

# RISICOANALYSE NGE

Ledeboerterrein Enschede

Vof Het Ledeboer

20 AUGUSTUS 2020

## Contactpersoon

**MARCEL ZANTINGH**  
NGE

Arcadis Nederland B.V.  
Postbus 4205  
3006 AE Rotterdam  
Nederland

---

# INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>EXPLOSIEVENONDERZOEK</b>	<b>5</b>
2.1	Inventarisatie eerder uitgevoerd onderzoek	5
2.2	Resultaten eerder uitgevoerd onderzoek	5
2.3	Naoorlogse bodemroering verdachte gebieden	7
2.4	Analyse horizontale afbakening verdacht gebied	7
2.5	Verticale afbakening verdachte gebieden	7
2.6	Analyse verticale afbakening verdacht gebied	7
2.7	Conclusies	7
<b>3</b>	<b>HERAFBAKENING VERDACHT GEBIED</b>	<b>8</b>
3.1	Submunitie (4 lb)	8
3.2	Penetrerend vermogen 4 lb	9
3.3	Oppervlakteverharding Ledeboerterrein	12
3.4	Naoorlogse bodemroering Ledeboerterrein	14
3.5	Afwerpmunitie (500 lb)	16
3.6	Penetrerend vermogen 500 lb	16
<b>4</b>	<b>CONCLUSIE EN ADVIES</b>	<b>20</b>
	<b>COLOFON</b>	<b>22</b>

## 1 INLEIDING

Ter plaatse van het Ledeboerterein in Enschede (hierna: projectlocatie) staan grondroerende werkzaamheden gepland in het kader van een locatieontwikkeling. Voorliggend rapport is opgesteld teneinde in kaart te brengen of er op de betreffende locatie een kans bestaat op het aantreffen van explosieven uit de Tweede Wereldoorlog wanneer de geplande werkzaamheden worden uitgevoerd.

Vanuit de Arbowet wordt voorgeschreven dat moet worden gezorgd voor een veilige werkplek voor het bij de grondroerende werkzaamheden betrokken personeel. In dit kader moet onder andere worden onderzocht in hoeverre op een projectlocatie mogelijk explosieven kunnen worden aangetroffen. De eerste stap in dit proces is het uitvoeren van een historisch vooronderzoek naar de aanwezigheid van conventionele explosieven (CE), ook wel niet-gesprongen explosieven (NGE) genoemd. Wanneer er reeds een dergelijk vooronderzoek beschikbaar is, dient dit vooronderzoek te worden geraadpleegd om na te gaan of de betreffende locatie is bestempeld als 'verdacht gebied'. Afhankelijk van de uitkomsten van het vooronderzoek wordt vervolgens bepaald in hoeverre aanvullende beheersmaatregelen getroffen dienen te worden.

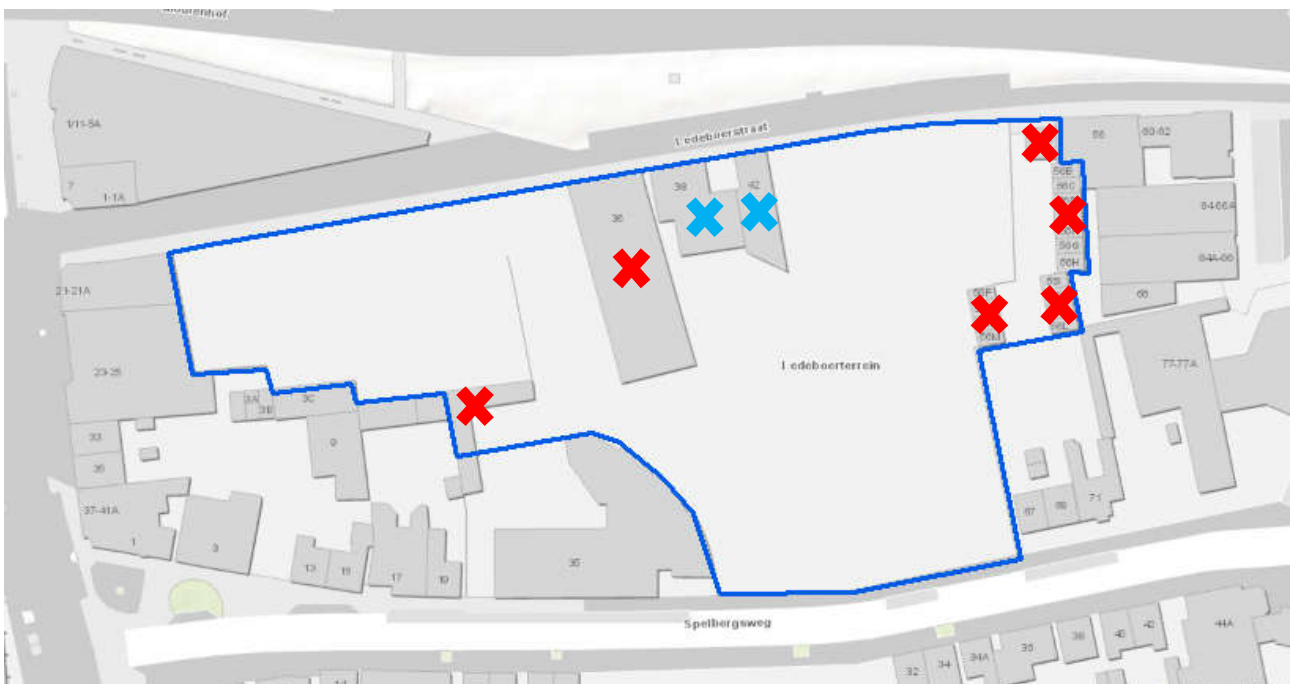


Fig. 1: De projectlocatie 'Ledeboerterein' te Enschede (blauw omljnd). De panden weergegeven middels een 'X' zullen worden gesloopt in het kader van de ontwikkeling van het terrein, waarbij panden gemarkeerd met een rode 'X' na de oorlog zijn gebouwd en panden weergegeven met een blauwe 'X' ten tijde van de oorlog reeds bestonden.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gegevens Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG).

## 2 EXPLOSIEVENONDERZOEK

Bij de gemeente Enschede is geïnformeerd in hoeverre zij beschikt over in het verleden uitgevoerd explosievenonderzoek dat overlapt met de projectlocatie. Op dinsdag 10 maart 2020 werd op verzoek van Arcadis door de gemeente deze informatie verstrekt. In onderstaande paragrafen wordt uiteengezet welke informatie reeds ter beschikking staat en geanalyseerd welke consequenties dit heeft voor de projectlocatie.

### 2.1 Inventarisatie eerder uitgevoerd onderzoek

Uit de van de gemeente Enschede ontvangen informatie is gebleken dat het gehele gemeentelijk grondgebied in het recente verleden is onderzocht middels een bureaustudie in de vorm van een zogenaamd historisch vooronderzoek naar de aanwezigheid van explosieven (hierna: vooronderzoek). Dit gemeentebreed vooronderzoek, ook wel een risicokaart genoemd, werd uitgevoerd door adviesbureau BeoBOM:

- BeoBOM, *Risicokaart gemeente Enschede*, kenmerk BB18-104 d.d. 4 december 2019.

