

Bijlage Schotrestenonderzoek

versie 16 april 2018

Het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) kent een groot aantal typen onderzoek. Normaal gesproken gaat elk onderzoeksrapport van het NFI vergezeld van een (vak)bijlage. Deze dient als toelichting op het onderzoek en heeft een zuiver informatief karakter. Informatie die van toepassing is op een specifieke zaak, op afwijkende onderzoeken of op andere uitzonderingen worden hier niet behandeld. Deze informatie zal in de bij het betreffende onderzoek behorende rapport worden toegelicht.

Deze bijlage geeft weer met welke methoden en met welke technieken schotrestenonderzoeken over het algemeen plaatsvinden. Verder geeft de bijlage informatie over veelgebruikte begrippen en termen en worden er voorbeelden gegeven van formuleringen van conclusies. Aan het eind van de bijlage zijn literatuurverwijzingen opgenomen.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	2
1.1.	Onderzoekskader.....	2
1.2.	Het ontstaan en vrijkomen van schotresten	2
1.3.	Bemonsteringsmethoden	3
	Stubmethode.....	3
	Foliermethode.....	4
2.	Onderzoek aanwezigheid schotresten.....	4
2.1.	Aanwezigheid en persistentie van schotresten	4
2.2.	SEM/EDX analyse	5
2.3.	Interpretatie resultaten	6
	Morfologie	6
	Elementsamenstelling	6
	Classificatieschema.....	6
2.4.	Conclusies	7
2.5.	Toelichting conclusies.....	8
2.6.	Toelichting gemarkeerde politiemunitie	8
	Situatie 1 - Enkele gemarkeerde (GdZnTi) deeltjes	9
	Situatie 2 - Relatief veel gemarkeerde (GdZnTi) deeltjes	9
3.	Onderzoek aan schotbeschadigingen, -verwondingen en schootsafstandbepaling ...	9
3.1.	Visueel onderzoek en veiligstellen van (micro-)sporen.....	9
3.2.	Kleurmethoden.....	10
3.3.	Röntgenfluorescentie spectroscopie	10
3.4.	Ondersteunende onderzoeken	11
3.5.	Kenmerken van schotbeschadigingen en -verwondingen.....	11
3.6.	Schootsafstandenonderzoek.....	12
3.7.	Interpretatie en conclusie	12
	In- en uitschoten.....	12
	Schootsafstanden	13
4.	Vergelijkend schotrestenonderzoek.....	13
4.1.	Stukken van overtuiging voor vergelijking	13
4.2.	Interpretatie resultaten	13
	Aantal aangetroffen deeltjes	13
	Zeldzaamheid van de aangetroffen deeltjes	14
	Locatie van bemonstering.....	14
	Memory-effect	14
	Interpretatie	14
4.3.	Hypothesen, conclusies en waarschijnlijkheidsgradaties	14
5.	Kwaliteit	15
	Contaminatiepreventie	15
	Controles	15
	Werkvoorschriften	16
6.	Literatuurlijst	17

1. Inleiding

Het onderzoeksgebied 'schotresten' doet onderzoek naar aanleiding van schietincidenten. Bij het schieten met een vuurwapen komen schotresten vrij en kunnen door de verschoten kogel beschadigingen en verwondingen veroorzaakt worden. De schotrestenonderzoekers van het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) onderzoeken verschillende aspecten van een schietincident. Deze aspecten dragen bij aan de reconstructie van zo'n schietincident. Zo wordt onder meer gekeken naar de aanwezigheid, spreiding en samenstelling van schotresten, de schootsafstand en de aard van beschadigingen en verwondingen.

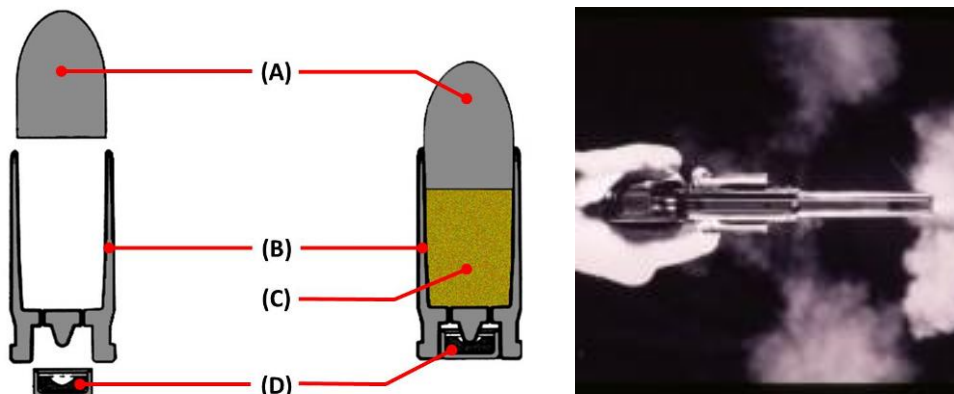
1.1. Onderzoekskader

De onderzoeken worden uitgevoerd volgens methoden en met technieken die voldoen aan de huidige stand der techniek. De basis van deze methoden en technieken is beschreven in vakliteratuur zoals boeken en internationale peer-reviewed journals en wordt besproken in internationale verbanden zoals het European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI). De schotrestenonderzoekers maken binnen dit netwerk deel uit van de Expert Working Group Firearms/GSR. Binnen dit netwerk wordt informatie uitgewisseld, worden wetenschappelijke onderzoeken uitgevoerd, vindt harmonisering van methoden plaats, worden best practice manuals ontwikkeld en worden kwaliteitsaspecten besproken. Om de kwaliteit van de onderzoeken te waarborgen wordt binnen het NFI gebruik gemaakt van een kwaliteitssysteem gebaseerd op ISO 17025.

1.2. Het ontstaan en vrijkomen van schotresten

Bij het verschieten van een patroon met een vuurwapen komen verschillende materialen vrij. Naast de kogel en de huls die het wapen kunnen verlaten zijn er diverse – deels in situ gevormde – residuen en deeltjes die op verschillende wijzen vrijkomen. Deze materialen en deeltjes worden aangeduid met de term schotresten en kunnen organisch of anorganisch zijn. De organische deeltjes zijn hoofdzakelijk afkomstig van het kruit (de voortdrijvende lading van een patroon) en hebben over het algemeen afmetingen van orde-grootte sub-millimeter. Anorganische deeltjes kunnen afkomstig zijn van de slagsas, het vuurwapen, de kogel en de huls, zie Figuur 1 links. Het grootste gedeelte van de anorganische deeltjes heeft afmetingen van orde-grootte micrometer.

Hoewel de term schotresten in het algemeen dus refereert aan alle residuen en deeltjes die vrijkomen bij het verschieten van een patroon met een vuurwapen, is de betekenis in deze bijlage en de schotrestenrapportages van het NFI veelal beperkter. Bij de onderzoeken die gericht zijn op de aan- en afwezigheid van schotresten, slaat deze term alleen op deeltjes die op basis van bepaalde kenmerken kunnen worden aangemerkt als schotresten. Deze kenmerken worden in hoofdstuk 2 nader toegelicht.



Figuur 1. De belangrijkste onderdelen (figuur links) van een patroon die bijdragen aan de vorming van schotresten: (A) de kogel, (B) de huls, (C) het kruit en (D) het slaghoedje met de slagsas. Bovenaanzicht (foto rechts) van het vrijkomen van schotresten bij het afvuren van een patroon met een vuurwapen.

Op het moment dat de trekker van een vuurwapen wordt overgehaald, slaat de slagpin tegen het slaghoedje van de patroon. Door deze tik op het slaghoedje ontbrandt de slagsas. Deze slagsas zorgt vervolgens voor ontbranding van het kruit - in de meeste

gevallen nitrocellulosekruit - wat resulteert in een hoge druk en temperatuur. Deze hoge druk zorgt er uiteindelijk voor dat de kogel via de loop het vuurwapen verlaat.

Bij dit proces worden eveneens gassen, vloeistoffen en deeltjes via openingen in het vuurwapen naar buiten geblazen, zie Figuur 1 rechts. Dit kan via de loop, maar ook via andere openingen in het vuurwapen zoals de hulsuitwerper van een pistool. De deeltjes kunnen vervolgens in de directe omgeving terecht komen op lichaamsdelen, kledingstukken en andere voorwerpen. In dat geval is er sprake van *primaire overdracht* waarbij de deeltjes direct van de bron afkomstig zijn.

