

# Recht doen met forensisch DNA-onderzoek

Inaugurele rede A.D. Kloosterman

14 januari 2010 14.30 uur

Aula van de UvA (Lutherse Kerk), Singel 411, 1012 WN Amsterdam

Mevrouw de Rector Magnificus,

Mijnheer de Decaan,

Geachte leden van het Curatorium

Geachte leden van het bestuur van de Stichting Leerstoel Criminalistiek

Beste collega's, studenten Forensic Science, beste vrienden en familie

## Recht doen aan de forensische wetenschap

In 2005 is binnen de Amsterdam Professional School of Science van de Universiteit van Amsterdam het curriculum Master's in Forensic Science van start gegaan. In het kader van dit nieuwe curriculum worden een aantal leerstoelen opgericht. Met de oprichting van de bijzondere leerstoel forensische biologie in april 2008 was de eerste leerstoel een feit. Deze oratie heeft daar alles mee te maken.

Met forensische wetenschap bedoelen we wetenschap die in dienst staat van de waarheidsvinding bij het onderzoek naar de toedracht van een misdrijf. Forensische wetenschap is de systematische en praktische toepassing van pure wetenschappen als natuurkunde, scheikunde, geneeskunde en biologie.

De essentie van het forensisch onderzoek is het zo effectief mogelijk inzetten van de wetenschap om zo gericht mogelijk specifieke vraagstellingen te kunnen beantwoorden. Binnen het forensisch onderzoek is de deskundige ervoor verantwoordelijk dat het onderzoek volgens een vast protocol en op de juiste wijze plaatsvindt. Hij interpreteert de resultaten van de laboratoriumonderzoeken, trekt daaruit conclusies en legt dit vast in een deskundigenrapportage. De deskundige werkt binnen de gestelde grenzen van de wet en dient alle gestelde vragen, die betrekking hebben op zijn deskundigheid, zo goed mogelijk te beantwoorden. De wereld van de gerechtelijk deskundige is dynamisch en aan veranderingen onderhevig. Er worden bovendien door alle partijen in de strafrechtsketen steeds hogere kwaliteitseisen aan de deskundige gesteld. Onlangs is de Wet Deskundigen in Strafzaken van kracht geworden en is het Nederlands Register Gerechtelijk Deskundigen opgericht, afgekort als NRGD. De wet voorziet hiermee in het tot stand brengen van een onafhankelijk, openbaar deskundigenregister. Opname in het register wordt pas verleend na een uitgebreid kwaliteitsonderzoek van de desbetreffende deskundige. DNA-deskundigen zullen als één van de eersten worden geregistreerd. Zij zullen worden getoetst door andere ervaren binnen en/of buitenlandse DNA-deskundigen. Omdat deze ervaren deskundigen de kennis en de vaardigheden bezitten, is dit een belangrijke waarborg om de kwaliteit van de toetsing van de deskundige te garanderen. Het toetsen van deskundigen door het NRGD zal de deskundige die in het register wil worden opgenomen, maar ook degenen die er al in zijn opgenomen, nog nadrukkelijker motiveren op de hoogte te blijven van de laatste wetenschappelijke ontwikkelingen en in hun onderzoeksrapportages recht te doen aan de wetenschap.

### **Stormachtige ontwikkelingen**

Forensisch DNA-onderzoek is het toepassen van wetenschappelijke ontwikkelingen binnen de moleculaire biologie en de genetica in misdaadonderzoek. Door de grote wetenschappelijke ontwikkelingen in het DNA-onderzoek heeft de forensische biologie de laatste drie decennia binnen het forensische metier een niet meer weg te denken prominente positie ingenomen. De enorme vlucht werd ingezet toen de Britse wetenschapper Alec Jeffreys in 1985 publiceerde dat het DNA een groot aantal gebieden bevat die sterk verschillen van persoon tot persoon. Deze gebieden hebben geen specifieke functie, maar zijn zeer bruikbaar om het DNA van verschillende personen van elkaar te onderscheiden. Hierdoor zijn biologische sporen aan de hand van het DNA te individualiseren.

Het gebruik van de genetische variatie van het DNA om biologische sporen te onderzoeken is misschien wel een van de meest aansprekende voorbeelden hoe belangrijke fundamentele wetenschappelijke ontdekkingen kunnen worden toegepast in het forensische onderzoek. Het forensisch DNA-onderzoek wordt bijna volledig gedragen door de stormachtige ontwikkelingen binnen de moleculaire biologie en de sterk toegenomen kennis van de structuur van het menselijk genoom. Terugkijkend op bijna 25 jaar forensisch DNA-onderzoek lijkt de ontwikkeling ervan, bij wijze van spreken, alsof deze vanzelf is gegaan. Nu het DNA-onderzoek eenmaal is geworden tot wat het nu is en tegenwoordig als een vanzelfsprekendheid wordt gezien bij onderzoek van gewelds- en zedenmisdrijven, vervagen de herinneringen over hoeveel inspanningen het heeft gekost om deze nieuwe onderzoeksmogelijkheid binnen ons forensisch vakgebied te ontwikkelen.

Met mijn oratie "Recht doen met forensisch DNA-onderzoek" wil ik recht doen aan de inzet en toewijding die noodzakelijk zijn geweest om het forensisch DNA-onderzoek te brengen waar we nu zijn. Bovendien neem ik in deze oratie een voorschot op de inspiratie en de inzet van energie, tijd en inspanning die verder nodig zullen zijn om nieuwe toepassingsmogelijkheden van het DNA-onderzoek in de forensische context te ontwikkelen.

### **Klassieke genetische kenmerken**

De contouren van het gebruik van genetische kenmerken bij het gebruik van het forensische onderzoek van lichaamsvloeistoffen gaan terug naar 1901 toen Karl Landsteiner de ontrafeling van het AB0-bloedgroepsysteem publiceerde. Landsteiner was zich bewust van het grote belang van zijn ontdekking voor patiënten die een bloedtransfusie moesten ondergaan. In de laatste paragraaf van zijn publicatie noemt hij zijn ontdekking echter niet alleen in het belang van de medische wetenschap, maar stipt ook het belang van zijn ontdekking aan voor de forensische wetenschap. Het duurde evenwel tot het eind van de jaren zestig voordat er een geschikte methode beschikbaar kwam waarmee de bloedgroep van bloedsporen kon worden bepaald. De zogenoemde adsorptie-elutie methode bleek in de praktijk betrouwbaar, robuust en reproduceerbaar en bovendien geschikt voor het bepalen van de hoofdbloedgroep AB0 in andere lichaamsvloeistoffen dan bloed, zoals sperma en speeksel.

