

podinsp. dr Ewa Kartasińska
Anna Jurga
Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji

Rapid DNA – technologia umożliwiająca zautomatyzowaną, szybką analizę profilu DNA wykorzystującą polimorfizm loci STR

Streszczenie

Od połowy lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku badania DNA stały się synonimem postępu naukowego w technice kryminalistycznej. Profilowanie wykorzystujące analizę polimorfizmu *loci* STR uznawane jest za tzw. złoty standard i stanowi nieocenione źródło informacji umożliwiające m.in. identyfikację osób podejrzanych i poszukiwanych, ustalenie tożsamości nieznanymi zwłok, w tym także na podstawie analizy pokrewieństwa. Badania takie są jednak procesem pracochłonnym i czasochłonnym. Aby zredukować tę niedogodność, opracowano technologię opisywaną mianem technologii *rapid DNA*.

Słowa kluczowe: *rapid DNA*, profil DNA, STR, CODIS, baza danych DNA

Wstęp

Badania DNA wykorzystujące analizę polimorfizmu *loci* STR (ang. *short tandem repeats*, krótkich powtórzeń tandemowych) uznawane są w kryminalistyce za tzw. złoty standard, stanowiący nieocenione źródło informacji umożliwiające m.in. identyfikację osób podejrzanych i poszukiwanych, ustalenie tożsamości nieznanymi zwłok, w tym także na podstawie analizy pokrewieństwa.

Standardowa analiza profili DNA przeprowadzana przez wykwalifikowany personel w warunkach laboratoryjnych jest procesem wieloetapowym, na który składają się: izolacja DNA i pomiar jego ilości, amplifikacja określonych rejonów STR podczas reakcji PCR (ang. *polymerase chain reaction*, łańcuchowa reakcja polimerazy), rozdział produktów reakcji PCR podczas elektroforezy kapilarnej i ich detekcja oraz analiza profili DNA (Butler i in., 2004). Badanie takie trwa około 7–8 godzin (Thong i in., 2015) i jest nie tylko czasochłonne, lecz także pracochłonne. Czas badania wydłuża się dodatkowo przez konieczność dostarczenia próbek materiału biologicznego do laboratorium. Niezbędne zatem stały się: skrócenie czasu generowania profili DNA, w szczególności profili osób aresztowanych w związku z podejrzeniem o popełnienie przestępstw zagrożonych wysoką sankcją karną, oraz możliwość natychmiastowego przeszukania uzyskanych profili DNA w bazach danych DNA w celu ich powiązania

z nierozwiązanymi sprawami karnymi, zwłaszcza tymi wzbudzającymi w społeczeństwie szczególne obawy, takimi jak: napaść na tle seksualnym, zgwałcenie, zabójstwo, porwanie i przypadki terroryzmu.

W 2010 r. w Stanach Zjednoczonych Federalne Biuro Śledcze (ang. Federal Bureau of Investigation, FBI) rozpoczęło program mający na celu rozwój i implementację technologii *rapid DNA*. W pracy uczestniczyły m.in. Departament Obrony, Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii, Krajowy Instytut Sprawiedliwości oraz inne agencje federalne i lokalne organy ścigania.

18 sierpnia 2017 r. prezydent Stanów Zjednoczonych Ameryki (USA) Donald Trump podpisał Ustawę Rapid DNA z 2017 r. (ang. The Rapid DNA Act of 2017) nowelizującą przepisy z 1994 r. Nowe regulacje umożliwiły zastosowanie na miejscu zdarzenia aparatów do szybkiej analizy DNA i przesyłanie uzyskanych profili do federalnej bazy DNA wykorzystującej system bazodanowy CODIS (ang. *CODIS – Combined DNA Index System*). Należy jednak zauważyć, że automatyczne przeszukiwanie baz danych DNA dozwolone jest wyłącznie dla tzw. referencyjnych (porównawczych) profili DNA, które zostały oznaczone z próbek pobranych ze służówki policzków od osób o ustalonej tożsamości (np. osób aresztowanych, podejrzanych, oskarżonych, skazanych). Próbki referencyjne zawierają bowiem wystarczającą ilość DNA do wygenerowania profilu DNA w pełnym zakresie. W przypadku ich analizy zachodzi

również niskie prawdopodobieństwo uzyskania profilu mieszanych DNA, które wymagałyby przeprowadzenia analizy przez wykwalifikowanego analityka, dysponującego wiedzą specjalistyczną w zakresie ich interpretacji. Natomiast ślady biologiczne ujawnione na miejscu zdarzenia o charakterze kryminalnym z założenia wymagają dokonania analizy i zatwierdzenia przez biegłego z zakresu genetyki sądowej. Ponadto wszystkie próbki z miejsca zdarzenia, zgodnie z prawem amerykańskim, aby kwalifikować się do przesyłania i/lub przeszukania w systemie CODIS, muszą zostać przetworzone przez akredytowane w zakresie badań genetycznych laboratorium kryminalistyczne (*The Public Health and Welfare*, 2009), które przestrzega norm jakości FBI dla tych laboratoriów (Quality Assurance Standards for Forensic DNA Testing Laboratories).

1. Definicja technologii *rapid DNA*

Rapid DNA jest terminem zaczerpniętym z języka angielskiego, używanym do opisanego w pełni zautomatyzowanego (niemal bezobsługowego), szybkiego (oznaczającego profil DNA w czasie krótszym niż dwie godziny) procesu generowania profilu DNA wykorzystującego analizę polimorfizmu *loci* STR. Proces obejmuje automatyczną izolację, amplifikację, elektroforezę, detekcję i analizę profilu DNA bez ingerencji człowieka.