1.3. Bemonsteringsmethoden

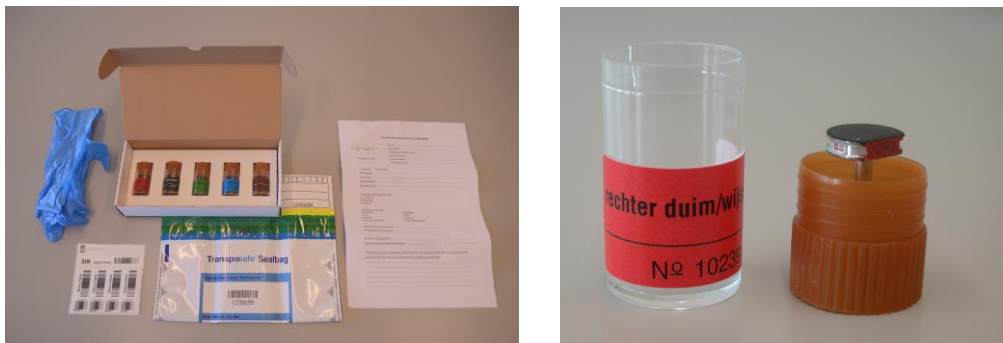
Om de aanwezigheid, samenstelling, morfologie en spreiding van schotresten te onderzoeken is het allereerst van belang om deze op een juiste manier veilig te stellen. Er zijn twee methoden die geschikt zijn voor het bemonsteren van personen en SVO's ten behoeve van schotrestenonderzoek: de stubmethode en de foliemethode. Afhankelijk van het doel van het onderzoek, het type SVO en de context van de zaak wordt de juiste methode geselecteerd. Is het bijvoorbeeld belangrijk om de aanwezigheid van schotresten aan te tonen of moeten verzamelingen deeltjes worden vergeleken, dan heeft een bemonstering met de stubmethode de voorkeur. Is bijvoorbeeld de schootsafstand van belang, dan is de spreiding en locatie van de aangetroffen deeltjes belangrijk en heeft de foliemethode de voorkeur. In sommige gevallen kan ook een combinatie van beide bemonsteringsmethoden worden toegepast. Bij twijfel over de juiste bemonsteringsmethode dient voor advies altijd contact opgenomen te worden met het onderzoeksgebied schotresten.

In het geval dat naast schotresten ook ander typen sporen veiliggesteld moeten worden van een stuk van overtuiging, kunnen bij het NFI bemonsteringen worden uitgevoerd tijdens een gezamenlijk vooronderzoek met andere onderzoeksgebieden.

Stubmethode

Een stub is een ronde aluminium stempel voorzien van een koolstof kleeflaag. Door deze kleeflaag op een oppervlak met deeltjes te drukken (ook wel stubben genoemd), hechten deeltjes van het oppervlak zich aan de kleeflaag. De deeltjes op de kleeflaag op de stub kunnen vervolgens met behulp van een elektronenmicroscop worden onderzocht. Stubs kunnen worden gebruikt voor bemonsteringen van lichaamsdelen, kledingstukken en allerlei andere objecten.

Een stub is meestal afkomstig uit een onderzoeksset schiethanden, zie Figuur 2. Dit is een bemonsterset die bestaat uit vijf stubs: vier stubs om zowel de binnen- als buitenzijde van beide handen van een persoon mee te bemonsteren en één extra 'blanco' stub. Deze stub wordt binnen het onderzoeksgebied schotresten gebruikt voor kwaliteitscontrole. Elke stub uit een onderzoeksset schiethanden is voorzien van een kleurcodering en een nummer. Verder is de set voorzien van een instructieblad, een invulformulier, een SIN-sticker, een omzak en een paar handschoenen.



Figuur 2. Een onderzoeksset schiethanden (links) en een close-up van een stub (rechts).

Stubs uit een onderzoeksset schiethanden kunnen ook worden gebruikt om andere lichaamsdelen, kledingstukken of objecten te bemonsteren. Het onderzoek naar de aanwezigheid van schotresten op kleding wordt inclusief bemonstering op het NFI uitgevoerd en is standaard gericht op de uiteinden van lange mouwen.

Andere delen van kleding kunnen op verzoek eveneens bemonsterd en onderzocht worden. Het gaat dan om bijvoorbeeld de broeksband waarop schotresten worden afgezet als het vuurwapen in de broek wordt gedragen. Een tweede voorbeeld zijn zakken in kleding die door overdracht vanaf een vuurwapen, voorwerp of handen schotresten kunnen bevatten. Indien zowel een onderzoeksset schiethanden als kleding van een verdachte is ingestuurd, wordt normaal gesproken de kleding alleen onderzocht als er op de onderzoeksset schiethanden geen categorie A deeltjes zijn aangetroffen.

Naast kleding kunnen met stubs ook andere voorwerpen bemonsterd worden. Hanteerbare voorwerpen dienen verpakt naar het NFI te worden gestuurd en zullen daar worden bemonsterd. Voorwerpen en objecten die niet kunnen worden ingestuurd, dienen ter plaatse bemonsterd te worden.

Een belangrijke factor die bij het bemonsteren van zowel kleding als andere objecten een rol speelt is de verzadiging van de stub. Indien een groot, vuil of vezelrijk oppervlak wordt bemonsterd, zal de stub sneller verzadigd raken. Er zullen na het bereiken van dit verzadigingspunt weinig tot geen deeltjes meer op de stub blijven plakken. Het is daarom van belang om tijdig een nieuwe stub te gebruiken. Verder is het belangrijk om nauwkeurig te vermelden en eventueel te fotograferen welk gedeelte met welke stub is bemonsterd. Binnen het onderzoeksgebied schotresten is veel ervaring opgedaan met betrekking tot het bemonsteren en vastleggen van verschillende soorten kledingstukken en objecten. Bemonstering op het NFI verdient daarom indien mogelijk altijd de voorkeur.

De stubs worden onderzocht met behulp van SEM/EDX (zie paragraaf 2.2). Na afloop van dit onderzoek wordt met behulp van een lichtmicroscop gekeken of op nitrocellulosekruit gelijkende deeltjes aanwezig zijn. Indien dit het geval is kunnen deze worden veiliggesteld en onderzocht door middel van Fourier-Transform-Infraroodspectroscopie (zie paragraaf 3.3).

Foliemethode

Bij deze methode worden schotrestenfolies gebruikt voor het bemonsteren van relatief grote oppervlakken (A4-formaat). Deze schotrestenfolies (met andere eigenschappen dan bijvoorbeeld vezelfolies) zijn doorzichtig en hebben aan één zijde een plaklaag. Door de folie met de plaklaag op het oppervlak van een object of lichaamsdeel te plakken en vervolgens te verwijderen blijven deeltjes aan de folie zitten. De schotrestenfolie wordt vervolgens met de plaklaag op filtreerpapier (of schutblad) geplakt om zo de deeltjes vast te houden en verdere onderzoeken mogelijk te maken. Door middel van visueel onderzoek aan de schotrestenfolie worden met behulp van een lichtmicroscop op nitrocellulosekruit gelijkende deeltjes opgespoord en veiliggesteld. Deze deeltjes kunnen nader onderzocht worden door middel van Fourier-Transform-Infraroodspectroscopie (zie paragraaf 3.3) of een microchemische test. Met behulp van één of meerdere van de kleurmethode (zie paragraaf 3.2) worden op de schotrestenfolie aanwezige lood-, barium-, koper-, zink- en titaniumhoudende deeltjes zichtbaar gemaakt. Deze verkleuringen kunnen vervolgens nader onderzocht worden met behulp van SEM/EDX (zie paragraaf 2.2).

2. Onderzoek aanwezigheid schotresten

Om de betrokkenheid van een verdachte bij een schietincident aan te kunnen tonen is het van belang om onderzoeksresultaten te verkrijgen die een dergelijke betrokkenheid ondersteunen. In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe dit onderzoek wordt uitgevoerd, op welke wijze de resultaten geïnterpreteerd worden en welke conclusies hieruit kunnen volgen.

