanbrengen van de voorbelasting het gehele verdachte gebied door middel van non-realttime passieve oppervlakedetectie te onderzoeken en, waar nodig, gedetecteerde verstoringen die voldoen aan het zoekdoel aansluitend te benaderen/verwijderen.

Het zoekdoel bestaat uit OO met een kaliber ≥ 5 cm tot een diepte van maximaal 1,5-2,0 m-maaiveld.

Na afronding van de geadviseerde opsporing kunnen alle overige werkzaamheden veilig worden uitgevoerd. De mogelijke aanwezigheid van OO met een kaliber ≤ 5 cm leidt na het aanbrengen van de ophooglaag niet tot onacceptabele veiligheidsrisico's.

9.7 AANTREFFEN STOFFELIJKE RESTEN

Tijdens de opmars van de Canadezen naar Delfzijl trokken de Duitsers zich terug uit Appingedam en verschansten zich op de stelling Delfzijl. Een van hen ontdekte op dinsdag 24 april de Joodse broers Sleutelberg. Ze werden naar de SD-Dienststelle in Delfzijl gebracht. In de nacht van 24 op 25 april werden de broers door Siert Bruins van de SD op een onbekende plek in Delfzijl vermoord. Bruins heeft nooit opheldering gegeven over waar de stoffelijke overschotten zijn gebleven. Het vermoeden bestaat dat de lichamen zijn achtergelaten in een van de loopgraven in de omgeving van het onderzoeksgebied.

De kans bestaat dat bij het uitvoeren van grondwerkzaamheden stoffelijke resten worden aangetroffen. Een vondst dient altijd en direct bij de politie (0900-88 44) gemeld te worden. Bij menselijke resten kan het namelijk ook om een slachtoffer van een misdrijf gaan. De politie stelt aan de hand van bijvoorbeeld een helm of uitrusting vast of het om een slachtoffer uit de Tweede Wereldoorlog gaat. Is dit het geval, dan schakelt de politie de Bergings- en Identificatiedienst Koninklijke Landmacht (BIDKL) in.

BIJLAGE A: TOELICHTING DETECTIEMETHODEN

Onder detecteren wordt verstaan: “het vaststellen van de aanwezigheid van (mogelijke) OO door het, met behulp van detectieapparatuur, uitvoeren van een meting en de beoordeling van de meetgegevens”.

In deze bijlage wordt op hoofdlijnen ingegaan op de toepasbaarheid van verschillende detectiemethoden.

Realtime detectie

Realtime detectie is een detectiemethode waarbij, na detectie van mogelijk verdachte objecten, direct wordt overgegaan tot het lokaliseren en benaderen. De verkregen meetgegevens worden niet digitaal opgeslagen/vastgelegd. Realtime detectie wordt vooral toegepast voor:

- het inmeten van restgebieden na het uitvoeren van computerondersteunde oppervlakedetectie;
- laagsgewijze detectie in gebieden waar veel ferromagnetische verstoringen en/of bijmengingen aanwezig zijn;
- het vrijgeven van locaties voor milieukundig, bodemkundig, grondmechanisch en archeologisch onderzoek;
- het lokaliseren van objecten die door middel van computerondersteunde detectie zijn geïnterpreteerd.

Analoge detectie kan worden uitgevoerd met zowel actieve als passieve detectieapparatuur.

Analoge detectie wordt in principe alleen uitgevoerd op locaties waar computerondersteunde detectie niet mogelijk is. De reden hiervan is dat de beslissing om wel of niet over te gaan tot het benaderen van een object bij één persoon ligt (de operator). Ook ligt de kostprijs van deze vorm van detectie hoger dan die voor Non-realtime detectie.

Non-realtime detectie

Bij het uitvoeren van non-realtime detectie worden de meetgegevens opgeslagen en op een later tijdstip worden geïnterpreteerd. Deze opsporingsmethode kan worden toegepast als de OO worden verwacht tot een diepte die binnen het meetbereik ligt van de in te zetten detectieapparatuur. Bij non-realtime detectie worden de meetgegevens digitaal verzameld in een datalogger of computer. Hierbij worden de posities van gedetecteerde ferro-houdende objecten (waaronder mogelijke OO) in X-, Y- en Z-richting vastgelegd. De meetgegevens worden op een later tijdstip geïnterpreteerd. Hiervoor wordt een speciaal voor dat doel ontwikkeld softwarepakket gebruikt. Hiermee kan de meetdata worden omgezet in een visualisatie (2D of 3D) van het ingemeten gebied. Hierop zijn alle magnetische verstoringen zichtbaar. De operator kan met het computerprogramma de data op diverse manieren bewerken, zodat de meetgegevens kunnen worden geïnterpreteerd.