In het pre-DNA-tijdperk deed niet alleen de bloedgroepsenserologie van zich spreken. Door verbetering en verfijning van electroforetische technieken kwam er eveneens een doorbraak in het onderzoek van een aantal genetisch polymorfe serumeiwitten en enzymen. Hierdoor konden verschillende verschijningsvormen van deze eiwitten worden vastgesteld. Net zoals de bloedgroepentyping maakte de typering van een

scala van genetisch polymorfe serumeiwitten en enzymen jarenlang deel uit van het gereedschap, de "forensic toolbox" van de forensisch biologisch onderzoeker. De wetenschappelijke bewijswaarde van een 'klassiek' vergelijkend onderzoek aan de hand van deze genetische eiwitmerkers werd in die tijd, niet anders dan nu, uitgedrukt in een zeldzaamheidswaarde; namelijk, hoe vaak komt de combinatie van de gevonden genetische typering van het spoor voor in de bevolking? Ook in die tijd, toen we nog niet konden beschikken over technieken om de genetische variatie in DNA op te sporen, werd doordacht forensisch onderzoek gedaan waar, niet anders dan nu, bij het onderzoek naar biologische sporen rekening werd gehouden met de beschikbare informatie. Voor het zoeken en onderzoeken van sporen is het van belang te onderzoeken welke stukken van overtuiging een mogelijke relatie met het delict hebben en daardoor van belang zijn voor het onderzoek. In elk forensisch onderzoek dienen deze afwegingen te worden gemaakt. De capaciteit van de forensische laboratoria is ontoereikend om alle biologische sporen die bij het sporenonderzoek worden aangetroffen in detail te onderzoeken. Het maken van keuzes wat te onderzoeken is het domein van de deskundige. Op grond van zijn inzicht, kennis en ervaring en door logisch correct te beredeneren maakt hij onderbouwde keuzes. Gemaakte keuzes moeten worden verantwoord: de deskundige weet dat bij de behandeling van de zaak in de rechtbank omtrent de gemaakte keuzes vragen worden gesteld. Onmisbare kwaliteiten en vaardigheden van de deskundige zijn dan ook logisch te kunnen nadenken en in staat zijn om met redenen omkleed de gemaakte keuzes te kunnen beargumenteren.

### **Moord op een pompstationhouder**

Forensisch onderzoek is onlosmakelijk verbonden met spraakmakende zaken. Daarom wil ik de ontwikkeling van de forensische biologie schetsen aan de hand van een zaak uit het pré-DNA tijdperk. De zaak is mij bijgebleven, niet in de laatste plaats omdat in deze zaak het uiterste werd gevergd van zowel het laboratorium als de deskundige.

Het speelt zich af in Rotterdam in het jaar 1987. Er werd een beroep gedaan op het toenmalige Gerechtelijk Laboratorium, toen nog gehuisvest in Rijswijk, om sporenonderzoek te verrichten in een zaak waarin een houder van een pompstation op gewelddadige manier om het leven was gebracht. Door tactisch onderzoek was een verdachte in beeld gekomen. Een cruciaal stuk van overtuiging in de zaak betrof het horloge van deze verdachte. Tijdens microscopisch onderzoek werd op het horloge een vlekje aangetroffen, dat vanwege kleur en vorm deed vermoeden dat het een bloedspoor betrof. Het vermoeden dat op het horloge daadwerkelijk bloed aanwezig was werd bevestigd: het minimale spoor testte positief met de zogenaamde tetrabasetest. Met deze robuuste chemische test kan bloed met een grote gevoeligheid en specificiteit worden aangetoond. De hoeveelheid bloed volstond voor onderzoek van slechts twee of drie verschillende (klassieke) genetische merkersystemen.

Vooraf de relatief grote hoeveelheid sporenmateriaal die in die tijd bij de analyse werd verbruikt, betekende voor de deskundige dat hij elke keer strategische afwegingen moest maken bij de keuze welke genetische merker hij zou onderzoeken. Dit betekende bovendien dat eerst de typering van de referentiemonsters van de verdachte en het slachtoffer moesten worden afgewacht, voordat een begin kon worden gemaakt met het analyseren van het spoor. Als bijvoorbeeld was vastgesteld dat verdachte en slachtoffer dezelfde bloedgroep

hadden, werd ervoor gekozen om het spoor aan een andere analyse te onderwerpen. De redenering hiervoor was dat de bepaling van de bloedgroep geen antwoord zou geven op de vraag of het spoor van de verdachte of het slachtoffer afkomstig kan zijn. De noodgedwongen onderzoeksstrategie van die tijd zal nu met enige sepsis worden bekeken. Men zal zich immers onmiddellijk afvragen of de voorkennis van de typering van de referentiemonsters van slachtoffer en/of verdachte een onafhankelijke evaluatie van de onderzoeksresultaten van de typering van het spoor niet in de weg staan.

In de Rotterdamse zaak werd vastgesteld dat het slachtoffer en de verdachte in deze zaak verschilden voor de genetische eiwitmarkers Haptoglobine, PhosphoGlucoseMutase, en Erythrocyt Zure Fosfatase. Bovendien werd bij de typering van de referentiemonsters vastgesteld dat het slachtoffer een zeer zeldzame PGM-typering had. Met deze kennis werd een gedeelte van het bloedspoor van het horloge in eerste instantie onderworpen aan de PGM-typering. De uitkomst luidde dat de PGM-typering van het bloedspoor op het horloge identiek was aan de PGM-typering van het slachtoffer. Ook de typering van de eiwitmarkers EAP en Hp van het bloedspoor waren identiek aan de typering van het referentiemonster van het slachtoffer.

De conclusie luidde dat het bloed op het horloge van de verdachte niet afkomstig kan zijn van de verdachte zelf, maar dat het bloed wel van het slachtoffer afkomstig kan zijn. De vastgestelde combinatie van de drie genetische eiwitmarkers van het bloed op het horloge was relatief zeldzaam en komt voor bij ongeveer een op de vijfduizend willekeurig gekozen personen.