2.1. Aanwezigheid en persistentie van schotresten

De hoeveelheden en typen schotresten die vrijkomen bij een schietproces hangen voor een groot deel af van de munitie en het vuurwapen. Bekend is dat het aantal deeltjes dat vrijkomt varieert van vrijwel geen tot enkele duizenden deeltjes. Waar en in welke aantallen deze deeltjes terecht komen hangt sterk af van de omstandigheden tijdens het schietincident. In principe verplaatst de wolk schotresten zich met afnemende dichtheid en snelheid weg van de openingen in het vuurwapen waaruit ze zijn vrijgekomen. Naarmate de afstand tot het vuurwapen groter wordt, zullen er daarom steeds minder deeltjes terecht komen op het lichaam van de schutter, omstanders of objecten (zie wolk in Figuur 1

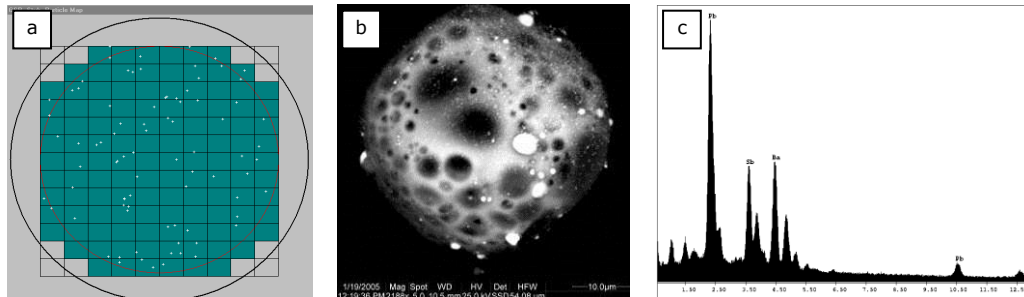
rechts). Dit is een reden waarom de bemonstering van een vermoedelijke schutter in eerste instantie gericht is op zijn handen en de uiteinden van de lange mouwen van de bovenste laag kleding. De kans is het grootst dat op bemonsteringen van deze plaatsen schotresten worden teruggevonden.

Het is van belang om bemonsteringen altijd zo snel mogelijk na een schietincident uit te voeren. Iedere activiteit en handeling die tussen het schietincident en de bemonstering plaatsvindt kan er namelijk voor zorgen dat deeltjes verplaatst worden en verloren gaan. In de praktijk wordt voor de bemonstering van handen van een verdachte een maximale tijd van zes uur na het schietincident aangenomen waarbinnen onderzoek zinvol wordt geacht. Standaard zal een onderzoek niet worden uitgevoerd als deze zes uur wordt overschreden. Bij twijfel over het nut van onderzoek kan altijd contact worden opgenomen met het onderzoeksgebied schotresten. Handelingen en activiteiten met de handen hebben een sterke invloed op de aantallen deeltjes op de handen. Bij het wassen van handen gaan bijvoorbeeld veel deeltjes verloren.

In tegenstelling tot handen geldt dat de bemonstering van mouwen van kleding vaak nog zinvol kan zijn als er meer dan zes uur is verstreken sinds het schietincident. Handelingen met een kledingstuk zoals aan- en uittrekken of wassen leidt tot verlies van deeltjes. Zolang dergelijke handelingen geminimaliseerd worden blijft de kans om deeltjes aan te treffen ongeveer gelijk. Om eventuele contaminatie en het verlies van deeltjes te minimaliseren wordt daarom verzocht kleding zo snel mogelijk veilig te stellen, te verpakken en vervolgens naar het NFI te sturen. Op het NFI wordt het SVO vervolgens in een speciale ruimte bemonsterd.

2.2. SEM/EDX analyse

Stubs worden onderzocht door middel van scanning elektronenmicroscopie in combinatie met energie-dispersieve röntgenspectrometrie (SEM/EDX). Met deze microanalytische techniek is het mogelijk om handmatig of met behulp van een automatische analyse oppervlakten af te zoeken naar kleine relevante deeltjes (microsporen) en om vervolgens de vorm en elementsamenstelling van deze deeltjes te bepalen, zie Figuur 3.



Figuur 3. De automatische SEM/EDX analyse bestaat in hoofdlijnen uit drie onderdelen: (a) de deeltjes op een oppervlak worden in kaart gebracht, (b) voor ieder deeltje dat binnen vooraf bepaalde selectiecriteria valt wordt een plaatje opgeslagen en (c) van de geselecteerde deeltjes wordt de elementsamenstelling bepaald.

Het principe van de SEM/EDX techniek berust op de interactie van een gefocusseerde bundel elektronen met de elektronen in deeltjes op het oppervlak van een object (bij schotrestenonderzoek meestal een stub, of – in uitzonderlijke gevallen – een deel van een schotrestenfolie). Het oppervlak (zie Figuur 3a) wordt gescand met een bundel waarin de elektronen sterk worden gefocusseerd. Door de interactie met atomen in de aanwezige deeltjes wordt een gedeelte van deze primaire elektronen teruggekaatst en een gedeelte omgezet in röntgenstraling en secundaire elektronen:

- De teruggekaatste elektronen - de zogenaamde backscattered electrons (BSE) - geven informatie over de afmeting en vorm van een deeltje en geven een indicatie van de materiaalsamenstelling. Deze informatie wordt weergegeven in een afbeelding zoals te zien in Figuur 3b.
- De röntgenstraling die wordt opgewekt, wordt gemeten en weergegeven in een röntgenspectrum, zie Figuur 3c. Aan de hand van een dergelijk spectrum wordt bepaald welke elementen er in het gemeten deeltje aanwezig zijn en wordt een indicatie verkregen in welke verhoudingen deze elementen aanwezig zijn.

2.3. Interpretatie resultaten

Op een stub zijn vaak vele duizenden deeltjes aanwezig. De meerderheid van deze deeltjes zijn over het algemeen geen schotresten, maar worden wel regelmatig op handen, kleding en andere objecten aangetroffen. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld zouten, stof, vezels en zand. Voor het schotrestenonderzoek wordt bij een geautomatiseerde meting op basis van informatie over de grijswaarde (deze is met name afhankelijk van de in het deeltje aanwezige elementen), de vorm en afmeting automatisch een eerste selectie gemaakt van deeltjes die in aanmerking komen voor schotresten. Deze selectie wordt gemaakt omdat het praktisch niet mogelijk is om alle deeltjes op een stub volledig te analyseren.

Op sommige bemonsteringen zijn er extreem grote aantallen deeltjes aanwezig. Deze aantallen zorgen ervoor dat de selectiecriteria van een analyse aangepast moeten worden om het onderzoek mogelijk te maken. De gevoeligheid van de onderzoeksmethode wordt dan met opzet verlaagd.

Deeltjes die na de eerste selectie binnen de meetcriteria vallen worden in een tweede stap met SEM/EDX automatisch geanalyseerd en op basis van hun elementsamenstelling ingedeeld volgens een vast classificatiesysteem. Dit classificatiesysteem is op hoofdlijnen gebaseerd op de internationaal erkende ASTM-norm voor schotrestenonderzoek maar is op basis van ervaring in zaakonderzoeken op het NFI aangepast. In deze norm worden twee criteria voorgeschreven waaraan deeltjes moeten voldoen om te worden geclassificeerd als schotresten. Deze criteria zijn gebaseerd op (1) de morfologie en (2) de elementsamenstellingen die zijn te verwachten bij schotresten.

Morfologie

Om voor schotresten in aanmerking te komen moet een deeltje een morfologie hebben die past bij de wijze waarop schotresten gevormd worden. De snelle afkoeling van gassen en vloeistoffen die vrijkomen bij een schot zorgt ervoor dat het zeer onwaarschijnlijk is dat er zichtbaar kristallijne structuren gevormd worden. Dergelijke structuren kenmerken zich normaal gesproken door regelmatige, veelhoekige, symmetrische vormen en gladde vlakken. Bij het onderzoek worden in principe alleen deeltjes in beschouwing genomen die geen uiterlijke kenmerken vertonen van kristalliniteit.

Elementsamenstelling

Deeltjes moeten naast de juiste morfologie ook de juiste elementsamenstelling hebben om voor schotresten in aanmerking te komen. De in de ASTM-norm vermelde elementsamenstellingen vormen de basis voor het classificatieschema van categorie A en categorie B deeltjes zoals dat binnen het NFI wordt toegepast.

Classificatieschema

Categorie A. Deeltjes in deze categorie hebben een elementsamenstelling en morfologie die karakteristiek is voor schotresten. Deeltjes die binnen deze categorie vallen hebben een uiterlijke verschijning (morfologie) die past bij de wijze waarop schotresten gevormd worden. Qua elementsamenstelling zijn er voor deze deeltjes tot op heden geen andere bronnen van herkomst bekend dan een schietproces. Categorie A deeltjes worden vrijwel nooit aangetroffen bij personen die, voor zover bekend, niets met een schietproces te maken hebben. De bewijskracht van deze deeltjes is daarom groot.

Categorie B. Deeltjes in deze categorie komen op basis van hun elementsamenstelling en morfologie in aanmerking voor schotresten. Van deze deeltjes zijn echter ook andere bronnen van herkomst bekend. De hoeveelheid andere bronnen van herkomst en de frequentie hiervan varieert per type deeltje. Categorie B deeltjes worden met enige regelmaat aangetroffen op bemonsteringen van personen die, voor zover bekend, niets te maken hebben met een schietproces. De bewijskracht van deze deeltjes is daarom veel lager dan die van categorie A deeltjes en varieert afhankelijk van het type categorie B deeltje.

