

SVEUČILIŠTE U SPLITU
MEDICINSKI FAKULTET

Josip Crnjac

**GENETIČKA ANALIZA DVANAEST KRATKIH PONAVLJAJUĆIH
ODSJEČAKA NA X KROMOSOMU (X-STR) U POPULACIJI
REPUBLIKE HRVATSKE**

Doktorski rad

U Splitu, studeni 2024.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
MEDICINSKI FAKULTET

Josip Crnjac

**GENETIČKA ANALIZA DVANAEST KRATKIH PONAVLJAJUĆIH
ODSJEČAKA NA X KROMOSOMU (X-STR) U POPULACIJI
REPUBLIKE HRVATSKE**

Doktorski rad

Akadska godina: 2024/2025

Mentor:

Prof.dr.sc. Dragan Primorac

U Splitu, studeni 2024.

Ova doktorska disertacija je izrađena u Centru za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“ u Službi bioloških i kontaktnih vještačenja, Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske.

Voditelj rada: prof.dr.sc. Dragan Primorac

Zahvala

Prvo se želim se zahvaliti svima u Službi bioloških i kontaktnih vještačenja Centra „Ivan Vučetić“, a posebno hvala Siniši koji je sa mnom provodio dane u implementaciji metode i analizi uzoraka i bio podrška u svakom dijelu rada. Hvala i Petru koji je bio iznimna pomoć u statističkoj obradi podataka.

Hvala mom mentoru prof.dr.sc. Draganu Primorcu na otvaranju vrata u svijet forenzične genetike kao i na svesrdnoj pomoći, savjetima a ponajviše podršci kroz cijeli proces istraživanja i pisanja ovog rada.

Posebno hvala ide mom drugom mentoru prof.dr.sc. Damiru Marjanoviću. Damire hvala ti na svim sugestijama, ispravicima, preslagivanju svega u radu (recimo da mi nisi u tim trenucima bio najdraža osoba na svijetu 😊) jer je to sve pomoglo da ovo poglavlje dođe do svog kraja.

Hvala mojim prijateljima, kolegama, rodbini užoj i široj i svima vama koji ste s osmijehom pitali Jel gotovo? Bili ste tiha inspiracija i podrška u životu i morat ćete smisliti novo pitanje s osmijehom.

Hvala mojim roditeljima, seki, burazu i bracku na ljubavi, potpori i podršci u svom mom radu, od samih početaka, fakulteta pa do danas. Znam da ste se sigurno nekad pitali što mu to sve treba u životu ali se nadam da sam Vam donio bar malo radosti i ponosa jer ovaj rad je i vaš.

Na kraju veliko hvala mojoj ženi Ivi koja je u zadnje vrijeme sa mnom proživljavala sve stresove, čekanja, frustracije, ali i veselja i radosti i u svim trenucima bila puna razumijevanja, potpore i ljubavi i dalje idemo zajedno u nove životne avanture.

Popis kratica:

CODIS – engl. Combined DNA Index System – Kombinirani DNA sustav indeksiranja

ddNTP – dideoksinukleotid

DNA – engl. Deoxyribonucleic acid – deoksiribonukleinska kiselina

dNTP- deoksinukleotid

Fst – Fiksacijski indeks između subpopulacija

FTA – Flinders Technology Associates

He – Očekivana heterozigotnost

Ho – Zabilježena heterozigotnost

LD – engl. Linkage Disequilibrium – neravnoteža vezivanja gena

LG – engl. Linkage group – Linkage grupa

MEC – engl. Mean Exclusion Chance - srednja vjerojatnost isključenja

mtDNA – mitohondrijska DNA

PCR – engl. Polymerase Chain Reaction – lančana reakcija polimerazom

PD – engl. Power of Discrimination – snaga razlučivanja

PE – engl. Power of Exclusion – snaga isključivanja

PIC – engl. Polymorphism Information Content – vrijednost informativnosti polimorfizama

qPCR – engl. Quantative Real Time PCR – kvantitativni PCR u stvarnom vremenu

RFLP - engl. Restriction Fragment Length Polymorphism - polimorfizam dužine restrikcijskog fragmenta

RNA – engl. Ribonucleic Acid – ribonukleinska kiselina

SD – Standardna devijacija

SNP – engl. Single Nucleotide Polymorphism – polimorfizam jednog nukleotida

STR – engl. Short Tandem Repeats – kratka tandemska ponavljanja

VNTR - engl. Variable Number Tandem Repeats - promjenjivi broj uzastopnih ponavljanja

X-STR – STR biljeg na kromosomu X

Y-STR – STR biljeg na kromosomu Y

Sadržaj:

1.	Uvod.....	1
1.1	Osnove forenzične DNA analize	1
1.1.1	Genetički biljezi.....	2
1.1.2	Osnovne faze procesa DNA analize	3
1.1.3.	Analiza Y kromosoma i mitohondrijske DNA.....	5
1.2	Analiza kromosoma X i primjena u forenzičnim znanostima.....	6
2.	Cilj istraživanja.....	10
3.	Materijali i metode	11
3.1	Prikupljanje bioloških uzoraka	11
3.2	Laboratorijska obrada uzoraka.....	12
3.3	Statistička obrada podataka	13
4.	Rezultati istraživanja	14
5.	Rasprava.....	40
6.	Zaključak	45
7.	Literatura.....	46
8.	Sažetak.....	50
9.	Summary	51
10.	Životopis	52
11.	Dodatak	61

1. Uvod

Analiza deoksiribonukleinske kiseline (engl. Deoxyribonucleic acid - DNA) ima ključnu ulogu u forenzičnim znanostima kao vrijedan alat u rasvjetljavanju činjenica u istragama i sudskim slučajevima(1). Još od vremena Gregora Mendela i njegovih istraživanja na vrtnom grašku postavljeni su osnovni principi nasljeđivanja u genetici i od tada ova znanost neprestano napreduje a usporedo s njom napreduju i razvijaju se i druge srodne znanosti. Kada se govori o povijesti i razvoju ove znanosti osim Mendela i njegovih istraživanja postoji niz znanstvenika koji su sa svojim otkrićima omogućili da genetika danas zauzima ključno mjesto u našim životima(2). Jedan od njih je svakako Oswald Avery koji je sa svojim suradnicima 1944. pokazao da su geni građeni od osnovnog nasljednog materijala – deoksiribonukleinske kiseline. Nedugo nakon ovog otkrića znanstvenici James Watson i Francis Crick 1953., uz pomoć radiografskih snimaka Maurice-a Wilkinsa i Rosalind Franklin, su prikazali strukturu DNA molekule(3). Tri godine nakon njihovog otkrića potvrđeno je kako je cjelokupni ljudski genski materijal raspoređen u 46 kromosoma odnosno u 23 para homolognih kromosoma. David Botstein sa svojim suradnicima 1980. dokazuju postojanje malih varijacija u genskom materijalu koje se razlikuju od osobe do osobe(4). Veliki iskorak u istraživanju nasljednog materijala je otkriće lančane reakcije polimerazom (engl. Polymerase Chain Reaction - PCR) 1983. godine omogućavajući ciljano umnažanje dijelova DNA. Ova posljednja dva otkrića bila su temelj za istraživanja na utvrđivanju razlika DNA između osoba. Ovaj rad Alec-a Jeffreys-a i suradnika je rezultirao otkrićem ponavljajućih sekvenci unutar ljudskog genoma i primjene njihove analize za rješavanje prvog slučaja ne tako davne 1985. što se uzima kao jedan od ključnih trenutaka u razvoju forenzične genetike i primjene DNA analize u sudskim postupcima(5, 6).

1.1 Osnove forenzične DNA analize

Jezgrina DNA genetički je materijal koji nosi nasljednu poruku zapisanu u genima, aktivnim segmentima koji se nalaze na određenim lokusima lanaca DNA uzvojnice. Ukupna jezgrina DNA smještena je u kromosomima. Molekula DNA građena je u obliku dvostruke uzvojnice, čine je jedinice zvane nukleotidi koji su građeni od tri podjedinice; pet-ugljičnog šećera, fosfatne skupine i dušičnih baza adenin (A), gvanin (G), citozin (C) i timin (T). Unutar

zavojnice između dva lanca dvostrukom vodikovom vezom vežu se adenin i timin, a trostrukom vodikovom vezom vežu se gvanin i citozin. Svaki na ovaj način spojeni par nukleotida naziva se par baza (pb), a u ljudskom genomu ima oko 3,2 milijarde parova baza. Promjene u bazama ili promjene u broju ponavljanja parova baza predstavljaju osnovu za identifikaciju osobe. Samo 0.5% DNA materijala je različito kod svakog čovjeka, ali taj je dio bogat polimorfizmima, tj. razlikama u genetskom materijalu među pojedincima. Upravo ova jedinstvena genetska građa svakog pojedinca temelj je identifikacije DNA analizom u forenzičnoj genetici(7).

1.1.1 Genetički biljezi

Forenzična genetika zasniva se na analizi tzv. genetičkih biljega. Termin genetički marker tj. biljeg koristi se u opisu dijela DNA čija su svojstva i lokus jasno određeni i na osnovi kojih se međusobno razlikuju živi sustavi. Naš genom sadrži velik broj biljega čija se polimorfnost zasniva na različitom broju ponavljanja poznatog repetitivnog motiva baza. U počecima forenzične genetike korišteni su biljezi promjenjivog broja uzastopnih ponavljanja (engl. Variable Number Tandem Repeats - VNTR)(8). Većina ovih polimorfni biljega smještena je u nekodirajućem dijelu DNA, a njihova velika informativnost potječe od činjenice da broj alelnih varijanti na njima može biti i preko 100. Analiza ovih biljega bazirala se na metodi polimorfizma dužine restrikcijskih fragmenata (engl. Restriction Fragment Length Polymorphism - RFLP). Nedostaci poput kompleksnosti, dugotrajnosti same analize, visoke cijene tog procesa, te činjenice da su za analizu bile potrebne relativno velike količine dobro očuvane DNA, rezultirale su postupnim izbacivanjem ove analize iz rutinske primjene. Na mjesto VNTR biljega zatim su došli biljezi kratkih uzastopnih ponavljanja (engl. Short Tandem Repeat - STR)(9).

STR biljezi, odnosno kratka uzastopna ponavljanja, sastoje se od kratkih ponavljajućih sekvenci duljine 2-7 (2-10) baznih parova koji se ponavljaju određeni broj puta. Broj ponavljanja razlikuje se od osobe do osobe, čak i ako se na određenim lokusima osobe poklapaju po broju ponavljanja, mala je vjerojatnost da se poklapaju na npr. 20 lokusa koji čine poznati CODIS (engl. Combined DNA Index System) set lokusa(10). Velika vrijednost analize ovih biljega počiva na mogućnosti da se istovremeno analizira veći broj STR lokusa koristeći multipleksne STR sustave, što omogućava visok stupanj individualizacije u identifikaciji tragova. Najčešće

analizirani su tetranukleotidni STR lokusi, tj. oni čije ponavljajuće sekvence čine četiri baze. Jasno su određeni tipovi i poželjne osobine STR lokusa, kao i njihova nomenklatura(11, 12). Također, uvođenjem analize STR lokusa u rutinsku primjenu forenzičke DNA analize kreirane su baze podataka koje podrazumijevaju analizu seta točno određenih lokusa. Kreiranje baza podataka omogućilo je standardizaciju analize i usporedivost rezultata iz različitih dijelova svijeta.

Jedan od modernijih pristupa u forenzičkoj DNA analizi je upotreba tzv. SNP (engl. Single Nucleotide Polymorphism- polimorfizam jednog nukleotida) biljega. SNP polimorfizam zasniva se na zamjeni samo jedne baze u slijedu određene sekvence. Činjenica da su ovi biljezi najrasprostranjenija vrsta DNA polimorfizama u ljudskom genomu te se pojavljuju svakih 1000 pb, čini ih jako zanimljivima u forenzičkoj genetici. Ipak, manje su polimorfni i manje informativni od STR biljega. Također, zbog svoje ograničene varijabilnosti SNP biljezi nisu korisni u slučajevima kada je potrebno analizirati miješane tragove. Ipak, neke od prednosti su efikasnija analiza degradirane DNA, manji broj artefakata te mogućnost predikcije fenotipa(13). Postoji više tehnologija koje se koriste u analizi SNP biljega. Zbog već spomenute činjenice da su SNP-ovi manje varijabilni nego STR-ovi te zbog ograničene količine DNA dostupne u forenzičnim analizama, jedna od najbitnijih karakteristika SNP testa je mogućnost paralelne analize većeg broja različitih biljega. Upravo zbog toga često su korištene tehnologije poput SNaPshot analize koja omogućava multipleksnu analizu deset ili više SNP biljega odjednom. U literaturi su opisani brojni SNP testovi za analizu mtDNA, Y-kromosoma i autosomnih biljega koji se koriste upravo SNaPshot pristupom, a obavljaju se na instrumentima za kapilarnu elektroforezu dostupnima u većini forenzičkih DNA laboratorija(14, 15).

1.1.2 Osnovne faze procesa DNA analize

Prije početka analize DNA u laboratoriju, svaki uzorak nužno je pažljivo i profesionalno prikupiti, pohraniti i transportirati. Ovi koraci su vrlo bitni jer uvelike određuju tijek i uspješnost daljnje analize. Nakon dostave uzorka biološkog traga u laboratorij, prvi korak procesa analize je izolacija DNA, tj. njezino izdvajanje od ostalih molekula u stanici i mogućih kontaminirajućih supstanci. Neke od korištenih metoda izolacije su izdvajanje DNA pomoću organskih otapala, izdvajanje „Chelex® 100“ metodom, „Qiagen®“ metodom ili primjena automatiziranih izolacijskih sustava(11). Nakon izolacije DNA, slijedi korak kvantifikacije

DNA kojim se utvrđuje količina DNA, njeno porijeklo te njezina čistoća. Ovaj korak je bitan jer su uzorci često kontaminirani bakterijskom DNA ili sadrže razne inhibitore PCR reakcije. Kvantitativnom PCR reakcijom u realnom vremenu (engl. Quantitative Real Time PCR - qPCR) moguće je uspješno kvantificirati humanu DNA i odrediti prisutnost inhibitora i stupanj inhibicije. Ova metoda, koja se zasniva na detekciji i kvantifikaciji fluorescentno obilježenog reportera čiji se signal mijenja ovisno o povećanju broja kopija produkata u PCR reakcijskoj smjesi, najviše je primjenjivana metoda kvantifikacije u forenzičkoj DNA analizi. Na tržištu su dostupni razni komercijalni kitovi za kvantifikaciju od kojih su najzastupljeniji oni tvrtke Applied Biosystems poput Quantifiler™ Duo DNA Identification Kit(13). Sljedeći korak je umnažanje lančanom reakcijom polimerazom – PCR (engl. Polymerase Chain Reaction). Lančana reakcija polimerazom enzimatska je reakcija umnažanja određenog segmenta DNA kojom se dobiju milijarde identičnih kopija tog segmenta. Sastoji se od tri osnovne faze: razdvajanja polinukleotidnih lanaca (denaturacije), vezivanja početnica koje određuju fragment za umnažanje (hibridizacije) i komplementarnog vezivanja slobodnih dNTP-ova (produljivanje lanca). U reakcijskoj smjesi prisutni su i termostabilna polimeraza, PCR pufer i ioni magnezija. PCR reakcija odvija se pomoću instrumenata zvanih PCR-thermocycler, a na tržištu su brojni komercijalni multipleksni kitovi pomoću kojih je moguće u isto vrijeme analizirati više ciljanih genetičkih biljega. Najpoznatiji komercijalni kompleti za analizu autosomnih STR lokusa proizvedeni su od strane tvrtki Applied Biosystems (AmpFISTR® linija), Promega Corporation (PowerPlex® linija) i Qiagen (Investigator linija)(2). Nakon umnažanja PCR-om slijedi detekcija PCR rezultata. Detekcija je automatiziran proces koji se odvija na laboratorijskim instrumentima uz upotrebu softvera. Konačan rezultat cjelokupne analize je dobiveni genetički profil. U forenzičkoj DNA analizi detekcija PCR rezultata podrazumijeva detekciju alelnih varijanti na STR lokusima ili DNA sekvenciranje. Detekcija alelnih varijanti na STR lokusima je utvrđivanje broja ponavljanja kratkih ponavljajućih sekvenci. U spomenutim komercijalnim kompletima, STR lokusi označeni su s nekoliko boja, s tim da su dovoljno „udaljeni“ lokusi označeni istim bojama. U uzorke je dodan i interni standard veličine fragmenata, a kao referentni sustav služi alelna ljestvica koja sadrži sve detektirane alelne varijante na svim ispitivanim lokusima. Uzorci budu postavljeni na analitički instrument, a upotrebom softvera alelne varijante u uzorku odrede se i imenuju na osnovi internog standarda i usporedbe s alelnom ljestvicom. Konačni DNA profil predstavljen je u obliku elektroferograma čiji pikovi predstavljaju alelne varijante na određenom lokusu. Danas se u većini laboratorija forenzične genetike koriste kapilarni genetički analizatori tvrtke Applied Biosystems poput ABI PRISM 3100, 3130 i 3500 genetičkih analizatora(4).

Za razliku od detekcije alelnih varijanti na STR lokusima koja podrazumijeva utvrđivanje broja ponavljanja određene kratke ponavljajuće sekvence, DNA sekvenciranje podrazumijeva utvrđivanje redoslijeda baza unutar lanca DNA. Automatsko sekvenciranje najbrži je, najjednostavniji i najprimjenjiviji oblik sekvenciranja, te se koristi za sekvenciranje velikih dijelova DNA, kao npr. kontrolne regije mtDNA ili za traženje SNP-ova. Ipak, sve tehnike sekvenciranja svoje osnove duguju Sangerovoj metodi(2, 4, 13).

1977. Frederick Sanger razvija metodu sekvenciranja koja se temelji na zaustavljanju enzimatske sinteze lanca DNA ugradnjom dideoksinukleotida (ddNTP) , te za svoje otkriće dobiva i Nobelovu nagradu. Dideoksinukleotidi nemaju 3' OH skupinu te se iz tog razloga kada polimeraza ugradi ddNTP u lanac prekida njegova sinteza. Reakcija sekvenciranja u početku se odvijala u četiri različite reakcijske smjese, svaka od kojih bi sadržavala lanac DNA s početnicom, dNTP-ove i svaka po jednu vrstu ddNTP-ova, te bi se rezultati promatrali na gelu. DNA sekvenciranje značajno je pojednostavljeno uvođenjem fluorescentnog označivanja, automatizacijom sustava i korištenjem kapilarne elektroforeze(4, 13).

1.1.3. Analiza Y kromosoma i mitohondrijske DNA

Osim analize autosomnih biljega, u forenzičkoj DNA analizi posebno mjesto zauzimaju analiza spolnih kromosoma te analiza mitohondrijske DNA. Y-kromosom nasljeđuje se po muškoj liniji te, u odsustvu mutacija, identičan profil imaju sve muške osobe povezane s očevom lozom, stoga moguće podudaranje Y-STR profila dvaju tragova ne znače potpunu individualizaciju. Ipak, u forenzičkoj genetici njegova analiza korisna je u slučajevima silovanja ženskih osoba kada su prisutni miješani muški i ženski tragovi, u slučajevima kada se analiziraju miješani tragovi više od jednog muškarca, u dokazivanju očinstva muške djece, identifikaciji kada su prisutni srodnici samo s očeve strane te u istraživanjima populacijskih migracija kroz povijest(16-18). Važnost analize Y-kromosoma u forenzičkoj genetici dokazuje i prisutnost velikog broja dostupnih komercijalnih multipleksnih sustava kojima je moguće analizirati i do 23 Y-STR lokusa(19).