### **Statistiek**

Het verweer van de verdediging van de verdachte van de moord op de pompstationmedewerker was opmerkelijk. Deze redeneerde dat in Rotterdam, de stad waar het misdrijf had plaatsgevonden, ongeveer een half miljoen mensen woonden. Op grond van onze berekening hoe vaak de gevonden combinatie van genetische eiwitmarkers voorkomt, is de verwachting dat van de vijfhonderdduizend inwoners in Rotterdam ongeveer honderd personen, waaronder het slachtoffer, dezelfde combinatie van genetische eiwitmarkers hebben als die van het bloedspoor op het horloge. Tot zover een redenering waar geen speld tussen is te krijgen. Het vervolg van de redenering van de verdediging was dat de kans dat het bloed op het horloge van de verdachte daadwerkelijk van het slachtoffer was ongeveer 1 op 100, ofwel 1% is. Met deze redenering deed de verdediging een poging om de wetenschappelijke bewijswaarde van het vergelijkend onderzoek in deze zaak in elk geval gedeeltelijk te ontcrachten. Tegenwoordig geven de deskundigen precies aan wat de misvatting, de valkuil, in dergelijke redeneringen is. Deze denkfout is gedefinieerd als de "defense fallacy", vrij vertaald als "de denkfout van de verdediging". De valkuil is hier dat ervan wordt uitgegaan dat voor alle Rotterdammers geldt dat ze met even grote waarschijnlijkheid bloed op het horloge kunnen hebben achtergelaten. Echter, onder deze Rotterdammers zijn er een groot aantal die hiervoor niet in aanmerking kunnen komen, omdat zij simpelweg niet in de buurt van het misdrijf bevonden. Ook personen die in de desbetreffende periode niet bloedend gewond zijn geweest en geen bloed op het horloge kunnen hebben achtergelaten zijn uit te sluiten als mogelijke donor van het bloedspoor. Ik raak hier aan een andere onmisbare vaardigheid van de forensische DNA-deskundige: voldoende kennis van de statistiek. Statistiek en kansberekening liggen doorgaans aan de basis van de wetenschappelijke bewijswaarde van het resultaat

een vergelijkend forensisch onderzoek. Het is dan ook niet verwonderlijk en daarbij verheugend te mogen constateren dat binnen het curriculum Forensic Science een leerstoel forensische statistiek zal worden opgericht. De expertise van de forensisch statisticus kan van belang zijn voor de deskundige bij complexe statistische berekeningen en het op de juiste wijze formuleren hiervan in de forensische rapportage.

### **Van DNA fingerprint naar DNA-piekenprofiel**

De ingewijden onder u zullen zich afvragen waarom in deze zaak geen DNA-onderzoek is uitgevoerd. De zaak speelde immers in 1987 en de eerste publicaties omtrent het toepassen van DNA-onderzoek van biologische sporen dateren uit 1985 en 1986. Waarom was DNA-onderzoek hier niet geïndiceerd en had hier niet alles op alles moeten worden gezet en desnoods het bloed van het horloge naar de geestelijke vader van het DNA-onderzoek, Sir Alec Jeffreys van de Universiteit van Leicester in Engeland, moeten worden gebracht?

Voordat ik een antwoord op deze vraag zal geven, is het van belang het gebruik van DNA-onderzoek voor het individualiseren van biologische sporen nader uit de doeken te doen.

De ontwikkeling van het forensisch DNA-onderzoek begon 10 september 1984 om vijf over negen in de morgen, toen Alec Jeffreys een gedenkwaardig Eureka-moment kreeg bij het afronden van één van zijn eerste experimenten om de zogenoemde hypervariabele gebieden in het DNA zichtbaar te maken. Dit zijn de gebieden op het DNA die sterk verschillen van persoon tot persoon. De hypervariabele gebieden die door Jeffreys werden onderzocht, bestaan uit een reeks van zich herhalende stukjes DNA. Tussen personen onderling verschilt het aantal herhalingen van deze repeterende stukjes DNA en daardoor ook de lengte van het hypervariabele gebied. Een hypervariabel gebied noemt men locus en elk locus wordt weergegeven met een speciale code. Met behulp van moleculair biologische technieken kunnen deze variabele stukken in het DNA zichtbaar worden gemaakt. Het eindresultaat is een patroon van bandjes, waarvan elk bandje een locus weergeeft. Jeffreys noemde zijn ontdekking de DNA fingerprint, de DNA-vingerafdruk, omdat het bandjespatroon vrijwel individuspecifiek is en wat betreft zeldzaamheidswaarde kan wedijveren met de klassieke vingerafdruk. De DNA fingerprint bewees snel haar grote waarde binnen het forensisch onderzoek. Toch stuitte men in de forensische praktijk op een aantal beperkingen. Er is een relatief grote hoeveelheid sporenmateriaal nodig om een DNA fingerprint te verkrijgen. Zo kan van bloedvlekken met een diameter van minder dan een halve centimeter onvoldoende DNA worden geïsoleerd om een DNA-fingerprint te genereren. Ook haarwortels en speeksel op peuken bevatten onvoldoende DNA voor een DNA fingerprint. Dit verklaart ook waarom een DNA fingerprint-onderzoek van het bloedspoor op het horloge in de moordzaak uit 1987 geen optie was: de hoeveelheid bloed was ontoereikend.

De doorbraak bij het oplossen van de problematiek rondom de gevoeligheid van het DNA-onderzoek kwam met het werk van latere Nobelprijswinnaar Kary Mullis. Zijn Eureka moment was het ontdekken en uitwerken van een onderzoeksmethode om in het laboratorium heel gericht specifieke stukken DNA selectief te vermeerderen. Deze DNA-vermeerderingsmethode staat bekend als de "polymerase kettingreactie" en wordt afgekort als "PCR", afgeleid van het Engelse "*Polymerase Chain Reaction*". Voor de forensische onderzoeker is het concept, dat het te onderzoeken DNA in het laboratorium kan worden vermenigvuldigd voordat het wordt geanalyseerd,

buitengewoon interessant. In veel forensische onderzoeken is immers sprake van slechts beperkte of minimale hoeveelheden biologisch sporenmateriaal. Toen in september 1994 de DNA-wetgeving van kracht ging, was het forensisch DNA-onderzoek in Nederland bij wet geregeld. Daarmee kreeg het forensisch DNA-onderzoek in Nederland een nieuwe impuls om de kennis, technologie en toepassingen verder te ontwikkelen. Dit heeft ertoe geleid, dat in 1995 aan het Gerechtelijk Laboratorium een accreditatie verleend om met de PCR-methode een forensisch DNA-profiel te genereren. In tegenstelling tot de DNA fingerprint wordt deze niet weergegeven als een bandjespatroon, maar als een piekenpatroon. De hypervariabele gebieden die met de PCR-techniek worden onderzocht, zijn de zogenoemde "STRs", afgeleid van het Engelse begrip "Short Tandem Repeats". Het hedendaagse forensische DNA-profiel omvat tien tot zestien verschillende STR-loci. Het DNA-profiel bevat bovendien altijd een kenmerk van de geslachtschromosomen, X en Y. Hiermee wordt het geslacht van de donor van het spoor vastgesteld.