In Tabel 1 wordt het classificatieschema weergegeven. Dit schema wordt in de schotrestenrapportages gebruikt voor het rapporteren van deeltjes die op een bemonstering zijn aangetroffen en die in aanmerking komen voor schotresten. Naast de elementen die voor categorie A en B deeltjes zijn gespecificeerd in Tabel 1, mogen ook

bepaalde nader gespecificeerde andere elementen in meer of mindere mate aanwezig zijn in een deeltje. Dergelijke extra elementen kunnen er voor zorgen dat een deeltje in een andere categorie wordt geclassificeerd. Deeltjes die vermoedelijk geen schotresten zijn, kunnen over het algemeen onderscheiden worden doordat ze naast de kenmerkende elementen ook andere elementen bevatten en een afwijkende morfologie hebben.

Tabel 1. Classificatieschema van categorie A en B deeltjes.

Categorie A deeltjes: deeltjes met elementsamenstellingen^{a)} die karakteristiek zijn voor schotresten	Categorie B deeltjes: deeltjes met elementsamenstellingen^{a)} die in aanmerking komen voor schotresten
PbBaSb GdZnTi ^{b)} GaCuSn ^{b)}	BaCaSi BaSb PbSb BaAl PbBa Pb Sb Ba ZnTi Sr
<p>^{a)} Verklaring symbolen elementen: lood (Pb), barium (Ba), antimoon (Sb), gadolinium (Gd), zink (Zn), titanium (Ti), gallium (Ga), koper (Cu), tin (Sn), calcium (Ca), silicium (Si), aluminium (Al) en strontium (Sr). Naast de genoemde elementen kunnen deeltjes nog één of meerdere andere elementen bevatten.</p> <p>^{b)} Deze deeltjes zijn afkomstig van gemarkeerde munitie. Dit is munitie waaraan een kenmerkend element (in deze gevallen Gd of Ga) is toegevoegd als marker. Zowel de Nederlandse (Gd-marker) als de Duitse (zowel Gd- als Ga-marker) politie maakt gebruik van gemarkeerde munitie, zie verder paragraaf 2.6.</p>	

Naast de in Tabel 1 genoemde categorie A en B deeltjes, bestaan er soorten munitie die schotresten produceren welke met de huidige onderzoeksmethode op dit moment vrijwel niet gedetecteerd kunnen worden. De frequentie van voorkomen van deze soorten is momenteel in Nederland echter zeer laag. Mede daarom zijn deze soorten munitie nog niet opgenomen in het classificatieschema.

2.4. Conclusies

De onderzoeksvraag met betrekking tot de aanwezigheid van schotresten op personen, kledingstukken of andere objecten wordt beantwoord aan de hand van een set hypothesen. Door in de conclusie gebruik te maken van deze hypothesen, kunnen de kenmerken van de gehele verzameling deeltjes die op een bemonstering is aangetroffen worden meegewogen. De hypothesen die bij dit type schotrestenonderzoek worden getoetst, hebben vrijwel altijd dezelfde soort formulering waarin het eerste deel van de hypothese per onderzoek wordt aangepast. Een voorbeeld voor het onderzoek aan een onderzoeksset schiethanden waarmee een verdachte bemonsterd is:

- Hypothese 1:** Op de bemonsteringen van de verdachte zijn schotresten aanwezig.
Hypothese 2: Op de bemonsteringen van de verdachte zijn géén schotresten aanwezig.

De conclusie verwoordt de bewijskracht van de resultaten ten aanzien van bovenstaande hypothesen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een reeks verbale waarschijnlijkheidstermen, zie voor meer informatie de vakbijlage 'De reeks waarschijnlijkheidstermen van het NFI en het Bayesiaanse model voor interpretatie van bewijs'. De gebruikte waarschijnlijkheidsterm hangt af van de kenmerken van de aangetroffen verzameling deeltjes en is gebaseerd op vakkennis en ervaring opgedaan in zaakonderzoek. Kenmerken die worden meegenomen zijn bijvoorbeeld de elementsamenstellingen en aantallen aangetroffen deeltjes, de kennis van eventuele alternatieve bronnen van herkomst en de zeldzaamheid van deeltjes. Twee voorbeelden van resultaten met bijbehorende conclusies zijn:

(1) Alleen categorie B deeltjes met weinig onderlinge samenhang. Deze combinatie van deeltjes komt met grote regelmaat voor op bemonsteringen van personen die niets met een schietincident te maken hebben. Het kan echter niet worden uitgesloten dat (een deel van) deze deeltjes wel schotresten zijn. Dergelijke resultaten bieden geen steun in het voordeel van één van beide hypothesen, waardoor de conclusie luidt: De bevindingen van het onderzoek naar de aanwezigheid van schotresten zijn *ongeveer even waarschijnlijk* wanneer hypothese 1 waar is, als wanneer hypothese 2 waar is.

(2) Enkele categorie A deeltjes met bijpassende categorie B deeltjes. Deze combinatie van deeltjes vormt een sterke aanwijzing dat de deeltjes op de bemonstering

schotresten zijn. De conclusie luidt dan: De bevindingen van het onderzoek naar de aanwezigheid van schotresten zijn *zeer veel waarschijnlijker* wanneer hypothese 1 waar is, dan wanneer hypothese 2 waar is.

2.5. Toelichting conclusies

Met het wel of niet aantreffen van schotresten op een bemonstering wordt nadrukkelijk geen uitspraak gedaan over het wel of niet schieten door een persoon. Belangrijke redenen hiervoor zijn dat de schotresten ook op andere manieren (situatie I) op de handen en kleding van personen terecht kunnen komen en dat niet altijd schotresten worden aangetroffen (situatie II) op bemonsteringen van personen die hebben geschoten. Beide situaties, die corresponderen met respectievelijk hypothese 1 en hypothese 2, worden hieronder nader toegelicht. Voor de aan- en afwezigheid van schotresten op andere objecten kan op een analoge manier geredeneerd worden.

Situatie I. Op de bemonsteringen zijn schotresten aanwezig (hypothese 1).

Meest voorkomende redenen waarom er schotresten aanwezig zijn:

- De persoon heeft met een vuurwapen geschoten.
- De persoon of het object is tijdens of kort na het schot in de directe nabijheid van de schutter/plek van het schot geweest.
- De persoon of het object is fysiek in contact geweest met een tweede persoon of een object waar schotresten op aanwezig waren, waarbij een deel van de schotresten is overgedragen naar eerstgenoemde. Deze overdracht wordt aangeduid met de term 'secundaire overdracht'.

Secundaire overdracht

Secundaire overdracht kan ook als onderzoeksmogelijkheid worden gebruikt. Iemand die geschoten heeft en daarbij schotresten op zijn handen heeft gekregen, kan deze overdragen op een object zoals bijvoorbeeld het stuur of de versnellingspook van een auto. Met onderzoek aan bemonsteringen van deze objecten kan eveneens de aanwezigheid van schotresten worden aangetoond. Het is hierbij wel van belang om rekening toe houden met het feit dat de aangetroffen deeltjes ook door een ander persoon en op een ander moment op de objecten kunnen zijn achtergelaten. Een onderscheid tussen deze twee situaties kan niet zonder meer gemaakt worden, maar extra informatie, schietproeven en andere aanvullende onderzoeken behoren vaak wel tot de mogelijkheden.

Situatie II. Op de bemonsteringen zijn géén schotresten aanwezig (hypothese 2).

Meest voorkomende redenen waarom er géén schotresten aanwezig zijn:

- De persoon is niet betrokken bij een schietincident.
- Op de handen en kleding van de persoon zijn geen schotresten afgezet. Dit kan komen doordat er (vrijwel) geen deeltjes zijn vrijgekomen bij het schot, maar ook door andere omstandigheden zoals de weersinvloeden of het dragen van handschoenen.
- De deeltjes die zijn vrijgekomen bij het schot kunnen niet worden aangetoond met de toegepaste onderzoeksmethode of zijn niet veiliggesteld met de bemonstering, zie hiervoor de Bijlage Schotrestenonderzoek.
- De schotresten zijn voordat de bemonstering plaats heeft gevonden reeds verdwenen door bepaalde handelingen. Voorbeelden hiervan zijn het wassen van handen of deze ergens langs vegen, het wassen van kleding, of het schoonmaken van een object.

N.B. Aan de hand van alléén de resultaten van onderzoek aan handen of (mouwen van) kleding kan dus niet zonder meer geconcludeerd worden of een persoon wel of niet geschoten heeft. In sommige gevallen is het wel mogelijk om de redenen voor het al dan niet aantreffen van schotresten nader te beschouwen aan de hand van aanvullend onderzoek.