Analiza mitohondrijske DNA (mtDNA) vrijedan je alat u forenzičkoj DNA analizi. Poznato je kako je mitohondrijska DNA kružna molekula duga 16 569 parova baza koja ne sadržava introne. Njezine dvije hipervarijabilne regije HV1 i HV2 posebno su bitne u forenzičkoj DNA analizi. One su smještene u nekodirajućem dijelu mtDNA koji se zove kontrolna regija ili D-

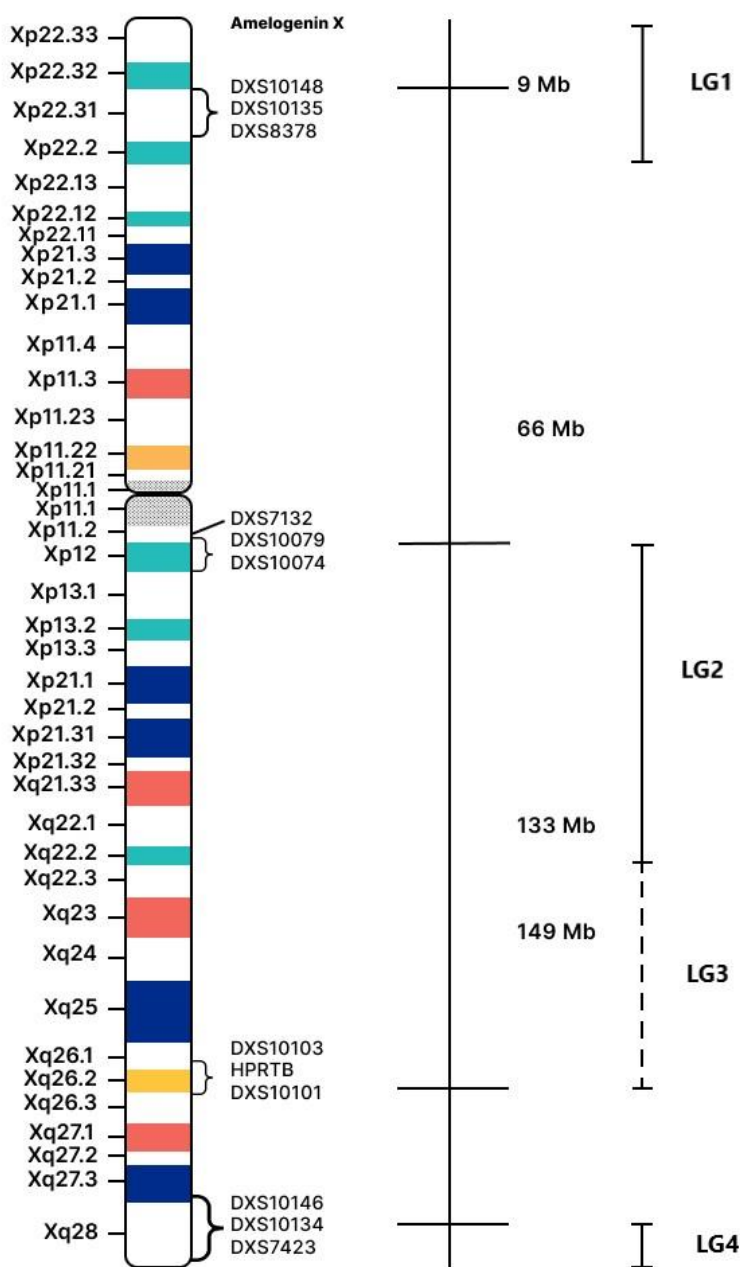
petlja, i za razliku od kodirajućeg dijela DNA ovi dijelovi jako su varijabilni unutar ljudskih populacija. Mitohondrijska DNA nasljeđuje se po majčinoj liniji te sva djeca imaju identičnu sekvencu mtDNA nukleotida kao i njihova majka. Još jedna bitna osobina mtDNA je izostanak rekombinacije. U forenzičkim slučajevima mitohondrijska DNA koristi se uglavnom kada nije prisutna dovoljna količina jezgrene DNA ili kada su u biološkim tragovima prisutne stanice bez jezgre, npr. dlaka bez korijena(20, 21). Nekoliko osobina mitohondrijske DNA podupire njenu upotrebu u svakodnevnoj praksi, unatoč uspješnoj standardnoj STR analizi jezgrene DNA. Prvi razlog je njezina brojnost u svakoj stanici s aerobnim metabolizmom, zatim način nasljeđivanja koji omogućuje uzimanje referentnih uzoraka za usporedbu od daljih srodnika u obiteljskom stablu i naposljetku činjenica da se analiziraju dijelovi mtDNA dugi otprilike 300 pb što povećava vjerojatnost uspješne analize te naglašava vrijednost analize mtDNA kod uzoraka u kojima je DNA vrlo degradirana. S druge strane, osnovni nedostatak analize mtDNA predstavlja ograničena mogućnost pozitivne forenzične individualizacije, koja analizom hipervarijabilnih regija pri apsolutnom podudaranju između uzoraka omogućuje pozitivnu individualizaciju s vjerojatnošću od 0,995 ili manje. Analizu mtDNA može dodatno zakomplicirati pojava heteroplazme, ali s druge strane može povećati točnost identifikacije(22). Heteroplazma se definira kao prisutnost dvije ili više subpopulacija mtDNA u jedne osobe. Najpoznatiji primjer primjene analize mtDNA i heteroplazme je rasvjetljavanje i pronalazak posmrtnih ostataka ruske carske obitelji Romanov(23). Mitohondrijska DNA se danas uglavnom analizira metodom sekvenciranja. Postupci analize mtDNA u prvih nekoliko koraka identični su onima u analizi jezgrene DNA. Produkt PCR-a dobiven iz izdvojenog uzorka DNA sekvencira se Sangerovom metodom te se rezultati uspoređuju sa standardnom referentnom sekvencom, pritom proučavajući razlike. Popis tih razlika predstavlja mtDNA profil pojedinca. U slučaju podudarnosti profila prilikom usporedbe profila iz uzoraka, taj profil mora se usporediti s bazom podataka populacije i izračunati vjerojatnost podudarnosti(24).

1.2 Analiza kromosoma X i primjena u forenzičnim znanostima

Kromosom X je jedan od dva spolna kromosoma kod čovjeka i zajedno s kromosomom Y čini kromosomski par. Broj kromosoma X u stanicama čovjeka ovisi o spolu, pa tako osobe ženskog spola imaju dva kromosoma X a muškarci imaju jedan. Kromosom X je puno veći od Y kromosoma i na njemu se nalazi 864 kodirajuća gena i 1189 nekodirajućih genskih regija(25). Primarna uloga ovih gena je u razvoju spola ali imaju i druge ulogu u razvoju i funkcioniranju

organizma. Stanicama čovjeka je za normalno funkcioniranje dovoljan jedan kromosom X pa se kod osoba ženskog spola jedan kromosom X utišava što se naziva inaktivacijom kromosoma X (Barr -ovo tijelo). Medicinski značaj kromosoma X je velik zbog bolesti koje su vezane uz mutacije gena na ovom kromosom a moguća je i aneuploidija u broju kromosoma X pa govorimo o Turnerovom ili Klinefelterovom sindromu(26, 27).

Analiza kromosoma X i kratkih uzastopnih ponavljajućih sljedova u forenzici još uvijek nije u standardnoj praksi primjene DNA analiza već se koristi i primjenjuje od slučaja do slučaja(28). U Republici Hrvatskoj razlog tome je izostanak težih i kompliciranih slučajeva koji uključuju miješane tragove više osoba koje su u bližem ili daljem srodstvu pa se analizom autosomalnih STR-ova i analizom Y- kromosoma uglavnom dolazi do počinitelja nekog kaznenog djela. U svjetskim razmjerima primjena X- STR-ova je najviše primjenjivana na području SAD-a ali ona nije bila standardizirana po pitanju broja i vrste lokusa već su laboratoriji u savezanim državama sami izabirali specifične lokuse koje su bili najinformativniji i specifični za njihove subpopulacije što je problem prilikom razmjene podataka jer je samo manji broj lokusa koji se mogu usporediti. Samo na području SAD-a u analizama X-STR-ova se koristilo 48 različitih lokusa što dodatno govori o problemima usporedbe rezultata(29). S ciljem omogućavanja usporedbe rezultata na svjetskoj razini na tržištu se prvo pojavljuje MenType Argus X-8 a zatim i Investigator Argus X-12 kitovi koji omogućavaju zajedničko umnažanje 8, odnosno, 12 X-STR lokusa organiziranih u 4 povezane grupe (engl. Linkage group- LG) sa po 2 odnosno 3 lokusa u svakoj LG (Slika 1.). Populacija središnje Hrvatske je u prethodnom istraživanju analizirana primjenom MenType Argus X-8 kita i dobiveni rezultati su pokazali mogućnost i korisnost primjene ove analize u forenzičkim slučajevima(30).



Slika 1. Prikaz podjele STR biljega unutar četiri LG na kromosomu X. (Izvor:autor)

Zbog specifičnih karakteristika nasljeđivanja i njegove vrijednosti u određenim situacijama u kojima autosomni markeri nisu dovoljni analiza STR biljega na kromosomu X će postati značajniji alat u forenzičkoj genetici jer ima primjenu u specifičnim slučajevima(31, 32).

Jedna od glavnih prednosti korištenja kromosoma X u forenzičkim znanostima je njena sposobnost da pruži dodatne informacije u složenim slučajevima utvrđivanja rodbinskih veza.

Dok autosomni markeri mogu biti vrlo učinkoviti za utvrđivanje neposrednih rodbinskih odnosa (npr. između roditelja i djeteta), kromosom X može pružiti ključne informacije u slučajevima kada su dostupni samo ženski članovi obitelji ili kada se radi o složenijim rodbinskim vezama, kao što su polusestre i polubraća(29).

U slučajevima utvrđivanja očinstva, analiza autosomnih STR markera često je dovoljna za donošenje zaključaka. Međutim, u određenim slučajevima kada se očinstvo ne može potvrditi zbog nedostatka biološkog uzorka oca, kromosom X može biti od posebne važnosti. Na primjer, ako je potrebno utvrditi očinstvo djeteta koje je žensko, kromosom X može se koristiti za usporedbu s očevim rodbinskim uzorcima, kao što su uzorci očevih sestara ili majke. U slučaju usporedbe kromosoma X ženskog djeteta i bake po ocu nasljeđivanje je 50 posto odnosno žensko dijete je od svoje bake naslijedilo jedan od dva kromosoma X koje ona posjeduje(33).

Korištenjem X-kromosomskih STR biljega moguće je identificirati obrasce nasljeđivanja i isključiti ili potvrditi potencijalno očinstvo, pogotovo u scenarijima gdje klasični autosomni biljezi daju dvosmislene ili nedovoljne podatke. Ove analize se koriste u slučajevima kada se sumnja na incest unutar obitelji i ne mogu se isključiti otac ili sin kao potencijalni biološki roditelja djeteta(34).

Područje forenzičnih znanosti u kojem bi analiza kromosoma X mogla biti od iznimne važnosti u Republici Hrvatskoj je povezana sa slučajevima nestalih osoba ili identifikaciji ljudskih ostataka iz Domovinskog rata. U ovim slučajevima analiza kromosoma X može biti ključna jer u nekim slučajevima nedostaje uzorak DNA muških rođaka ili je potrebno identificirati ženske žrtve(29).

Osim svojih prednosti analiza STR biljega na kromosomu X nosi i izazove u interpretaciji rezultata. Zbog različitog broja kromosoma koje u svom genom imaju osobe ženskog i muškog spola statistička analiza rezultata analize X-STR biljega zahtijeva drugačije pristupe. Analiza X-STR-ova kod ženskih osoba koristi isti statistički pristup kao i analiza bilo kojeg drugog autosomalnog biljega zbog prisustva dva X kromosoma u svom genomu. Kod osoba muškog spola, koji imaju samo jedan X kromosom koriste se statističke analize kao i u slučaju analize Y kromosoma odnosno analiziraju se haplotipovi. To je razlog zašto je prilikom izrade populacijskih studija na kromosomu X potrebno koristiti oba pristupa odnosno prikazati forenzične parametre i sve ostale statistički značajne populacijske pokazatelje kroz oba statistička pristupa.

2. Cilj istraživanja

U dosadašnjoj praksi rada Centra za forenzična istraživanja, ispitivanja i vještačenja „Ivan Vučetić“ često na analizu dolaze uzorci koji predstavljaju miješani trag, jer sadržavaju DNA više osoba. Primjena X-STR biljega u analizi trenutno nema značajniju vrijednost budući da zbog nedostatka baze podataka nije moguće provesti statističke testove koji bi pokazali snagu uključivanja odnosno isključivanja potencijalnog osumnjičenika kao jednog od donora genetičkog materijala. Dodatni izazov u interpretaciji rezultata leži u primjeni statističkih testova budući da je analiza X-STR svojevrsna „siva zona“ između „lineage“ i autosomnih biljega. U ovom istraživanju žele se utvrditi alelne učestalosti na ispitivanim biljezima i učestalosti haplotipova u populaciji Republike Hrvatske i izračunati svi populacijski i forenzični parametri nužni za primjenu novih markera za potrebe budućih analiza.

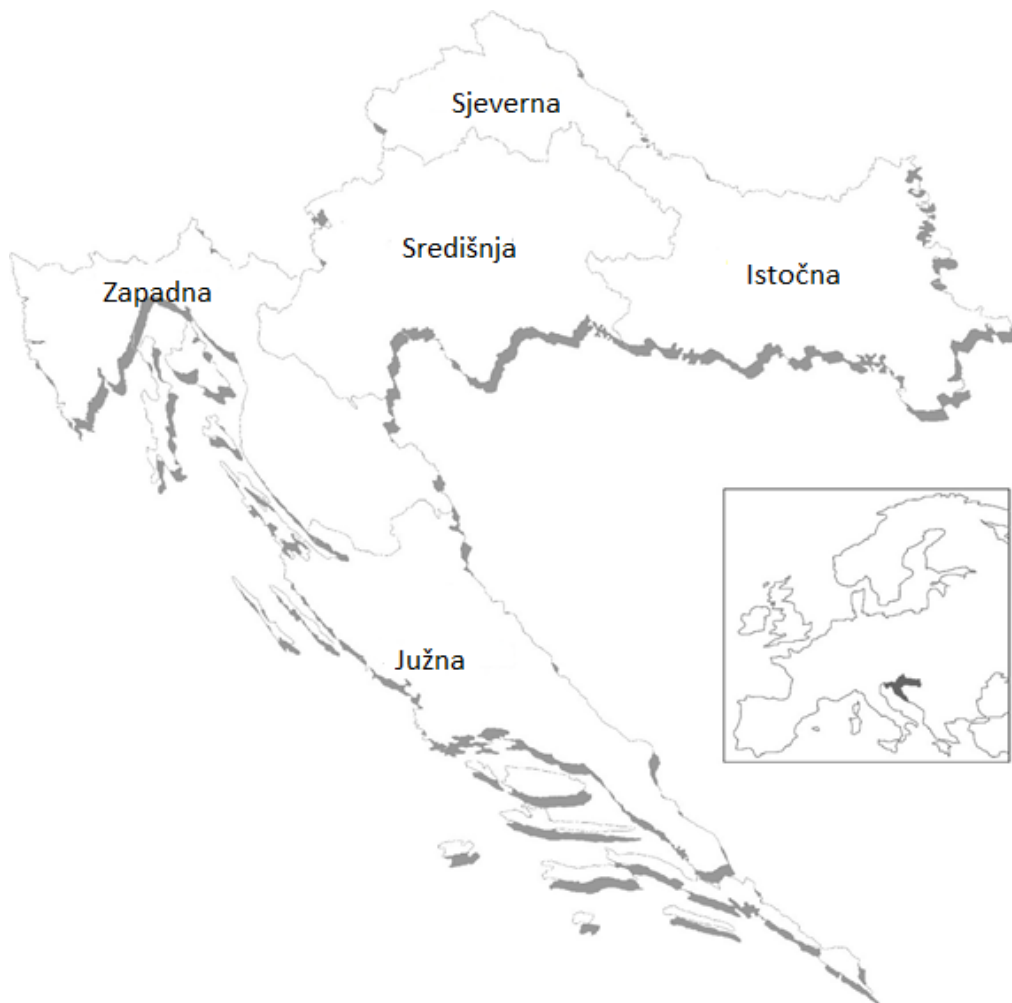
Ciljevi istraživanja su:

- Primarni cilj ovog istraživanja je ustanoviti varijabilnost i heteronomnost dvanaest STR biljega i haplotipova smještenih na X kromosomu u populaciji Hrvatske i mogućnost njihove potencijalne primjene u forenzičko-genetičkim analizama.
- Sekundarni ciljevi su utvrđivanje genetičke specifičnosti hrvatske populacije na ispitivanim X-STR biljezima u odnosu na ostale europske populacije i optimizacija procesa analize X-STR biljega u rutinskim forenzičko-genetičkim analizama.

3. Materijali i metode

3.1 Prikupljanje bioloških uzoraka

Za potrebe istraživanja i lakše obrade podataka, kao i za kasnije regionalne usporedbe teritorij Republike Hrvatske je podijeljen u pet regija (Slika 2.). Iz svake od regija su se izuzeli i obradili uzorci nasumično odabranih 100 žena i 100 muškaraca koji nisu rodbinski povezani. Ukupno je prikupljeno uzoraka?



Slika 2. Prikaz podjele Republike Hrvatske u pet regija. (Izvor: autor)

3.2 Laboratorijska obrada uzoraka

U istraživanju se su koristili izuzeti nesporni uzorci krvi prikupljeni na FTA kartice ili brisevi bukalne sluznice prikupljeni papirnatim štapićem u sklopu rutinskog posla Centra „Ivan Vučetić“. Veličina biološkog uzorka izuzetog za molekularno-genetičku analizu je bila u obliku kružnice promjera 2 mm, ukoliko se uzorak nalazio pohranjen na FTA karticu, odnosno jedan zub ukoliko je uzorak prikupljen sterilnim papirnatim štapićem. Uzorak kružnice se izuzimao pomoću MicroPunch-era (Whatman) a uzorak sa sterilnog štapića je izrezivan sterilnim škalicama. Nakon izuzimanja uzorci su se dodavali u sterilnu tubicu od 1.5ml zajedno sa 500 μ l destilirane vode bez DNA/RNA nukleaza. Nakon otapanja uzorka na 37°C i uz miješanje u trajanju od pola sata, uzorci su se centrifugirali i odstranio se supernatant. Nakon toga se proveo postupak izolacije DNA koristeći akreditiranu metodu Centra za izolaciju Chelex®100(35). Postupak izolacije je uključivao prebacivanje otopljenog uzorka u 200 μ L otopine 5% Chelex-a uz dodavanje 5 μ L proteinaze K. Uzorci su nakon toga ostavljani 30 minuta na temperaturi od 56°C u vodenoj kupelji, a potom su se uzorci prebacivali u vodenu kupelj zagrijanu na temperaturu od 100°C u trajanju od osam minuta. Uzorci su potom centrifugirani na 4000 rpm u trajanju od 3 minute. Nakon izolacije izmjerena je koncentracija DNA u svakom uzorku koristeći Investigator® Quantiplex Kit (Qiagen GmbH, Hilden, Germany) na 7500 Real Time PCR uređaju (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA).