### **Wetenschappelijke basis en betrouwbaarheid belangrijke voorwaarden**

In 1989 krijgt de 'Commissie Herijking Wetboek van Strafvordering' onder voorzitterschap van mr. Moons van de minister van justitie het verzoek om een wettelijke regeling voor te bereiden om gedwongen afname van referentiemonsters van verdachten mogelijk te maken. Een zinvolle vergelijking van DNA-profielen van de biologische sporen is namelijk vrijwel onmogelijk als de verdachte weigert een referentiemonster af te staan. In de begintijd van het DNA-onderzoek was gedwongen afname van referentiebloed van verdachten niet mogelijk, omdat dit in strijd was met het grondrecht op onaantastbaarheid van het lichaam. Van cruciaal belang voor de ontwikkeling van het forensisch DNA-onderzoek in Nederland is dat de commissie Moons bij haar werk de betrouwbaarheid van de forensische DNA-onderzoeken centraal heeft gesteld. De commissie stelde de betrouwbaarheid van de DNA-onderzoeksmethode als absolute voorwaarde voor het gebruik hiervan in de waarheidsvinding. Dit werd mede ingegeven door het feit dat de commissie Moons bij het voorbereidende werk vrijwel onmiddellijk werd geconfronteerd met zware kritiek op het forensisch DNA-onderzoek. Deze kritiek werd vooral gevoed vanuit de Verenigde Staten, waar in een aantal opmerkelijke rechtszaken grote twijfel over de betrouwbaarheid van het forensisch DNA-onderzoek was gerezen. Om meer duidelijkheid te krijgen, start de commissie begin 1990 haar eigen onderzoek en benadert enkele vooraanstaande binnen- en buitenlandse DNA-deskundigen. De klinisch geneticus professor Hans Galjaard van het klinisch genetisch centrum van de Erasmus Universiteit in Rotterdam coördineert deze consultatieronde. Ik wil u in dit verband het standpunt van de ontdekker van de DNA fingerprint en de grondlegger van het forensisch DNA-onderzoek, sir Alec Jeffreys, niet onthouden. Jeffreys geeft aan dat de algemene wetenschappelijke principes van het forensisch DNA-onderzoek binnen de wetenschappelijke en forensische wereld algemeen zijn aanvaard. Om de betrouwbaarheid van de DNA-onderzoeken te kunnen waarborgen, stelt Jeffreys in zijn reactie nadrukkelijk, dat forensische laboratoria er een onberispelijk regiem van strikte kwaliteitsnormen op na dienen te houden. Met een vooruitziende blik wijst Jeffreys in zijn laatste quote op het belang om gevoeligere DNA-analysesystemen te ontwikkelen en in te zetten: *"I would also recommend that the laboratory actively considers the implementation of more sensitive PCR-based typing systems"*.

Ook de conclusie van professor Galjaard doet recht aan de grote waarde van het forensisch DNA-onderzoek in het strafrecht, ik citeer: *“Mijn indruk, is dat het wel degelijk mogelijk is met de huidige DNA-technologie betrouwbare uitspraken te doen, maar dat fouten natuurlijk mogelijk zijn. De fout die in de Verenigde Staten zoveel opschudding heeft veroorzaakt, had echter niet te maken met de techniek als zodanig, maar met het feit dat in een commercieel laboratorium slordigheden zijn begaan. In de Nederlandse situatie lijkt het mij zeer goed mogelijk een zodanig protocol op te stellen dat voor de jurist werkbare resultaten worden verkregen”*.

### **Specifiek, gevoelig en robuust**

De opvattingen en de visie van de geraadpleegde deskundigen vindt zijn weerslag in de uiteindelijke tekst van het wetsvoorstel waarin de gedwongen bloedafname bij verdachten is geregeld: de forensische DNA-onderzoeken in Nederland dienen met de grootst mogelijke waarborgen te worden omgeven. De betrouwbaarheid en de kwaliteit van het DNA-onderzoek zijn onder andere geborgd door de regeling dat de verdachte het recht heeft op een tegenonderzoek. Daarnaast stelt de wet dat het forensisch DNA-onderzoek alleen door geaccrediteerde laboratoria mag worden uitgevoerd.

De betrouwbaarheid van het forensische DNA-onderzoek is sindsdien aan meerdere kritische reviews van gezaghebbende instanties onderworpen. Ik refereer hier onder andere aan de twee internationale rapporten van de National Research Council, afgekort als NRC, uit 1992 en 1996. Vooral het NRC-rapport van 1996 heeft de weg vrijgemaakt voor een wereldwijde snelle ontplooiing van het forensisch DNA-onderzoek<sup>1</sup>. Zelf heb ik in mijn proefschrift van 2002 met als titel *“The development and implementation of forensic DNA typing technologies in the Netherlands”* ruime aandacht besteed aan de betrouwbaarheid van het forensisch DNA-onderzoek. Mijn slotconclusie: *‘The aim of this work, to provide the Dutch legal system with a comprehensive system of genetic information within an existing legal framework which they can use with confidence, has been achieved’* blijft onverkort van kracht. Deze conclusie werd mede ingegeven op de gebleken robuustheid en gevoeligheid van de PCR-vermeerderingsreactie en de daaropvolgende analyse van het vermeerderde DNA. De vermeerdering en de analyse van het DNA gebeurt volgens strikte protocollen en is vrijwel volledig gestandaardiseerd. Wereldwijd wordt forensisch DNA-onderzoek toegepast en maakt men gebruik van dezelfde set van standaard te onderzoeken loci. Het gebruik van uniforme DNA-analysesystemen is één van de belangrijkste factoren geweest die hebben bijgedragen aan de ontwikkeling van het forensisch DNA-onderzoek. Dit is niet in de laatste plaats doordat standaardisatie en harmonisatie van het forensisch DNA-onderzoek de internationale uitwisseling van DNA-profielen mogelijk heeft gemaakt. Het belang voor de opsporing van zowel de nationale DNA-databanken als de internationale uitwisseling van DNA-profielen bewijst zich letterlijk elke dag. Het is voor mij een groot voorrecht geweest dat ik samen met mijn andere Europese DNA-collega's vanaf het allereerste begin aan de basis van de standaardisatie en de harmonisatie van de forensische DNA-analyse heb mogen staan.