2.6. Toelichting gemarkeerde politiemunitie

Zoals in Tabel 1 vermeld, wordt door de Nederlandse en Duitse politie gebruik gemaakt van gemarkeerde munitie. Aan de munitie voor de Nederlandse politie is het kenmerkend element gadolinium toegevoegd. Hierdoor zijn schotresten met de elementsamenstelling GdZnTi, afkomstig van dergelijke munitie, te onderscheiden van andere munitie en relatief gemakkelijk te herkennen. Gemarkeerde deeltjes worden met enige regelmaat aangetroffen bij schotrestenonderzoeken van het NFI. Het aantreffen van deze deeltjes is –

indien er in de vorm van ander bewijs geen concrete informatie voor het gebruik van politiemunitie is – een aanwijzing dat er in zekere mate sprake is van secundaire overdracht. Het aantal aangetroffen gemarkeerde (GdZnTi) deeltjes ten opzichte van de overige aangetroffen (categorie A en B) deeltjes geeft daarbij een eerste indicatie van de impact hiervan met betrekking tot de conclusie in het rapport. In het algemeen worden daarbij voor de rapportage twee situaties onderscheiden. Het onderzoek naar de aanwezigheid van schotresten dient daarbij als startpunt te worden gezien voor mogelijke vervolgonderzoeken, zoals een vergelijkend schotrestenonderzoek. De twee mogelijke situaties zijn:

Situatie 1 - Enkele gemarkeerde (GdZnTi) deeltjes

Tijdens het zaakonderzoek worden enkele gemarkeerde deeltjes aangetroffen. Dit is het geval voor het grootste gedeelte van de onderzoeken waarin gemarkeerde deeltjes worden aangetroffen. In deze situatie zijn de gemarkeerde deeltjes vermoedelijk het gevolg van secundaire overdracht, bijvoorbeeld via agenten die een verdachte arresteren. De kans dat de overige deeltjes ook het gevolg hiervan zijn wordt laag ingeschat. De aanwezigheid van GdZnTi deeltjes wordt daarom losgezien van de overige aanwezige deeltjes en voor de conclusie in het rapport buiten beschouwing gelaten. Er wordt in het rapport géén nadere toelichting gegeven.

Situatie 2 - Relatief veel gemarkeerde (GdZnTi) deeltjes

Tijdens het zaakonderzoek worden relatief veel gemarkeerde deeltjes in combinatie met minder andere categorie A en B deeltjes aangetroffen, of uitzonderlijk veel (tientallen tot honderden) gemarkeerde deeltjes. In deze gevallen is een nadere toelichting noodzakelijk. In dergelijke situaties zal over het algemeen proactief nader onderzoek worden verricht of informatie worden gezocht om de aangetroffen deeltjes beter te kunnen duiden.

3. Onderzoek aan schotbeschadigingen, -verwondingen en schootsafstandbepaling

Een verschoten kogel kan bij het treffen van een kledingstuk, voorwerp of persoon één of meerdere beschadigingen of verwondingen (beiden worden in deze bijlage verder aangeduid als beschadigingen) veroorzaken. Afhankelijk van de afstand tussen het vuurwapen en het getroffen object - de schootsafstand - worden er rondom de beschadiging verschillende (micro-)sporen afgezet. Aan de hand van de kenmerken van de beschadiging en het omliggende sporenbeeld kan onderzocht worden wat de aard van de beschadiging is en wat de vermoedelijke schootsafstand is geweest.

Het onderzoek naar de aard van een beschadiging richt zich op de beantwoording van twee vragen. De eerste vraag is erop gericht om te kijken of de beschadiging is veroorzaakt door een verschoten kogel. De tweede vraag heeft betrekking op de richting van de kogel tijdens de vorming van de beschadiging, in andere woorden: is er sprake van een inschot (waar de kogel het lichaam of object is binnengetreten) dan wel een uitschot (waar de kogel het lichaam of object heeft verlaten). In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe dit type onderzoek wordt uitgevoerd, op welke wijze de resultaten geïnterpreteerd worden en welke conclusies hieruit volgen.

Het is voor dit type onderzoek van groot belang dat sporen op het SVO zo veel mogelijk intact worden gelaten. Voor een juiste interpretatie van het sporenbeeld is verder belangrijk dat zoveel mogelijk informatie beschikbaar is over de positie/locatie/oriëntatie van kledingstukken, voorwerpen en lichaamsdelen tijdens het vermoedelijke schot. In eerste instantie is de buitenste kledinglaag van belang omdat hier de meeste sporen te verwachten zijn. Verder wordt informatie over de gebruikte vuurwapen-munitie combinatie gebruikt om tot een zo nauwkeurig mogelijke bepaling van de schootsafstand te komen. Om veranderingen in het sporenbeeld te voorkomen en eventuele contaminatie van het SVO te minimaliseren, wordt verzocht de kleding zo snel mogelijk veilig te stellen, correct te verpakken en naar het NFI te sturen. Bij voorkeur wordt de kleding tijdens dit proces niet opnieuw uitgepakt om zo het verlies en beïnvloeding van sporen te minimaliseren.

3.1. Visueel onderzoek en veiligstellen van (micro-)sporen

Een te onderzoeken SVO wordt na ontvangst allereerst visueel onderzocht en fotografisch vastgelegd. Hierbij worden de relevante beschadigingen in kaart gebracht om vervolgens

één voor één met behulp van een operatiemicroscop nader onderzocht te worden. Tijdens dit onderzoek worden de uiterlijke kenmerken zoals vorm en afmeting van de beschadigingen en het omliggende sporenbeeld van iedere potentiële schotbeschadiging nauwkeurig beschreven. Verder worden eventueel aanwezige (micro-)sporen veiliggesteld voor ondersteunende onderzoeken. Onder het sporenbeeld en (micro-)sporen worden onder meer de vuilzoom, beroeting en nitrocellulosekruitdeeltjes verstaan, maar ook bloed, weefselresten en andere opvallende sporen. Deze laatste zijn voornamelijk van belang als er bij een schot eerst een ander object geraakt is, waardoor er sprake is van een indirect schot of ricochet. Er kan dan bijvoorbeeld worden gekeken naar sporen zoals steen of hout. Als alle andere onderzoeken zijn uitgevoerd, worden verkleuringsbeelden van de beschadigingen gemaakt door deze af te drukken volgens één of meerdere kleurmethode(n) (zie paragraaf 3.2). Ook schotrestenfolies waarmee lichaamsdelen (b.v. het gelaat van een slachtoffer) of voorwerpen zijn bemonsterd kunnen worden afgedrukt volgens deze kleurmethode(n).

3.2. Kleurmethode(n)

Afhankelijk van het type munitie dat is gebruikt tijdens het schietincident worden één of meerdere kleurmethode(n) gebruikt om een verkleuringsbeeld van de relevante beschadigingen te maken. De drie kleurmethode(n) die bij het NFI worden toegepast zijn (1) de natriumrhodizonaatmethode, (2) de DTO-methode en (3) de zinconmethode. Aan de hand van referentiemateriaal (bijvoorbeeld hulzen) of microchemische testreacties wordt bepaald welke elementen er mogelijk rondom de beschadiging aanwezig zijn, zodat de juiste kleurmethode of combinatie van kleurmethode(n) toegepast kan worden. Het verkleuringsbeeld wordt vervolgens in een aantal stappen gemaakt.

Tabel 2. Overzicht van de karakteristieken van de drie toegepaste kleurmethode(n).

Kleurmethode	Substraat	Stap 1/2*	Stap 3	Aantoonbare elementen
natriumrhodizonaat (Narhod)	filterpapier	filterpapier bevochtigen met wijnsteenzuuroplossing	filterpapier drogen, vervolgens bespuiten met natriumrhodizonaat-oplossing en nogmaals drogen	lood barium
dithiooxamide (DTO)	fotopapier	fotopapier weken in ammoniumoplossing	fotopapier direct bespuiten met DTO-oplossing en vervolgens drogen	koper
zincon (Zincon)	cellofaanfolie	cellofaanfolie weken in zinconoplossing	cellofaanfolie drogen	koper titaan zink

* In stap 2 worden het kledingstuk of de schotrestenfolie onder druk met het substraat samengeperst.