### 2.2 Resultaten eerder uitgevoerd onderzoek

Op 10 maart 2020 werd van de gemeente Enschede (dhr. M.C. (Marc) de Jong - Senior technisch- en informatieadviseur Bodem, Water, Niet gesprongen explosieven & Ondergrond) een uitsnede van de kaart met verdachte gebieden en enige aanvullende achtergrondinformatie ontvangen. Verdachte gebieden betreffen de delen van een onderzoeksgebied (in dit geval de gemeente Enschede) waarvoor feitelijke aanwijzingen zijn gevonden dat ter plaatse een verhoogd risico bestaat op het aantreffen van explosieven. Gebieden waarvoor dit niet geldt, worden onverdachte gebieden genoemd. In de regel kunnen grondroerende werkzaamheden binnen onverdacht gebied vanuit NGE-oogpunt op reguliere wijze worden uitgevoerd, terwijl voorafgaande aan grondroerende werkzaamheden in verdacht gebied doorgaans aanvullende maatregelen getroffen moeten worden om te kunnen zorgen voor een veilige werkplek (zoals een opsporingsonderzoek met behulp van detectiemiddelen).

Onderstaande explosieven kunnen volgens het vooronderzoek mogelijk worden aangetroffen ter plaatse van de projectlocatie.

Hoofdsort	Subsoort/ kaliber	Ontstekings- inrichting	Nationaliteit	Verschijningsvorm	Aantal (verwacht)	Verticale afbakening
<b>Afwerpmunitie</b>	500 lb	Onbekend	Amerikaans	Afgeworpen	Onbekend	6,00m-MV
<b>Submunitie</b>	4 lb	Onbekend	Amerikaans	Afgeworpen	Onbekend	Onbekend

Uit het onderzoek is gebleken dat bovengenoemde soorten explosieven bij twee gelegenheden in de omgeving van het projectgebied zijn neergekomen, te weten bij geallieerde luchtaanvallen op 10 oktober 1943 en 22 februari 1944. Middels luchtfotomateriaal en destijds gerapporteerde schade als gevolg van het neerkomen van explosieven, is door BeoBOM ingetekend welke delen van Enschede door de twee luchtaanvallen werden getroffen. Vervolgens zijn de zichtbaar getroffen delen van de stad door genoemd bureau ingetekend als zijnde verdacht gebied en is middels een statistische analyse (dichtheidsanalyse) op basis van bekende bomkraterpatronen verder bepaald welke overige delen van Enschede beschouwd moeten worden als verdacht gebied.

Op 20 maart 2020 werd van dhr. M.C. (Marc) de Jong van de gemeente Enschede een uitsnede van het gemeentelijk GIS verstrekt, met daarop weergegeven onder meer de verdachte gebieden ter plaatse van het Ledeboerterrein (zie volgende figuur).

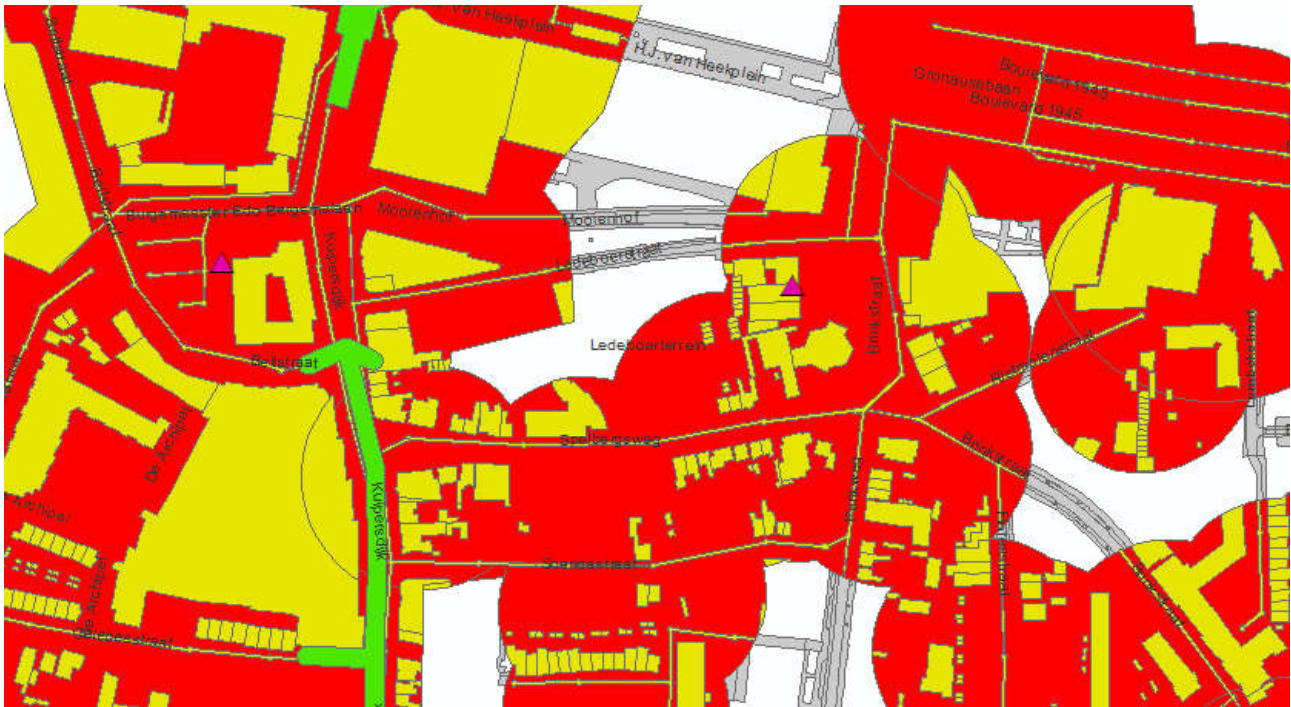


Fig. 2: Uitsnede van de kaart behorende bij het vooronderzoek van BeoBOM, verstrekt door de gemeente Enschede.