Met een analysetechniek in de forensic toolbox die onbetwist als zeer specifiek, extreem gevoelig en betrouwbaar door de robuustheid en reproduceerbaarheid wordt

---

<sup>1</sup> The technology for DNA profiling and the methods for estimating frequencies and related statistics have progressed to the point where the reliability and validity of properly collected and analyzed DNA data should not be in doubt. The new recommendations presented here should pave the way to more effective use of DNA-evidence.

omschreven, blijft er evenwel voor de forensische DNA-deskundige alle reden om alert blijven. Begin 2009 verscheen in de Verenigde Staten het met spanning tegemoet geziene rapport van de National Academy of Sciences, afgekort als NAS. Deze gezaghebbende instantie heeft in 2007 van het congres van de Verenigde Staten het verzoek gekregen om een commissie te vormen om ‘*the state of the art*’ van het gehele forensisch onderzoek in de VS aan een kritische review te onderwerpen. Het rapport van de NAS, met als titel “*Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward*” is een kritisch en constructief rapport. De NAS doet aanbevelingen hoe de uitoefening van het forensisch onderzoek kan worden verbeterd. Hoewel het rapport niet over de grenzen van de Verenigde Staten heeft gekeken, is de inhoud ervan en de aanbevelingen die worden gedaan een ‘*must*’ voor iedereen die betrokken is bij forensisch onderzoek. Hoewel het NAS-rapport buitengewoon positief is over de stand van zaken bij het forensisch DNA-onderzoek en hierover zegt dat het een gedegen forensische discipline is, waarschuwt het NAS-rapport te waken voor “*bias and error*” bij het interpreteren en vergelijken van de resultaten van DNA-onderzoek.

### **Onbevooroordeeld DNA-onderzoek**

“*Bias and error*” kan met name een rol spelen bij het interpreteren van complexe DNA-mengprofielen, die zijn verkregen van minimale hoeveelheden sporen materiaal. Als al *tijdens* het interpreteren van dergelijke DNA-profielen het DNA-profiel van de verdachte naast die van het spoor wordt gelegd, om te kijken of deze mogelijk matcht, kan dat leiden tot ongewenste beïnvloeding en sturing van het oordeel van de deskundige. Dit fenomeen is in de internationale literatuur bekend als “*observer bias*”. Bij dergelijke ‘waarnemerseffecten’ worden, gestuurd door bepaalde (voor)kennis en/of zintuiglijke (visuele) beïnvloeding, de verkregen resultaten op onvoldoende objectieve wijze in ogenschouw genomen. Het NAS-rapport en enkele recente publicaties over dit onderwerp heeft de DNA-deskundigen van het NFI ertoe aangezet om de werkwijze van het vergelijken van de DNA-profielen verder aan te scherpen en bovendien transparant te maken door de richtlijnen die een onbevooroordeeld DNA-onderzoek borgen in een juridisch vakblad te publiceren. Cruciale voorwaarde is, dat het verkregen DNA-profiel van het spoor pas wordt vergeleken met het DNA-profiel van de verdachte, *nadat* het analyseren en het interpreteren van het DNA-profiel van het spoor is volledig afgerond en vastgelegd. Op deze manier wordt voorkomen, dat informatie over het DNA-profiel van een persoon het interpreteren van het DNA-profiel van het spoor beïnvloedt. De complexiteit van het analyseren, interpreteren en het vergelijken van ingewikkelde onvolledige DNA-mengprofielen is een belangrijk aandachtspunt voor de internationale wetenschappelijke gemeenschap van forensische DNA-deskundigen. Samen met de juiste wiskunde, statistiek en informatica zullen wij expertsystemen gaan ontwikkelen die de deskundige ondersteunen bij het vergelijken van DNA-profielen en bij het berekenen van de wetenschappelijke bewijswaarde van de verkregen resultaten. Dat we vandaag de dag nog niet kunnen beschikken over een breed gedragen en gevalideerd expertsysteem om complexe DNA-mengprofielen door te kunnen rekenen, is geen reden om de informatie die in de complexe DNA-profielen aanwezig is voorlopig ongebruikt te laten. Complexe DNA-profielen kunnen ondanks het feit dat een juiste statistische berekening voor het vaststellen van de wetenschappelijke bewijswaarde van een overeenkomst onmogelijk is, belangrijke aanwijzingen over de mogelijke herkomst van het biologisch sporen materiaal bevatten.

### Onderzoek moord pompstationhouder anno 2010

Ik heb met u naar het verleden gekeken en de zaak van de vermoorde pompstationmedewerker uit Rotterdam behandeld. Met de huidige mogelijkheden van het forensisch DNA-onderzoek kunnen we van de relatief geringe hoeveelheid bloed die op het horloge in deze zaak was aangetroffen een volledig DNA-profiel verkrijgen. Hoewel van een volledig DNA-profiel niet kan worden gesteld dat het uniek is, is het wel altijd extreem zeldzaam. De berekende frequentie van voorkomen van een volledig DNA-profiel is *altijd* kleiner dan één op één miljard. U zult misschien nu zeggen: *'Als het DNA-profiel van het slachtoffer matcht met het DNA-profiel van het bloed op het horloge, dan is de zaak hiermee toch volledig opgelost'*. Dit is echter een misvatting en in strijd met een van de belangrijkste uitgangspunten van het forensisch DNA-onderzoek: de wetenschappelijke bewijswaarde van het resultaat van een DNA-onderzoek kan extreem hoog zijn, maar is op zichzelf nooit 'sluitend' bewijs. De bevindingen van DNA-onderzoek moeten altijd worden beschouwd in de context van de feiten en omstandigheden in de zaak. In geval van een match geeft het DNA-profiel ontegenzeggelijk belangrijke informatie over de herkomst van het spoor. Het geeft daarbij niet noodzakelijkerwijs informatie over het verband van het spoor met het misdrijf. Biologische sporen kunnen bijvoorbeeld door omstandigheden die niets met het misdrijf te maken hebben op de plaats delict of het onderzochte stuk van overtuiging zijn terechtgekomen.

In 1987 richtte het onderzoek naar biologische sporen op de plaats delict zich uitsluitend op de zogenoemde "klassieke" biologische sporen: bloed, sperma, speeksel en haren. Een formulering hierover uit de praktijk van 1987: *'Op de plaats delict werd gezocht naar bloedsporen die mogelijk niet van het slachtoffer, maar van een dader afkomstig kunnen zijn. De genetische factoren van de bloedsporen van de plaats delict werden op het laboratorium vergeleken met de genetische factoren van het slachtoffer en de verdachte'*.