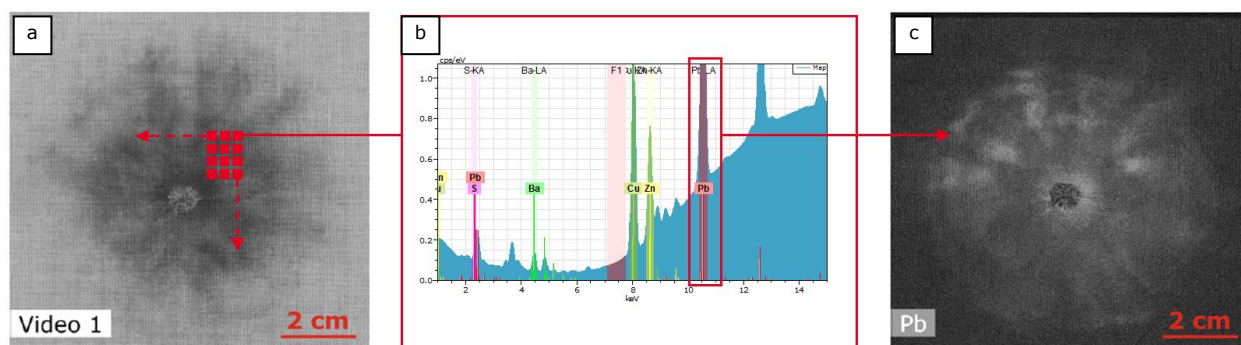
Als eerste wordt het substraat voorbehandeld door deze te bevochtigen of te weken met een bij de kleurmethode behorende oplossing (zie Tabel 2). Het substraat wordt vervolgens met het kledingstuk of met de schotrestenfolie onder druk samengeperst. Afhankelijk van de toegepaste kleurmethode vindt een nabehandeling plaats, waarbij het substraat wordt behandeld met een kleurreagens. Tot slot wordt het substraat gedroogd.

De verkregen afdruk wordt vervolgens visueel onderzocht op de aanwezigheid van verkleuringen. Dit onderzoek wordt indien nodig uitgevoerd op een lichtbak en/of met behulp van een lichtmicroscop. Het aantal, de locaties en de afmetingen van verkleuringen worden hierbij vastgelegd. Indien noodzakelijk, kunnen de deeltjes die worden aangetroffen in de verkleuringen verder worden onderzocht. De betreffende deeltjes worden hiervoor uit het substraat gesneden, overgebracht op een stub en onderzocht met behulp van SEM/EDX (zie hoofdstuk 2.2).

3.3. Röntgenfluorescentie spectroscopie

Met behulp van röntgenfluorescentie spectroscopie (XRF) kan de aanwezigheid en spreiding van elementen in kaart worden gebracht. Het principe van XRF berust op de interactie van een bundel hoog energetische röntgenstraling met de elektronen die aanwezig zijn in het te onderzoeken sample. De gefluoresceerde röntgenstraling die als gevolg van dit proces van het sample komt, is karakteristiek voor de in het sample aanwezige elementen. Op deze wijze kunnen op een specifieke plek (puntmeting), of binnen een gebied tot maximaal 14 bij 17 centimeter (linescan of mapping) aanwezige

elementen in kaart worden gebracht. De werking is schematisch weergegeven in Figuur 4. Binnen het schotrestenonderzoek wordt XRF ingezet om het sporenbeeld rondom een beschadiging in kaart te brengen en om te bepalen of schotrestenbemonsteringen lood bevatten.



Figuur 4. Met behulp van XRF wordt van een SVO een scan gemaakt (a), waarbij in elk punt een spectrum (b) wordt opgeslagen. De pieken in het spectrum zijn karakteristiek voor aanwezige elementen. Daarnaast geeft de intensiteit van de piek een indicatie van de concentratie van het aanwezige element. Op basis van deze intensiteit kan een overzicht (c) worden gemaakt van de spreiding van een element.

3.4. Ondersteunende onderzoeken

Naast het visuele onderzoek en de toepassing van verschillende kleurmethoden wordt ook gebruik gemaakt van microchemische testreacties en Fourier-Transform-Infraroodspectroscopie (FT-IR). Microchemische testreacties worden gebruikt om een indicatie te krijgen van de aanwezigheid van lood en koper. FT-IR is een analysetechniek waarmee informatie over de chemische bindingen in een materiaal verkregen kan worden. Deze techniek wordt toegepast om de aanwezigheid van nitrocellulose in veiliggestelde deeltjes te onderzoeken.

3.5. Kenmerken van schotbeschadigingen en -verwondingen

Het onderzoek aan een beschadiging of verwonding richt zich in eerste instantie op het bepalen van de aard hiervan. Er wordt daarbij gekeken of de beschadiging of verwonding is veroorzaakt door een verschoten kogel of door iets anders. Ook wordt bepaald of het een inschot of uitschot betreft. De belangrijkste kenmerken die te verwachten zijn bij in- en uitschoten zijn weergegeven in Tabel 3.

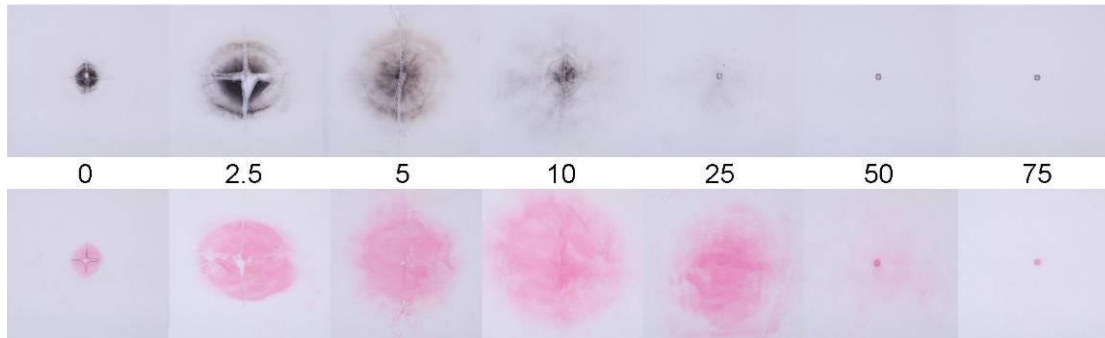
Tabel 3. Kenmerken die kunnen worden aangetroffen bij schotbeschadigingen en -verwondingen.

Kenmerken inschot	Kenmerken uitschot
een ronde of stervormige beschadiging of verwonding (vorm)	winkelhaak of scheurvormige beschadiging of verwonding (vorm)
beroeting rondom beschadiging of verwonding	-
vuilzoom langs rand van beschadiging of verwonding	-
ter plaatse van de beschadiging aan de buitenzijde van de stof uitgevoerde microchemische testreacties zijn voor de elementen lood en koper positief	ter plaatse van de beschadiging aan de binnenzijde van de stof uitgevoerde microchemische testreacties zijn voor de elementen lood en koper positief
aanwezigheid nitrocellulosekruitdeeltjes rondom de beschadiging of verwonding	-
afwezigheid van opperhuid rondom de verwonding	-
vezelstand rondom de beschadiging is naar lichaam toe gericht	vezelstand rondom de beschadiging is van lichaam af gericht
verkleuringen op het substraat waarmee een verkleuringsbeeld van de beschadiging of verwonding is gemaakt	-
-	aanwezigheid weefselresten aan binnenzijde van de stof rondom de beschadiging

In het algemeen worden niet alle in Tabel 3 omschreven kenmerken aangetroffen bij een in- of uitschot. Verder is het mogelijk dat kenmerken van een inschot worden aangetroffen bij een uitschot en vice versa. Factoren die hier invloed op hebben zijn bijvoorbeeld de vuurwapen-munitie combinatie, de schootsafstand, handelingen met het SVO en de schootsbaan (indirect of ricochet).

3.6. *Schootsafstandenonderzoek*

Voor het schootsafstandenonderzoek worden de resultaten van bovenstaande onderzoeken vergeleken met sporen- en verkleuringsbeelden van proefschotenseries in de NFI-database. Hierbij wordt gekeken naar de aanwezigheid van nitrocellulosekruitdeeltjes, grijze aanslag en verkleuringen op de afdrucken. Indien noodzakelijk en mogelijk wordt een proefschotenserie gemaakt met een specifieke vuurwapen-munitie combinatie. Een proefschotenserie wordt vervaardigd door met één vuurwapen-munitie combinatie onder gecontroleerde omstandigheden van verschillende afstanden op een serie katoenen lapjes te schieten. Van deze katoenen lapjes worden door toepassing van één of meerdere van de beschreven kleurmethoden verkleuringsbeelden gemaakt. De katoenen lapjes en de verkleuringsbeelden vormen gezamenlijk een proefschotenserie, zie Figuur 5.



Figuur 5. Sporen- (boven) en verkleuringsbeelden (onder) van een proefschotenserie met schootsafstanden van 0 tot en met 75 centimeter.