Technologia ta umożliwia szybką identyfikację osoby na podstawie analizy DNA (polimorfizmu *loci* STR) próbek referencyjnych pobranych na wymazówkę ze śluzówki policzków oraz z pozostawianego przez sprawców przestępstw na miejscu popełnienia czynu zabronionego materiału biologicznego, takiego jak krew, ślina, niedopałki, guma do żucia, sperma i inne próbki kryminalistyczne. Technologia została opracowana z myślą zastosowania nie tylko w warunkach

laboratoryjnych, ale przede wszystkim na miejscu zdarzenia czy na miejscu katastrofy masowej, w celu identyfikacji ofiar lub sprawców zamachów terrorystycznych. Z uwagi na fakt, że system jest zautomatyzowany, może być obsługiwany także przez osoby niebędące specjalistami w zakresie genetyki sądowej. Jeden z producentów, Thermo Fisher Scientific, informuje na swoich stronach, że sprzęt może być wykorzystywany m.in. przez pracowników organów ścigania i wymiaru sprawiedliwości, pracowników podmiotów odpowiadających za bezpieczeństwo państwa na lotniskach, przejściach granicznych lub w jednostkach policji.

2. Charakterystyka urządzeń pracujących w technologii *rapid DNA*

Wśród pionierskich urządzeń pracujących w technologii *rapid DNA* należy wymienić trzy systemy: *RapidHIT™ID* oraz *RapidHIT™ 200* (Thermo Fisher Scientific), a także *ANDE* (ANDE Corporation). We wszystkich trzech urządzeniach położono nacisk na ochronę danych wrażliwych, jakimi są profile DNA. Możliwość przeprowadzenia analizy DNA za pomocą ww. urządzeń mają wyłącznie użytkownicy, którzy są na nich zalogowani. W zależności od rodzaju stworzonego konta użytkownik dysponuje różnymi uprawnieniami. Są trzy rodzaje kont (użytkowników): administrator, nadzorca i operator. Najwyższymi uprawnieniami dysponuje administrator, który m.in. może tworzyć, usuwać i nadzorować konta innych użytkowników, ma możliwość dokonywania zmiany ustawień aparatu oraz tworzenia kopii zapasowych, a także ma podgląd uzyskanego profilu DNA. Nadzorcy przysługują część uprawnień administratora, ale np. nie ma możliwości tworzenia nowych kont ani kopii zapasowych. Jego główną funkcją jest nadzór nad aparatem oraz pracą operatora.



Ryc. 1. a) jednorazowy kartridż; b) urządzenie *RapidHIT™ID*; c) komputer z zainstalowanym oprogramowaniem *RapidLINK™* oraz *GeneMarker®HID STR Human Identity Software* (Thermo Fisher Scientific).

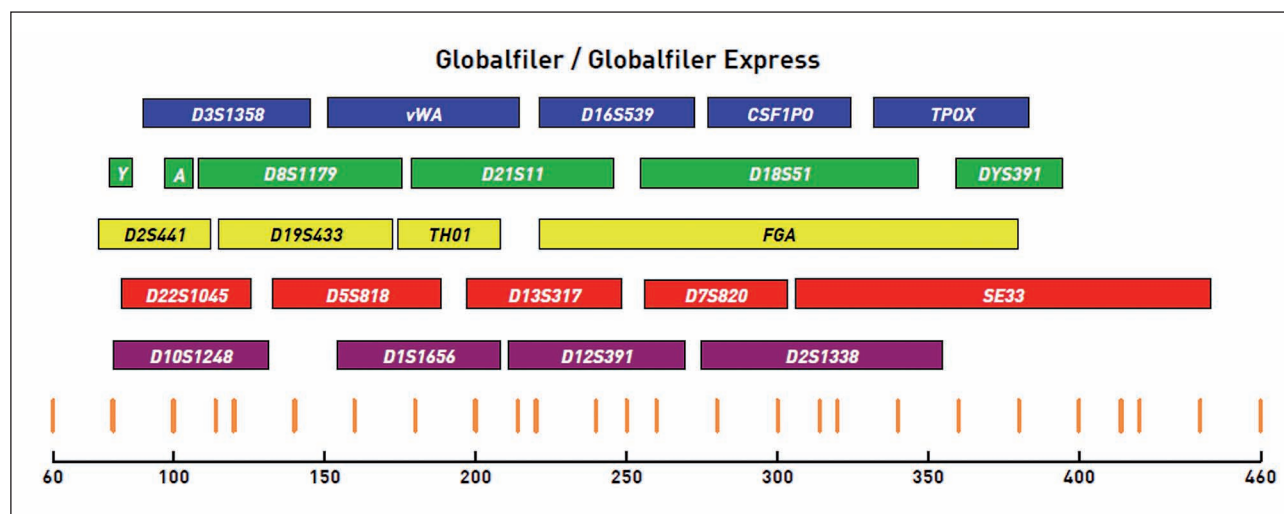
Rola operatora z kolei zawężona jest wyłącznie do pobierania próbek materiału biologicznego oraz ich aplikowania do urządzenia. Dzięki takiemu podziałowi dostęp do danych wrażliwych jest ściśle ograniczony i kontrolowany. Wszystkie trzy urządzenia obsługują wymienione trzy kategorie użytkowników.