In 2010 richt de zoektocht naar het DNA van een mogelijke dader zich niet alleen op de klassieke biologische sporen. Plaatsen delict worden tegenwoordig in veel gevallen ook minutieus onderzocht op de aanwezigheid van biologische contactsporen. Dit zijn sporen die door direct of indirect contact zijn overgedragen op bijvoorbeeld het slachtoffer, de kleding van het slachtoffer of op andere objecten op en nabij de plaats van het delict. In 1987 werd met het uitvoeren van biologisch onderzoek van de sporen meestal gewacht, totdat een verdachte in beeld kwam en een referentiemonster van een verdachte beschikbaar kwam.

Hoe anders is het nu. Door de komst van de DNA-databank in 1999, waarin zich op dit moment 130 duizend DNA-profielen van verdachten, veroordeelden en sporen van onopgeloste misdrijven bevinden, kan het DNA-profiel van een spoor bij een match in de DNA-databank cruciale opsporingsinformatie opleveren. Daarom worden de sporen van de plaats delict zo snel mogelijk aan een DNA-onderzoek onderworpen, waarna met de DNA-profielen in de DNA-databank kan worden gezocht. Ook hier geldt, dat een gerapporteerde DNA-databankmatch van het DNA-profiel van een spoor met het DNA-profiel van een bepaalde persoon, de zaak hiermee niet direct oplost. De match moet worden beschouwd als de start van het onderzoek tegen deze persoon waarbij in een objectief tactisch en technisch rechercheonderzoek ook de hypothese dat het een toevallige match betreft en de hypothese dat er sprake is van een niet delictgerelateerd DNA-spoor zorgvuldig tegen het licht moeten worden gehouden.

### Forensisch biologisch sporenonderzoek in de nabije toekomst

Een belangrijke criminalistische vraagstelling in het onderzoek naar de dood van de pompstationhouder uit 1987 was de ouderdom van het bloedspoor op het horloge. Betrof het een recent bloedspoor zodat het een relatie met het misdrijf kan hebben, of was hier sprake van een bloedspoor dat al enige tijd op het horloge aanwezig was? In het laatste geval zou het bloedspoor op het horloge geen relatie tot het misdrijf kunnen hebben. We weten dat bloedvlekken verkleuren. Na verloop van tijd verandert de voor bloed karakteristieke rode kleur naar roodbruin, tot zelfs groen, bruin of zwart. Tot nu was het niet mogelijk aan de hand van de verkleuring van het bloed de ouderdom van de bloedvlek gevoelig en nauwkeurig te meten. Met een speciale zogenoemde '*spectral imaging-techniek*' die recentelijk op het Academisch Medisch Centrum in Amsterdam is ontwikkeld, kan de kleur van het bloed in de vlek nauwkeurig worden gemeten. Deze spectroscopische meting vormt de basis van de techniek om bloedvlekken op niet-destructieve wijze te dateren. Met niet-destructief bedoel ik dat er om de meting uit te voeren geen sporenmateriaal wordt verbruikt. De methode moet zich in de forensische praktijk nog bewijzen. De verwachtingen zijn evenwel hooggespannen, niet in de laatste plaats omdat de techniek niet alleen binnen het laboratorium maar ook op de plaats delict is toe te passen. Dit is een mooi voorbeeld van '*Bringing science to the scene*' en zal zich ontwikkelen tot een tool om de onderzoekers van de plaats delict te ondersteunen bij het zoeken naar en het selecteren van mogelijk delictgerelateerde bloedsporen.

Eén van de grootste uitdagingen voor de onderzoeker op de plaats delict is het opsporen en veiligstellen van biologische contactsporen en andere minimale sporen van biologische aard. Omdat we in staat zijn om van steeds geringere hoeveelheden sporenmateriaal een DNA-profiel te verkrijgen, is het belang van deze sporen voor het forensisch onderzoek evident. Omdat biologische contactsporen in het algemeen niet zichtbaar zijn met het blote oog of met de forensische lichtbron, is het opsporen van deze sporen veelal gebaseerd op de criminalistische evaluatie van het misdrijf. Op basis van een beredeneerde inschatting van de plaatsen waar contact kan zijn geweest, worden bemonsteringen genomen om mogelijk achtergebleven delictgerelateerde sporen veilig te stellen.

Verregaande miniaturisatie van de onderzoeksbenodigdheden en de zogenoemde '*lab-on-a-chip*'-ontwikkelingen maken het binnenkort mogelijk om direct op de plaats delict al de hoeveelheid en de kwaliteit van het DNA in de veiliggestelde monsters vast te stellen. Deze informatie is van grote waarde voor de onderzoekers van de plaats delict. Zij kunnen hierdoor direct zien of de veiliggestelde sporen bruikbaar zijn voor DNA-onderzoek en aan de hand hiervan de cruciale sporen selecteren en veiligstellen.

Door de ontwikkeling van miniaturisatie en '*lab-on-a-chip*' zal het mogelijk worden op de plaats delict al DNA-profielen te genereren uit de veiliggestelde sporen. De verwachting is dat deze techniek binnen een aantal jaren zover is ontwikkeld dat hiermee in bepaalde gevallen op de plaats delict zelf DNA-onderzoek kan worden uitgevoerd en dat, indien de DNA-profielen daarvoor geschikt zijn, ze mogelijk vrijwel direct worden vergeleken met de DNA-profielen in de DNA-databank. Samen met andere toonaangevende laboratoria binnen Europa, het Britse Forensic Science Service, het Duitse Bundes Kriminalamt en het Oostenrijkse forensisch laboratorium van de Universiteit van Innsbruck, gaat het NFI de technologie van miniaturisatie van de forensische DNA-analyse verder ontwikkelen en valideren. In opsporingskringen worden de eerste uren na de ontdekking van een misdrijf bestempeld als 'de gouden

uren' van het opsporingsonderzoek. In deze uren is grote behoefte aan objectieve wetenschappelijke informatie. Met '*lab-on-a-chip*'-DNA-onderzoek op de plaats delict kan snel een DNA-profiel van een mogelijk delictgerelateerd spoor worden verkregen. Aan de hand van een eventuele match van dit DNA-profiel in de DNA-databank kan binnen enkele uren na de start van het onderzoek een naam van degene van wie dit spoor mogelijk afkomstig is worden verkregen. Enig voorbehoud is hier wel op zijn plaats. Voor een aantal sporen en zeker voor de minimale biologische sporen zal het DNA-onderzoek en de analyse en interpretatie van de resultaten ook in de toekomst in een gespecialiseerd forensisch laboratorium moeten worden uitgevoerd.