Door het sporen- en verkleuringsbeeld van een mogelijke inschotbeschadiging te vergelijken met de sporen- en verkleuringsbeelden van één of meerdere proefschotenseries kan een uitspraak gedaan worden over de waarschijnlijkheid van de bevindingen onder een bepaalde schootsafstandenrange. De combinatie van waarschijnlijkheidsgradatie en schootsafstandenrange hangt mede af van het feit of vuurwapen en munitie bekend zijn. Deze informatie wordt indien beschikbaar verkregen uit rapportages van het onderzoeksgebied wapens en munitie. In gevallen waar deze combinatie niet bekend is, kan nog steeds een schootsafstandbepaling worden uitgevoerd. De onzekerheid van de bepaling zal in dit geval groter zijn. Deze onzekerheid kan worden uitgedrukt in een bredere range en in een lagere waarschijnlijkheidsgradatie.

3.7. *Interpretatie en conclusie*

De interpretatie van de bevindingen vindt plaats in het licht van sets hypothesen. Eventuele beschikbare informatie (bijvoorbeeld over het gebruikte vuurwapen en bijbehorende munitie) meewegend, wordt gekeken in hoeverre de verkregen resultaten te verwachten zijn onder de gestelde hypothesen. Hiertoe worden de resultaten vergeleken met de kenmerken zoals beschreven in paragraaf 3.4, met resultaten van proefschotenseries onder gecontroleerde omstandigheden of met resultaten van andere schietexperimenten. Deze beschouwing leidt tot de uiteindelijke conclusie waarbij door middel van een verbale waarschijnlijkheidsgradatie (zie de vakbijlage 'De reeks waarschijnlijkheidstermen van het NFI en het Bayesiaanse model voor interpretatie van bewijs') een uitspraak wordt gedaan over de bewijskracht van de resultaten.

In- en uitschoten

Afhankelijk van de vraagstelling van het onderzoek worden per beschadiging hypothesen opgesteld en worden de bevindingen getoetst aan deze sets hypothesen. Indien de resultaten hier aanleiding toe geven - als er bijvoorbeeld sporen van een ricochet aangetroffen zijn - kunnen de sets hypothesen aangepast worden. Bij de standaard vraagstelling die gebruikt wordt voor het onderzoek aan beschadigingen en verwondingen wordt getoetst met behulp van twee vaste sets hypothesen. Voor een beschadiging zijn dit de volgende sets hypothesen (A1-A2 en B1-B2):

Hypothese A1: De beschadiging is veroorzaakt door een kogel afgevuurd met een vuurwapen.

Hypothese A2: De beschadiging is veroorzaakt door een willekeurig ander proces.

Hypothese B1: De beschadiging is een inschotbeschadiging.

Hypothese B2: De beschadiging is een uitschotbeschadiging.

Schootsafstanden

Ook de vraagstelling die betrekking heeft op de schootsafstandbepaling wordt beantwoord volgens een Bayesiaanse formulering met verbale waarschijnlijkheidsgradatie. Indien door de aanvrager geen specifieke scenario's zijn aangeleverd, worden hiervoor echter niet eerst hypothesen opgesteld maar wordt gelijk een conclusie geformuleerd met behulp van een verbale waarschijnlijkheidsterm. Hieronder zijn twee voorbeelden van conclusies met betrekking tot het schootsafstandenonderzoek weergegeven:

“De bevindingen van het onderzoek zijn *veel waarschijnlijker* wanneer de schootsafstand kleiner is dan 10 centimeter, dan wanneer de schootsafstand groter is dan 10 centimeter.”

“De bevindingen van het onderzoek zijn *veel waarschijnlijker* wanneer de schootsafstand tussen 10 en 150 centimeter is, dan wanneer de schootsafstand kleiner is dan 10 centimeter of groter dan 150 centimeter.”

Schotresten die vrijkomen uit de loop van een vuurwapen hebben in het algemeen een maximaal bereik. Dit bereik verschilt per type spoor. In het algemeen kan gesteld worden dat voor handvuurwapens onderscheid gemaakt kan worden in schootsafstanden tot een maximale afstand van circa 1,5 meter. Bij een schootsafstand groter dan circa 1,5 meter verandert het sporen- en verkleuringsbeeld niet meer. Er kan daarom op basis van dit schotrestenonderzoek geen onderscheid gemaakt worden tussen verschillende schootsafstanden groter dan circa 1,5 meter.

4. Vergelijkend schotrestenonderzoek

Voor sommige onderzoeken is het belangrijk om te bepalen of de deeltjes aangetroffen op verschillende SVO's, verdachten of slachtoffers met elkaar overeenkomen. Er wordt dan een vergelijkend schotrestenonderzoek uitgevoerd. In de meeste gevallen gaat het om het type onderzoek waarbij wordt gekeken naar verschillende kenmerken van verzamelingen anorganische deeltjes. Het is hierbij van belang dat er voldoende aantallen deeltjes zijn aangetroffen op de bemonstering. Uitzonderlijke gevallen buiten beschouwing gelaten, kan alleen een representatief beeld verkregen worden indien voldoende deeltjes zijn aangetroffen.

4.1. Stukken van overtuiging voor vergelijking

In principe komen schotresten op alle typen SVO's in aanmerking voor een vergelijkend schotrestenonderzoek. SVO's die vaak gebruikt worden zijn verschoten hulzen, bemonsteringen van handen en kleding van verdachten of slachtoffers, bemonsteringen van beschadigingen en verwondingen en bemonsteringen van een vuurwapen. Ieder type SVO heeft hierbij specifieke kenmerken waar rekening mee gehouden dient te worden tijdens de interpretatie van de resultaten.

4.2. Interpretatie resultaten

Bij een vergelijkend schotrestenonderzoek worden de kenmerken van verzamelingen deeltjes die zijn aangetroffen op SVO's met elkaar vergeleken. Deze verzamelingen bestaan uit categorie A en B deeltjes. In sommige gevallen worden ook deeltjes die niet als schotresten geassocieerd zijn meegenomen in een vergelijking.

Er zijn een aantal factoren die bij het beschouwen van de kenmerken van belang zijn om de uiteindelijke waarschijnlijkheid, of bewijskracht van het vergelijkend schotrestenonderzoek te bepalen. De vier belangrijkste factoren hiervan zijn: het aantal aangetroffen deeltjes, de zeldzaamheid van de aangetroffen deeltjes, de locatie van de bemonstering en het memory-effect.

Aantal aangetroffen deeltjes

De eerste factor is het totaal aantal deeltjes binnen een verzameling. Een klein aantal deeltjes op een bemonstering hoeft geen representatief beeld weer te geven van de totale verzameling schotresten die vrijgekomen is bij het lossen van een schot. Als één of meerdere verzamelingen die worden beschouwd een klein aantal deeltjes bevat, wordt per verzameling beoordeeld of het mogelijk is om de verzameling voldoende te karakteriseren

en mee te nemen in het vergelijkend schotrestenonderzoek. Vaak leidt een kleine verzameling tot een lage bewijskracht. Een uitzondering hierop is een vergelijking waarbij één of meerdere verzamelingen aanwezig zijn met zeer specifieke deeltjes.

Zeldzaamheid van de aangetroffen deeltjes

De tweede factor die van invloed is op de bewijskracht is de zeldzaamheid van de elementsamenstellingen van de aangetroffen deeltjes. In munitie worden verschillende materialen toegepast. Hierdoor worden schotresten gevormd die er voor zorgen dat – op basis van de elementsamenstelling van de aangetroffen deeltjes – verschillende typen munitie van elkaar onderscheiden kunnen worden. Op basis van dit onderscheid kan munitie worden ingedeeld in groepen. Een groep bestaat uit munitie die bij het verschieten dezelfde schotresten produceren. De frequentie waarmee dergelijke groepen in zaakonderzoeken worden aangetroffen is een indicatie van de zeldzaamheid en daarmee mede bepalend voor de uiteindelijke bewijskracht. Binnen een groep is het niet mogelijk om een onderscheid tussen verschillende leden (bijvoorbeeld een set soortgelijke hulzen) te maken.

Locatie van bemonstering

De derde factor is de locatie van de bemonstering in relatie tot de positie van het vuurwapen ten tijde van het schot. Uit de literatuur is bekend dat de verzamelingen deeltjes afkomstig van verschillende bemonsteringslocaties bij één enkel schot van elkaar kunnen verschillen. Een voorbeeld hiervan is het verschil tussen de bemonstering van een schotbeschadiging (locatie 1) en van een huls (locatie 2). In de verzameling deeltjes afkomstig van locatie 1 kunnen deeltjes afkomstig van de kogel aanwezig zijn die niet aangetroffen worden in de verzameling afkomstig van locatie 2.