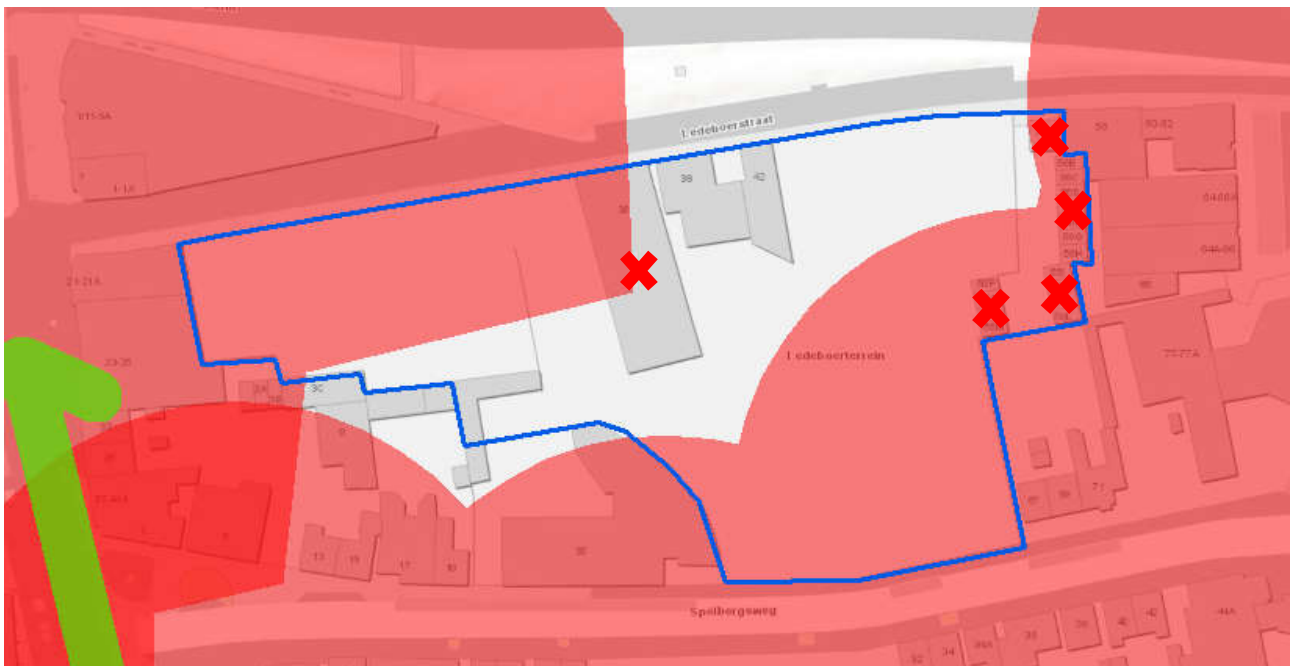


Fig. 3: Door Arcadis op basis van de door de gemeente Enschede verstrekte gegevens vervaardigde kaart met daarop de verdachte gebieden (rood) en een (deels) vrijgegeven gebied (groen). Het overige gedeelte van het gebied (niet rood of groen) geldt volgens het vooronderzoek als onverdacht gebied. De projectlocatie is blauw omlijnd. Met een rode 'X' zijn de binnen verdacht gebied te slopen gebouwen weergegeven.

## 2.3 Naoorlogse bodemroering verdachte gebieden

Naast verdachte gebieden werd volgens het schrijven van de gemeente Enschede door BeoBOM ook in kaart gebracht in hoeverre de gemeente Enschede geldt als naoorlogs geroerd gebied. Indien een gebied geldt als naoorlogs geroerd, kan in sommige gevallen in horizontaal en/of verticaal opzicht een verdacht gebied worden verkleind.

Volgens de door de gemeente aangeleverde uitsnede en bijbehorende beschrijving werd in kaart gebracht welke gebouwen naoorlogs in de gemeente Enschede verzezen en waar dus de bodem werd geroerd. Volgens het schrijven geldt de bodem als onverdacht waar deze naoorlogs werd geroerd. Uit de door de gemeente aangeleverde gegevens is evenwel niet gebleken tot welke diepte werd geroerd en in hoeverre de verdachte gebieden zijn verkleind als gevolg van deze bodemroering.

## 2.4 Analyse horizontale afbakening verdacht gebied

Arcadis heeft bovengenoemde uitgangspunten voor het afbakenen van het verdachte gebied in horizontale dimensie geanalyseerd en komt tot de conclusie dat de gebieden conform het WSOS-OCE (het wettelijke normdocument voor het uitvoeren van historisch vooronderzoek) zijn afgebakend en dat de gebieden gestoeld zijn op uitgebreid (archieff)onderzoek. Het uitvoeren van een aanvullend onderzoek naar genoemde luchtaanvallen en de uitgangspunten voor het afbakenen van het verdachte gebied wordt daarom niet als zinvol ingeschat. Wel wordt het als zinvol ingeschat om nader onderzoek te verrichten naar de ontwikkelingen binnen de projectlocatie die plaatsvonden sinds het einde van de Tweede Wereldoorlog. Als gevolg van naoorlogse ontwikkeling van de locatie werd de bodem ter plaatse van het verdachte gebied geroerd en als zodanig kan het verdachte gebied mogelijk worden verkleind. In het beschikbare vooronderzoek komt de naoorlogse bodemroering slechts minimaal naar voren.

## 2.5 Verticale afbakening verdachte gebieden

Bovenstaand werd weergegeven hoe de verschillende verdachte gebieden in horizontaal opzicht zijn afgebakend door adviesbureau BeoBOM. In het vooronderzoek werd tevens in kaart gebracht tot welke diepte explosieven kunnen worden verwacht (verticale afbakening).

Uit het vooronderzoek volgt dat afwerpmunitie van 500 lb tot 6,00 meter minus maaiveld (6,00m-MV) kan zijn ingedrongen. Ter plaatse van het gehele verdachte gebied dat overlapt met de projectlocatie is dus sprake van een verdachte bodemlaag vanaf bovenkant maaiveld tot een diepte van 6,00m-MV. In het onderzoek wordt geen indringingsdiepte van submunitie geboden. Dit dient nader bepaald te worden.

## 2.6 Analyse verticale afbakening verdacht gebied

Arcadis heeft bovengenoemde uitgangspunten voor het afbakenen van het verdachte gebied in verticale dimensie geanalyseerd en acht het zinvol om aanvullend onderzoek te verrichten naar de verticale afbakening van het verdachte gebied. Allereerst is in het vooronderzoek geen verticale afbakening geboden voor explosieven in de vorm van 4 lb submunitie en bovendien kunnen vraagtekens worden gezet bij de diepte waarop afwerpmunitie in de vorm van 500 lb kan worden verwacht (6,00m-MV), omdat uit het vooronderzoek blijkt dat de verticale afbakening niet is gebaseerd op locatiespecifieke sonderingen (d.w.z. uitgevoerd binnen het verdachte gebied ter plaatse van het Ledeboerterrein).

## 2.7 Conclusies

Het beschikbare vooronderzoek toont aan dat de projectlocatie deels moet worden beschouwd als verdacht op de aanwezigheid van explosieven, in de vorm van afwerpmunitie van 500 lb en submunitie van 4 lb. Het vooronderzoek laat ruimte voor aanvullend onderzoek, te weten naar de indringingsdiepte (verticale afbakening) van 4 lb en naar de invloed van de aangetoonde naoorlogse bodemroering. Arcadis heeft op deze punten aanvullend onderzoek verricht. De resultaten van dit aanvullend onderzoek worden beschreven in de volgende hoofdstukken.

### 3 HERAFBAKENING VERDACHT GEBIED

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van het door Arcadis aanvullend uitgevoerde onderzoek naar de horizontale en verticale afbakening van explosieven ter plaatse van de projectlocatie te Enschede.

#### 3.1 Submunitie (4 lb)

Volgens het vooronderzoek van de gemeente Enschede kunnen ter plaatse van de projectlocatie explosieven in de vorm van submunitie van het type 4 lb worden aangetroffen. Explosieven van dit type betreffen zogenaamde zeshoekige staaftandbommen, met een lengte van circa 55 cm en een diameter van circa 5 cm. Het explosief weegt iets minder dan 2 kilogram. Dit type explosief werd met grote aantallen tegelijk in containers afgeworpen met als doel brand te stichten. De brandstichtende lading van dit type explosief bestaat uit thermiet. Sommige varianten van 4 lb submunitie zijn tevens voorzien van een kleine brisante (explosieve) lading.

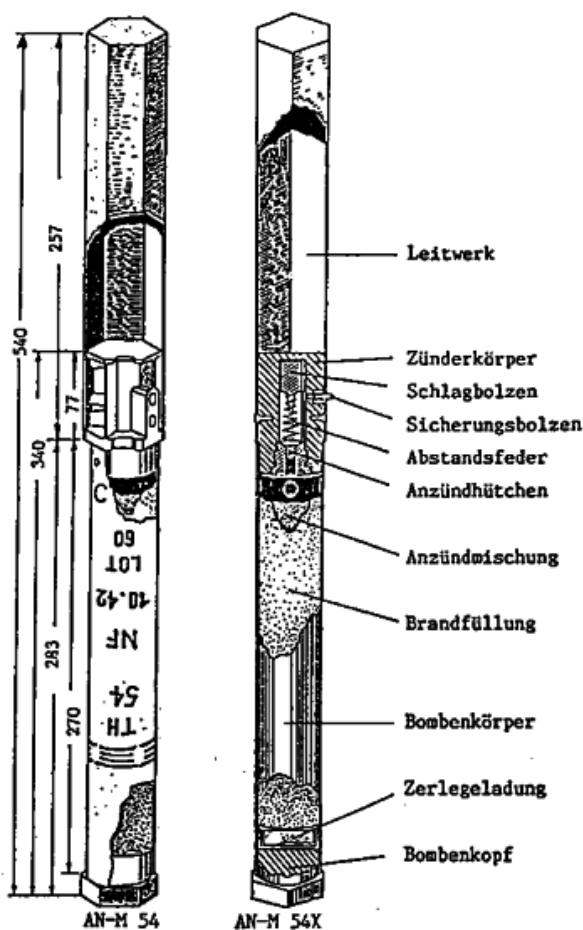


Fig. 4: Submunitie van 4 lb, schematisch weergegeven op een blad van de Duitse explosievenopruimingsdienst (EOD).