RapidHIT™ID (Thermo Fisher Scientific) (ryc. 1) to najbardziej kompaktowe i najprostsze w obsłudze urządzenie spośród wymienionych, które stanowi zautomatyzowany system służący do szybkiej identyfikacji osobniczej na podstawie analizy DNA (polimorfizmu *loci* STR) z materiału biologicznego.

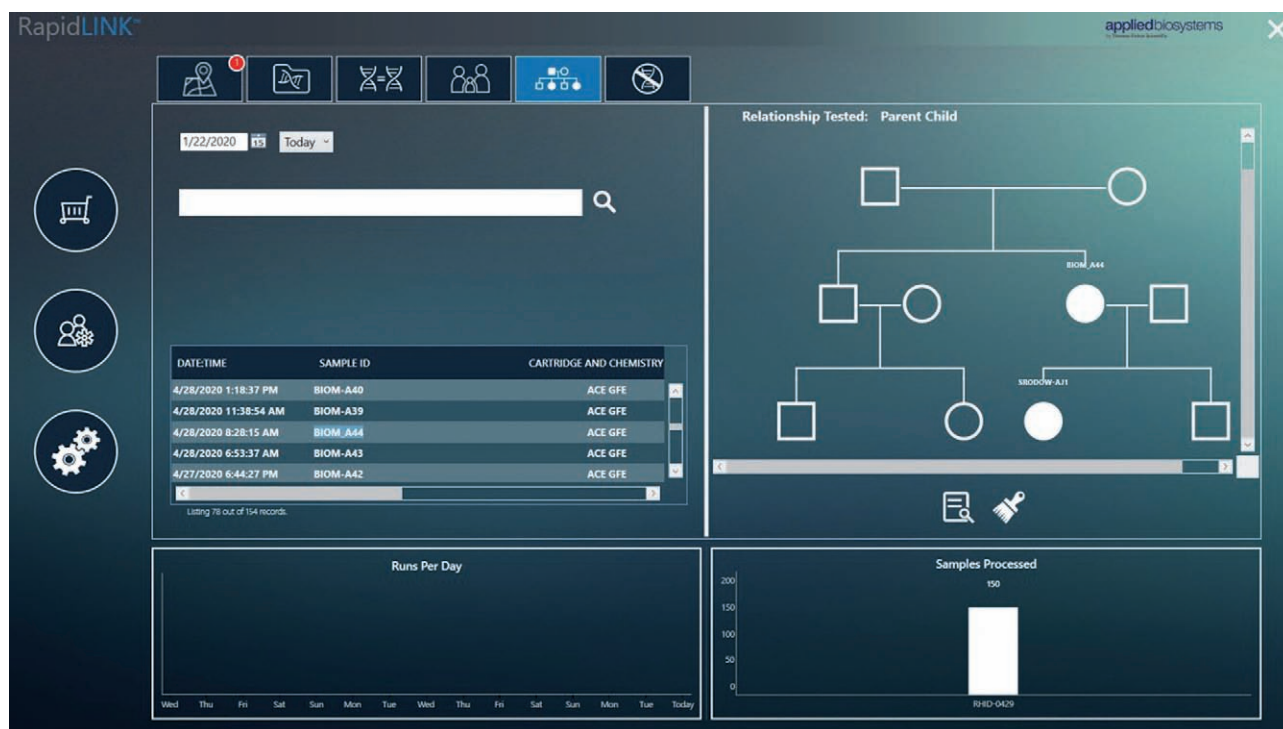
System składa się z aparatu *RapidHIT™ID*, jednorazowych kartridżów na próbki z materiałem biologicznym i odpowiedniego oprogramowania. W przedniej dolnej części aparatu umieszczony jest główny kartridż, który zawiera między innymi żel i kapilary niezbędne do przeprowadzenia procesu elektroforezy i jest jedynym elementem aparatu *RapidHIT™ID*, wymagającym dodatkowej uwagi podczas regularnej pracy urządzenia. Pojemność kartridża pozwala na przeprowadzenie około 150 cykli pracy aparatu. Podczas jego wymiany wymieniane są również części eksploatacyjne, które w tradycyjnych systemach laboratoryjnych są bardziej narażone na awarie. Dzięki temu została wyeliminowana konieczność przeprowadzenia konserwacji profilaktycznej. Po instalacji głównego kartridża należy również zainstalować kartridż kontroli zawierający drabinę alleliczną (będącą zbiorem powszechnie występujących alleli w danym *locus* STR), kontrolę negatywną (służącą do sprawdzenia czystości aparatu) oraz kontrolę pozytywną (o znanym genotypie). Do ekstrakcji i amplifikacji DNA w tym aparacie przeznaczone są dwa typy jednorazowych kartridżów: *ACE Sample Cartridge* służący do badania materiału porównawczego (wymaz ze słuzówki policzków, pochodzący z jednego źródła) oraz *EXT Sample Cartridge*

– do analizy śladów biologicznych zabezpieczonych z miejsca zdarzenia. Obydwa kartridże do analizy wykorzystują zestaw odczynników *GlobalFiler™ Express* składający się z 21 autosomalnych *loci* STR oraz 3 markerów determinujących płeć (ryc. 2).