Postupak kvantifikacije je uključivao pripremu serije razrjeđenja kontrolne DNA od početne koncentracije od 20 ng/ μ L i za svaku reakciju kvantifikacije razrjeđenja su pripremana iznova. Sva razrjeđenja su u reakciji postavljena u dvije zasebne reakcijske tubice u volumenu od 2 μ L uz dodatak master mix-a u volumenu od 18 μ L. U svakoj reakciji su uz 14 tubica standardnih razrjeđenja dodane pozitivna i negativna kontrola a ostatak su bili uzorci nepoznate koncentracije. Nakon dobivenih rezultata uzorci su pripremljeni tako da konačna koncentracija DNA u uzorku iznosi 1ng/ μ l. Uzorci su nakon toga umnoženi u multipleks reakciji upotrebom Investigator® Argus X-12 Kit (Qiagen GmbH, Hilden, Germany) koji umnaža gen za amelogenin i 12 STR biljega na X kromosomu. Biljezi su organizirani u 4 povezane grupe (engl. Linkage group - LG) i to: LG1 (DXS10148, DXS10135, DXS8378), LG2 (DXS7132, DXS10079, DXS10074), LG3 (DXS10103, HPRTB,DXS10101), i LG4 (DXS10146, DXS10134, DXS7423). Umnoženi uzorci su analizirani na uređaju za kapilarnu elektroforezu 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). Prikupljeni podaci su potom analizirani pomoću programa GeneMapper ID-X (v1.4, Applied Biosystems) i određene

su alelne varijante na svakom analiziranom lokusu. U slučaju dobivanja novih alelnih varijanti u uzorku iste su se izračunavale a za uzorke u kojima se pojavila nova alelna varijanta ponovljen je postupak analize od izolacije kako bi se rezultat, odnosno nova alelna varijanta koja nije bila uključena u alelnu ljestvicu, potvrdio.

3.3 Statistička obrada podataka:

Alelne učestalosti u populaciji su utvrđene brojanjem a na isti način su utvrđene i učestalosti haplotipova kod muškaraca. Ženski uzorci su testirani na Hardy-Weinberg-ovu ravnotežu, uključujući očekivanu i zabilježenu heterozigotnost. Zbog različitog broja kromosoma prisutnost neravnoteže vezivanja (engl. Linkage disequilibrium- LD) je kod žena analizirana primjenom algoritma maksimizacije očekivanja a kod muškaraca točnim testom pomoću Markovljevog lanca. U analizi populacije utvrditi će se sličnosti i razlike među utvrđenim regijama unutar Republike Hrvatske te će se usporediti populacija RH sa susjednim zemljama koristeći AMOVA test i test genetičke udaljenosti (F_{st})(36-47). Sve analize su napravljene korištenjem programa Arlequin v3.5.2. sa postavljenom vrijednosti značajnosti od 0.05 uz primjenu Bonferronijeve korekcije(48). Iz analiziranih uzoraka će se izračunati i relevantni forenzični parametri: Snaga isključivanja, snaga diskriminacije, informativnost polimorfizama i srednja vjerojatnost isključenja (engl. mean exclusion chance- MEC) za nepotpune slučajeve testiranja očinstva (Kruger, Kishida i Desmarais formule)(47, 49-52). MEC- Kruger se kao forenzični parametar koristi u slučajevima testiranja očinstva u kojima su prisutni genetički profili oba roditelja i djeteta i odnosi se na testiranja koja koriste autosomalne biljege. U slučaju korištenja X-STR biljega ovaj parametar uključuje testiranje genetičkog profila majke oca umjesto potencijalnog biološkog oca. MEC- Kishida je forenzični parametar koji pokazuje snagu isključenja u testiranju očinstva ženskog potomka. U usporedbi ova dva pokazatelja MEC-Kishida je informativniji pokazatelj očinstva kada se testiraju X-STR biljezi u odnosu na analizu autosomalnih biljega. MEC- Desmarais se izražava kao pokazatelj u dva slučaja testiranja očinstva. Prvi slučaj je za trojke koje uključuju ženskog potomka i po tome je jednak MEC-Kishida forenzičnom pokazatelju, a drugi slučaj pokazuje vrijednost parametra u nepotpunom testiranju očinstva kada su prisutni genetički profili oca i ženskog potomka ili majke i muškog potomka.

4. Rezultati istraživanja

U istraživanju su ukupno obrađeni biološki uzorci 995 osoba, od čega je bilo 549 muškaraca i 446 žena. Budući su u ovom istraživanju zasebno obrađene pojedine regije Republike Hrvatske, ukupno njih pet, rezultati istraživanja će biti prikazani za svaku od regija a zatim za cjelokupnu državu. Rezultati istraživanja pojedinih regija Republike će biti prikazani u Dodatku ovoj disertaciji.

U Tablici 1. je prikazana učestalost pojave pojedinog alela na ispitivanih 12 X-STR lokusa u populaciji Republike Hrvatske.

Tablica 1. Alelne frekvencije 12 X-STR lokusa u populaciji Hrvatske

Alel	DXS10148	DXS10135	DXS8378	DXS7132	DXS10079	DXS10074	DXS10103	HPRTB	DXS10101	DXS10146	DXS10134	DXS7423	Alel
n	1440	1441	1441	1441	1450	1441	1441	1441	1441	1440	1442	1441	n
7						0,05621							7
8						0,16655		0,00416					8
9			0,02290			0,00833		0,01874				0,00069	9
10			0,31922	0,00069		0,00139		0,00902					10
11			0,36849	0,01110		0,00139		0,12075					11
11,2								0,00069					11,2
12			0,26093	0,10756		0,00139		0,32408					12
13			0,02706	0,28730	0,00069	0,00972		0,30118				0,09785	13
13,3	0,00069												13,3
14	0,00208		0,00069	0,36433	0,00552	0,01527	0,00069	0,16794				0,31506	14
15		0,00139	0,00069	0,18529	0,01655	0,07495	0,01388	0,04441				0,39695	15
15,1		0,00069											15,1
16		0,00555		0,03609	0,04483	0,22623	0,10062	0,00902		0,00069		0,16239	16
16,3						0,00069							16,3
17	0,00556	0,01596		0,00763	0,07655	0,23317	0,09715					0,02498	17
17,1	0,00069	0,00347											17,1
17,2						0,00069							17,2

18	0,13194	0,02776	0,15586	0,14851	0,18598		0,00208	18
18,1		0,00347						18,1
19	0,02153	0,06523	0,24483	0,04441	0,42679			19
19,1		0,01249						19,1
19,2			0,00138					19,2
20	0,00625	0,04858	0,26000	0,01110	0,15406			20
20,1		0,02082						20,1
20,3		0,00069						20,3
21	0,00069	0,10201	0,13172		0,02012			21
21,1	0,00069	0,01249						21,1
22	0,00278	0,07287	0,05034		0,00069			22
22,1	0,01528	0,01110						22,1
23	0,02986	0,08883	0,01103					23
23,1	0,06042	0,00347						23,1
23,2						0,00069		23,2
24	0,02778	0,07772	0,00069				0,00972	24
24,1	0,14236	0,00139					0,00069	24,1
24,2						0,00069		24,2
25	0,00139	0,10271					0,06736	25
25,1	0,17708	0,00139					0,00069	25,1
25,2						0,00902		25,2
26	0,00139	0,08119					0,10972	26
26,1	0,14097	0,00069				0,00069		26,1
26,2	0,00069	0,00069				0,00902		26,2
27		0,06315				0,01180	0,12292	27
27,1	0,12917							27,1
27,2	0,00069					0,04719		27,2
27,3						0,00069		27,3
28	0,00069	0,05274				0,02637	0,16597	28
28,1	0,06181						0,00069	28,1
28,2	0,00069					0,12561		28,2
29		0,05760				0,02290	0,15347	29

29,1	0,02708	0,00069			0,00069	29,1		
29,2					0,15406	29,2		
29,3					0,00069	29,3		
30		0,02915			0,04580	0,08333	0,00069	30
30,1	0,00486							30,1
30,2					0,13879			30,2
31		0,01596			0,07772	0,04514	0,01526	31
31,1	0,00278							31,1
31,2					0,11659			31,2
32		0,00763			0,08466	0,00625	0,00416	32
32,1	0,00139							32,1
32,2					0,04580	0,00069		32,2
33		0,00694			0,05135	0,00069	0,05964	33
33,2					0,00902	0,00486		33,2
34		0,00208			0,01457	0,00139	0,13454	34
34,1						0,00069		34,1
34,2					0,00278			34,2
35					0,00278		0,17476	35
35,2							0,00069	35,2
35,3							0,00139	35,3
36						0,00069	0,23648	36
36,1	0,00069							36,1
36,2						0,00069	0,00069	36,2
36,3							0,00069	36,3
37							0,15742	37
37,1							0,00069	37,1
37,2						0,00208	0,00347	37,2
37,3							0,00347	37,3
38							0,06103	38
38,2						0,00139	0,00069	38,2
38,3							0,01803	38,3
39							0,02219	39

39,2									0,00069	0,04514	0,00069	39,2	
39,3											0,02705	39,3	
40											0,00416	40	
40,2										0,02500		40,2	
40,3											0,03051	40,3	
41											0,00069	41	
41,1											0,00069	41,1	
41,2										0,01319		41,2	
41,3											0,02219	41,3	
42,2										0,01806		42,2	
42,3											0,00832	42,3	
43,2										0,03056		43,2	
43,3											0,00624	43,3	
44,2										0,04861		44,2	
44,3											0,00069	44,3	
45,2										0,01528		45,2	
46,2										0,02014		46,2	
47,2		0,00139								0,00417		47,2	
48,2										0,00139		48,2	
Ho	0,87668	0,93498	0,71525	0,76906	0,85650	0,81839	0,74664	0,76009	0,89238	0,87838	0,85874	0,73767	Ho
He	0,88462	0,93420	0,69103	0,74209	0,82523	0,82962	0,74003	0,75428	0,90331	0,89862	0,85481	0,70870	He
P	0,09602	0,26073	0,72985	0,93195	0,33754	0,02195	0,88300	0,71686	0,30756	0,92215	0,33041	0,09024	P
SD	0,00017	0,00016	0,00048	0,00024	0,00036	0,00015	0,00029	0,00047	0,00027	0,00025	0,00019	0,00022	SD

Nakon Bonferronijeve korekcije (0.05/12) P- vrijednosti koje su manje od 0.004 su smatrane statistički značajnima

Nema statistički značajnog odstupanja od HWE ni na jednom promatranom lokusu.

Ho-Uočena heterozigotnost; **He**-Očekivana heterozigotnost; **P**- p vrijednost; **SD**- Standardna devijacija

Prilikom provedbe istraživanja u populaciji Republike Hrvatske zabilježene su nove alelne varijante na deset od 12 analiziranih biljega i to: DXS7423 (9), DXS10074 (16.3, 17.2), DXS10079 (13, 19.2, 24), DXS10101 (26.1, 27.3), DXS10103 (14), DXS10134 (35.2, 36.2, 36.3, 37.1), DXS10135 (15, 15.1, 20.3, 24.1, 26.2, 47.2), DXS10146 (29.1, 36.2, 37.2, 38.2, 47.2, 48.2), DXS10148 (14, 17, 17.1, 22, 25, 26, 27.2, 28, 28.2, 31.1, 32.1) i HPRTB (11.2). Svi uzorci u kojima su se pojavili novi aleli su ponovljeni i rezultata je potvrđen.

Rezultati pojavljivanja pojedinog haplotipa unutar svake od četiri povezane grupe markera su prikazani u Tablici 2. Iz tablice je vidljivo da je u populaciji RH najveća raznolikost haplotipova unutar LG1 a najmanja unutar LG2.

Tablica 2. Frekvencije haplotipova unutar svake LG

LG1					LG2					LG3					LG4				
DXS10	DXS10	DXS8	n	Frekvencija	DXS7	DXS10	DXS10	n	Frekvencija	DXS10	HPR	DXS10	n	Frekvencija	DXS10	DXS10	DXS7	n	Frekvencija
148	135	378			132	079	074			103	TB	101			146	134	423		
14	18	12	1	0,0018	11	18	17	1	0,0018	15	11	27,2	1	0,0018	24	34	16	1	0,0018
17	29	11	1	0,0018	11	19	16	1	0,0018	15	13	33	3	0,0055	24	36	15	1	0,0018
17	30	9	1	0,0018	11	19	17	1	0,0018	15	14	31	1	0,0018	24	36	16	1	0,0018
17	31	11	1	0,0018	11	20	16	1	0,0018	15	14	32	1	0,0018	24	37	14	1	0,0018
17,1	25	12	1	0,0018	11	21	10	1	0,0018	15	14	33	1	0,0018	24	39	14	1	0,0018
18	15,1	12	1	0,0018	12	14	16	2	0,0036	15	14	34	1	0,0018	25	31	15	2	0,0036
18	18	12	3	0,0055	12	14	17	1	0,0018	16	11	28	2	0,0036	25	32	17	1	0,0018
18	19	9	1	0,0018	12	16	17	1	0,0018	16	11	29	5	0,0091	25	33	14	1	0,0018
18	19	10	1	0,0018	12	17	18	1	0,0018	16	11	29,2	1	0,0018	25	34	15	1	0,0018
18	19	11	1	0,0018	12	17	19	1	0,0018	16	11	30	2	0,0036	25	35	14	1	0,0018
18	19	13	1	0,0018	12	18	8	3	0,0055	16	11	33	2	0,0036	25	35	16	1	0,0018
18	19,1	10	1	0,0018	12	18	18	3	0,0055	16	12	25,2	1	0,0018	25	36	13	1	0,0018
18	19,1	12	1	0,0018	12	18	19	1	0,0018	16	12	27,2	1	0,0018	25	36	14	5	0,0091
18	20	12	1	0,0018	12	19	8	1	0,0018	16	12	28,2	3	0,0055	25	36	15	6	0,0109
18	20,1	10	1	0,0018	12	19	15	1	0,0018	16	12	29,2	1	0,0018	25	36	16	1	0,0018
18	21	10	6	0,0109	12	19	16	5	0,0091	16	12	30	2	0,0036	25	36,2	14	1	0,0018
18	21	11	3	0,0055	12	19	17	2	0,0036	16	12	30,2	2	0,0036	25	37	13	2	0,0036
18	21	12	1	0,0018	12	19	17,2	1	0,0018	16	12	31	2	0,0036	25	37	14	2	0,0036

18	22	10	2	0,0036	12	19	18	5	0,0091	16	12	32	1	0,0018	25	37	16	1	0,0018
18	22	12	2	0,0036	12	20	7	4	0,0073	16	12	34	1	0,0018	25	38	13	2	0,0036
18	23	10	1	0,0018	12	20	8	1	0,0018	16	13	25,2	1	0,0018	25	38	15	1	0,0018
18	23	12	2	0,0036	12	20	15	1	0,0018	16	13	27	1	0,0018	25	39	13	1	0,0018
18	24	10	1	0,0018	12	20	16	3	0,0055	16	13	27,2	1	0,0018	25	40	14	1	0,0018
18	24	11	3	0,0055	12	20	17	2	0,0036	16	13	31	3	0,0055	26	31	15	2	0,0036
18	24	12	1	0,0018	12	20	18	3	0,0055	16	13	31,2	1	0,0018	26	34	14	2	0,0036
18	25	10	1	0,0018	12	20	19	4	0,0073	16	13	32	7	0,0128	26	34	15	1	0,0018
18	25	11	4	0,0073	12	21	14	1	0,0018	16	13	33	1	0,0018	26	34	16	2	0,0036
18	25	12	6	0,0109	12	21	15	2	0,0036	16	14	31	2	0,0036	26	35	13	1	0,0018
18	26	11	3	0,0055	12	21	18	3	0,0055	16	14	32	4	0,0073	26	35	14	7	0,0128
18	26	12	3	0,0055	12	21	19	1	0,0018	16	14	33	2	0,0036	26	35	15	8	0,0146
18	27	10	1	0,0018	12	22	14	1	0,0018	16	14	34	3	0,0055	26	35	16	2	0,0036
18	27	11	2	0,0036	12	22	18	1	0,0018	16	15	33	2	0,0036	26	36	13	3	0,0055
18	27	12	4	0,0073	12	22	19	1	0,0018	16	16	28	1	0,0018	26	36	14	6	0,0109
18	28	10	2	0,0036	12	23	16	1	0,0018	16	16	33	1	0,0018	26	36	15	9	0,0164
18	28	11	3	0,0055	12	23	18	1	0,0018	17	11	29,2	2	0,0036	26	36	16	1	0,0018
18	28	12	1	0,0018	13	15	17	2	0,0036	17	12	26,2	2	0,0036	26	37	13	2	0,0036
18	29	10	1	0,0018	13	16	16	4	0,0073	17	12	29	1	0,0018	26	37	14	2	0,0036
18	29	11	1	0,0018	13	16	17	1	0,0018	17	12	29,2	1	0,0018	26	37	15	3	0,0055
18	29	12	1	0,0018	13	17	8	2	0,0036	17	12	31	5	0,0091	26	38	13	3	0,0055
18	30	11	2	0,0036	13	17	15	1	0,0018	17	12	32	1	0,0018	26	38	14	1	0,0018
18	30	12	2	0,0036	13	17	16	1	0,0018	17	13	29,2	1	0,0018	26	38	15	1	0,0018
18	31	11	1	0,0018	13	17	17	2	0,0036	17	13	30	4	0,0073	26	40,3	16	1	0,0018
19	19	12	2	0,0036	13	17	19	1	0,0018	17	13	31	1 2	0,0219	26	41,3	15	1	0,0018
19	20	12	1	0,0018	13	18	7	3	0,0055	17	13	32	2	0,0036	27	31	15	1	0,0018
19	21	10	1	0,0018	13	18	8	9	0,0164	17	13	32,2	1	0,0018	27	33	16	1	0,0018
19	23	11	1	0,0018	13	18	9	1	0,0018	17	13	33	4	0,0073	27	34	13	2	0,0036
19	24	10	1	0,0018	13	18	15	1	0,0018	17	13	34	1	0,0018	27	34	14	1	0,0018
19	24	11	1	0,0018	13	18	16	1	0,0018	17	14	30	4	0,0073	27	34	16	2	0,0036

19	25	11	1	0,0018	13	18	17	1	0,0018	17	14	31	3	0,0055	27	34	17	2	0,0036
19	26	12	2	0,0036	13	18	18	1	0,0018	17	14	32	4	0,0073	27	35	13	2	0,0036
19	27	12	1	0,0018	13	19	7	1	0,0018	17	14	33	1	0,0018	27	35	14	6	0,0109
19	28	13	1	0,0018	13	19	8	7	0,0128	17	15	30	1	0,0018	27	35	15	4	0,0073
19	29	11	1	0,0018	13	19	9	1	0,0018	17	15	31	4	0,0073	27	35	16	1	0,0018
19	33	12	1	0,0018	13	19	11	1	0,0018	17	15	32	3	0,0055	27	36	13	3	0,0055
20	17	10	1	0,0018	13	19	14	1	0,0018	18	9	29,2	1	0,0018	27	36	14	5	0,0091
20	21	10	1	0,0018	13	19	15	4	0,0073	18	9	30,2	$\frac{1}{3}$	0,0237	27	36	15	5	0,0091
21,1	19	11	1	0,0018	13	19	16	$\frac{1}{0}$	0,0182	18	10	29,2	1	0,0018	27	36	16	1	0,0018
22	20	10	1	0,0018	13	19	17	7	0,0128	18	11	28,2	4	0,0073	27	37	13	1	0,0018
22	23	10	1	0,0018	13	19	18	5	0,0091	18	11	29,2	3	0,0055	27	37	14	2	0,0036
22,1	18,1	12	1	0,0018	13	19	19	1	0,0018	18	11	30,2	2	0,0036	27	37	15	9	0,0164
22,1	21,1	11	1	0,0018	13	19	20	1	0,0018	18	11	35	1	0,0018	27	37	16	2	0,0036
22,1	23	11	2	0,0036	13	20	7	8	0,0146	18	12	26,1	1	0,0018	27	37,2	15	1	0,0018
22,1	24	10	1	0,0018	13	20	8	3	0,0055	18	12	26,2	1	0,0018	27	38	13	1	0,0018
22,1	25	10	1	0,0018	13	20	14	2	0,0036	18	12	27,2	3	0,0055	27	38	14	2	0,0036
22,1	26	10	1	0,0018	13	20	15	5	0,0091	18	12	28	1	0,0018	27	38	17	1	0,0018
22,1	27	11	2	0,0036	13	20	16	$\frac{1}{0}$	0,0182	18	12	28,2	7	0,0128	27	39	14	1	0,0018
22,1	33	10	1	0,0018	13	20	17	$\frac{1}{5}$	0,0273	18	12	29	1	0,0018	27	39	17	1	0,0018
23	18	12	1	0,0018	13	20	18	6	0,0109	18	12	29,2	5	0,0091	27	39,3	15	1	0,0018
23	19	12	2	0,0036	13	20	19	1	0,0018	18	12	30,2	3	0,0055	27	40,3	13	1	0,0018
23	21	10	1	0,0018	13	21	13	1	0,0018	18	12	31	2	0,0036	27	40,3	15	1	0,0018
23	21	11	2	0,0036	13	21	15	2	0,0036	18	12	31,2	4	0,0073	28	28	15	1	0,0018
23	22	10	1	0,0018	13	21	16	6	0,0109	18	12	32	1	0,0018	28	31	14	2	0,0036
23	22	11	2	0,0036	13	21	17	7	0,0128	18	12	32,2	3	0,0055	28	31	15	1	0,0018
23	23	10	2	0,0036	13	21	18	1	0,0018	18	12	33	1	0,0018	28	32	16	2	0,0036
23	24	11	1	0,0018	13	21	19	3	0,0055	18	13	27,2	2	0,0036	28	33	13	1	0,0018
23	25	11	1	0,0018	13	22	7	1	0,0018	18	13	28,2	5	0,0091	28	33	15	2	0,0036