### 3.2 Penetrerend vermogen 4 lb

In hoeverre explosieven beschikken over enig penetrerend vermogen (d.w.z. de mate waarin explosieven indringen in de bodem na te zijn afgeworpen of te zijn verschoten) is afhankelijk van verschillende factoren. De belangrijkste factoren betreffen de fysieke eigenschappen van het explosief, bodemweerstand en de hoek waarin en snelheid waarmee het explosief de bodem raakt. Eveneens van invloed is de mate waarin er sprake is van bebouwing en verharding (zoals wegen) op de locatie waar explosieven zijn neergekomen.

Submunitie in de vorm van 4 lb heeft slechts een zeer gering vermogen in te dringen in de bodem. Het betrof een relatief licht explosief, dat bedoeld was om brand mee te stichten. Het idee was dus dat het niet indrong in de bodem, maar tot ontbranding kwam bij het neerkomen op gebouwen etc. Als er al sprake was van enige indringing in de bodem, dan bleef dit beperkt tot ondiepe indringing.



Fig. 5: Een Duitse militair toont vier staafbrandbommen van 4 lb na een geallieerde afworp. Deze exemplaren drongen niet in de bodem in. Bron afbeelding: J. Warmenhoven, *Voorhouters tussen oorlog en bevrijding 1940-1945* (Sassenheim 1990).

#### Indringing onverharde delen Ledeboerterrein

Omdat in het vooronderzoek geen indringingsdiepte is bepaald voor explosieven van 4 lb, dient dit nog uitgevoerd te worden. Ten behoeve van het bepalen van de indringingsdiepte heeft Arcadis verschillende sonderingen geraadpleegd, alsmede informatie over de bodemopbouw ter plaatse van het Ledeboerterrein en omgeving. Uit deze geraadpleegde gegevens is gebleken dat de bodem voornamelijk is opgebouwd uit zand. Onderstaand een voorbeeld van een boormonsterprofiel van een boring op het Ledeboerterrein.

## Boormonsterprofiel

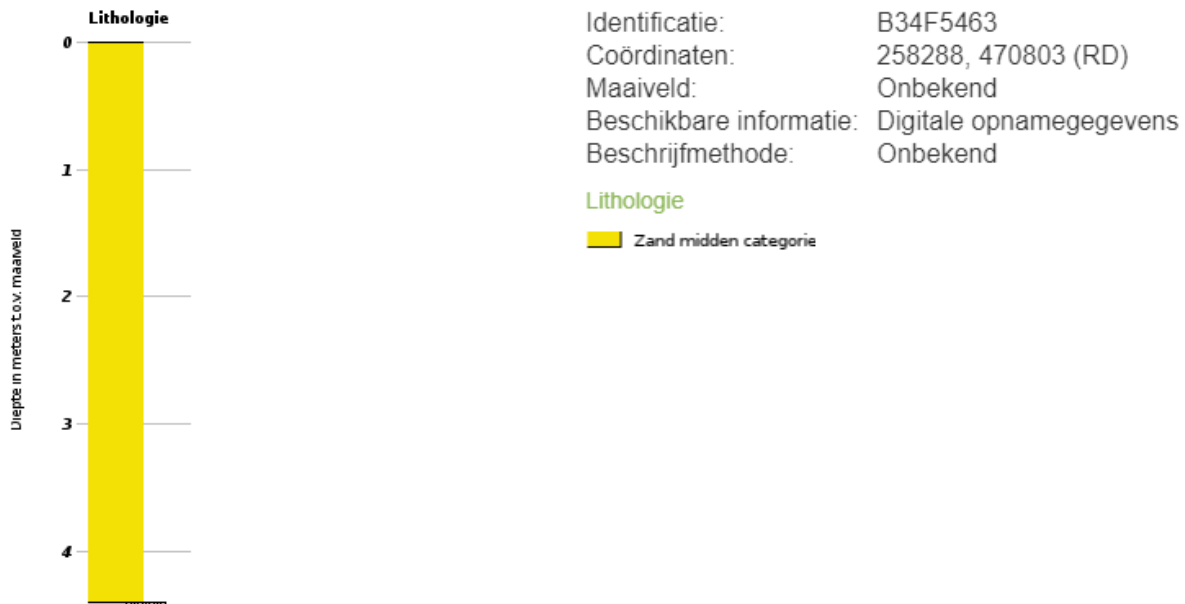


Fig. 6: boormonsterprofiel B34F4563. Tot ruim 4,00 meter minus maaiveld bestaat de bodem uit een zandpakket.

Een bodem bestaande uit zand kent in de regel een hoge bodemweerstand, waardoor explosieven vergeleken met andere bodemtypen minder diep indringen. Binnen de explosievenopsporing wordt algemeen gesteld dat een bodemlaag met een weerstand van 10 MPa of meer voldoende weerstand biedt om een explosief te doen stoppen met indringen, zij het afhankelijk van de afwerphoogte en daarmee snelheid van indringing van het betreffende explosief.

Recentelijk werden enkele sonderingen uitgevoerd ter plaatse van het Ledeboerterrein. Uit deze gegevens blijkt dat de bodem ter plaatse van het Ledeboerterrein een hoge weerstand kent, in de eerste meter soms al oplopende tot boven de 10 MPa. Gegeven deze informatie, kan worden geconcludeerd dat explosieven in de vorm van 4 lb ter plaatse van het in de oorlog onverharde gedeelte van de projectlocatie, voor zover aantoonbaar kunnen zijn ingedrongen tot maximaal 1,00 meter minus maaiveld (1,00m-MV).

### Indringing verharde delen Ledeboerterrein

Het geldt als onaannemelijk dat submunitie is ingedrongen in de delen van het Ledeboerterrein die destijds verhard of bebouwd waren. Er zijn ten tijde van de oorlog tal van gebeurtenissen gerapporteerd waarbij veel zwaardere explosieven waren neergekomen, maar als gevolg van aanwezige oppervlakteverharding niet waren ingedrongen in de bodem. Onderstaand worden enkele voorbeelden gegeven.