Urządzenie *RapidHIT™ID* jest zautomatyzowaną, mobilną platformą umożliwiającą obróbkę jednej próbki materiału biologicznego w ciągu około 1 minuty (czas umieszczenia próbki w kartridżu), natomiast czas analizy profilu DNA wynosi mniej niż 90 minut. Wymiary automatu to 28 cm szer. × 53 cm gł. × 47 cm wys., waga około 28,4 kg (z głównym kartridżem). Urządzenie pracuje w zakresie temperatur 15–30°C przy wilgotności powietrza 20–80%, do wysokości 2600 m n.p.m., przy napięciu prądu 100–240 V (częstotliwość 50/60 Hz), z zasilaniem 600 W (*RapidHIT™ID System v 1.0 User Guide*). Próbkę poddawana jest pełnemu procesowi analizy, począwszy od izolacji DNA, przez PCR i rozdział na kapilarze, aż do uzyskania i przeanalizowania wyniku w postaci genotypu. Urządzenie podłączone jest do komputera z zainstalowanym oprogramowaniem *RapidLINK™* oraz *GeneMarker®HID STR Human Identity Software*. Analiza jest przeprowadzana automatycznie, a wynik jest oznaczany jednym z trzech rodzajów symboli: zielonym, gdy profil jest wygenerowany zgodnie z przyjętymi kryteriami, żółtym, gdy profil nie spełnia wszystkich założonych kryteriów, czerwonym, gdy system nie wygenerował profilu. Wyniki analizy DNA mogą zostać przesłane bezpośrednio do krajowej bazy danych DNA w celu jej przeszukania. Istnieje także możliwość stworzenia lokalnej bazy danych DNA w *RapidLINK™* i porównywania uzyskanych profili z profilami zgromadzonymi w tej bazie w jednym z modułów oprogramowania (*RapidLINK™ Software v 1.0 User Guide*). *RapidLINK™* ma również moduł służący do analizy pokrewieństwa oraz moduł umożliwiający wykrycie kontaminacji DNA.



Ryc. 2. Wielkość poszczególnych markerów w parach zasad (pz) dla systemu *GlobalFiler® Express* firmy Thermo Fisher Scientific.



Ryc. 3. Przykład drzewa genealogicznego w zakładce *RapidLINK Kinship*.

Analiza pokrewieństwa dokonywana jest za pomocą modułu *RapidLINK Kinship*. W zakładce znajduje się graficznie przedstawione drzewo genealogiczne (ryc. 3), na którym kołem oznaczona jest płeć żeńska, a kwadratem – płeć męska. Wybrane z listy profile są przeciągane na schemat drzewa genealogicznego, a następnie generowany jest raport (ryc. 4) zawierający szacunek rachunku prawdopodobieństwa opartego na wyliczeniu ilorazu wiarygodności (LR – ang. *Likelihood Ratio*) i z przedstawioną wartością współczynnika prawdopodobieństwa.

Moduł *RapidLINK Staff Elimination* przeznaczony jest do przetwarzania i gromadzenia profili DNA osób, które mogłyby zakontaminować (zanieczyścić) analizowane w aparacie próbki, np. obsługujących

urządzenie, wykonujących badania, pobierających próbki do badań. Umożliwia on automatyczną detekcję ww. kontaminacji. W systemie generowany jest raport zawierający wykaz profili DNA z bazy eliminacyjnej, które wykazały zgodność z weryfikowaną próbką. W raporcie tym, w formie tabelarycznej, porównane są poszczególne markery w dopasowanych profilach DNA, w których oznaczone allele są zgodne wraz z wyliczonym dla nich ilorazem wiarygodności (LR).

Kolejnym urządzeniem jest *RapidHIT™ 200* (Thermo Fisher Scientific) (ryc. 5).

Podobnie jak *RapidHIT™ ID* jest to zautomatyzowana platforma mobilna służąca do szybkiej identyfikacji osobniczej na podstawie analizy DNA z materiału biologicznego. Czas obróbki próbki wynosi około 3 minut (czas umieszczenia próbki w kartridżu), natomiast czas analizy profili DNA, w zależności od protokołu, od ok. 90 do 120 minut. Urządzenie również zaprojektowano tak, aby mogło pracować nie tylko w laboratorium, lecz także w warunkach mobilnych. Jednak jego wymiary są znacznie większe i wynoszą: 73 cm szer. × 71 cm gł. × 48 cm wys., a waga to około 81,5 kg. Ponadto po przemieszczeniu automat wymaga kalibracji. Urządzenie pracuje w zakresie temperatur 18–30°C przy wilgotności powietrza 15–75%, do wysokości 2000 m n.p.m., przy napięciu prądu 100–240 V (częstotliwość 50/60 Hz) (Thermo Fisher Scientific – strona internetowa). Urządzenie może przeanalizować w jednym cyklu badawczym od 1 do 8 próbek, które umieszcza się w dwóch kartridżach zawierających również zestaw odczynników *GlobalFiler® Express*. Jeden z kartridżów zawiera na stałe drabinę alleli. Do pracy

applied biosystems by Thermo Fisher Scientific	
RapidLINK Kinship Report	
ACQUISITION TIME:	4/20/2020 6:58:38 PM
SAMPLE ID:	A3
CARTRIDGE AND CHEMISTRY:	ACE GFE
LOCATION:	CLFP
SERIAL#:	RHID-1234
Number of Matches:	1
Claimed Relationship: Parent Child Person A: A1 Person B: A2 Likelihood Ratio: 5.55e+008 Probability Related: 99.99% Overall Result: POSITIVE	
Conflicting Loci:	

Ryc. 4. Przykładowy raport z analizy pokrewieństwa z wykorzystaniem programu *RapidLINK*.