Uitvoering vindt plaats door het opsporingsgebied systematisch en vlakdekkend in te meten. Voor het inmeten van een opsporingsgebied kan, afhankelijk van de grootte, berijd- en beloopbaarheid, een detectiesysteem met één of meerdere sondes worden ingezet. Voor het inmeten van grotere gebieden kan een voertuig voor de voortbeweging van het meersondesysteem worden ingezet. De detectieapparatuur kan worden gekoppeld aan GPS-apparatuur. Non-realtime detectie met een meersonde detectiesysteem is de opsporingsmethode met de laagste kostprijs per vierkante meter.

Passieve detectie

Voor passieve detectie wordt gebruik gemaakt van een magnetometer. Deze detector zendt zelf geen signaal uit, daarom wordt deze vorm van detectie passieve detectie genoemd. Een magnetometer meet verstoringen van het aardmagnetisch veld. Verstoringen van het aardmagnetisch veld worden veroorzaakt door de aanwezigheid van ferro-houdende objecten. Met passieve detectie kunnen geen non-ferro OO (zoals messing hulzen) worden opgespoord.

In homogeen samengestelde bodems zonder ferro-magnetische verstoringen kunnen grote ferro-houdende objecten (zoals grote kalibers vliegtuigbommen) worden gemeten. Omdat een magnetometer erg gevoelig is, hebben ondiep gelegen verstoringen in het opsporingsgebied, zoals puin, sintels, (restanten van) funderingen en kabels en leidingen een sterk nadelige invloed op de detectieresultaten en het meetbereik. Ook is de apparatuur gevoelig voor verstoringen van ferro-houdende objecten in de omgeving van het opsporingsgebied zoals hekwerken, afrasteringen, kabels en leidingen, spoorlijnen, wegen, etc. In de nabijheid van deze objecten kunnen geen of slecht interpreteerbare detectieresultaten worden verkregen.

Actieve detectie

Een actieve meting wordt uitgevoerd met een metaaldetector. Bij deze detectietechniek wordt gebruik gemaakt van een detector die zelf een pulserend magnetisch veld opwekt en vervolgens de verstoringen in dat veld (veroorzaakt door metalen) meet. Omdat de detector zelf een signaal uitzendt, wordt de techniek actieve detectie genoemd. Deze apparatuur detecteert zowel ferro- als non-ferro metalen. Actieve detectoren worden over het algemeen gebruikt in projecten waar men niet ijzerhoudende OO verwacht (bijvoorbeeld KKM of anti- personeelsmijnen). De zoekdiepte en het zoekoppervlak zijn beperkt. Dit heeft echter als groot voordeel dat minder invloed wordt ondervonden van ferro-houdende objecten in de omgeving. Hierdoor is het mogelijk om in de dichte nabijheid van damwanden, afrasteringen enz. te zoeken naar OO. De laagdikte die in één keer kan worden vrijgegeven, is echter wel beperkt.

Vanwege het beperkte meetbereik dient, als de zoekdiepte groter is dan het meetbereik, in lagen gedetecteerd te worden tot de te onderzoeken diepte is bereikt. Als de gedetecteerde laag kan worden vrijgegeven van objecten kan deze laag worden verwijderd.

Het verwijderen van deze laag kan zowel machinaal (met beveiligde graafmachine) als met de hand. Het detecteren en ontgraven wordt cyclisch uitgevoerd tot de vrij te geven diepte is bereikt.

Oppervlakedetectie

Oppervlakedetectie wil zeggen dat men vanaf het oppervlak metingen verricht. Dit is een relatief goedkope methode om OO in de bodem op te sporen.

Dieptedetectie

Dieptedetectie wordt toegepast wanneer oppervlakedetectie niet mogelijk is doordat:

- de op te sporen OO ten gevolge van de relatie tussen meettechniek, diepte en massa niet middels oppervlakedetectie detecteerbaar zijn;
- bovenliggende grond-, verhardings-, funderings- en verontreinigingslagen een betrouwbare meting onmogelijk maken en niet verwijderd kunnen/mogen worden. Rail- en weginfrastructuur is hiervan een voorbeeld.

Bij dieptedetectie worden metingen verricht in het verticale vlak. Er wordt ten minste gemeten tot de diepte waarop OO aanwezig kunnen zijn. Er zijn diverse mogelijkheden om computerondersteunde dieptedetectie uit te voeren.

De eerste methode is de traditionele non-realttime dieptedetectie. Hierbij worden kunststofbuizen in de grond geplaatst. De meetsonde wordt in de buis neergelaten om aansluitend de computerondersteunde metingen uit te voeren.

De tweede methode is realtime dieptedetectie. Hierbij wordt een meetsonde met behulp van een sondeermachine of drukstelling in de grond gedrukt. Tijdens het sonderen/drukken wordt met een ingebouwde meetsonde de verstoring van het aardmagnetisch veld gemeten.