23	25	12	2	0,0036	13	22	16	3	0,0055	18	13	29,2	3	0,0055	28	33	16	2	0,0036
23	27	10	1	0,0018	13	22	17	4	0,0073	18	13	30	1	0,0018	28	34	14	5	0,0091
23	28	11	1	0,0018	13	22	18	2	0,0036	18	13	31	4	0,0073	28	34	15	5	0,0091
23	29	11	1	0,0018	13	22	19	2	0,0036	18	13	31,2	2	0,0036	28	34	16	4	0,0073
23	30	11	1	0,0018	13	23	16	1	0,0018	18	13	32	3	0,0055	28	34	18	1	0,0018
23,1	18	11	1	0,0018	13	23	17	1	0,0018	18	13	32,2	1	0,0018	28	35	14	6	0,0109
23,1	19	12	1	0,0018	14	15	16	1	0,0018	18	13	33	3	0,0055	28	35	15	3	0,0055
23,1	19,1	11	1	0,0018	14	15	17	3	0,0055	18	13	33,2	2	0,0036	28	35	17	1	0,0018
23,1	20	12	1	0,0018	14	15	19	1	0,0018	18	13	34	3	0,0055	28	35,3	14	1	0,0018
23,1	21	10	1	0,0018	14	16	8	2	0,0036	18	13	35	1	0,0018	28	36	14	9	0,0164
23,1	21	11	1	0,0018	14	16	15	1	0,0018	18	14	29,2	1	0,0018	28	36	15	7	0,0128
23,1	22	12	1	0,0018	14	16	16	4	0,0073	18	14	30	2	0,0036	28	36	16	1	0,0018
23,1	23	11	1	0,0018	14	16	17	2	0,0036	18	14	32	2	0,0036	28	37	13	1	0,0018
23,1	23	12	1	0,0018	14	17	7	2	0,0036	18	14	32,2	1	0,0018	28	37	14	6	0,0109
23,1	24	10	1	0,0018	14	17	8	6	0,0109	18	14	33	3	0,0055	28	37	15	8	0,0146
23,1	24	11	3	0,0055	14	17	9	1	0,0018	18	14	34	1	0,0018	28	37	16	1	0,0018
23,1	24	12	2	0,0036	14	17	15	3	0,0055	18	14	34,2	1	0,0018	28	37,1	15	1	0,0018
23,1	25	10	3	0,0055	14	17	16	1	0,0018	18	15	31,2	1	0,0018	28	37,2	14	1	0,0018
23,1	25	12	2	0,0036	14	17	17	1	0,0018	18	15	32	1	0,0018	28	38	14	3	0,0055
23,1	26	9	1	0,0018	14	17	18	1	0,0018	19	8	28	1	0,0018	28	38	15	3	0,0055
23,1	26	10	4	0,0073	14	17	20	1	0,0018	19	8	28,2	2	0,0036	28	38	16	3	0,0055
23,1	26	11	4	0,0073	14	18	8	1 1	0,0200	19	10	27,2	1	0,0018	28	38,3	14	1	0,0018
23,1	26	12	3	0,0055	14	18	16	1	0,0018	19	10	30,2	1	0,0018	28	39	14	1	0,0018
23,1	26	13	1	0,0018	14	18	17	5	0,0091	19	10	31,2	1	0,0018	28	39	15	2	0,0036
23,1	29	11	2	0,0036	14	18	18	3	0,0055	19	11	25,2	1	0,0018	28	39,3	15	1	0,0018
24	15	12	1	0,0018	14	18	19	2	0,0036	19	11	27,2	4	0,0073	28	40	15	1	0,0018
24	18	12	1	0,0018	14	19	7	3	0,0055	19	11	28,2	1 1	0,0200	28	40,3	17	1	0,0018
24	19	10	1	0,0018	14	19	8	1 3	0,0237	19	11	29,2	1 1	0,0200	28	41,3	15	2	0,0036
24	20,3	10	1	0,0018	14	19	9	1	0,0018	19	11	30	1	0,0018	28	41,3	16	1	0,0018

24	21	10	2	0,0036	14	19	15	4	0,0073	19	11	30,2	7	0,0128	28	41,3	17	1	0,0018
24	21	12	1	0,0018	14	19	16	1 3	0,0237	19	11	31,2	3	0,0055	28	42,3	13	1	0,0018
24	21,1	10	1	0,0018	14	19	17	1 2	0,0219	19	11	32,2	1	0,0018	28	42,3	17	1	0,0018
24	22	10	1	0,0018	14	19	18	9	0,0164	19	12	26,2	2	0,0036	29	32	16	1	0,0018
24	23	11	1	0,0018	14	19	19	2	0,0036	19	12	27	3	0,0055	29	33	13	1	0,0018
24	25	10	1	0,0018	14	19	20	1	0,0018	19	12	27,2	4	0,0073	29	33	14	4	0,0073
24	29	11	1	0,0018	14	19,2	14	1	0,0018	19	12	27,3	1	0,0018	29	33	15	3	0,0055
24	31	12	1	0,0018	14	20	7	1	0,0018	19	12	28	3	0,0055	29	33	16	2	0,0036
24,1	17	12	1	0,0018	14	20	8	6	0,0109	19	12	28,2	1 4	0,0255	29	34	13	2	0,0036
24,1	18	10	1	0,0018	14	20	13	1	0,0018	19	12	29	1	0,0018	29	34	14	9	0,0164
24,1	18	11	1	0,0018	14	20	14	2	0,0036	19	12	29,2	2 0	0,0364	29	34	15	4	0,0073
24,1	18	12	1	0,0018	14	20	15	4	0,0073	19	12	30	2	0,0036	29	34	16	5	0,0091
24,1	18,1	10	1	0,0018	14	20	16	1 3	0,0237	19	12	30,2	1 5	0,0273	29	35	14	3	0,0055
24,1	19	10	1	0,0018	14	20	17	1 7	0,0310	19	12	31,2	8	0,0146	29	35	15	6	0,0109
24,1	20,1	10	1	0,0018	14	20	18	8	0,0146	19	12	32,2	9	0,0164	29	36	13	2	0,0036
24,1	21	9	1	0,0018	14	20	19	1	0,0018	19	12	33,2	2	0,0036	29	36	14	5	0,0091
24,1	21	10	1	0,0018	14	20	20	3	0,0055	19	12	39,2	1	0,0018	29	36	15	8	0,0146
24,1	21	11	3	0,0055	14	21	8	7	0,0128	19	13	27,2	3	0,0055	29	36	16	4	0,0073
24,1	21	12	2	0,0036	14	21	13	2	0,0036	19	13	28,2	6	0,0109	29	36	17	1	0,0018
24,1	21	13	1	0,0018	14	21	14	1	0,0018	19	13	29,2	1 5	0,0273	29	37	14	4	0,0073
24,1	21,1	10	1	0,0018	14	21	15	4	0,0073	19	13	30	1	0,0018	29	37	15	2	0,0036
24,1	22	9	3	0,0055	14	21	16	1	0,0018	19	13	30,2	7	0,0128	29	37	16	1	0,0018
24,1	22	10	3	0,0055	14	21	17	7	0,0128	19	13	31	3	0,0055	29	37,3	14	1	0,0018
24,1	22	11	3	0,0055	14	21	18	1 2	0,0219	19	13	31,2	1 5	0,0273	29	38	13	2	0,0036
24,1	22	12	2	0,0036	14	22	13	1	0,0018	19	13	32	2	0,0036	29	38	15	4	0,0073
24,1	23	10	4	0,0073	14	22	15	1	0,0018	19	13	32,2	6	0,0109	29	38	16	2	0,0036

24,1	23	11	2	0,0036	14	22	17	1	0,0018	19	13	33	5	0,0091	29	39	15	2	0,0036
24,1	24	9	1	0,0018	14	22	18	4	0,0073	19	14	27,2	1	0,0018	29	39	16	1	0,0018
24,1	24	10	2	0,0036	14	22	19	1	0,0018	19	14	28	2	0,0036	29	39	17	2	0,0036
24,1	24	11	5	0,0091	14	23	15	1	0,0018	19	14	28,2	3	0,0055	29	39,3	15	1	0,0018
24,1	24	12	2	0,0036	14	24	16	1	0,0018	19	14	29	1	0,0018	29	40,3	14	1	0,0018
24,1	24	13	2	0,0036	15	15	18	1	0,0018	19	14	29,2	4	0,0073	29	40,3	15	1	0,0018
24,1	25	10	1	0,0018	15	16	8	1	0,0018	19	14	30	1	0,0018	29	44,3	15	1	0,0018
24,1	25	11	4	0,0073	15	16	17	2	0,0036	19	14	30,2	7	0,0128	29,1	33	14	1	0,0018
24,1	25	12	4	0,0073	15	17	8	3	0,0055	19	14	31	1	0,0018	30	33	14	3	0,0055
24,1	26	11	7	0,0128	15	17	16	6	0,0109	19	14	31,2	3	0,0055	30	33	15	1	0,0018
24,1	26	13	1	0,0018	15	17	17	1	0,0018	19	14	32	2	0,0036	30	34	15	1	0,0018
24,1	27	11	4	0,0073	15	17	18	1	0,0018	19	14	32,2	1	0,0018	30	34	16	1	0,0018
24,1	27	12	3	0,0055	15	18	7	2	0,0036	19	14	33	3	0,0055	30	35	13	1	0,0018
24,1	28	10	2	0,0036	15	18	8	6	0,0109	19	14	33,2	1	0,0018	30	35	14	4	0,0073
24,1	28	11	2	0,0036	15	18	16	2	0,0036	19	15	28	2	0,0036	30	35	15	2	0,0036
24,1	28	12	4	0,0073	15	18	17	7	0,0128	19	15	28,2	2	0,0036	30	35	16	3	0,0055
24,1	29	11	3	0,0055	15	18	18	2	0,0036	19	15	29,2	1	0,0018	30	36	14	6	0,0109
24,1	29	12	1	0,0018	15	18	19	3	0,0055	19	15	30	1	0,0018	30	36	15	4	0,0073
24,1	30	11	2	0,0036	15	19	7	4	0,0073	19	15	30,2	1	0,0018	30	36	16	3	0,0055
24,1	31	11	3	0,0055	15	19	8	4	0,0073	19	15	31	1	0,0018	30	37	14	1	0,0018
24,1	33	10	1	0,0018	15	19	12	1	0,0018	19	15	31,2	1	0,0018	30	37	15	2	0,0036
24,1	34	10	1	0,0018	15	19	15	1	0,0018	19	15	32	2	0,0036	30	37	16	1	0,0018
25,1	16	12	1	0,0018	15	19	16	5	0,0091	19	15	32,2	1	0,0018	30	37,3	15	1	0,0018
25,1	17	12	4	0,0073	15	19	17	6	0,0109	19	16	28	1	0,0018	30	38	14	1	0,0018
25,1	17	13	1	0,0018	15	19	18	2	0,0036	20	10	30,2	1	0,0018	30	38	17	1	0,0018
25,1	18,1	10	1	0,0018	15	20	7	1	0,0018	20	11	27,2	1	0,0018	30	39,2	14	1	0,0018
25,1	19	10	5	0,0091	15	20	8	1	0,0018	20	11	28,2	1	0,0018	30	41,3	15	1	0,0018
25,1	19	11	2	0,0036	15	20	14	2	0,0036	20	11	29,2	3	0,0055	30	42,3	16	1	0,0018
25,1	19	12	4	0,0073	15	20	15	1	0,0018	20	11	30,2	4	0,0073	31	33	14	2	0,0036
25,1	19,1	10	3	0,0055	15	20	16	5	0,0091	20	11	31,2	1	0,0018	31	33	17	1	0,0018

25,1	19,1	11	1	0,0018	15	20	17	1	0,0182	20	12	27,2	2	0,0036	31	34	15	3	0,0055
25,1	20	10	3	0,0055	15	20	18	3	0,0055	20	12	28	1	0,0018	31	35	14	2	0,0036
25,1	20,1	10	2	0,0036	15	20	20	1	0,0018	20	12	28,2	4	0,0073	31	35	15	1	0,0018
25,1	20,1	11	3	0,0055	15	21	15	4	0,0073	20	12	29,2	4	0,0073	31	35	16	1	0,0018
25,1	21	9	1	0,0018	15	21	17	1	0,0018	20	12	30	1	0,0018	31	36	14	2	0,0036
25,1	21	10	1	0,0018	15	21	19	1	0,0018	20	12	30,2	5	0,0091	31	36	15	3	0,0055
25,1	21	11	5	0,0091	15	22	8	1	0,0018	20	12	31,2	5	0,0091	31	37	14	4	0,0073
25,1	21	12	2	0,0036	15	22	15	1	0,0018	20	12	32	1	0,0018	31	37	15	1	0,0018
25,1	21,1	10	1	0,0018	15	22	16	3	0,0055	20	12	32,2	2	0,0036	31	39,3	14	1	0,0018
25,1	21,1	11	1	0,0018	15	22	18	1	0,0018	20	13	23,2	1	0,0018	32	37	14	1	0,0018
25,1	22	9	3	0,0055	15	22	19	1	0,0018	20	13	26,2	1	0,0018	32	37	15	1	0,0018
25,1	22	10	2	0,0036	16	17	15	1	0,0018	20	13	27	1	0,0018	33	35	15	1	0,0018
25,1	22	11	2	0,0036	16	17	16	2	0,0036	20	13	28,2	5	0,0091	33,2	34	15	1	0,0018
25,1	22	12	2	0,0036	16	18	8	3	0,0055	20	13	29,2	1	0,0018	33,2	36	14	4	0,0073
25,1	23	10	1	0,0018	16	18	9	1	0,0018	20	13	30	1	0,0018	33,2	36	15	1	0,0018
25,1	23	11	3	0,0055	16	19	8	2	0,0036	20	13	30,2	4	0,0073	34	39	14	1	0,0018
25,1	24	10	3	0,0055	16	19	16	2	0,0036	20	13	31,2	5	0,0091	36,2	39,3	13	1	0,0018
25,1	24	11	1	0,0018	16	19	17	1	0,0018	20	13	32	1	0,0018	37,2	39,3	15	1	0,0018
25,1	24	12	3	0,0055	16	20	16	1	0,0018	20	13	32,2	1	0,0018	37,2	39,3	16	1	0,0018
25,1	25	10	5	0,0091	16	20	17	3	0,0055	20	13	33	1	0,0018	39,2	34	14	1	0,0018
25,1	25	11	3	0,0055	16	21	19	1	0,0018	20	14	28	2	0,0036	39,2	34	16	1	0,0018
25,1	25	12	1	0,0018	17	17	8	1	0,0018	20	14	28,2	2	0,0036	39,2	35	16	2	0,0036
25,1	25	13	1	0,0018	17	17	16	1	0,0018	20	14	29	1	0,0018	39,2	36	15	1	0,0018
25,1	26	10	2	0,0036	17	19	17	1	0,0018	20	14	29,2	2	0,0036	39,2	38,3	15	2	0,0036
25,1	26	11	1	0,0018	17	20	16	1	0,0018	20	14	30	1	0,0018	39,2	39,3	13	2	0,0036
25,1	27	10	3	0,0055	17	20	17	1	0,0018	20	14	30,2	3	0,0055	39,2	39,3	14	1	0,0018
25,1	27	11	2	0,0036	17	20	18	1	0,0018	20	14	31	1	0,0018	39,2	39,3	15	1	0,0182
25,1	27	12	2	0,0036	17	21	8	1	0,0018	20	14	31,2	1	0,0018	39,2	39,3	16	1	0,0018
25,1	28	10	1	0,0018						20	14	32	1	0,0018	39,2	40,3	14	1	0,0018

25,1	28	11	6	0,0109
25,1	28	12	2	0,0036
25,1	29	10	1	0,0018
25,1	29	11	2	0,0036
25,1	30	11	4	0,0073
25,1	31	12	1	0,0018
25,1	33	12	1	0,0018
25,1	34	10	1	0,0018
26,1	16	11	1	0,0018
26,1	16	12	1	0,0018
26,1	17	11	2	0,0036
26,1	17	12	2	0,0036
26,1	18	10	2	0,0036
26,1	19	10	1	0,0018
26,1	19	11	2	0,0036
26,1	19	12	1	0,0018
26,1	20	10	1	0,0018
26,1	20	11	1	0,0018
26,1	20,1	10	1	0,0018
26,1	20,1	11	1	0,0018
26,1	21	10	3	0,0055
26,1	21	11	1	0,0018
26,1	21	12	1	0,0018
26,1	21,1	10	1	0,0018
26,1	22	9	2	0,0036
26,1	22	10	2	0,0036
26,1	22	11	1	0,0018
26,1	22	12	2	0,0036
26,1	23	10	1	0,0018
26,1	23	11	1	0,0018
26,1	23	12	4	0,0073

20	14	32,2	2	0,0036	39,2	40,3	15	4	0,0073
20	14	33	1	0,0018	39,2	41,3	15	2	0,0036
20	15	29,2	1	0,0018	39,2	41,3	16	2	0,0036
20	15	33	1	0,0018	39,2	42,3	17	1	0,0018
20	16	32	1	0,0018	39,2	43,3	15	2	0,0036
21	12	29,2	2	0,0036	40,2	24	15	1	0,0018
21	13	29,2	2	0,0036	40,2	31	16	1	0,0018
21	13	30,2	2	0,0036	40,2	34	15	3	0,0055
21	13	31,2	5	0,0091	40,2	36	14	1	0,0018
21	14	28	1	0,0018	40,2	36	16	1	0,0018
22	16	30,2	1	0,0018	40,2	37	15	1	0,0018
					40,2	37	17	1	0,0018
					40,2	38	14	1	0,0018
					40,2	38	15	1	0,0018
					40,2	39	13	1	0,0018
					40,2	40,3	15	1	0,0018
					40,2	40,3	16	3	0,0055
					40,2	41,3	15	2	0,0036
					41,2	34	16	1	0,0018
					41,2	35	14	1	0,0018
					41,2	36	13	1	0,0018
					41,2	36	15	1	0,0018
					41,2	36	16	1	0,0018
					41,2	37	14	1	0,0018
					41,2	40,3	14	1	0,0018
					42,2	25	15	1	0,0018
					42,2	34	13	1	0,0018
					42,2	34	14	1	0,0018
					42,2	34	15	1	0,0018
					42,2	35	14	1	0,0018
					42,2	36	14	2	0,0036