Ryc. 5. Urządzenie *RapidHIT™ 200* wraz z zestawem kartridżów (Thermo Fisher Scientific).

urządzenia niezbędne są dodatkowo dwa wymienne każdorazowo przed każdym cyklem badawczym kartridże: „kartridż A” zawierający bufor anodowy i polimer oraz „kartridż B” z buforem katodowym, wodą i rezerwuarem na odpady. Poza tym urządzenie nie wymaga do pracy dodatkowych odczynników chemicznych. Próbki poddawane są pełnemu procesowi analizy, na podobnych zasadach jak w urządzeniu *RapidHIT™ MID*. Analizowane są po uruchomieniu protokołu *Run Buccal*, przeznaczonego do wymazów ze słuzówki policzka, lub *Run Other*, służącego do analizy śladów biologicznych z miejsca zdarzenia. *RapidHIT™ 200* również współpracuje z oprogramowaniem *RapidLINK™*.

Kolejnym urządzeniem typu *rapid DNA* jest aparat *ANDE (ANDE 6C System)* (ANDE Corporation) będący również zautomatyzowaną platformą mobilną służącą do analizy profili DNA z materiału biologicznego (ryc. 6). Czas analizy próbek wynosi ok. 85 minut.

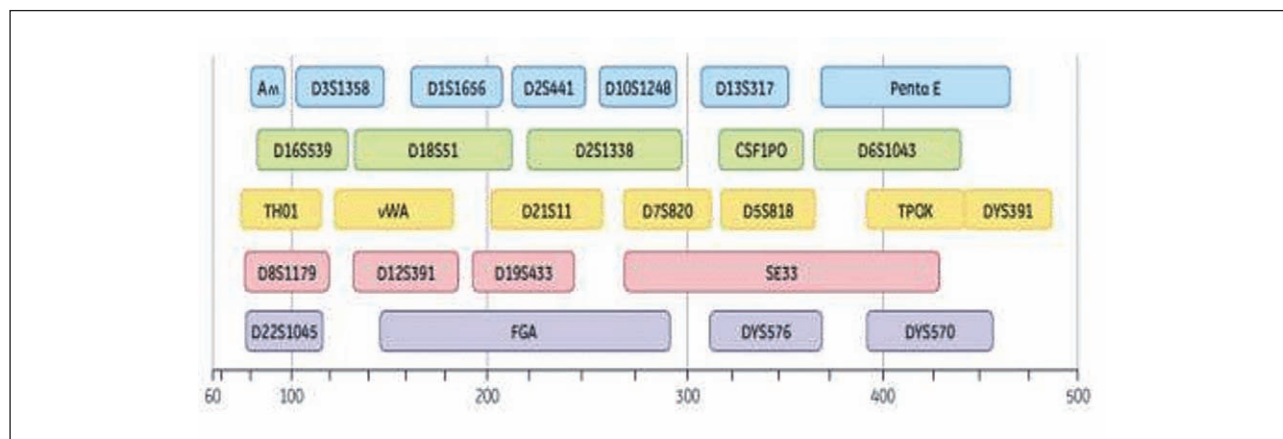
Wymiary analizatora to: 45 cm szer. × 75 cm gł. × 59 cm wys., waga to około 54 kg. Urządzenie pracuje w zakresie temperatur 20–30°C przy wilgotności powietrza 20–80%, przy napięciu prądu 100–240 V (częstotliwość 50/60 Hz) (*ANDE™ 6C Rapid DNA Analysis™ System Product User Manual*). Platforma składa się z trzech komponentów: specjalnych wymazówek, A-chipa z pięcioma komorami na powyższą wymazówkę oraz aparatu (ryc. 6). A-chip to jednorazowy element zawierający wszystkie niezbędne

odczynniki do przeprowadzenia analizy DNA, począwszy od etapu izolacji DNA po rozdział elektroforetyczny. Chip został skonstruowany w taki sposób, by uniknąć bezpośredniego kontaktu między próbką materiału biologicznego, urządzeniem i odczynnikami. System zawierający wymazówkę jest zamykany korkiem, co ma zapobiegać ewentualnej kontaminacji krzyżowej. Wszystkie płyny wewnątrz chipa są napędzane pneumatycznie pod ciśnieniem. Do analizy wykorzystywany jest zestaw odczynników *FlexPlex* (ryc. 7) oparty na zestawie *PowerPlexFusion 6C* (Promega Corporation). Zestaw ten daje możliwość badania 27 loci STR. Aparat ma komputer z panelem dotykowym i graficznym panelem użytkownika oraz oprogramowanie sterujące pracą urządzenia i zarządzające zbieraniem danych *FAIRS™* (ANDE Corporation), a także zintegrowany system ekspercki (*Expert System Software*) służący do automatycznej analizy DNA i kwalifikacji profili pod względem ich przydatności do baz danych DNA. Wszystkie dane są kodowane i mogą być przesyłane do baz danych DNA za pośrednictwem systemu *FAIRS™*. Oprogramowanie to m.in. służy do zarządzania wygenerowanymi profilami DNA, ich dopasowywania oraz do analizy pokrewieństwa (Carney i in., 2019).

Urządzenie dodatkowo wyposażone jest w skrzynię transportową umożliwiającą dostarczenie go na miejsce zdarzenia. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest pominięcie procesu kalibracji aparatu.



Ryc. 6. Urządzenie *ANDE* oraz wymazówka i A-chip (ANDE Corporation).



Ryc. 7. Wielkość poszczególnych markerów w parach zasad (pz) dla systemu FlexPlex.