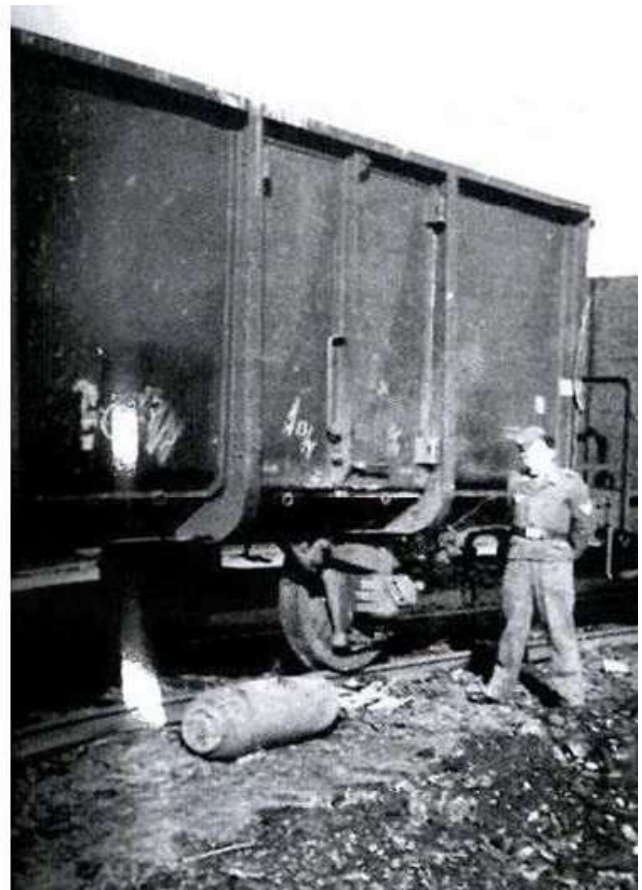


Fig. 7: Duitse bommen op het emplacement van Venlo na een afworp, 19 april 1943. Deze bommen drongen niet in in de bodem. Bron afbeelding: Gemeentearchief Venlo, Overige Verzamelingen 38, Collectie Keulards, inv. nr. 420.



Fig. 8: Restanten van brandbommen (zwaardere typen dan staafbrandbommen van 4 lb) op het verharde maaiveld na een afworp op Berlijn in 1944. Bron afbeelding: Beeldbank WO2.



Fig. 9: Een lichte Duitse bom op de Coolingsingel in Rotterdam, mei 1940. Deze bom drong slechts minimaal in. Bron afbeelding: Beeldbank WO2.

### 3.3 Oppervlakteverharding Ledeboerterrein

Gegeven bovenstaande conclusie dat explosieven in de vorm van 4 lb over vrijwel geen penetrerend vermogen beschikken om in te dringen in de bodem wanneer sprake is van verharding, is het relevant in kaart te brengen welke delen van het verdachte gebied ter plaatse van de projectlocatie ten tijde van de Tweede Wereldoorlog geclassificeerd kunnen worden als zijnde verhard terrein. Uit een analyse van kaart- en luchtfotomateriaal uit de periode 1940-1945 is gebleken dat het Ledeboerterrein in de periode 1940-1945 reeds deels bebouwd (en derhalve verhard) terrein betrof.



Fig. 10: De projectlocatie ten tijde van de oorlog (1944). De projectlocatie is hier rood omlijnd ten behoeve van de duidelijkheid.



Fig. 11: De projectlocatie ten tijde van de oorlog (1944). Groen weergegeven zijn de delen die bebouwd (verhard) waren. Het overige gedeelte van de projectlocatie betrof vooral onverhard terrein, mogelijk met enige verharding in de vorm van betegeling en schuurtjes. Het is echter niet mogelijk om op een dergelijk detailniveau alle verharding in te tekenen.



Fig. 12: De ten tijde van de oorlog verharde delen van het projectgebied t.o.v. de verdachte gebied. Zoals te zien geldt een deel van het gebied als zijnde verhard ten tijde van de luchtaanvallen.

Ter plaatse kan worden gesteld dat het verdachte gebied 4 lb kan komen te vervallen. Aangezien ter plaatse van het verdachte gebied ook andere explosieven kunnen worden aangetroffen (500 lb afwerpmunitie) blijft bovengetoond verdachte gebied (rood) aanwezig, echter vervalt de verdachtheid op 4 lb submunitie.

### 3.4 Naoorlogse bodemroering Ledeboerterrein

Aanvullend onderzoek heeft aangetoond dat het Ledeboerterrein kan worden beschouwd als een gebied dat sinds 1945 grondig is geroerd. Ten tijde van de oorlog bestond het voornamelijk uit woonhuizen met bijbehorende tuinen, maar in de decennia erna verrezen diverse andere gebouwen. De meeste van deze gebouwen zijn tegenwoordig niet meer op het terrein aanwezig, inhoudende dat deze werden gesloopt. Ten behoeve van deze sloop werd de bodem eveneens geroerd. Onderstaande afbeeldingen tonen het Ledeboerterrein door de jaren heen.



Fig. 13: De projectlocatie ten tijde van de oorlog (1944).



Fig. 14: De projectlocatie in 1973.

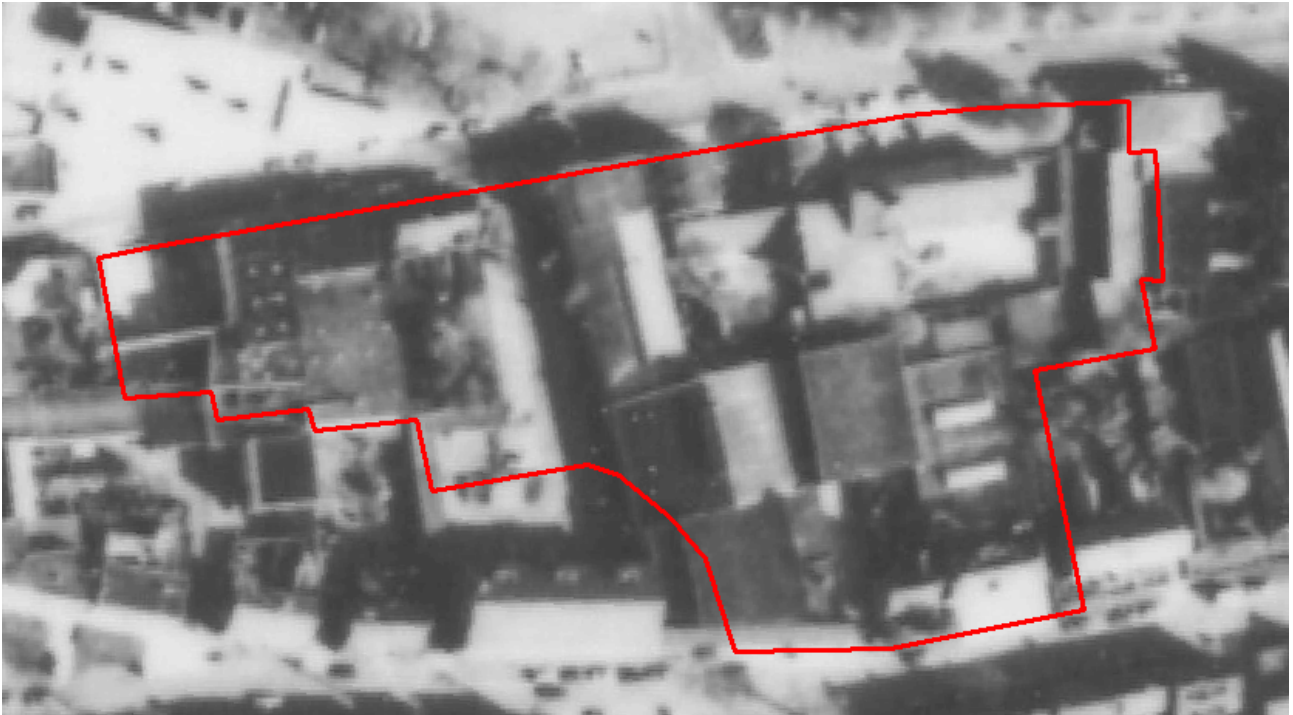


Fig. 15: De projectlocatie in 1995.