26,1	23,1	11	1	0,0018
26,1	24	10	3	0,0055
26,1	24	12	5	0,0091
26,1	25	10	4	0,0073
26,1	25	11	1	0,0018
26,1	25	12	1	0,0018
26,1	25	13	1	0,0018
26,1	26	11	1	0,0018
26,1	26	12	2	0,0036
26,1	26	13	1	0,0018
26,1	27	11	4	0,0073
26,1	28	11	2	0,0036
26,1	28	12	1	0,0018
26,1	29	11	2	0,0036
26,1	29	12	2	0,0036
26,1	30	10	1	0,0018
26,1	30	11	1	0,0018
26,1	32	11	1	0,0018
27,1	16	10	1	0,0018
27,1	17	12	2	0,0036
27,1	18	11	2	0,0036
27,1	19	10	1	0,0018
27,1	19	11	1	0,0018
27,1	19	12	2	0,0036
27,1	19,1	11	1	0,0018
27,1	19,1	12	1	0,0018
27,1	20	10	2	0,0036
27,1	20	12	1	0,0018
27,1	20,1	10	1	0,0018
27,1	20,1	12	1	0,0018
27,1	21	10	1	0,0018
27,1	21	12	3	0,0055

42,2	36	15	1	0,0018
42,2	41,3	15	1	0,0018
43,2	33	15	1	0,0018
43,2	34	14	2	0,0036
43,2	34	15	1	0,0018
43,2	35	14	2	0,0036
43,2	35	15	2	0,0036
43,2	36	14	1	0,0018
43,2	36	16	1	0,0018
43,2	37	14	3	0,0055
43,2	37	16	1	0,0018
43,2	38,3	16	1	0,0018
43,2	42,3	15	1	0,0018
44,2	33	16	1	0,0018
44,2	34	15	1	0,0018
44,2	34	16	6	0,0109
44,2	35	15	6	0,0109
44,2	35	16	2	0,0036
44,2	36	14	1	0,0018
44,2	36	15	4	0,0073
44,2	37,3	15	1	0,0018
44,2	38	14	1	0,0018
44,2	38,3	14	2	0,0036
44,2	38,3	15	1	0,0018
44,2	39,3	15	1	0,0018
45,2	33	14	1	0,0018
45,2	33	15	1	0,0018
45,2	34	15	1	0,0018
45,2	34	16	1	0,0018
45,2	35	15	2	0,0036
45,2	35	16	3	0,0055
45,2	37	13	1	0,0018

27,1	21	14	1	0,0018
27,1	22	10	3	0,0055
27,1	22	11	1	0,0018
27,1	22	12	2	0,0036
27,1	23	10	1	0,0018
27,1	23	11	5	0,0091
27,1	23	12	2	0,0036
27,1	24	10	1	0,0018
27,1	24	12	1	0,0018
27,1	25	10	3	0,0055
27,1	25	11	5	0,0091
27,1	25	12	1	0,0018
27,1	26	10	3	0,0055
27,1	26	11	3	0,0055
27,1	26,2	11	1	0,0018
27,1	27	11	1	0,0018
27,1	28	10	1	0,0018
27,1	28	11	1	0,0018
27,1	29	11	1	0,0018
27,1	30	11	1	0,0018
27,1	30	12	1	0,0018
27,1	31	12	2	0,0036
27,1	32	12	1	0,0018
27,1	33	11	1	0,0018
27,1	33	12	1	0,0018
27,2	20	11	1	0,0018
28,1	17,1	10	1	0,0018
28,1	19	12	1	0,0018
28,1	19,1	12	1	0,0018
28,1	20	10	1	0,0018
28,1	20	12	3	0,0055
28,1	21	10	1	0,0018

45,2	38,3	16	1	0,0018
45,2	39,3	14	1	0,0018
45,2	40,3	14	1	0,0018
46,2	33	14	2	0,0036
46,2	33	16	1	0,0018
46,2	34	16	1	0,0018
46,2	35	14	2	0,0036
46,2	35	16	2	0,0036
46,2	36	16	1	0,0018
46,2	37	13	2	0,0036
46,2	37	14	1	0,0018
46,2	37	15	2	0,0036
46,2	38	15	1	0,0018
46,2	38,3	14	1	0,0018
47,2	35	16	2	0,0036
48,2	35	15	1	0,0018

28,1	21	11	1	0,0018
28,1	21	12	1	0,0018
28,1	22	11	1	0,0018
28,1	22	12	2	0,0036
28,1	22,1	10	1	0,0018
28,1	23	10	3	0,0055
28,1	23	11	1	0,0018
28,1	23,1	10	1	0,0018
28,1	24	10	2	0,0036
28,1	24	11	1	0,0018
28,1	25	10	2	0,0036
28,1	25	12	1	0,0018
28,1	27	10	3	0,0055
28,1	27	12	1	0,0018
28,1	28	10	1	0,0018
28,1	28	12	1	0,0018
28,1	29	12	1	0,0018
28,1	30	12	1	0,0018
29,1	17,1	10	1	0,0018
29,1	19	10	1	0,0018
29,1	19	11	2	0,0036
29,1	22	10	1	0,0018
29,1	23	10	1	0,0018
29,1	25	10	2	0,0036
29,1	25	11	1	0,0018
29,1	26	12	1	0,0018
29,1	29	11	2	0,0036
30,1	21	11	1	0,0018
30,1	24	11	1	0,0018
30,1	24	12	1	0,0018
31,1	21	10	1	0,0018
31,1	27	11	1	0,0018

32,1	21	10	1	0,0018
32,1	23	12	1	0,0018
36,1	27	12	1	0,0018

Uočeni broj haplotipova	320	189	201	269
Mogući broj haplotipova	7350	1664	2250	6930
Genska raznolikost	0,9974	0,9908	0,9910	0,9953
SD	0,0003	0,0007	0,0008	0,0005
SD- Standardna devijacija				

U tablicama 3a. i 3b. su izračunati svi relevantni forenzički parametri, prema alelnim vrijednostima i haplotipovima. Iz rezultata je vidljivo da je najinformativniji biljeg DXS10135 sa 35 alelnih varijanti i sa najvećom PIC vrijednosti od 0,929327. LG1 je najinformativnija linkage grupa sa najvećim brojem zabilježenih haplotipova, 320.

Tablica 3a. Forenzički parametri po biljezima.

Linkage grupa	Biljeg	Broj alela	PIC	PE	PDžene	PDmuškarci	MEC Krüger	MEC Kishida	MEC Desmarais Duo
LG1	DXS10148	30	0,872603	0,762303	0,97536	0,883723	0,765966	0,87257	0,783675
	DXS10135	35	0,929327	0,863863	0,991558	0,933323	0,864861	0,929306	0,871936
	DXS8378	7	0,632163	0,417471	0,844925	0,692972	0,423151	0,632139	0,486305
LG2	DXS7132	8	0,694091	0,488352	0,887762	0,737336	0,504896	0,694079	0,554401
	DXS10079	13	0,796676	0,636639	0,944287	0,819983	0,646788	0,796664	0,678962
	DXS10074	16	0,812496	0,662387	0,951353	0,833381	0,669797	0,812496	0,699606
LG3	DXS10103	9	0,706566	0,49175	0,89927	0,739366	0,529616	0,706543	0,568508
	HPRTB	10	0,721152	0,525245	0,904084	0,758974	0,540739	0,72114	0,585899
	DXS10101	25	0,895703	0,80264	0,982865	0,903531	0,80553	0,89567	0,818506
LG4	DXS10146	30	0,892907	0,797356	0,982148	0,900948	0,80136	0,892875	0,814508
	DXS10134	33	0,84542	0,71465	0,965826	0,859992	0,723767	0,845386	0,745402
	DXS7423	7	0,655976	0,438535	0,863294	0,706594	0,458952	0,655976	0,512244

Ukupno 0,99999998 0,99998171 0,99999999999996 0,9999999954 0,999987 0,99999998 0,999999543
PIC- vrijednost informativnosti polimorfizama ; **PE-** snaga isključenja; **PD-** snaga diskriminacije

Tablica 3b. Forenzički parametri - haplotipovi

Linkage grupa	Broj haplotipova	PD(muškarci)	PD(žene)	MEC Desmarais trios	MEC Desmarais duos	PIC
LG1	320	0,9955445	0,9999605	0,9955249	0,9911162	0,9955249
LG2	189	0,9889483	0,9997597	0,9888301	0,9780856	0,9888301
LG3	201	0,9891673	0,9997704	0,9890551	0,9785411	0,9890551
LG4	269	0,9934605	0,9999153	0,9934186	0,986987	0,9934186

PD- snaga diskriminacije; **PIC-** vrijednost informativnosti polimorfizama

U tablicama 4. i 5. su rezultati testa neravnoteže vezanosti gena kod muškaraca i kod žena u populaciji Hrvatske. Ukupno je neravnoteža vezanosti gena zabilježena kod sedam od 12 parova biljega. Neravnoteža vezivanja je zabilježena kod šest parova biljega u populaciji muškaraca a u populaciji žena kod četiri para biljega od kojih neravnoteža između DXS7423 – DXS10146 nije zabilježena u populaciji muškaraca.

Tablica 4. Rezultati testa neravnoteže vezanosti gena kod muškaraca u populaciji Hrvatske, N=549

	LG1			LG2			LG3			LG4		
	DXS10148	DXS10135	DXS8378	DXS7132	DXS10079	DXS10074	DXS10103	HPRTB	DXS10101	DXS10146	DXS10134	DXS7423
DXS10148	/											
LG1 DXS10135	0,0486	/										
DXS8378	0,1582	0,0018	/									
DXS7132	0,3162	0,2566	0,3022	/								
LG2 DXS10079	0,1722	0,3705	0,9774	0,2436	/							
DXS10074	0,8216	0,2845	0,6617	0,0282	0,0000	/						
DXS10103	0,2982	0,6616	0,1173	0,2740	0,0981	0,8489	/					
LG3 HPRTB	0,4033	0,7370	0,3200	0,4260	0,3827	0,4620	0,0000	/				
DXS10101	0,4025	0,1085	0,3124	0,4124	0,4128	0,6579	0,0000	0,0000	/			
DXS10146	0,2834	0,2108	0,1288	0,1191	0,9666	0,5437	0,1560	0,8487	0,1090	/		
LG4 DXS10134	0,8921	0,7288	0,8815	0,5974	0,2796	0,8145	0,8045	0,0765	0,5168	0,0000	/	
DXS7423	0,6681	0,7724	0,4608	0,0247	0,5979	0,1315	0,8803	0,9730	0,6192	0,0150	0,0006	/

Statistički značajne P-vrijednosti < 0.0008 (nakon Bonferronijeve korekcije $\alpha=0.05/66$) su naznačene u tablici.

Tablica 5. Rezultati testa neravnoteže vezanosti gena kod žena u populaciji Hrvatske, N=446

		LG1			LG2			LG3			LG4		
		DXS10148	DXS10135	DXS8378	DXS7132	DXS10079	DXS10074	DXS10103	HPRTB	DXS10101	DXS10146	DXS10134	DXS7423
	DXS10148	/											
LG1	DXS10135	0,0638	/										
	DXS8378	0,0314	0,0105	/									
	DXS7132	0,8561	0,9358	0,0509	/								
LG2	DXS10079	0,7205	0,0767	0,0346	0,1989	/							
	DXS10074	0,5342	0,8470	0,2963	0,2959	0,0088	/						
	DXS10103	0,4394	0,6748	0,0955	0,2798	0,0303	0,9189	/					
LG3	HPRTB	0,1115	0,6000	0,8219	0,9644	0,1124	0,5891	0,0117	/				
	DXS10101	0,2152	0,8215	0,3514	0,4942	0,8026	0,1439	0,0000	0,0000	/			
	DXS10146	0,0210	0,0086	0,8406	0,3102	0,7344	0,0219	0,0580	0,2956	0,3401	/		
LG4	DXS10134	0,0213	0,2351	0,0529	0,1927	0,4600	0,3660	0,6418	0,1150	0,9504	0,0000	/	
	DXS7423	0,0416	0,0320	0,1629	0,0625	0,4866	0,1067	0,2702	0,1546	0,3634	0,0005	0,1974	/

Statistički značajne P-vrijednosti < 0.0008 (nakon Bonferronijeve korekcije $\alpha=0.05/66$) su naznačene u tablici.

Populacija Republike Hrvatske je uspoređena sa 13 svjetskih populacija i Fst test genetičke povezanosti nije pokazao statistički značajne vrijednosti usporedbe nakon primijenjene Bonferronijeve korekcije. Rezultati testa genetičke povezanosti su prikazani u tablici 6.

Tablica 6. Usporedba sličnosti hrvatske populacije sa trinaest drugih populacija (radi preglednosti tablica je prikazana u dva dijela)

Linkage group	Albanska		Bjeloruska		Češka		Danska		Njemačka		Grčka		Mađarska	
	Fst	P	Fst	P	Fst	P-	Fst	P	Fst	P	Fst	P	Fst	P
LG1	0,0024	0,1018	0,0003	0,2776	0,0015	0,0554	0,0000	0,4197	0,0002	0,2574	-0,0005	0,5482	-0,0011	0,8577
LG2	0,0058	0,0149	-0,0005	0,6835	0,0006	0,2513	-0,0002	0,4730	0,0001	0,3498	0,0017	0,1756	0,0001	0,4165
LG3	0,0032	0,0745	-0,0005	0,6633	-0,0008	0,8166	0,0052	0,0134	-0,0002	0,5540	0,0000	0,4339	0,0003	0,3485
LG4	0,0048	0,0192	0,0002	0,3469	0,0004	0,2888	0,0002	0,3834	0,0002	0,2957	0,0005	0,3259	0,0021	0,0511

Linkage group	Talijanska		Litavska		Portugalska		Slovenska		Švedska		Zapadno Mediteranska	
	Fst	P	Fst	P	Fst	P	Fst	P	Fst	P	Fst	P
LG1	-0,0004	0,6012	0,0067	0,1059	-0,0010	0,7467	-0,0007	0,6435	-0,0004	0,7314	0,0025	0,0845
LG2	-0,0010	0,7549	0,0025	0,2882	-0,0009	0,6694	0,0040	0,0314	0,0005	0,1864	0,0013	0,2327
LG3	0,0025	0,0412	-0,0028	0,6380	0,0006	0,2964	0,0018	0,1363	0,0005	0,1913	-0,0012	0,7094
LG4	0,0003	0,3524	0,0017	0,3233	-0,0008	0,6866	-0,0008	0,6462	0,0007	0,1154	0,0020	0,1301

Nakon Bonferronijeve korekcije nisu uočene statistički značajne P vrijednosti ($\alpha=0.05/64<0.00078$).

Fst- koeficijent genetičke udaljenosti; **P**- p vrijednost

Genetička udaljenost je analizirana između pet regija Hrvatske i rezultati Fst testa su prikazani u tablici 7. Usporedbe su napravljene između alelnih frekvencija (ženski i muški uzorci) kao i između haplotipova (samo muški uzorci). Ni u jednom slučaju nakon Bonferronijeve korekcije nisu zabilježene statistički značajne razlike.

Tablica 7. Fst genetičke udaljenosti između pet različitih regija Republike Hrvatske (ispod dijagonale) i odgovarajuće P-vrijednosti (iznad dijagonale).

a) Frekvencije alela / muški i ženski uzorci

	Zapadna	Istočna	Južna	Sjeverna	Središnja
Zapadna	0	0,7409	0,6227	0,0841	0,8989
Istočna	-0,0005	0	0,5855	0,3667	0,9816
Južna	-0,0003	-0,0002	0	0,0070	0,3785
Sjeverna	0,0010	0,0002	0,0019	0	0,2927
Središnja	-0,0008	-0,0011	0,0001	0,0003	0

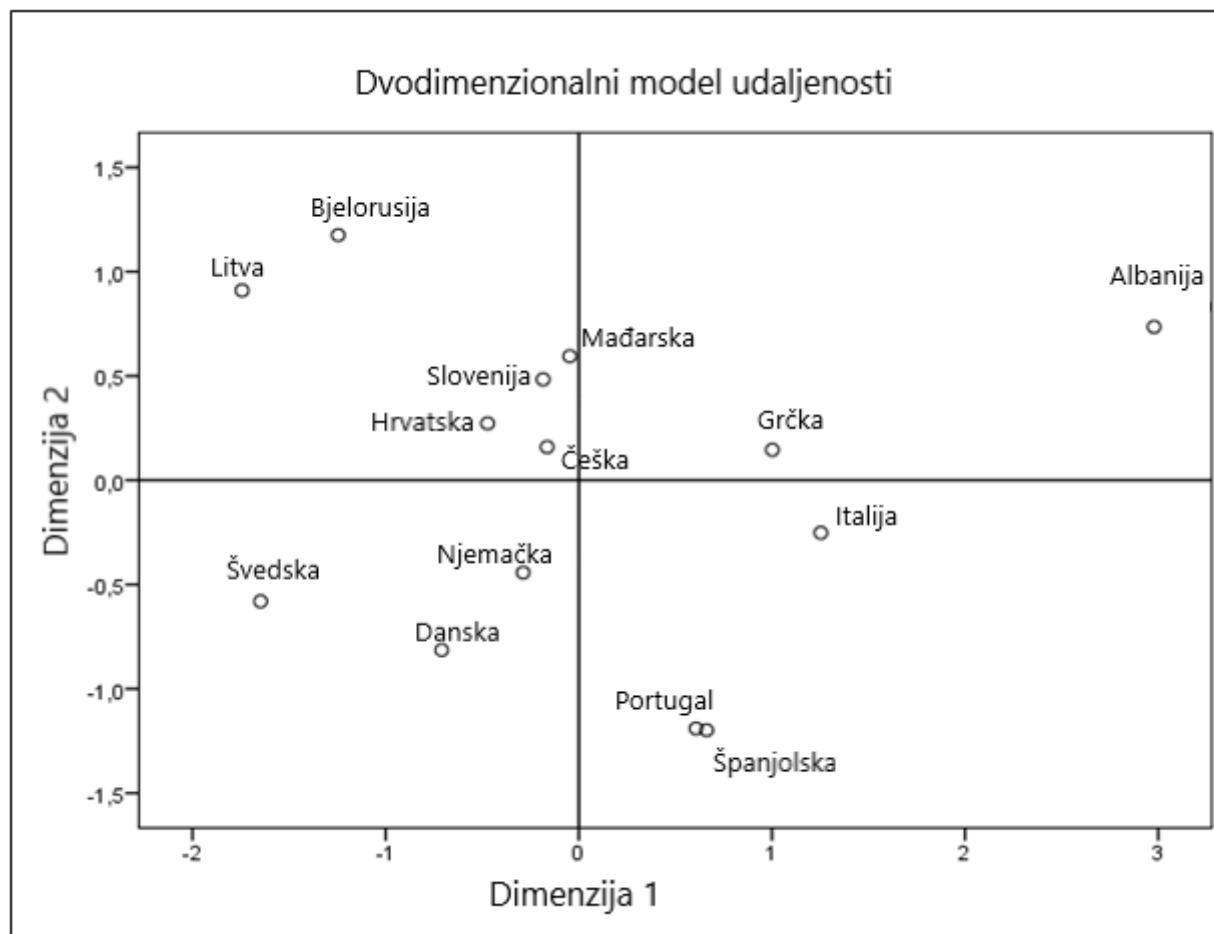
Nema značajnih P-vrijednosti ($p < 0.005$) nakon primjene Bonferronijeve korekcije $\alpha = 0.05/10$

b) Frekvencije haplotipova / muški uzorci

	Zapadna	Istočna	Južna	Sjeverna	Središnja
Zapadna	0	0,6158	0,8613	0,4010	0,9055
Istočna	-0,0005	0	0,2703	0,0331	0,9881
Južna	-0,0017	0,0010	0	0,0930	0,5944
Sjeverna	0,0003	0,0036	0,0025	0	0,3860
Središnja	-0,0019	-0,0035	-0,0006	0,0004	0