3. Technologia *rapid DNA* a praktyka

Szybka identyfikacja szczątków ludzkich po katastrofach masowych jest niezbędna, aby zapewnić członkom rodziny i przyjacielom ofiar możliwość pożegnania się, pochówku i załatwienia formalności prawnych związanych ze śmiercią bliskiej osoby (Turingan i in., 2020).

Identyfikacja może być utrudniona ze względu na charakter, lokalizację i dostępność miejsca katastrofy, rozczłonkowanie szczątków oraz czas ich zabezpieczenia, a także czas niezbędny do przetransportowania próbek do laboratorium. Dodatkowo narażenie materiału biologicznego na trudne warunki środowiskowe może powodować jego szybką degradację. Powyższe okoliczności i czynniki mają wpływ na jakość zabezpieczonych próbek i mogą być powodem wydłużenia czasu analiz DNA prowadzonych w laboratoriach kryminalistycznych. Dlatego możliwość zastosowania technologii *rapid DNA* na miejscu zdarzenia oraz obsługa urządzenia przez osoby niebędące ekspertami może przyczynić się do sprawniejszego zakończenia spraw identyfikacyjnych.

Przykładem wykorzystania technologii *rapid DNA* w katastrofach masowych mogą być poniższe zdarzenia.

Do pierwszego doszło w listopadzie 2018 r. Ponad 60 000 hektarów ziemi w hrabstwie Butte w Kalifornii zostało doszczętnie zniszczonych przez najbardziej śmiertelny pożar w historii stanu. Pożar był tak gwałtowny, że w szczytowym momencie pochłaniał ok. 30 hektarów na minutę. Szybkość i intensywność zbliżających się płomieni zabiły dziesiątki ludzi. Podobnie jak w przypadku większości katastrof masowych, do identyfikacji ofiar wykorzystano konwencjonalne metody identyfikacji (np. linie papilarne, zęby – odontologia, rzeczy osobiste). Jednak intensywność i czas trwania pożaru oraz wysoka temperatura poważnie uszkodziły i zniekształciły ciała większości ofiar, co znacznie utrudniło ich identyfikację. Z tego powodu metody konwencjonalne były przydatne tylko w 22 na 84 przypadków. Pozostałe ofiary początkowo planowano poddać konwencjonalnej analizie

na podstawie kodu DNA, która jednak mogłaby zająć długie miesiące, a nawet lata. Zamiast tego do identyfikacji wykorzystano technologię *ANDE Rapid DNA*. Szybkiej identyfikacji DNA zostało poddanych 69 szczątków, z czego w przypadku 62 (89,9%) wygenerowano profile STR. Próbkę, które wykorzystano do identyfikacji, pobrano z krwi, kości, wątroby, mięśni, tkanek miękkich niewiadomego pochodzenia, a także mózgu. Dla każdego rodzaju materiału biologicznego zostały przygotowane odpowiednie protokoły badań, w których m.in. uwzględniono degradację zabezpieczonych próbek. Z krwi oraz tkanek miękkich uzyskano maceraty, które następnie aplikowano na wymazówkę ANDE. Kości najpierw rozdrabniano mechanicznie, a następnie zgodnie z przygotowanymi protokołami badań dodawano do nich przeznaczony do kości bufor ANDE. Tak przygotowane próbki inkubowano w temperaturze pokojowej lub w 56°C. Otrzymane roztwory były pipetowane na wymazówki ANDE i aplikowane do automatu. Wszystkie profile zostały oznaczone w ciągu kilku godzin od otrzymania próbek do badań. Równoległe z oznaczaniem próbek z miejsca katastrofy analizowano profile DNA od 255 członków rodzin ofiar. Za pomocą modułu służącego do przeszukiwania osób spokrewnionych skonfrontowano wygenerowane profile DNA szczątków z profilami porównawczymi, w wyniku czego ostatecznie zidentyfikowano 58 ofiar. Praca ta stanowi pierwsze zakończone sukcesem użycie technologii *rapid DNA* w przypadku katastrofy masowej (Gin i in., 2020).

Kolejny wypadek zdarzył się tuż po Bożym Narodzeniu w 2019 r. W regionie Wysp Hawajskich w paśmie klifów po północno-zachodniej stronie wyspy Kaua'i rozbił się helikopter. Żadna z siedmiu osób na pokładzie nie przeżyła tego tragicznego wypadku. Ponieważ policja w Kaua'i nie ma zaplecza kryminalistycznego wykonującego badania DNA, badania zlecano w kontynentalnej części Stanów Zjednoczonych. W celu skrócenia procesu identyfikacji, a tym samym by zapobiec degradacji próbek, które dodatkowo były zwęglone, wykorzystano urządzenie *RapidHIT™MID*

(Thermo Fisher Scientific). Analizowany materiał biologiczny stanowiły próbki tkanek, mózgu i kości. Dzięki wykorzystaniu technologii *rapid DNA* możliwa była szybka identyfikacja wszystkich siedmiu ofiar. Gdyby badania wykonywano zgodnie ze standardowymi procedurami, proces identyfikacji, z uwagi na konieczność transportu próbek i organizacji całego zaplecza logistycznego, trwałby ponad miesiąc (Thermo Fisher Scientific, *The Kaua'i Police Department...*, 2020).