Fig. 16: De projectlocatie in 2019.

Op basis van bovenstaande afbeeldingen kan worden gesteld dat het Ledeboerterrein sinds 1945 grondig werd geroerd. Verscheidene gebouwen die ten tijde van de oorlog aanwezig waren, werden in de naoorlogse periode volledig gesloopt. Tegelijkertijd verrezen diverse nieuwe gebouwen, die echter door de jaren heen weer werden gesloopt en plaats maakten voor nieuwe bebouwing. Het merendeel van deze bebouwing bestaat anno 2020 niet meer. Gezien deze intensieve bodemroering kan worden gesteld dat het hoogst onaanvaardbaar is dat er heden ten dage in de bovenste bodemlaag van 1,00 meter minus maaiveld binnen de projectlocatie nog explosieven kunnen worden aangetroffen.

Het verdachte gebied submunitie van 4 lb, reeds verkleind op basis van de analyse oppervlakteverharding in paragraaf 3.3, kan derhalve op basis van de in kaart gebrachte naoorlogse bodemroering komen te vervallen. Voor afwerpmunitie (zie volgende paragraaf) geldt dat deze hoofdsort explosieven niet langer wordt verwacht in de bovenste bodemlaag van 1,00 meter minus maaiveld.

### 3.5 Afwerpmunitie (500 lb)

Vergeleken met submunitie in de vorm van 4 lb heeft afwerpmunitie van 500 lb een aanzienlijk penetrerend vermogen. Afwerpmunitie in de vorm van 500 lb betreft een type explosief van ruim 1,5 meter lang en ca. 230 kg zwaar, dat bovendien gestroomlijnd is en hierdoor tot grote diepte kan indringen in de bodem. Onderstaande afbeelding toont een voorbeeld van 500 lb afwerpmunitie.

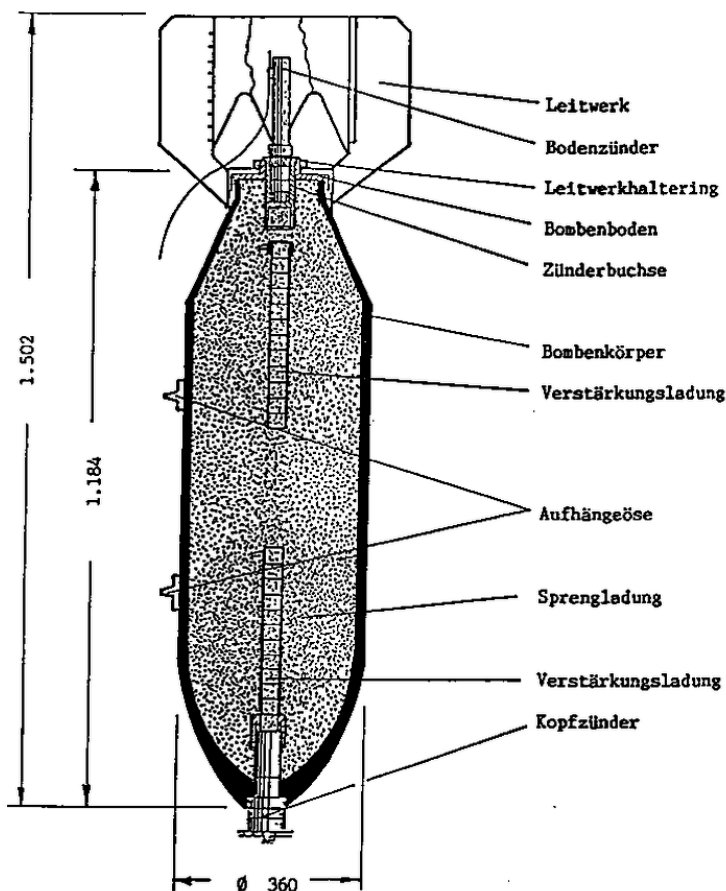


Fig. 17: Afwerpmunitie van 500 lb, schematisch weergegeven op een blad van de Duitse explosievenopruimingsdienst (EOD).

### 3.6 Penetrerend vermogen 500 lb

Een eventuele verkleining van het verdachte gebied afwerpmunitie van 500 lb in verticale dimensie kan van grote invloed zijn op de benodigde vervolgmaatregelen, omdat de diepte mede bepaald welk type detectie toegepast kan worden. Idealiter kan worden volstaan met oppervlakedetectie, echter dienen eventueel aanwezige bommen dan (voor zover aantoonbaar) niet dieper te liggen dan maximaal 4,00 meter minus maaiveld (4,00m-MV). Hierbij dient wel vermeld te worden dat de bodem in het geval tot een diepte van 4,00m-MV gemeten kan worden, relatief 'schoon' dient te zijn. Dit wil zeggen dat er geen sprake moet zijn van veel verstoringen in de bodem zoals lagen puin, kabels en leidingen etc.

In hoeverre afwerpmunitie indringt in de bodem is afhankelijk van verschillende factoren, waaronder de bodemsamenstelling en bodemweerstand. Vergeleken met het penetrerend vermogen van submunitie van 4 lb is oppervlakteverharding in het geval van 500 lb afwerpmunitie van relatief weinig invloed. Verharding zoals bestrating zal niet of nauwelijks van invloed zijn op de diepte van indringing.



Om de indringingsdiepte van afwerpmunitie nauwkeuriger in kaart te brengen, is vooral de plaatselijke bodemweerstand van belang. Voor afwerpmunitie van 500 lb geldt dat binnen de explosievenopsporing algemeen wordt gesteld dat een substantiële bodemlaag met een weerstand van 10 MPa of meer voldoende weerstand biedt om een explosief te doen stoppen met indringen. Als vuistregel wordt verder wel gesteld dat afwerpmunitie van kalibers zoals 1000 lb tot 4,00 à 4,50 meter minus maaiveld indringt, tenzij sprake is van omstandigheden waardoor bommen dieper kunnen zijn ingedrongen (zoals hoge indringingssnelheid of een 'slappe' bodem).

Om exact te kunnen stellen tot welke diepte eventueel ter plaatse van het Ledeboerterrein neergekomen explosieven in de vorm van 500 lb kunnen zijn ingedrongen, zijn sonderingsgegevens benodigd die representatief zijn voor de situatie ter plaatse. Dit houdt in dat deze sonderingen uitgevoerd moeten zijn op het Ledeboerterrein of tenminste in de directe nabijheid ervan. Uit openbare bronnen zoals DINOloket blijkt dat slechts in de ruime omgeving van de projectlocatie sonderingen zijn uitgevoerd, niet op het Ledeboerterrein zelf. Ten behoeve van het bestaande vooronderzoek zijn sonderingen gebruikt die afkomstig zijn van DINOloket.