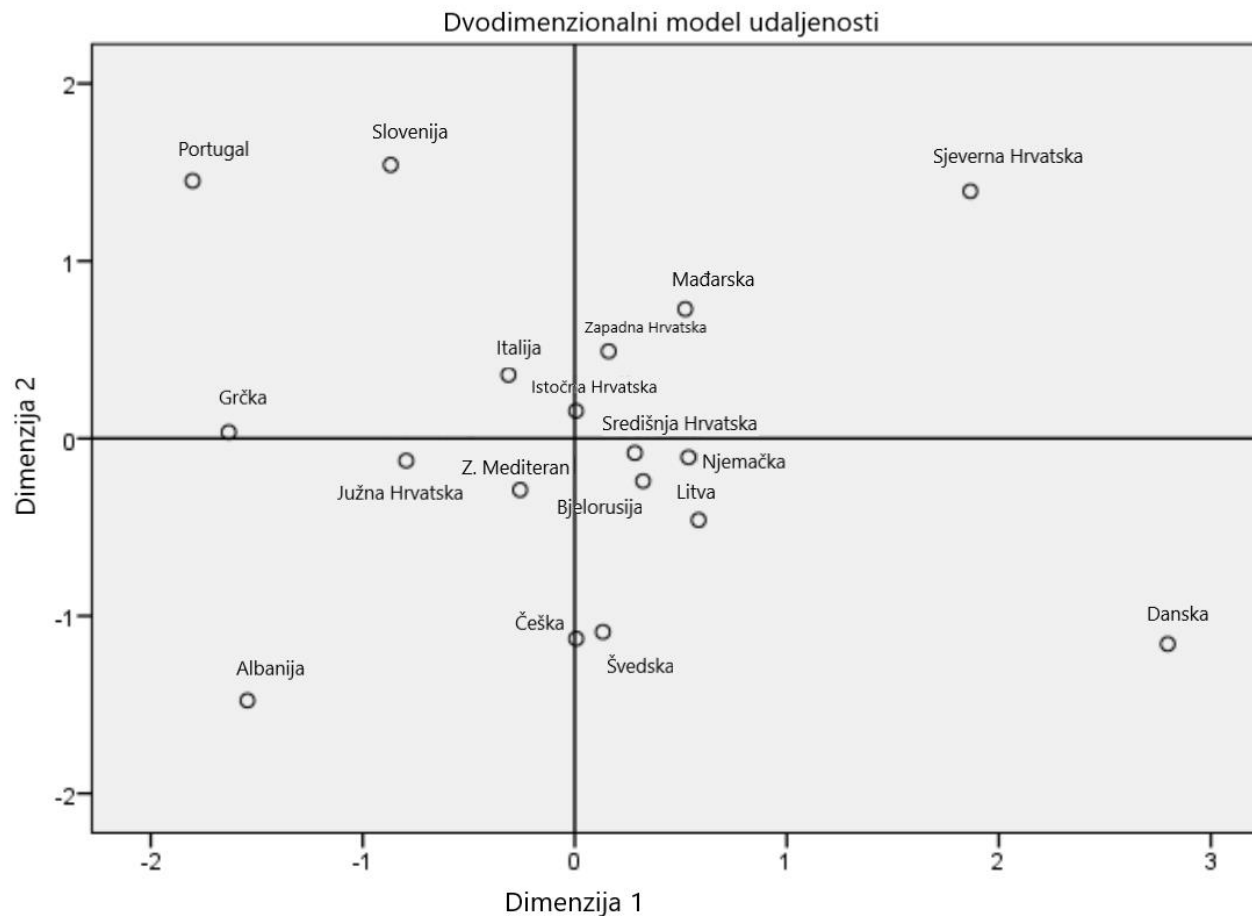
Nema značajnih P-vrijednosti ($p < 0.005$) nakon primjene Bonferronijeve korekcije $\alpha = 0.05/10$

Grupiranje populacije Republike Hrvatske sa susjednim populacijama na dvodimenzionalnom modelu udaljenosti je prikazano na slici 3.



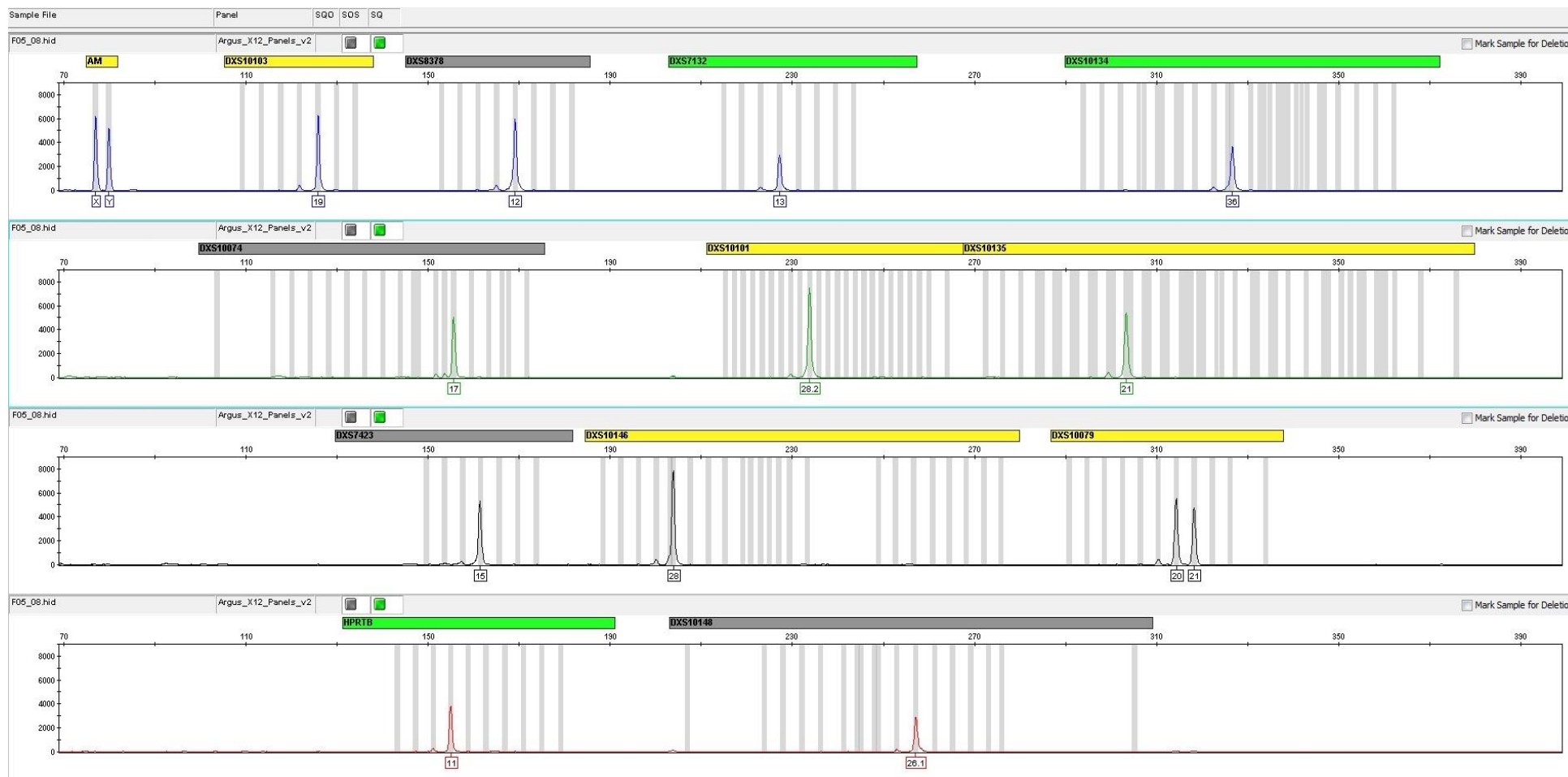
Slika 3. Prikaz udaljenosti populacije Hrvatske i drugih svjetskih populacija. (Izvor:autor)

Rezultati udaljenosti populacije različitih regija Republike Hrvatske i drugih europskih populacija su prikazani na slici 4. Jasno je vidljiva raspodjela hrvatskih regija s lijeva na desno po vodoravnoj osi dijagrama što odgovara geografskoj raspodjeli regija od juga prema sjeveru.

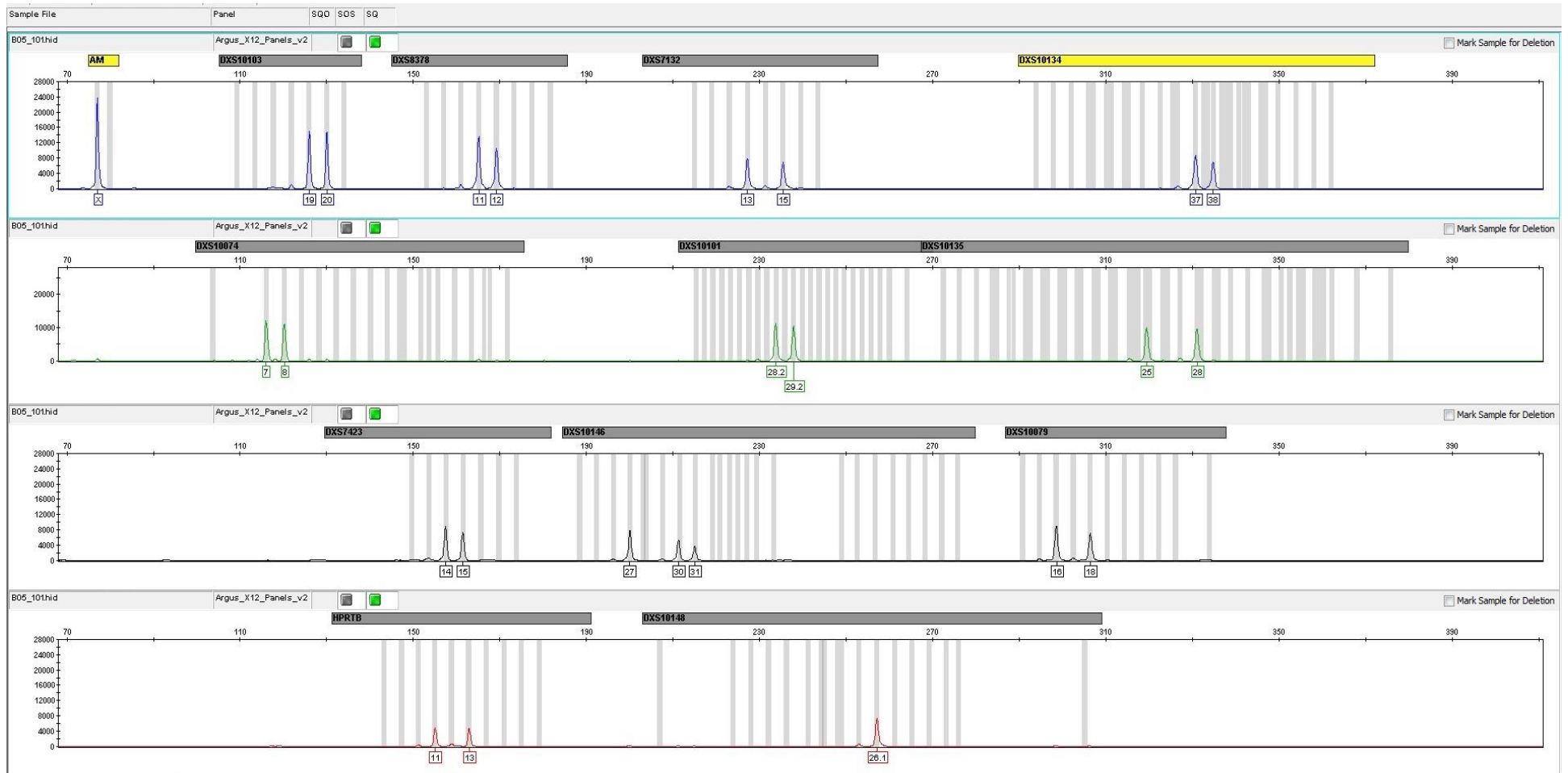


Slika 4. Prikaz udaljenosti svjetskih populacija sa regijama Republike Hrvatske. (Izvor:autor)

Na slikama 5. i 6. su prikazani profili muškarca i žene koji imaju dodatnu alelnu varijantu na jednom biljegu. Bialelni uzorak kod muškarca na biljegu DXS10079 je zabilježen kod šest osoba.

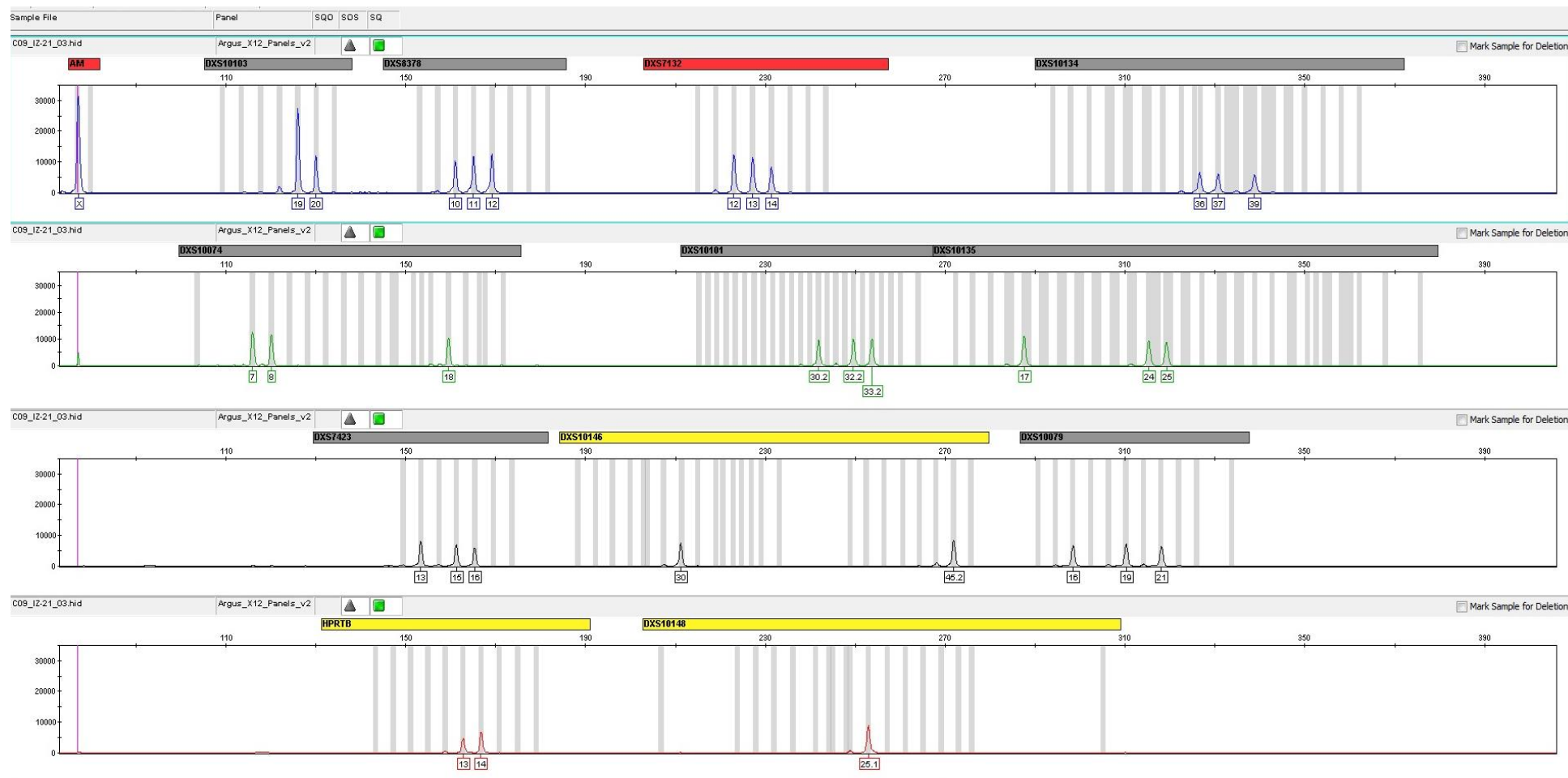


Slika 5. Investigator® Argus X-12 muški uzorak sa bialelnim uzorkom na biljegu DXS10079. (Izvor:autor)



Slika 6. Investigator® Argus X-12 ženski uzorak sa trialelnim uzorkom na biljegu DXS10146. (Izvor:autor)

Na slici 7. je DNA profil ženske osobe koja na osam biljega ima dodatnu alelnu varijantu, odnosno ima 3 alela na tim biljezima.



Slika 7. Investigator® Argus X-12 ženski uzorak sa trialelnim uzorkom na osam biljega: DXS10135, DXS8378, DXS7132, DXS10079, DXS10074, DXS10101, DXS10134 i DXS7423. (Izvor:autor)

5. Rasprava

Prethodno provedeno istraživanje X-STR biljega na hrvatskoj populaciji uključivalo je analizu 8 biljega raspoređenih u 4 LG (2 biljega u svakoj grupi) i to istraživanje je pokazalo primjenjivost analize X-STR lokusa u forenzične svrhe(30). Uzorci u ovom istraživanju su prikupljeni na području središnje Hrvatske i uspoređeni su sa istim setom podataka iz ovog istraživanja. U ova dva istraživanja su korišteni različiti uzorci koji pripadaju istoj populaciji ali nema značajnih razlika u učestalosti alela u ove dvije studije. U usporedbi s Investigator Argus X-12 kitom, Mentype Argus X-8 nema početnice za jedan od markera u svakoj LG. Najinformativniji marker u našem istraživanju bio je DXS10135 (PIC = 0,929) s ukupno 28 alela, dok je DXS8378 (PIC = 0,636) s 5 alela je bio najmanje polimorfan (Tablica 2). Isti markeri, koji pripadaju LG1 i nalaze se i u Mentype Argus X-8 Kit-u, su bili najviše i najmanje polimorfni markeri i u prethodnoj studiji rađenoj na 8 X-STR-ova(30). Dodatni markeri u Investigator Argus X-12 za LG1 – LG4 imali su visoke PIC vrijednosti (0,8745, 0,7939, 0,7032, 0,8893), što je rezultiralo povećanjem kombiniranog PIC-a, 0,999998 dobiveno Argusom X-8 naspram 0,9999999978 dobiveno pomoću Argus X-12. Iz navedenog je vidljivo da korištenje 12 markera umjesto 8 jasno doprinosi većoj informativnosti u forenzičkim analizama za populaciju središnje Hrvatske. Također, u usporedbi sa studijom koja je koristila Mentype Argus X-8, svi forenzički parametri u novom istraživanju imali su znatno više kombinirane vrijednosti, posebno za PD u ženskim uzorcima (0,9999999999 prema 0,9999999999999999). To dokazuje bolju prikladnost Investigator Argus X-12 za identifikaciju i testiranje srodstva. Dodatna vrijednost nova 4 lokusa postaje još izraženija u kontekstu forenzičkih DNA uzoraka, koji su obično kontaminirani, degradirani i prisutni u tragovima i vrlo često analize takvih uzoraka rezultiraju djelomičnim STR profilima. Kod ovakvih uzoraka svaki dodatni marker ima iznimnu vrijednost jer povećava informativnost analize i vjerojatnost identifikacije osobe kojoj uzorak pripada(53).