### **FGCN**

Hiermee houden de te verwachten ontwikkelingen van de forensische biologie niet op. In 2008 is door het Netherlands Genomics Initiative een belangrijke subsidie verleent aan het Forensic Genomics Consortium Netherlands, afgekort als FGCN. Het FGCN is een samenwerking van het Nederlands Forensisch Instituut, het Forensisch laboratorium voor DNA onderzoek van het Leids Universitair Medisch Centrum en de Forensisch Moleculaire Biologie-afdeling van het Erasmus Medisch Centrum in Rotterdam. Binnen deze alliantie wordt wetenschappelijk onderzoek verricht om nieuwe toepassingen te ontwikkelen voor het forensisch DNA-onderzoek. De vier belangrijkste onderzoeksdoelstellingen zijn:

Ten eerste het ontwikkelen van DNA-onderzoeksmethoden om de geografische herkomst van degene van wie het biologische spoor afkomstig is te bepalen. Het wetenschappelijk onderzoek zal zich richten op het samenstellen van nieuwe sets van merkers op het DNA die informatie kunnen geven over de geografische herkomst.

Ten tweede het ontwikkelen van DNA-onderzoeksmethoden om bepaalde uiterlijk waarneembare persoonskenmerken van degene van wie het biologische spoor afkomstig is te bepalen. Op dit moment richt het onderzoek zich op het valideren van een set van merkers op het DNA die informatief is voor het bepalen van de oogkleur van degene van wie het DNA afkomstig is.

Ten derde het ontwikkelen van onderzoeksmethoden om in nog meer gevallen dan nu de aard van het biologische spoor te kunnen vaststellen. Nu van steeds geringere hoeveelheden biologisch sporen materiaal een DNA-profiel kan worden vastgesteld, wordt het antwoord op de vraag wat voor celmateriaal het betreft steeds crucialer. Nieuw zogenoemd RNA-onderzoek biedt hiervoor zeer interessante mogelijkheden. Zo is in een recente strafzaak met RNA-onderzoek aangetoond dat bloedsporen waarvan een DNA-profiel was verkregen dat matchte met het DNA-profiel van het slachtoffer in een zedenzaak menstrueel bloed betrof. Deze onderzoeksinformatie was van belang in de desbetreffende strafzaak.

Tot slot de vierde onderzoeksdoelstelling. Dit betreft het ontwikkelen van onderzoeksmethoden om biologische sporen te kunnen dateren. Het verschil in de snelheid waarmee celspecifieke RNA-moleculen worden afgebroken vormt hiervoor de basis .

### **DNA-verwantschapsonderzoek**

De laatste nieuwe ontwikkeling die ik met u wil bespreken is het gebruik van DNA-verwantschapsonderzoek als opsporingsmiddel. We kennen allemaal het vaderschapsonderzoek. Met dit onderzoek kan worden geverifieerd of iemand wel of niet de vader van een bepaald kind kan zijn. DNA-verwantschapsonderzoek wordt op

het NFI toegepast om stoffelijke overschotten te identificeren die onvoldoende herkenbaar zijn om de identiteit visueel of op een andere manier, zoals via het gebit of vingerafdrukken vast te stellen. Het DNA-profiel van het stoffelijk overschot moet hiertoe worden vergeleken met de DNA-profielen van vermeende eerstegraads bloedverwanten. Als de DNA-profielen van de vermeende familieleden passen bij een bloedverwantschap met de ongeïdentificeerde persoon, wordt de wetenschappelijke bewijswaarde van de gevonden overeenkomst vastgesteld. Ook hier geldt dat de resultaten van het DNA-verwantschapsonderzoek in samenhang met alle overige bekende informatie moet worden beschouwd.

In oktober 2009 is bij de Tweede Kamer een wetsvoorstel ingediend waarin onder meer het toepassen van DNA-verwantschapsonderzoek in strafzaken, onder bepaalde voorwaarden mogelijk moet maken. Dit wetsvoorstel wil het mogelijk maken om bij zeer ernstige misdrijven, waar geen verdachte in beeld is en waar het DNA-profiel van een delictgerelateerd spoor geen match heeft opgeleverd in de DNA-databank, vervolgens de DNA-databank te doorzoeken op DNA-profielen die een zeer grote overeenkomst hebben met het DNA-profiel van het spoor. Er wordt in de DNA-databank dus gezocht naar mogelijke bloedverwanten van degene van wie het desbetreffende spoor afkomstig is. Via deze bloedverwanten hoopt men uit te komen bij de donor van het spoor en daarmee bij de mogelijke dader van of betrokkene bij het delict. Deze zoekstrategie in de DNA-databank waarbij niet wordt gezocht naar een volledig identiek DNA-profiel, een match, maar naar DNA-profielen die in zeer hoge mate overeenkomen met het DNA-profiel van het spoor noemt men '*familial searching*'. Stringente procedures moeten waarborgen dat personen wiens DNA-profiel in de DNA-databank is opgenomen door de familial search ten onrechte bij het opsporingsonderzoek in ernstige strafzaken worden betrokken. Het rapport waarin een mogelijk bloedverwantschap is gerapporteerd mag daarom beslist niet worden beschouwd als de gouden tip. Er dient altijd eerst nauwgezet rechercheonderzoek plaats te vinden voordat de mogelijke bloedverwanten worden benaderd voor het afstaan van een referentiemonster voor het DNA-onderzoek om directe vergelijking mogelijk te maken. Ik verwacht evenwel dat de inspanningen voor het laboratorium en de opsporingsteams met betrekking tot familial searching niet voor niets zullen zijn. In Groot Brittannië, waar familial searching al onder bepaalde voorwaarden is toegestaan en wordt toegepast, zijn inmiddels al een aantal ernstige strafzaken door deze nieuwe forensische tool opgelost.

## Onderwijs

Alle hiervoor geschetste ontwikkelingen in het vakgebied van de forensische biologie ten spijt, is academisch onderwijs in de forensische wetenschappen in Nederland nog maar kort geleden werkelijkheid geworden. De Universiteit van Amsterdam en het NFI hebben nauw samengewerkt om een masteropleiding forensic science in Nederland van de grond te krijgen.

Van begin af aan is hier het motto geweest dat "enerzijds een academische Forensic Science-opleiding niet forensisch is zonder de inbreng van een forensisch instituut, en anderzijds een forensisch instituut wetenschappelijk onvoldoende tot ontplooiing komt zonder samenwerking met een universiteit"<sup>2</sup>.