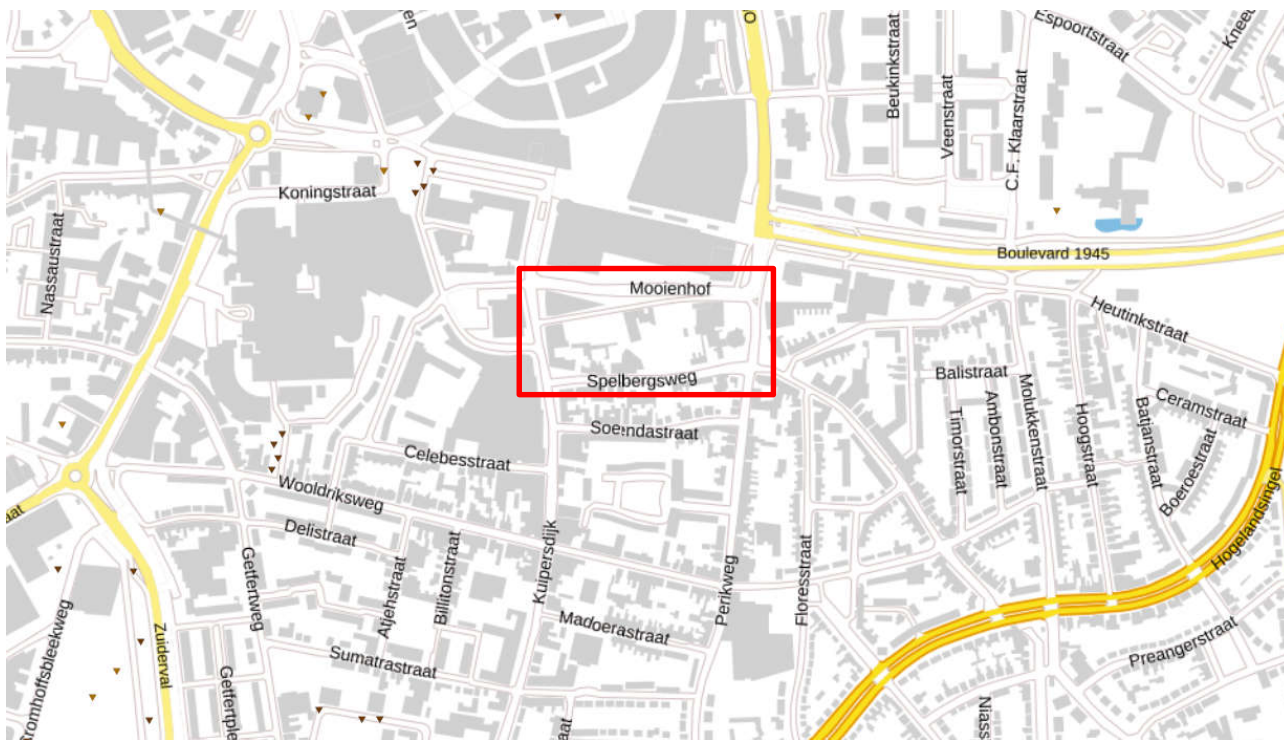


Fig. 18: Uitgevoerde sonderingen (bruine driehoekjes) in de omgeving van het Ledeboerterrein (indicatief rood omkaderd).

Aangezien ten behoeve van het vooronderzoek van BeoBOM mogelijk geen representatieve sonderingen zijn gebruikt, heeft Arcadis in totaal 15 sonderingen beoordeeld die alle op het Ledeboerterrein zelf werden uitgevoerd. Onderstaande afbeelding toont een kaartje met de indicatieve ligging van de sonderingen.



Fig. 19: De locaties van de beschikbare sonderingen (zwarte cirkels) in de verdachte gebieden (rood). De projectlocatie is blauw omlijnd.

Berekening indringingsdiepte Deltaresmodel

De indringingsdiepte is bepaald aan de hand van het zogenaamde *Ontwerp Voorschrift Bepaling Indringingsdiepte Conventionele Explosieven* van Deltares, ook wel bekend als het Deltaresmodel voor de indringing van afwerpmunitie met kalibers 250 lb, 500 lb en 1000 lb. In dit rekenmodel kan aan de hand van gef-bestanden van sonderingen en parameters zoals afwerphoogte en fysieke eigenschappen van vliegtuigbommen (in onderhavig geval 500 lb) berekend worden tot welke diepte afwerpmunitie maximaal kan indringen in de bodem. Ten behoeve van het berekenen van de indringingsdiepte van afwerpmunitie van 500 lb ter plaatse van het Ledeboerterrein zijn onderstaande parameters gehanteerd:

- Massa 500 lb (kg): 250
- Volume 500 lb (m<sup>3</sup>): 0,07
- Diameter 500 lb (m): 0,326
- Oppervlakte 500 lb (m<sup>2</sup>): 0,0886
- Weerstandcoëfficiënt 500 lb: 0,68
- Afwerphoogte (voet): 26.400<sup>2</sup>
- Valsnelheid (m/s): 343

In onderstaande tabel wordt weergegeven in hoeverre afwerpmunitie van 500 lb kan zijn ingedrongen op basis van de beschikbare sonderingen en bovenstaande parameters.

Sondering	CE	Max. afwerphoogte (voet)	Indringing Deltares (m)
1	500 lb	26.400	6,6
2	500 lb	26.400	6,6
3	500 lb	26.400	5,5

<sup>2</sup> Volgend uit het vooronderzoek van BeoBOM, waarin wordt gesteld dat de bommenwerpers op 10-10-1943 hun bommen afwierpen van een hoogte van 26.400 voet (8050 meter). Op 22-02-1944 bedroeg deze hoogte 17.000 voet (5180 meter).

<b>4</b>	500 lb	26.400	7,6
<b>5</b>	500 lb	26.400	8,4
<b>6</b>	500 lb	26.400	7,3
<b>7</b>	500 lb	26.400	8,3
<b>8</b>	500 lb	26.400	7,5
<b>9</b>	500 lb	26.400	6,9
<b>10</b>	500 lb	26.400	7,8
<b>11</b>	500 lb	26.400	7,0
<b>13</b>	500 lb	26.400	6,0
<b>14</b>	500 lb	26.400	6,2
<b>15</b>	500 lb	26.400	5,8

De verticale afbakening afwerpmunitie van 500 lb zoals volgend uit het vooronderzoek van de gemeente Enschede, dient op basis van de met behulp van het Deltaresmodel uitgevoerde berekeningen te worden herzien. Hoewel de bodem ter plaatse een hoge bodemweerstand kent, kunnen bommen van 500 lb desalniettemin aantoonbaar tot 8,40 meter minus maaiveld zijn ingedrongen. Dit kan verklaard worden door de afwerphoogte van 26.400 voet. Wanneer bommen van een dergelijke hoogte zijn afgeworpen, is de trefsnelheid dusdanig hoog dat bommen diep in de bodem indringen ongeacht de hoge bodemweerstand in de bovenste meters.

## 4 CONCLUSIE EN ADVIES

In voorliggende rapportage wordt nader ingegaan op het risico op het aantreffen van explosieven uit de Tweede Wereldoorlog ter plaatse van de projectlocatie Ledeboterrein in Enschede. Het doel was in kaart te brengen in hoeverre voorafgaande aan de voorgenomen werkzaamheden rekening gehouden moet worden met de aanwezigheid van explosieven.

### Conclusie:

- Uit beschikbaar vooronderzoek blijkt dat ter plaatse van de projectlocatie sprake is van verdacht gebied, te weten een verdacht gebied afwerpmunitie (500 lb) en een verdacht gebied submunitie (4 lb);
- Uit de analyse van de indringingsdiepte van submunitie en naoorlogse bodemroering is gebleken dat er niet langer sprake is van een verdacht gebied submunitie ter plaatse van de projectlocatie;
- Het verdachte gebied afwerpmunitie blijft aanwezig (zie onderstaande figuur). Uit de analyse van de indringingsdiepte van afwerpmunitie van 500 lb (Deltaresmodel) en naoorlogse bodemroering is gebleken dat de indringingsdiepte van dit type explosieven dient te worden bijgesteld tot 8,40 meter minus maaiveld en dat de bovenste bodemlaag van 1,00 meter minus maaiveld niet langer geldt als verdacht gebied.