Memory-effect

De vierde factor die in beschouwing wordt genomen is het memory-effect. Bij meerdere opeenvolgende schoten met hetzelfde vuurwapen en dezelfde munitie kunnen verschillen optreden in de kenmerken van de verzamelingen deeltjes. Dit effect treedt op doordat bij een schot niet alle schotresten het vuurwapen verlaten. Bij een volgend schot kunnen deze alsnog vrijkomen. De schotresten die alsnog het vuurwapen verlaten kunnen dan wel bijvoorbeeld op de handen van de schutter terecht komen, maar zullen bij onderzoek niet worden aangetroffen in de hulzen. Het aantreffen van verzamelingen schotresten die ten gevolge van het memory-effect bestaan uit deeltjes met diverse en niet bij elkaar passende deeltjes kan zorgen voor een hoge bewijskracht. Dit is het geval als bijvoorbeeld twee verschillende, goed te onderscheiden soorten munitie zijn verschoten uit één vuurwapen, waardoor tijdens het onderzoek kenmerken van beiden soorten munitie aangetroffen worden in de verzameling deeltjes van een bemonstering.

Interpretatie

Rekening houdend met bovenstaande factoren worden de kenmerken van de verzamelingen deeltjes met elkaar vergeleken. De kenmerken die van belang zijn en vergeleken worden bij een vergelijkend schotrestenonderzoek, zijn (I) de elementsamenstellingen van de aanwezige deeltjes, (II) de combinatie van groepen deeltjes met verschillende elementsamenstellingen en (III) de verhoudingen van aantallen deeltjes in verschillende groepen met identieke elementsamenstellingen. Vervolgens wordt in het licht van een set hypothesen een uitspraak gedaan over de waarschijnlijkheid van de aangetroffen overeenkomsten en verschillen tussen de beschouwde verzamelingen. Indien geen hypothesen zijn aangeleverd worden deze opgesteld op basis van de vraagstelling, de verkregen informatie en de onderzoeksresultaten.

4.3. Hypothesen, conclusies en waarschijnlijkheidsgradaties

De conclusie van een vergelijkend onderzoek wordt gegeven in een Bayesiaanse formulering. Dit wil zeggen dat er geen uitspraak wordt gedaan over de waarschijnlijkheid van de hypothesen, maar over de bewijskracht van de resultaten ten aanzien van twee elkaar uitsluitende hypothesen. Een voorbeeld van een set hypothesen bij het vergelijkend schotrestenonderzoek is:

Hypothese 1: De deeltjes die zijn aangetroffen op bemonstering X zijn afkomstig uit huls Y.

Hypothese 2: De deeltjes die zijn aangetroffen op bemonstering X zijn afkomstig uit één of meerdere willekeurige andere hulzen.

Een voorbeeld van een conclusie van een vergelijkend onderzoek luidt:
De bevindingen van het onderzoek zijn *iets waarschijnlijker* wanneer hypothese 1 waar is, dan wanneer hypothese 2 waar is.

In bovenstaande conclusie wordt gebruikt gemaakt van een verbale waarschijnlijkheidsgradatie, in dit geval: *iets waarschijnlijker*. Deze term is afkomstig uit een reeks waarschijnlijkheidsgradaties die nader wordt toegelicht in de vakbijlage 'De reeks waarschijnlijkheidstermen van het NFI en het Bayesiaanse model voor interpretatie van bewijs'.

5. Kwaliteit

Om de kwaliteit van de onderzoeken, de onderzoeksresultaten, de interpretaties en de rapportages continu te waarborgen wordt gewerkt volgens het NEN-EN-ISO/IEC 17025 kwaliteitssysteem. Op basis van deze norm is het NFI geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie. Het merendeel van de verrichtingen die worden uitgevoerd binnen het onderzoeksgebied schotresten vallen onder deze accreditatie. Voor onderzoeken die deels of geheel buiten deze verrichtingen vallen wordt een onderzoeksplan opgesteld. Aan de hand van dit plan wordt vooraf bepaald wat de kritische punten in het onderzoek zijn en waar maatregelen nodig zijn om de kwaliteit te borgen. Een aantal praktische en organisatorische maatregelen ten behoeve van de kwaliteitsborging worden hieronder nader toegelicht.

Contaminatiepreventie

Een belangrijk aandachtspunt voor het schotrestenonderzoek en de processen hieromheen is de contaminatiepreventie. Zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken, wordt er gezocht naar zeer kleine deeltjes en materialen die overdraagbaar zijn (secundaire overdracht) van een SVO naar een onderzoeker of ander SVO en vice versa. Om contaminatie te minimaliseren worden verschillende maatregelen genomen. De belangrijkste hiervan zijn:

- De onderzoeksruimtes zijn ingedeeld in ruimtes waarin wordt gewerkt met (a) lage concentratie schotresten of (b) hoge concentratie schotresten. Zo worden bijvoorbeeld SVO's van verdachten en slachtoffers in verschillende ruimtes onderzocht.
- Iedere onderzoeksruimte is voorzien van eigen onderzoeksmiddelen en voorraden om transport tussen ruimtes tot een absoluut minimum te reduceren.
- Er worden op één tafel nooit SVO's van verschillende verdachten of slachtoffers tegelijkertijd onderzocht. Tussen de onderzoeken door wordt de ruimte schoongemaakt volgens vaste werkvoorschriften.
- De routing van SVO's na aankomst op het NFI is vastgelegd in werkvoorschriften. De onderzoeken zelf worden voor de verschillende typen SVO's uitgevoerd volgens werkvoorschriften en in de daarvoor bestemde onderzoeksruimtes.
- In automatische metingen met de elektronenmicroscopie wordt vrijwel altijd een blanco stub meegenomen. Deze stub wordt eveneens gemeten om achtergrondcontaminatie te monitoren.
- Er vinden periodieke controles plaats om het effect van de schoonmaakprocedures te controleren en om het achtergrondniveau in de ruimtes te monitoren.

Controles

Op verschillende manieren en tijdens verschillende stadia van het onderzoek wordt gecontroleerd of het onderzoek aan de vastgelegde kwaliteitseisen voldoet. Voordat een onderzoeksmethode wordt toegepast, wordt deze eerst gevalideerd om te kijken of de methode doet waarvoor deze ontwikkeld is. Na implementatie wordt met behulp van controlemonsters, schaduwprocedures en ringonderzoeken periodiek gecontroleerd of de methode voldoet aan de vastgelegde kwaliteitseisen. Tot slot wordt het gehele onderzoeksproces periodiek kritisch onder de loep genomen tijdens interne en externe audits.

Werkvoorschriften

In kwaliteitsdocumenten is eenduidig vastgelegd op welke wijze een onderzoek dient te worden uitgevoerd. Het toepassingsgebied, benodigde materialen en een gedetailleerde werkwijze zorgen ervoor dat het onderzoek op een reproduceerbare manier met bewezen kwaliteit wordt uitgevoerd. Verder staat omschreven welke informatie er dient te worden vastgelegd. In het verlengde hiervan zijn ook de van toepassing zijnde werkinstructies (bijvoorbeeld *Werkinstructie: Schiethanden afnemen*) en FO-normen (bijvoorbeeld FO-norm 01.10 *Veiligstellen van sporen*) voor het uitvoeren van bemonsteringen en het verpakken SVO's van belang.

6. Literatuurlijst

- Andrasko J. and Maehly A.C., '*Detection of Gunshot Residue on Hands by Scanning Electron Microscopy*', J Forensic Sci 1977, 22(2)
- ASTM E1588-17, '*Standard Practice for Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry*', ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017
- Di Maio V.J.M. '*Gunshot Wounds: Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques*', Second edition 1999, CRC Press, Boca Raton - New York
- Fojtášek L., Vacínová J., Kolář P., Kotrlý M., '*Distribution of GSR particles in the surroundings of shooting pistol*', For Sci Int 2003, 132
- Haag M.G. and Haag L.C., '*Shooting incident reconstruction*', Second edition 2011, Academic Press, San Diego
- NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 nl, '*Algemene eisen voor de bekwaamheid van beproevings- en kalibratielaboratoria*'
- Rijnders M.R., Stamouli A., Bolck A., '*Comparison of GSR Compostion Occurring at Different Locations Around the Firing Position*', J Forensic Sci 2010, 55(3)
- Romolo F.S. and Margot P., '*Identificaton of Gunshot Residue: A Critical Review*', For Sci Int 2001, 119(2)
- Wallace J.S., '*Chemical analysis of firearms, ammunition, and gunshot residue*', 2008, CRC Press, Boca Raton - New York
- Wolten, G.M., Nesbitt, R.S., Calloway, A.R., Loper, G.L. and Jones P.F., 1977, '*Final Report on Particle Analysis for Gunshot Residue Detection*', Report ATR-77 (7915)-3, Aerospace Corporation, Segundo, CA, 1977
- Wolten G.M. and Nesbitt, R.S., '*On the Mechanism of Gunshot Residue Particle Formation*', J Forensics Sci 1980, 25(3)