Door de bundeling van de academische inbreng van de Universiteit van Amsterdam en de praktijkervaring van het NFI is een omgeving gecreëerd waarin de Forensische Wetenschappen op een internationaal toonaangevend niveau kunnen worden

<sup>2</sup> Profielschets leerstoel Forensische Biologie (mei 2007).

gedoceerd. De afgestudeerde Master Forensic Science wordt tijdens zijn studie bewust gemaakt van de beoogde werkhouding, de attitude van de forensische professional. Bij het schriftelijk en mondeling presenteren van de wetenschappelijke resultaten van het onderzoek in een zogenoemde 'mock case', een gesimuleerde strafzaak met geprepareerde stukken van overtuiging, worden ten overstaan van een "oefenrechtbank", de Moot Court, de beroepsdilemma's van het forensisch-juridisch 'bedrijf' getraind. De opleiding geeft tevens invulling aan het "volledig en duidelijk rapporteren", wat bijdraagt aan een beter begrip en een verdieping van het forensisch-technisch onderzoek binnen de gehele strafrechtsketen.

Een onderwijsactiviteit die zich op een geheel ander niveau afspeelt, is de ontwikkeling van een mobiel forensisch DNA-laboratorium. Dit rondreizende forensische laboratorium laat leerlingen uit de bovenbouw van havo en vwo op aansprekende wijze kennis maken met ons vak: de forensische biologie. In de reizende labs kunnen leerlingen zelf aan de slag gaan met een forensische lichtbron en biochemische technieken om te speuren naar sporen. Vervolgens onderwerpen de leerlingen deze sporen aan een DNA-onderzoek. Daarna gaan de leerlingen op de stoel van de DNA-deskundige zitten en gaan aan de slag met het analyseren en interpreteren van de pieken van de verkregen DNA-profielen. Aan deze activiteit heeft het reizende forensische DNA-laboratorium zijn naam verbonden: 'Forensisch DNA-onderzoek: puzzelen met pieken'.

Hands-on ervaring met DNA-profielen en een gedegen kennismaking met geavanceerde analysetechnieken is ook van groot belang voor de opleiding van de professionals in het strafrecht (rechters, officier van justitie, advocaten en politiemensen). Het 'puzzelen met pieken' van enkelvoudige en complexe DNA-profielen kan de kenniskloof tussen de jurist en de deskundige op het gebied van het DNA-onderzoek belangrijk verkleinen.

*Masters en aankomende masters in Forensic Science.* De ontwikkelingen in ons vak gaan door en er ligt veel wetenschappelijke werk in het verschiet. Ik hoop dat u met deze rede een idee hebt gekregen van de maatschappelijke impact van ons werk en de uitdagingen die nog voor ons liggen. Een Mastertitel Forensic Science biedt de Nederlandse en de buitenlandse studenten perspectief op een zeer bijzonder beroep, waarin u naar harte lust aan de slag kunt met levensechte en zeer belangrijke puzzels!

Ik merk dat veel afgestudeerde forensic science studenten zich willen richten op een carrière in het forensisch laboratorium. Mijn verwachting voor de nabije toekomst is evenwel dat ook bij andere professionals in de strafrechtsketen afgestudeerde forensische wetenschappers aan de slag kunnen. In hun rapport "Spelverdeler in de opsporing" een visie op Forensische Opsporing geeft De Raad van Hoofdcommissarissen aan dat er bij de Nederlandse politie sprake is van achterstallig onderhoud bij het forensisch onderzoek en er aandacht is hierop te anticiperen.

## Conclusies

Hierbij ben ik aan het einde gekomen van mijn oratie “Recht doen met forensisch DNA-onderzoek”. Ik zet een paar belangrijke conclusies nog even op en rij:

1. De wetenschappelijke principes van het onderzoek van genetisch polymorfe DNA-merkers zijn algemeen aanvaard en worden toegepast in een zeer groot aantal verschillende wetenschappelijke disciplines, van de medische wetenschap tot het forensische onderzoek. Moleculair biologisch wetenschappelijk onderzoek heeft de forensische toepassing van het DNA-onderzoek gebracht waar het nu sta at: een *zeer specifiek, extreem gevoelig* en door haar robuustheid en reproduceerbaarheid *zeer betrouwbaar* wetenschappelijk onderzoek. Daarnaast is elk volledig DNA-profiel extreem zeldzaam, en daardoor een waardevol middel om personen te onderscheiden. Een belangrijk aandachtspunt is dat ondanks dat de wetenschappelijke bewijswaarde van het resultaat van een DNA-onderzoek kan extreem hoog zijn, het op zichzelf nooit ‘sluitend’ bewijs is.
2. Deskundigen moeten de rapportage van een forensisch DNA-onderzoek altijd samen te laten gaan met een wetenschappelijk onderbouwde uitspraak omtrent de bewijswaarde van de verkregen onderzoeksresultaten.
3. Ontwikkeling van miniaturisatie van de onderzoeksbenodigdheden en de mogelijkheid van ‘*lab-on-a-chip*’-DNA-onderzoek, waardoor bepaalde biologische sporen in de toekomst op de plaats delict kunnen worden onderzocht doet recht aan het devies: “als we het cruciale spoor op de plaats delict missen beginnen we niets met onze geavanceerde onderzoeksmethoden op het DNA-laboratorium”.
4. Familial searching maakt het mogelijk meer informatie uit de DNA-databank te halen dan nu het geval is. Indien de voorgestelde wetswijziging wordt aangenomen zal dit ongetwijfeld in een aantal strafzaken voor een doorbraak in het opsporingsonderzoek gaan zorgen.

Bij het Nederlands Forensisch Instituut heb ik het grote voorrecht gekend dat ik mij ruim dertig jaar met de inhoud van het vak heb kunnen bezighouden. Een belangrijke boodschap van vandaag is dat in het vakgebied van de forensisch biologie nog veel wetenschappelijk werk op ons ligt te wachten. Ik raak hierbij aan de belangrijkste eigenschap van de forensische deskundige: voor alles dient hij/zij de wetenschap te bedrijven. Wat ik probeer te zeggen is dit: in de fundamentele wetenschap gaat het om de bewijsvoering om een theorie te toetsen; in de forensische bewijsvoering gaat het om de wetenschap.

Nu mijn oratie is afgerond kan mijn wetenschappelijk werk nieuwe impulsen krijgen. De onderzoeksgebieden die ik in mijn conclusies heb genoemd bieden hiervoor grote nieuwe mogelijkheden.

Het mag duidelijk zijn dat er vandaag een bevlogen en bevoorrechte persoon voor u staat die ondanks een late-onset oratie nog jaren forensisch werk wil doen en nog wel in twee verschillende zeer inspirerende omgevingen. De forensisch wetenschappelijke omgeving van het NFI en de academische omgeving van het Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica van de Universiteit van Amsterdam.

## Dankwoord