Najpolimorfni biljeg u hrvatskoj populaciji je DXS10135 sa ukupno 35 alela (PIC=0.93) od kojih je najčešći alel 25 sa frekvencijom 0.103, a najmanje polimorfan biljeg je DXS8378 (PIC=0.63) a frekvencija 3 najčešća alela iznosi 0.949. Slično je i sa većinom europskih i svjetskih populacija u kojima je DXS10135 također najinformativniji biljeg dok je u populaciji Maroka to bio DXS10146(30, 36, 37, 41, 43, 46). Biljezi DXS8378 i DXS7423 su najmanje informativni biljezi u svim dosadašnjim istraživanjima. Ostali forenzički parametri kao što su MEC Krüger, MEC Kishida i MEC Desmarais Duo pokazuju jako visoke ukupne vrijednosti kako u populaciji Hrvatske, tako i u drugim populacijama, što primjenu X-STR u forenzičkim slučajevima a posebno

u testiranju očinstva čini izrazito korisnima i omogućuje dodatni izvor informacija za sve one slučajeve u kojima na temelju analize autosomalnih biljega nije moguće donijeti odluku o potencijalnom roditeljstvu(36-47, 54).

Zbog specifičnosti postojanja različitog broja kromosoma a samim time alela kod žena i muškaraca u analizi biljega na X kromosomu se primjenjuju dva različita pristupa. Iz tablice 2. u kojoj su prikazani svi zabilježeni haplotipovi u populaciji Hrvatske su izračunati i forenzični parametri prikazani u tablici 3b. Najinformativnija linkage grupa je LG1 (PIC=0.9955), a slijede je redom LG4, LG3 i LG2. Budući se u LG1 nalazi i najinformativniji biljeg ovaj rezultat je donekle očekivan i u skladu je sa rezultatima drugih objavljenih istraživanja napravljenih na 12 X-STR biljega(36-47, 54). Tablice alelnih frekvencija i frekvencija haplotipova po regijama se nalaze u Dodatku disertaciji (Tablica 1.-10. Dodatka).

Ako se pogledaju podaci po regijama onda je u svim regijama najinformativniji biljeg DXS10135 kao što je slučaj i za cjelokupnu studiju s tim da je broj zabilježenih alela po regiji različit i kreće se od 28 koliko ih je zabilježeno u populaciji središnje Hrvatske do 25 koliko ih je zabilježeno u populaciji istočne i zapadne Hrvatske(55-57). U 4 od pet regija najmanje informativan je bio biljeg DXS8378 i samo je u istočnoj Hrvatskoj jednak broj alela zabilježen na dva lokusa: DXS8378 i DXS7423, po 5 alela. Kombinirane vrijednosti svih forenzičkih pokazatelja ne pokazuju značajna odstupanja po regijama niti od ukupne populacije(55-57).

Mjera neravnoteže vezanosti gena (engl. Linkage disequilibrium- LD), odnosno povezanost alela dvaju ili više lokusa koja nije slučajna i koja se pojavljuje u postotku različitome od očekivanoga, pronađena je u populaciji Hrvatske i to na šest parova biljega unutar populacije muškaraca i na četiri para biljega unutar populacije žena. U muškoj populaciji su zabilježeni između sva tri para biljega unutar LG3, dva para biljega u LG4 (DXS10134-DXS10146 i DXS7423-DXS10134) i jedan u LG2 (DXS10079-DXS10074) u populaciji žena unutar četiri para biljega, dva u LG3 (DXS10101-DXS10103 i DXS10101-HPRTB) te dva u LG4 (DXS10134-DXS10146 i DXS7423-DXS10146). Ukupno je u populaciji utvrđena neravnoteža vezanosti gena između sedam različitih parova biljega od ukupno njih 12. Utvrđivanje neravnoteže vezanosti u istraživanjima ovih 12 X-STR biljega upotrebom Investigator Argus X-12 je važna budući da su biljezi unutar svake LG smješteni jako blizu na kromosomu X i trebaju se promatrati kao haplotipovi koji se na potomstvo prenose nepromijenjeni(28). U populacijama u kojima postoji velika genska raznolikost nije uvijek moguće pokazati neravnotežu vezanosti gena jer je potreban jako veliki uzorak(47, 56, 58). Iz tog razloga se u analizi neravnoteže vezivanja gena unutar pojedinih regija LD ne bilježi na više od dva para biljega. Kada se rezultat uspoređi sa ostalim populacijama koje se analizirane primjenom

ovog kita onda se pronalaze slični rezultati i većina populacija neravnotežu vezanosti gena pokazuje na jednom ili do tri para biljega(36, 37, 39, 43-46, 55). Nedostatak potvrde LD u LG1 je donekle očekivan zbog činjenice da je ova grupa najraznolikija i uključuje najveći broj opaženih haplotipova u jednoj LG i potreban je još veći broj uzoraka od analiziranih 549 muškaraca kako bi se neravnoteža vezanosti gena unutar ove grupe dokazala.

Dobivene frekvencije haplotipova 12 X-STR biljega u populaciji Republike Hrvatske su uspoređene sa podacima drugih 13 europskih populacija. Dobivene p vrijednosti ne pokazuju nikakvu statistički značajnu razliku populacije Hrvatske sa drugim populacijama nakon Bonferronijeve korekcije ni u jednoj LG(43, 47, 57). Ovakav rezultat nije iznenađujući i zapravo potvrđuje prethodna istraživanja koja su pokazala da nema većih genetičkih razlika među europskim populacijama kada se uspoređuju podaci dobiveni analizom ovih 12 biljega ukoliko populacija nije bila pod utjecajem neke od populacijskih sila(36, 39, 45). Iz višedimenzionalnog dijagrama skaliranja se uočava tipično grupiranje populacije Hrvatske sa drugim populacijama srednje i sjeverne Europe. Drugačije grupiranje populacije Hrvatske ali i ostalih europskih populacija se dobiva na dijagramu sa autosomalnim STR biljezima gdje se populacije grupiraju u tri organizirane skupine, sjeveroistočnu, sjevernu i južnu skupinu što odgovara i geografskoj rasprostranjenosti ovih populacija.

Kako bismo istražili povezanosti pojedinih regija sa drugim populacijama Europe napravljen je zaseban dijagram koji prikazuje pet hrvatskih regija: sjevernu, središnju, južnu, istočnu i zapadnu uz 13 europskih populacija(59). Pozicioniranje populacija slijeva nadesno na horizontalnoj osi dijagrama odgovara geografskoj rasprostranjenosti ovih populacija od juga prema sjeveru. Južna Hrvatska se tako nalazi unutar raspršenije skupine populacija južne Europe, dok se populacije zapadne, središnje i istočne Hrvatske nalaze u skupini srednjoeuropskih i sjevernoeuropskih populacija. Ovakvo grupiranje se uočava i u prethodnim radovima u kojima su analizirane i uspoređivane populacije(43, 57). Izdvajanje populacije sjeverne Hrvatske od ostalih regija je djelomično vidljivo i iz usporedbe regija međusobno jer su najniže p-vrijednosti primijećene između populacija sjeverne i južne Hrvatske, te sjeverne i istočne Hrvatske (statistički značajne prije Bonferronijeve korekcije)(60). Uz ovo izdvajanje zanimljivo je i to što je populaciji sjeverne Hrvatske najbliža populacija Mađarske. To bi mogao biti odraz geografske blizine ove regije i Mađarske ali i prisnan suživot sjevera Hrvatske i Mađarske za vrijeme trajanja Austro-Ugarske monarhije. Veća genetička sličnost ovih populacija bi se mogla pokazati dodatnim strukturiranjem uzoraka unutar sjeverne Hrvatske i analizom većeg broja uzoraka.

Tijekom istraživanja zabilježena je pojava dvije ili tri alelne varijante kod muških odnosno ženskih uzoraka na jednom ili višestrukim lokusima. Takva pojava više alelnih varijanti je zabilježena u 14 od analiziranih 995 uzoraka što čini postotak od 1.4% (Slike 5.-7. i slike 1.-11. Dodatka). Ova brojka je značajna ako u obzir uzmemo činjenicu da će se u budućnosti analizirati uzorci prikupljeni na mjestu događaja koji često sadrže degradiranu DNA ili se radi o biološkom tragu u kojem su donori DNA dvije ili više osoba. Pojava dodatnih alela na pojedinim biljezima može istražitelje navesti na krivi zaključaj pogotovo u nepotpunim profilima kakvi se često dobivaju u slučajevima. Od navedenih 14 uzoraka, kod njih deset je primijećena pojava dodatnog alela na jednom biljegu a kod njih četiri se dodatni aleli nalaze na većem broju lokusa što sugerira aneuploidiju, odnosno postojanje trećeg kromosoma X. Biljeg DXS10079 se u ovom slučaju pokazuje kao mutacijski „hotspot“ jer je bialelni uzorak kod šest muških profila i trialelni uzorak u dva ženska profila zabilježen upravo na ovom biljegu(46, 54). Najčešći alel u ovim uzorcima je alel 20 koji je ujedno i najučestaliji alel na ovom biljegu u populaciji i on je vjerojatno originalni alel a dodatni aleli su posljedica mutacija. Ova mutacija duljine sekvencije može biti posljedica somatskog mozaicizma, roditeljski prenesena mutacija prilikom nastanka spolnih stanica ili rana embrionalna somatska mutacija. Budući su vrhovi alela približno iste visine na elektroferogramu možemo zaključiti da je njihova početna količina u uzorku jednaka. Ovo ide u prilog teoriji da je do mutacije došlo ili prilikom nastanka i razvoja spolnih stanica ili rano u embriogenezi(61, 62).

Lokus DXS10079 je tetranukleotidni STR biljeg smješten u pericentromernom područje Xq12 okruženo uzvodnim markerom DXS7132 i nizvodni marker DXS10074, s približnom udaljenošću od 2,3 Mb između biljega (61, 63). Kod čovjeka je poznato da su pericentromerne regije od šest do sedam puta bogatije dupliciranim sekvencama od ostalih regija kromosoma(61, 62). Mutacije na DXS10079 u hrvatskoj populaciji ukazuju na duplikaciju male kromosomske regije između biljega DXS7132 i DXS10074 koji se nalaze u ovom dijelu kromosoma. Ovakav duplikacijski događaj na kromosomu X je prethodno opisan u istraživanju utjecaja duplikacije gena na ponašanje muškaraca(64, 65). U tom istraživanju analizirana je sekvencija od 9Mb koja se većim dijelom nalazi u Xq12 regiji. u ovom istraživanju analiziran je i gen za androgeni receptor (AR), koji se nalazi 48 kb nizvodno od lokusa DXS10079 a uzvodno od lokusa DXS10074. AR se u ovom slučaju čini kao najvjerojatniji uzrok pojave bialelnih uzoraka kod muškaraca odnosno trialelnih kod žena. Ekspresija AR-a je povezana s muškom agresijom i kod čovjeka i kod životinja(64, 65). Daljnja istraživanja ovih pojava zbog etičkih ograničenja nisu bila moguća ali u budućnosti je potrebno istražiti povezanost duplikacije ovih dijelova kromosoma X sa pojavom dodatnih alela na ovom biljegu. Da bi biljeg DXS10079 mogao biti potencijalno mutacijsko žarište

potvrđuju i podaci populacijskih studija provedenih na populaciji Grčke, Cabo Verde-a i Njemačke gdje su ovakvih profila pronađeni u puno manjem uzorku populacije u odnosu na Hrvatsku(46, 54, 66).

Kod četiri uzorka, jedan muškarac i tri žene, pronađeni su bialelni, odnosno trialelni uzorci na većem broju biljega. Ovakav profil sugerira postojanje dodatnog kromosoma X s puno većom vjerojatnosti od pojave višestrukih duplikacija na ovih biljezima. Klinefelterov sindrom koji je pronađen kod jednog muškarca od ukupno 549 analiziranih je u skladu sa procjenama pojave ovog sindroma u svjetskoj populaciji koja iznosi 1:500-1:1000 muškaraca. Pojava trialelnih profila kod žena je znatno veća nego što je to slučaj sa procjenama pojave sindroma trostrukog X kod žena čija se incidencija pretpostavlja na 1:1000 slučajeva(67). U ovom istraživanju je sindrom pronađen u tri uzorka od ukupno analiziranih 445 što iznosi 0.67% u odnosu na 0.1% koliko je očekivano. Ovo je možda posljedica ne dijagnosticiranja ovog poremećaja jer u većini slučajeva žene nemaju nikakve probleme u svom razvoju ili imaju blage simptome(67, 68).

6. Zaključak

Primarni cilj ovog istraživanja bio je ustanoviti varijabilnost i heteronomnost STR biljega i haplotipova dvanaest STR biljega smještenih na X kromosomu u populaciji Hrvatske i mogućnost njihove potencijalne primjene u forenzičko-genetičkim analizama. Svi analizirani biljezi bili su u skladu sa Hardy-Weinbergovom ravnotežom a najveću raznolikost pokazuje biljeg DXS10135 sa 35 alelnih varijanti i PIC vrijednosti 0,929327 a sa 7 različitih alela i PIC 0,632163 najmanje polimorfan je biljeg DXS8378. Visoke ukupne vrijednosti svih forenzičnih parametara, $PIC=0,999999998$, $PE=0,999998171$, $PD(\text{žene})=0,9999999999999996$, $PD(\text{muškarci})=0,9999999954$, $MEC\ Krüger=0,9999987$, $MEC\ Kishida=0,999999998$, $MEC\ Desmarais\ Duo=0,999999543$ pokazuju primjerenost i korisnost uvođenja analize X-STR-ova u rutinski posao u kojem ova analiza može pomoći u rješavanju slučajeva.

Sekundarni ciljevi istraživanja bili su utvrđivanje genetičke specifičnosti hrvatske populacije na ispitivanim X-STR biljezima u odnosu na ostale europske populacije i optimizacija procesa analize X-STR biljega u rutinskim forenzičko-genetičkim analizama. U ovom istraživanju tijekom kojeg je analiziran puno veći broj uzoraka nego što je to u istraživanjima koja su rađena na drugim populacijama potvrđena je neravnoteža vezanosti gena između 7 od 12 parova biljega što je veći broj potvrđenog LD nego što je u drugim istraživanjima. U usporedbi sa drugim populacijama nisu uočene statistički značajne razlike sa populacijom Hrvatske što potvrđuje već prije pokazanu genetičku povezanost europskih populacija na X-STR-ovima.

Pojava većeg broja bialelnih i trialelnih profila od očekivanog, posebno na biljegu DXS10079 zahtjeva provođenje dodatnih istraživanja mutacija na ovom lokusu unutar populacije. Osim dodatnih istraživanja potrebno je posvetiti i dodatnu pažnju prilikom analize miješanih tragova kao i degradiranih uzoraka jer ovakvi događaji mogu navesti na krivi trag u istrazi.

Analizirani broj uzoraka od 995 osoba je najopsežnija studija koja je napravljena na jednoj populaciji i svi dobiveni forenzični parametri pokazuju da će u budućnosti primjena analize ovih 12 STR biljega na kromosomu X doprinijeti forenzičnim istragama i biti od važnosti u slučajevima identifikacije nestalih osoba.

Kromosom X je informativno oruđe u populacijskim studijama jer dobrim dijelom odražava geografsku a potom i povijesnu bliskost populacija, no u usporedbi sa populacijskim studijama na autosomalnim i Y- kromosomskim biljezima informativnost biljega na kromosomu X treba biti dodatno ispitana.

7. Literatura

1. Primorac D, Schanfield M, Marjanović D. . Osnove genetike i humane genske varijacije. In: Primorac D, Schanfield M, editor. Forenzična analiza DNA: Interdisciplinarni pristup. Zagreb: Školska knjiga; 2016.
2. Marjanović D, Primorac D, Dogan S. Forensic Genetics: Theory and application. Sarajevo, Bosnia and Herzegovina: International Burch University; 2018. 289 p.
3. Tamarin HR. Principles of Genetics. New York: McGraw-Hill; 2002.
4. Butler JM. Fundamentals of Forensic DNA Typing. San Diego, CA: Elsevier Academic Press; 2010.
5. Primorac D, Schanfield M. Forensic DNA applications: an interdisciplinary approach: CRC Press; 2014. 569 p.
6. Wambaugh J. The Blooding. New York: Bantam Books; 1989.
7. Marjanovic D, Primorac D. Forensic Genetics: Theory and Application. Sarajevo: Lelo Publishing; 2013.
8. Inman K, Rudin N. An introduction to Forensic DNA Analysis. New York: CRC Press; 1997.
9. Goodwin W, Linacre A, Hadi S. An Introduction to Forensic Genetics. Hoboken, NJ: Wiley- Blackwell; 2011.
10. Hares DR. Selection and implementation of expanded CODIS core loci in the United States. Forensic Sci Int-Genet. 2015;17:33-4.
11. Primorac D, Schanfield M. Forensic DNA applications: An interdisciplinary perspective. Boca Raton, FL: CRC press; 2023.
12. Gill P, Kimpton CP, Urquhart A, Oldroyd N, Millican ES, Watson SK, et al. Automated Short Tandem Repeat (STR) Analysis in Forensic Casework - A Strategy for the Future. Electrophoresis. 1995;16(9):1543-52.
13. Schanfield MS, Primorac D, Marjanovic D. Basic Genetics and Human Genetic Variation. In: Primorac D, Schanfield M, editors. Forensic DNA Applications: An Interdisciplinary Perspective. 2nd Edition ed: CRC Press; 2023.
14. Butler JM. Single nucleotide polymorphisms and applications. In: Butler JM, editor. Advanced topics in forensic DNA typing: methodology. San Diego, CA: Academic Press; 2011.
15. Liu L, Li YH, Li SL, Hu N, He YM, Pong R, et al. Comparison of Next-Generation Sequencing Systems. J Biomed Biotechnol. 2012:11.
16. Primorac D, Sarac J, Augustin DH, Novokmet N, Bego T, Pinhasi R, et al. Y Chromosome Story-Ancient Genetic Data as a Supplementary Tool for the Analysis of Modern Croatian Genetic Pool. Genes. 2024;15(6):13.
17. Primorac D, Skaro V, Projic P, Missoni S, Zanki IH, Merkas S, et al. Croatian genetic heritage: an updated Y-chromosome story. Croat Med J. 2022;63(3):273-86.
18. Pagan L, Lawson DJ, Jagoda E, Mörseburg A, Eriksson A, Mitt M, et al. Genomic analyses inform on migration events during the peopling of Eurasia. Nature. 2016;538(7624):238-+.
19. Davis C, Ge JY, Sprecher C, Chidambaram A, Thompson J, Ewing M, et al. Prototype PowerPlex® Y23 System: A concordance study. Forensic Sci Int-Genet. 2013;7(1):204-8.