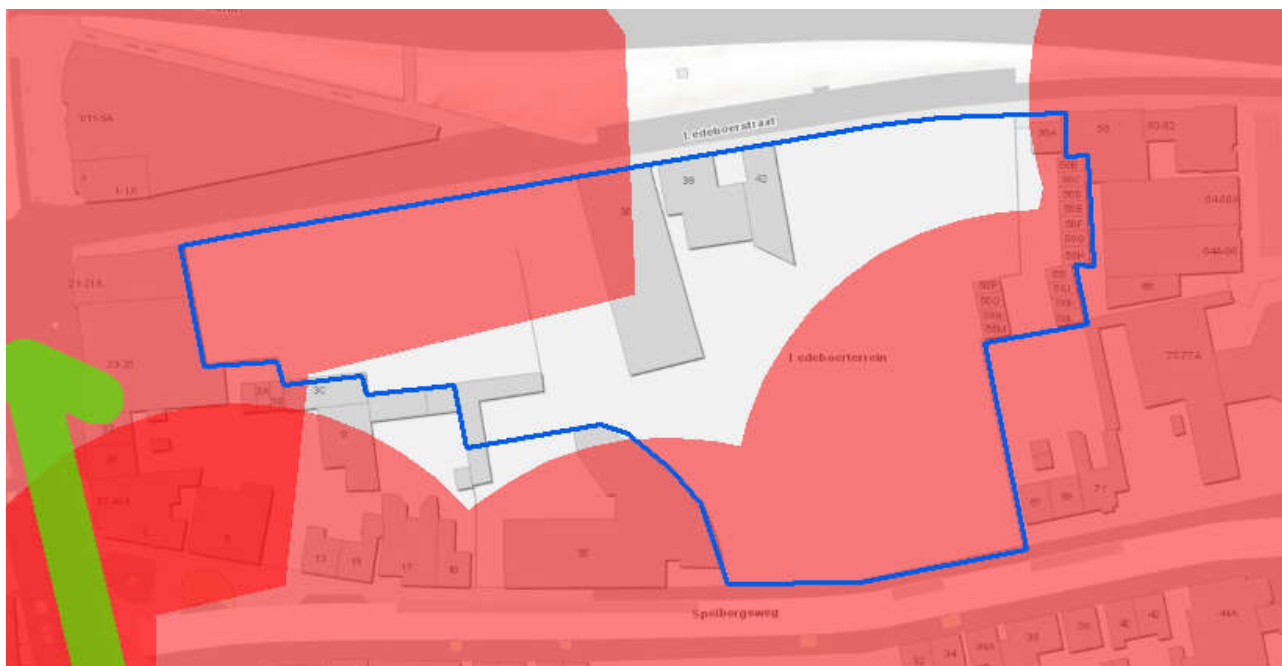


Fig. 20: Het verdachte gebied afwerpmunitie (rood), in totaal ca. 5800 m<sup>2</sup>. De projectlocatie is blauw omlijnd.

### Advies:

- In de bovenste 1,00 meter van de bodem binnen het verdachte gebied is het nemen van aanvullende NGE-maatregelen niet benodigd als gevolg van de in kaart gebrachte naoorlogse bodemroering. Werkzaamheden kunnen in deze bodemlaag vanuit NGE-oogpunt op reguliere wijze worden uitgevoerd;
- De te slopen panden binnen verdacht gebied zijn alle gebouwd na de Tweede Wereldoorlog en kunnen op reguliere wijze worden gesloopt tot onderzijde fundering. De bodemlaag onder de gebouwen (indien dieper dan 1,00 meter minus maaiveld (1,00m-MV)) geldt echter als verdacht gebied en dient daarom niet te worden geroerd tijdens het sloopwerk;
- Voorafgaande aan alle voorgenomen bodemroerende werkzaamheden binnen verdacht gebied dienen maatregelen getroffen te worden om te kunnen zorgen voor een veilige werkomgeving. In onderhavig geval wordt op dit punt geadviseerd:

- Het uitvoeren van oppervlakedetectie mits de bodem niet dieper wordt geroerd dan 5,00 meter minus maaiveld (5,00m-MV) en de bovenste onverdachte bodemlaag met een dikte van 1,00 meter voorafgaande aan het oppervlakedetectieonderzoek wordt verwijderd. In dat geval volstaat oppervlakedetectie om de verdachte laag vanaf 1,00m-MV tot 5,00m-MV met een dikte van 4,00 meter te onderzoeken. Indien de bodem dieper wordt geroerd dan 5,00m-MV of wanneer de bovenste onverdachte bodemlaag met een dikte van 1,00 meter niet kan worden verwijderd ten behoeve van het detectieonderzoek terwijl dieper zal worden geroerd dan 4,00m-MV (het bereik van oppervlakedetectie\*), dan geldt dat oppervlakedetectie niet toereikend is om de gehele verdachte bodemlaag tot de diepte waarop geroerd zal gaan worden te onderzoeken en is het uitvoeren van dieptedetectie noodzakelijk.

In geval kan worden volstaan met oppervlakedetectie dan verdient dit de voorkeur, aangezien het voordeliger is dan het uitvoeren van dieptedetectie.

- Het detectieonderzoek (zowel oppervlakte- als dieptedetectie) dient te worden uitgevoerd door een gecertificeerd opsporingsbedrijf. Om het opsporingsonderzoek te kunnen uitvoeren dient het terrein begaanbaar en vrij te zijn van obstakels en detectieverstorende elementen;
  - Na vrijgave van het verdachte gebied door het desbetreffende opsporingsbedrijf (na benadering van eventueel gemeten verdachte objecten), kunnen de werkzaamheden vanuit NGE-oogpunt regulier worden uitgevoerd.
- Het is mogelijk het detectieonderzoek te beperken tot de locaties waar daadwerkelijk bodemroerende werkzaamheden zullen worden uitgevoerd in de verdachte bodemlaag vanaf 1,00m-MV. Idealiter wordt echter het gehele verdachte gebied dat overlapt met de projectlocatie onderzocht, tot 8,40m-MV (maximale indringing 500 lb en daarmee onderste grens van het verdachte gebied in verticaal opzicht). Dit heeft namelijk als voordeel dat eventueel in de toekomst uit te voeren werkzaamheden zoals bijv. het aanleggen van riolering of kabels en leidingen, dan niet voorafgegaan te hoeven worden door een opsporingsonderzoek. Zodra het terrein bebouwd is, zal het mogelijk arbeidsintensiever zijn om een opsporingsonderzoek uit te voeren. Aangezien het terrein nu nog grotendeels onbebouwd is, is het relatief eenvoudig om het gebied in zijn geheel te onderzoeken;
  - Eventueel in verdacht gebied geplande onderzoekswerkzaamheden zoals boringen en sonderingen (dieper dan 1,00 meter minus maaiveld) dienen onder NGE-begeleiding door een gecertificeerd opsporingsbedrijf te worden uitgevoerd zolang het verdachte gebied nog niet is vrijgegeven middels een opsporingsonderzoek.

## COLOFON

RISICOANALYSE NGE  
LEDEBOERTERREIN ENSCHEDE

**KLANT**

Vof Het Ledeboer

**AUTEUR**

Marcel Zantingh

**PROJECTNUMMER**

C05022.214171

**ONZE REFERENTIE**

D10010995:81

**DATUM**

20 augustus 2020

**STATUS**

Concept

**GECONTROLEERD DOOR**

**VRIJGEGEVEN DOOR**

Willy Arts  
Senior Projectleider natuurontwikkeling en explosieven

**Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 4205  
3006 AE Rotterdam  
Nederland  
+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)