Innym przykładem wykorzystania technologii *rapid DNA*, tym razem w sprawach karnych, jest przypadek napaści na tle seksualnym. Pewnego kwietniowego wczesnego poranka bezdomna kobieta śpiąca w opuszczonym domu w Louisville w stanie Kentucky została obudzona przez nieznanego, który naciągnął jej pościel na głowę i zgwałcił. Należy zauważyć, że sprawy dotyczące przestępstwa zgwałcenia należą do szczególnie skomplikowanych nie tylko ze względu na procedury, lecz także ze względu na fakt, że dotyczą sfery intymnej ofiary i są przeżyciem wyjątkowo dla niej traumatycznym. Każda dodatkowa zwłoka, również w analizach, jeszcze bardziej pogarsza stan psychiczny osoby pokrzywdzonej, co dodatkowo negatywnie wpływa na późniejsze zeznania i utrudnia proces karny, a w konsekwencji rozstrzygnięcie sprawy i osądzenie sprawcy. Zgwałcenie, o którym mowa, zbiegło się w czasie z procesem walidacji nowo zakupionego systemu działającego w technologii *rapid DNA* (ANDE Corporation) w laboratorium policji stanowej Kentucky. Gdyby się okazało, że ta technologia działa w sposób zadowalający, mogłoby to zrewolucjonizować sposób, w jaki badane są sprawy zgwałceń w USA, gdzie setki tysięcy przestępstw na tle seksualnym pozostaje nierozstrzygniętych, a tylko jedna trzecia przypadków kończy się aresztowaniem. W ramach pierwszego testu technologii *rapid DNA* w kontekście rzeczywistej napaści na tle seksualnym pobrano dodatkowe próbki od ofiary i zbadano je za pomocą ww. technologii. W ciągu trzech godzin urządzenie wygenerowało profil DNA potencjalnego sprawcy. Po kilku tygodniach mężczyznę aresztowano. Przywołana sprawa zgwałcenia odzwierciedla siłę i potencjał technologii *rapid DNA*, która powoli zaczyna być metodą akceptowalną przez wymiar sprawiedliwości w sprawach karnych (Schuppe, 2019). Wykorzystanie *rapid DNA* w przytoczonej wyżej sprawie karnej wydaje się obiecujące, jednakże FBI zaleca daleko idącą ostrożność w przypadku badania śladów biologicznych z użyciem tej technologii oraz rekomenduje sędziom rozważę podczas rozstrzygania spraw na podstawie wyników uzyskanych dzięki niej. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że policja, używając nowej technologii, przesunęła granice standardowej praktyki analizowania dowodów z miejsca zdarzenia i pobierania próbek DNA od osób podejrzanych o popełnienie przestępstwa.

Opisane wyżej przypadki dowodzą, że technologia *rapid DNA* może być z sukcesem stosowana jako uzupełnienie konwencjonalnych metod identyfikacji ofiar

katastrof masowych, a w przyszłości także w sprawach karnych. Niewątpliwym atutem tej technologii jest łatwość obsługi samego aparatu, także przez osoby niebędące specjalistami w zakresie genetyki sądowej, jego mobilność oraz krótki czas otrzymywanych wyników (ok. 90 min w przypadku próbek materiału referencyjnego pobranego ze słuzówki policzków). Wykorzystanie technologii *rapid DNA* w praktyce kryminalistycznej może przyczynić się do zwiększania zasobów krajowych zbiorów danych DNA, a także stwarza nowe możliwości służbom odpowiedzialnym za bezpieczeństwo państwa: organom ścigania, wymiarowi sprawiedliwości, straży granicznej itp. Należy jednak zauważyć, że jej zastosowanie ciągle jeszcze wiąże się z dużymi nakładami finansowymi.

Rozwój technologii *rapid DNA* budzi również uzasadnione obawy m.in. o to, że wyniki uzyskane z urządzeń tego typu mogą przyczynić się do błędnej identyfikacji. Związane jest to z tym, że aparat może być obsługiwany przez funkcjonariuszy niemających wiedzy z zakresu genetyki. Ponadto ograniczone badania pilotażowe zrodziły pytania, czy w urządzeniach nie będzie dochodzić do kontaminacji wykorzystywanych odczynników, a także kontaminacji spowodowanej przez niewykwalifikowany personel obsługujący urządzenie. Wskazany jest zatem nadzór ekspertów z zakresu badań genetycznych nad poszczególnymi urządzeniami. Kolejnym zagrożeniem jest łatwość pozyskiwania danych wrażliwych, do jakich należą profile DNA. Obecnie w policyjnych bazach danych DNA przetwarzane są dane dotyczące wyników analizy kwasu deoksyrybonukleinowego obejmujące informacje wyłącznie o niekodującej części DNA. W przypadku rozwoju technologii *rapid DNA* w przyszłości dużo prostsze może się stać pozyskanie na podstawie DNA coraz większej liczby danych wrażliwych, chociażby na temat skłonności do zachorowania na różnego rodzaju choroby. Wydaje się jednak, że przejrzyste regulacje prawne mogą być rozwiązaniem dla powyższych obaw. Ustawodawca może np. wskazać, jakie organy mogłyby nabyć tego typu sprzęt badawczy, oraz określić przypadki jego wykorzystania. Warto zauważyć, że również w Polsce niezbędne stanie się dostosowanie przepisów, które umożliwią wykorzystanie wyżej opisanej technologii w praktyce.

Zastosowanie technologii *rapid DNA* wydaje się bardzo obiecujące i może usprawnić wykrywanie sprawców przestępstw, a tym samym przyczynić się do jeszcze większej skuteczności organów śledczych i wymiaru sprawiedliwości.

Źródło rycin

Rycina 1: <https://www.thermofisher.com/pl/en/home/industrial/forensics/human-identification/forensic-dna-analysis/dna-analysis/rapidhit-id-system-human-identification/rapidhit-id-system-law-enforcement.html> (dostęp 07.08.2020)

Rycina 2: <https://www.interlabservice.ru/solutions/criminalistics/nabory-reagentov-dlya-amplifikatsii-str-locusov.php> (dostęp 31.08.2020)

Ryciny 3, 4: autorzy

Rycina 5: <https://www.thermofisher.com/pl/en/home/industrial/forensics/human-identification/forensic-dna-analysis/dna-analysis/rapidhit-id-system-human-identification/rapidhit-id-system-crime-labs/integenx-by-thermo-fisher-scientific-rapidhit.html> (dostęp 31.08.2020)

Rycina 6: <https://www.ande.com/what-is-rapid-dna/oraz> https://www.fbinaa.org/FBINAA/Associate/Associate_Magazine.JanFeb.2018/JANFEB2018_Feature_2_JF.aspx (dostęp 31.08.2020)

Rycina 7: Carney i in., 2019

Bibliografia

1. ANDE™ *Rapid DNA Analysis™ System Product User Manual*, <https://fccid.io/2ABOH-ANEDDNA/SCAN/User-Manual/User-manual-1-2965508.pdf> (dostęp 31.08.2020).
2. Butler, J.M., Buel, E., Crivellente, F., Mccord B.R. (2004). Forensic DNA typing by capillary electrophoresis using the ABU Prism 310 and 3100 genetic analyzers for STR analysis. *Electrophoresis*, 25.
3. Carney, Ch., Whitney, S., Vaidyanathan, J., Persick, R., Noel, F., Vallone, P.M., Romsos E.L., Tan, E., Grover, R., Turingan, R.S., French, J.L., Selden, R.F. (2019). Developmental validation of the ANDE™ rapid DNA system with FlexPlex™ assay for arrestee and reference buccal swab processing and database searching. *Forensic Science International: Genetics*, 40.
4. Gin, K., Tovar, J., Bartelink, E.J., Kendell, A., Milligan, C., Willey, P., Wood, J., Tan, E., Turingan, R.S., Selden, R.F. (2020). The 2018 California wildfires: Integration of Rapid DNA to dramatically accelerate victim identification. *Journal of Forensic Sciences*, 6.
5. <https://www.interlabservice.ru/solutions/criminalistics/nabory-reagentov-dlya-amplifikatsii-str-locusov.php> (dostęp 31.08.2020).
6. Quality Assurance Standards for Forensic DNA Testing Laboratories, <https://www.fbi.gov/file-repository/quality-assurance-standards-for-forensic-dna-testing-laboratories.pdf/view> (dostęp 27.08.2020).
7. *RapidHIT™ID System v 1.0 User Guide*, https://www.thermofisher.com/document-connect/document-connect.html?url=https%3A%2F%2Fassets.thermofisher.com%2FTFS-Assets%2FLSG%2Fmanuals%2FMAN0018039_RapidHIT_ID_1_0_UG.pdf&title=VXNlciBHdWlkZTogUmFwaWRISVQgSUQgU3lzdGVtIHxLjA= (dostęp 22.10.2020).
8. *RapidLINK™ Software v1.0 User Guide*, https://www.thermofisher.com/document-connect/document-connect.html?url=https%3A%2F%2Fassets.thermofisher.com%2FTFS-Assets%2FLSG%2Fmanuals%2FMAN0018038_RapidLinkSW1_UG.pdf&title=VXNlciBHdWlkZTogUmFwaWRMSU5LlFvZnR3YXJlIHxLjA= (dostęp 27.08.2020).
9. Schuppe, J. (2019). Rapid DNA testing could revolutionize rape investigations – if the science holds up, <https://www.nbcnews.com/news/us-news/rapid-dna-testing-could-revolutionize-rape-investigations-if-science-holds-n1096516> (dostęp 22.10.2020).
10. *The Public Health and Welfare* (2009). Rozdz. 136: Violent Crime Control and Law Enforcement podrozdz. IX: State and Local Law Enforcement, part A: DNA Identification sec. 14132: Index to Facilitate Law Enforcement Exchange of DNA Identification Information.
11. *The Rapid DNA Act of 2017 (Public Law 115–500)*, <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/ho-use-bill/510> (dostęp 31.08.2020).
12. Thermo Fisher Scientific, <https://www.thermofisher.com/pl/en/home/industrial/forensics/human-identification/forensic-dna-analysis/rapidhit-id-system-human-identification/rapidhit-id-system-crime-labs/integenx-by-thermo-fisher-scientific-rapidhit.html> (dostęp 07.08.2020).
13. Thermo Fisher Scientific (2020). *The Kauai Police Department uses rapid DNA technology to save time and cost in disaster victim identification*, <http://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/GSD/Reference-Materials/Kauai-police-dna-technology-disaster-victim-identification.pdf> (dostęp 22.10.2020).
14. Thong, Z., Phua, Y.H., Loo, E.S., Goh, K.S., Ang, J., Looi, W.F., Kiu, C., Syn, C.K. (2015). Evaluation of the RapidHIT™ 200 System: A comparative study of its performance with Maxwell® DNA IQ™/Identifier@1 Plus/ABI 3500xl workflow. *Forensic Science International: Genetics*, 19.
15. Turingan, R.S., Brown, J., Kaplun, L., Smith, J., Watson, J., Boyd, D.A., Wolfe, D., Steadman, D.W., Selden, R.F. (2020). Identification of human remains using Rapid DNA analysis. *International Journal of Legal Medicine*, 134.