20. Coble MD, Just RS, O'Callaghan JE, Letmanyi IH, Peterson CT, Irwin JA, et al. Single nucleotide polymorphisms over the entire mtDNA genome that increase the power of forensic testing in Caucasians. *Int J Legal Med.* 2004;118(3):137-46.
21. Holland MM, Fisher DL, Mitchell LG, Rodriguez WC, Canik JJ, Merrill CR, et al. Mitochondrial-DNA Sequence-Analysis of Human Skeletal Remains - Identification of Remains from the Vietnam-War. *J Forensic Sci.* 1993;38(3):542-53.
22. Irwin JA, Saunier JL, Niederstätter H, Strouss KM, Sturk KA, Diegoli TM, et al. Investigation of Heteroplasmy in the Human Mitochondrial DNA Control Region: A Synthesis of Observations from More Than 5000 Global Population Samples. *J Mol Evol.* 2009;68(5):516-27.
23. Ivanov PL, Wadhams MJ, Roby RK, Holland MM, Weedn VW, Parsons TJ. Mitochondrial DNA sequence heteroplasmy in the Grand Duke of Russia Georgij Romanov establishes the authenticity of the remains of Tsar Nicholas II. *Nature Genet.* 1996;12(4):417-20.
24. Andrews RM, Kubacka I, Chinnery PF, Lightowlers RN, Turnbull DM, Howell N. Reanalysis and revision of the Cambridge reference sequence for human mitochondrial DNA. *Nature Genet.* 1999;23(2):147-.
25. Harrison PW, Amode MR, Austine-Orimoloye O, Azov Andrey G, Barba M, Barnes I, et al. Ensembl 2024. *Nucleic Acids Research.* 2023;52(D1):D891-D9.
26. Peter D. Turnpenny, Sian Ellard, Cleaver R. Emery's Elements of Medical Genetics and Genomics, 16th edition. 16 ed. Poland: Elsevier; 2022.
27. Čakar J, Marjanovic D. Forenzička biologija. Sarajevo: Univerzitet u Sarajevu –INGEB; 2023.
28. Szibor R, Krawczak M, Hering S, Edelmann J, Kuhlisch E, Krause D. Use of X-linked markers for forensic purposes. *Int J Legal Med.* 2003;117(2):67-74.
29. Diegoli TM. Forensic Application of X chromosome STRs. In: Primorac D SM, editor. *Forensic DNA Applications: An Interdisciplinary Perspective.* Boca Raton, FL: CRC Press; 2014.
30. Grskovic B, Zidkova A, Stenzl V, Popovic M, Primorac D, Mrcic G. Analysis of 8 X-chromosomal markers in the population of central Croatia. *Croat Med J.* 2013;54(3):238-47.
31. Silva DA, Manta FSN, Desidério M, Tavares C, de Carvalho EF. Paternity testing involving human remains identification and putative half sister: Usefulness of an X-hexaplex STR markers. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2009;2(1):230-1.
32. Pinto N, Gusmao L, Amorim A. X-chromosome markers in kinship testing: A generalisation of the IBD approach identifying situations where their contribution is crucial. *Forensic Sci Int-Genet.* 2011;5(1):27-32.
33. Krawczak M. Kinship testing with X-chromosomal markers: Mathematical and statistical issues. *Forensic Sci Int-Genet.* 2007;1(2):111-4.
34. Schmidtke J, Kühnau W, Wand D, Edelmann J, Szibor R, Krawczak M. Prenatal exclusion without involving the putative fathers of an incestuous father-daughter parenthood. *Prenat Diagn.* 2004;24(8):662-4.
35. Walsh PS, Metzger DA, Higuchi R. Chelex 100 as a Medium for Simple Extraction of DNA for PCR-Based Typing from Forensic Material. *Biotechniques.* 2013;54(3):134-9.

36. Bini C, Riccardi LN, Ceccardi S, Carano F, Sarno S, Luiselli D, et al. Expanding X-chromosomal forensic haplotype frequencies database: Italian population data of four linkage groups. *Forensic Sci Int-Genet.* 2015;15:127-30.
37. Cainé L, Costa S, Pinheiro MF. Population data of 12 X-STR loci in a North of Portugal sample. *Int J Legal Med.* 2013;127(1):63-4.
38. Edelmann J, Lutz-Bonengel S, Naue J, Hering S. X-chromosomal haplotype frequencies of four linkage groups using the Investigator Argus X-12 Kit. *Forensic Sci Int-Genet.* 2012;6(1):E24-E34.
39. Ferragut JF, Bentayebi K, Castro JA, Ramon C, Picornell A. Genetic analysis of 12 X-chromosome STRs in Western Mediterranean populations. *Int J Legal Med.* 2015;129(2):253-5.
40. Horváth G, Zalán A, Kis Z, Pamjav H. A genetic study of 12 X-STR loci in the Hungarian population. *Forensic Sci Int-Genet.* 2012;6(1):E46-E7.
41. Poulsen L, Farzad MS, Borsting C, Tomas C, Pereira V, Morling N. Population and forensic data for three sets of forensic genetic markers in four ethnic groups from Iran: Persians, Lurs, Kurds and Azeris. *Forensic Sci Int-Genet.* 2015;17:43-6.
42. Poulsen L, Tomas C, Drobnic K, Ivanova V, Mogensen HS, Kondili A, et al. NGMSElect™ and Investigator® Argus X-12 analysis in population samples from Albania, Iraq, Lithuania, Slovenia, and Turkey. *Forensic Sci Int-Genet.* 2016;22:110-2.
43. Rebala K, Kotova SA, Rybakova VI, Zabauskaya TV, Shyla AA, Spivak AA, et al. Variation of X-chromosomal microsatellites in Belarus within the context of their genetic diversity in Europe. *Forensic science international Genetics.* 2015;16:105-11.
44. Tillmar AO. Population genetic analysis of 12 X-STRs in Swedish population. *Forensic Sci Int-Genet.* 2012;6(2):E80-E1.
45. Tomas C, Pereira V, Morling N. Analysis of 12 X-STRs in Greenlanders, Danes and Somalis using Argus X-12. *Int J Legal Med.* 2012;126(1):121-8.
46. Tomas C, Skitsa I, Steinmeier E, Poulsen L, Ampati A, Borsting C, et al. Results for five sets of forensic genetic markers studied in a Greek population sample. *Forensic Sci Int-Genet.* 2015;16:132-7.
47. Zidkova A, Capek P, Horinek A, Coufalova P. Investigator® Argus X-12 study on the population of Czech Republic: Comparison of linked and unlinked X-STRs for kinship analysis. *Electrophoresis.* 2014;35(14):1989-92.
48. Excoffier L, Lischer HEL. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Mol Ecol Resour.* 2010;10(3):564-7.
49. Desmarais D, Zhong YX, Chakraborty R, Perreault C, Busque L. Development of a highly polymorphic STR marker for identity testing purposes at the human androgen receptor gene (HUMARA). *J Forensic Sci.* 1998;43(5):1046-9.
50. Kishida T, Wang W, Fukuda M, Tamaki Y. Duplex PCR of the Y-27H39 and HPRT loci with reference to Japanese population data on the HPRT locus. *Nihon hoigaku zasshi = The Japanese journal of legal medicine.* 1997;51(2):67-9.
51. Kruger J, Fuhrmann W, Lichte KH, Steffens C. On the utilization of erythrocyte acid phosphatase polymorphism in paternity evaluation. *Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin.* 1968;64(2):127-46.
52. Szibor R, Hering S, Edelmann J. A new Web site compiling forensic chromosome X research is now online. *Int J Legal Med.* 2006;120(4):252-4.

53. Alaeddini R, Walsh SJ, Abbas A. Forensic implications of genetic analyses from degraded DNA-A review. *Forensic Sci Int-Genet.* 2010;4(3):148-57.
54. Costa HA, Morais P, da Silva CV, Matos S, Santos RM, Espinheira R, et al. X-Chromosome STR markers data in a Cabo Verde immigrant population of Lisboa. *Mol Biol Rep.* 2014;41(4):2559-69.
55. Crnjac J, Ozretic P, Merkas S, Ratko M, Lozancic M, Korolija M, et al. Investigator Argus X-12 study on the population of northern Croatia. *Genet Mol Biol.* 2017;40(1):80-3.
56. Crnjac J, Ozretic P, Merkas S, Ratko M, Lozancic M, Rozic S, et al. Analysis of 12 X-chromosomal markers in the population of central Croatia. *Leg Med.* 2016;21:77-84.
57. Mrcic G, Ozretic P, Crnjac J, Merkas S, Racic I, Rozic S, et al. Analysis of 12 X-STR loci in the population of south Croatia. *Mol Biol Rep.* 2017;44(1):183-9.
58. Szibor R. X-chromosomal markers: Past, present and future. *Forensic Sci Int-Genet.* 2007;1(2):93-9.
59. Takezaki N, Nei M, Tamura K. POPTREE2: Software for Constructing Population Trees from Allele Frequency Data and Computing Other Population Statistics with Windows Interface. *Mol Biol Evol.* 2010;27(4):747-52.
60. Latter BDH. Selection in Finite Populations with Multiple Alleles 3. Genetic Divergence with Centripetal Selection and Mutation. *Genetics.* 1972;70(3):475-&.
61. Kaya N, Colak D, Albakheet A, Al-Owain M, Abu-Dheim N, Al-Younes B, et al. A novel X-linked disorder with developmental delay and autistic features. *Ann Neurol.* 2012;71(4):498-508.
62. Prontera P, Ottaviani V, Isidori I, Stangoni G, Donti E. Xq12-q13.3 duplication: Evidence of a recurrent syndrome. *Ann Neurol.* 2012;72(5):821-2.
63. She XW, Jiang ZX, Clark RL, Liu G, Cheng Z, Tuzun E, et al. Shotgun sequence assembly and recent segmental duplications within the human genome. *Nature.* 2004;431(7011):927-30.
64. Butovskaya ML, Lazebny OE, Vasilyev VA, Dronova DA, Karelin DV, Mabulla AZP, et al. Androgen Receptor Gene Polymorphism, Aggression, and Reproduction in Tanzanian Foragers and Pastoralists. *PLoS One.* 2015;10(8):12.
65. delBarco-Trillo J, Greene LK, Braga Goncalves I, Fenkes M, Wisse JH, Drewe JA, et al. Beyond aggression: Androgen-receptor blockade modulates social interaction in wild meerkats. *Horm Behav.* 2016;78:95-106.
66. Hering S, Augustin C, Edelmann J, Heidel M, Dressler J, Rodig H, et al. DXS10079, DXS10074 and DXS10075 are STRs located within a 280-kb region of Xq12 and provide stable haplotypes useful for complex kinship cases. *Int J Legal Med.* 2006;120(6):337-45.
67. Otter M, Schrandt-Stumpel C, Curfs LMG. Triple X syndrome: a review of the literature. *Eur J Hum Genet.* 2010;18(3):265-71.
68. Wigby K, D'Epagnier C, Howell S, Reicks A, Wilson R, Cordeiro L, et al. Expanding the Phenotype of Triple X Syndrome: A Comparison of Prenatal Versus Postnatal Diagnosis. *Am J Med Genet A.* 2016;170(11):2870-81.

8. Sažetak

Uvod. U genetičkim analizama koje se primjenjuju i koriste u forenzičnim laboratorijima u svijetu primjenjuje se i analiza kratkih tandemskih ponavljanja na kromosomu X. Komercijalni kitovi dostupni na tržištu koji su validirani za primjenu u forenzičnim znanostima, kao što je Investigator Argus X-12, analiziraju 12 STR biljega na X kromosomu i ti biljezi su podijeljeni u četiri povezane grupe- Linkage grupe (LG).

Cilj istraživanja. Cilj istraživanja je ustanoviti varijabilnost i heteronomnost dvanaest STR biljega i haplotipova smještenih na X kromosomu u populaciji Hrvatske i mogućnost njihove potencijalne primjene u forenzičko-genetičkim analizama, ta napraviti usporedbe rezultata sa drugim populacijama.

Materijali i metode. U svrhu izrade nacionalne baze podataka provedena je analiza ovih dvanaest X-STR biljega u populaciji Hrvatske. Teritorij RH je podijeljen u pet geografskih regija i ukupno je analizirano 995 bioloških uzoraka od kojih su 549 muškaraca i 446 žena. Napravljeni su statistički izračuni svih populacijskih i forenzičnih parametara kao i usporedbe populacije Hrvatske sa drugim europskim i svjetskim populacijama.

Rezultati i rasprava. Svi analizirani biljezi su bili u skladu sa Hardy-Weinbergovom ravnotežom a najinformativniji i najpolimorfni biljeg je DXS10135 sa 35 alelnih varijanti i visokom vrijednosti informativnosti od 0,929327 a biljeg DXS8378 je najmanje polimorfan sa samo 7 različitih alela. Neravnoteža vezivanja gena je pokazana u sedam od 12 parova biljega unutar četiri LG. Svi ukupni forenzični parametri imaju visoke vrijednosti, $PIC=0,999999998$, $PE=0,999998171$, $PD(\text{žene})=0,999999999999996$, $PD(\text{muškarci})=0,99999999954$. U odnosu na druge populacije LD je pokazan na većem broju biljega i zbog većeg broja uzoraka svi forenzični parametri pokazuju više vrijednosti.

Zaključak. Rezultati dokazuju primjerenost i snagu analize 12 X-STR biljega na biološkim uzorcima populacije RH i njenu korisnost u slučajevima utvrđivanja identiteta osoba, testiranju očinstva ili utvrđivanja rodbinske povezanosti.

9. Summary

GENETIC ANALYSIS OF TWELVE SHORT TANDEM REPEATS ON X CHROMOSOME IN THE POPULATION OF THE REPUBLIC OF CROATIA

Introduction. In forensic laboratories worldwide, genetic analyses often include short tandem repeat (STR) analysis on the X chromosome. Commercial kits validated for forensic use like the Investigator Argus X-12 kit, are available on the market and allow analysis of 12 STR markers on the X chromosome, divided into four linkage groups (LG).

The Aim of the Research. The aim of the research is to establish the variability and heterogeneity of the twelve STR markers and haplotypes located on the X chromosome in the Croatian population and the possibility of their potential application in forensic genetic analyses, and to compare the results with other populations.

Materials and Methods. For the purpose of creating a national database, these twelve X-STR markers were analysed in the Croatian population. The territory of Croatia was divided into five geographical regions, and a total of 995 biological samples were analysed, including 549 men and 446 women. Statistical calculations of all population and forensic parameters were performed, as well as comparisons of the Croatian population with other European and global populations.

Results and discussion. All analysed markers were in accordance with Hardy-Weinberg equilibrium, and the most informative and polymorphic marker was DXS10135, with 35 allelic variants and a high informativeness value of 0.929327. The marker DXS8378 was the least polymorphic, with only 7 different alleles. Linkage disequilibrium was shown in seven of the 12 marker pairs within the four LGs. Combined forensic parameters had high values, PIC = 0.999999998, PE = 0.999998171, PD (females) = 0.9999999999999996, PD (males) = 0.99999999954. When compared to other populations LD is proven in more marker pairs and forensic parameters are showing greater values.

Conclusion. The results from this research are proving the suitability and strength of this analysis in analysed population and its usefulness in cases of missing person or perpetrator identification, paternity testing, or establishing kinship.

10. Životopis

Životopis

Osobni podaci

Ime i Prezime **Josip Crnjac**
Adresa I.Kozari put XI.odvojak 3 10000 Zagreb
Telefonski broj Broj mobilnoga telefona:
+385 98 1980 136
E-mail josip.crnjac@gmail.com; jcrnjac@forenzika.unist.hr
Državljanstvo Hrvatsko
Datum rođenja 02.05.1984.

Radno iskustvo

Datumi 1.10.2021. – danas.
Zanimanje ili radno mjesto Pomoćnik pročelnika za nastavu
Glavni poslovi i odgovornosti Organizacija nastave i nastavnog procesa na Odjelu
Ime i adresa poslodavca Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti Ruđera Boškovića 33, 21000 Split
Vrsta djelatnosti ili sektor Visoko obrazovanje
Datumi 12.06.2017. - danas
Zanimanje ili radno mjesto predavač
Glavni poslovi i odgovornosti Sudjelovanje u izvođenju nastave i voditelj laboratorija za Forenzičnu genetiku i biologiju
Ime i adresa poslodavca Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti Ruđera Boškovića 33, 21000 Split
Vrsta djelatnosti ili sektor Visoko obrazovanje
Datumi 01.06.2011.- 11.6.2013
Zanimanje ili radno mjesto Znanstveni novak

Glavni poslovi i odgovornosti	Rad na znanstvenom projektu
Ime i adresa poslodavca	Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti Ruđera Boškovića 33, 21000 Split
Vrsta djelatnosti ili sektor	Visoko obrazovanje
Datumi	01.11.2009.
Zanimanje ili radno mjesto	Volonter na projektu
Glavni poslovi i odgovornosti	Rad na znanstvenom projektu
Ime i adresa poslodavca	KBC Split, Spinčićeva 1, 21000 Split
Obrazovanje i osposobljavanje	
Datumi	2013.-2024.
Naziv dodijeljene kvalifikacije	Doktorska škola TRIBE, Medicinski fakultet u Splitu
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Medicinski fakultet u Split
Razina prema nacionalnoj ili međunarodnoj klasifikaciji	Doktorat znanosti
Datumi	2003-2009.
Naziv dodijeljene kvalifikacije	Prof. biologije
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Prirodoslovno- matematički fakultet u Zagrebu
Razina prema nacionalnoj ili međunarodnoj klasifikaciji	Visoka stručna sprema
Datumi	1999.-2003.
Naziv dodijeljene kvalifikacije	Maturant
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Gimnazija fra."Dominika Mandića" Široki Brijeg, BiH
Razina prema nacionalnoj ili međunarodnoj klasifikaciji	Srednja stručna sprema

Datumi	2014-2016
Naziv dodijeljene kvalifikacije	Stručnjak za analizu bioloških tragova
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	MUP, Centar za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja "Ivan Vučetić", Zagreb
Datumi	2014
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Radionica iz forenzične entomologije, Sveučilište Nikola Kopernik, Torun, Poljska
Datumi	2011
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Napredna analiza tragova krvi, Sveučilište New Haven, CT, USA
Datumi	2010
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Tečaj edukacije edukatora, Medicinski fakultet u Splitu
Datumi	2010.
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Tečaj iz medicinske anatomije II, KBC Split
Datumi	2010.
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Tečaj iz medicinske anatomije I, KBC Split
Datumi	2010.
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Obuka za analizu DNK iz kosti i krvi, KBC Split
Publikacije	<p>1. Anđelinović, Šimun ; Banovac, Ana ; Bašić, Željana ; Bečić, Kristijan ; Bošnjak Botica, Tomislava ; Crnjac, Josip ; Jerković, Ivan ; Kružić, Ivana ; Lozina, Ante ; Ljubić, Toni et al. Pojmovnik kriminalistike i forenzike. Zagreb : Split: Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje - Sveučilište u Splitu, 2023</p> <p>2. Markotić, Alemka; Ivan-Christian; Cvetko Krajinović, Lidija; Crnjac, Josip; Kurolt le Duc, James W.; Bioterrorism and Microbial Forensics. In: Forensic DNA Applications: An Interdisciplinary perspective, 2nd edition. Boca Raton, FL, USA. CRC Press.</p> <p>3. Belobrajdić, Mia ; Vugdalić, Dženita ; Boras, Jadranko, Skok, Damir ; Paladin, Antonela ; Slišković, Livia ; Jerković, Ivan ; Crnjac, Josip Validation of Seratec Hemdirect on animal blood // Journal of bioanthropology, 2022. str. 235-235</p>

4. Baketić, Ante ; Šimić, Sitpe ; Ljubić, Toni ; Kružić, Ivana ; Anđelinović, Šimun ; Bulić, Miloslav ; Šimić, Stipe ; Šutalo, Slaven ; Bašić, Željana ; Doko, Davor et al.
Forenzička analiza tragova krvi. Split: Slobodna Dalmacija, 2021
5. Mršić, Gordan ; Ozretić, Petar ; Crnjac, Josip ; Merkaš, Siniša ; Sukser, Viktorija ; Račić, Ivana ; Rožić, Sara ; Barbarić, Lucija ; Popović, Maja ; Korolija, Marina
Expanded Croatian 12 X-STR loci database with an overview of anomalous profiles // Forensic science international. Genetics, 34 (2018), 249-256. doi: 10.1016/j.fsigen.2018.03.004
6. Korolija, Marina ; Ozretić, Petar ; Crnjac, Josip ; Merkaš, Siniša ; Račić, Ivana ; Rožić, Sara ; Sukser, Viktorija ; Barbarić, Lucija ; Popović, Maja ; Mršić, Gordan
12 X-chromosome STR markers in the population of south Croatia // 10th ISABS Conference on Forensic and Anthropologic Genetics and Mayo Clinic Lectures in Individualized Medicine.
Zagreb: International Society for Applied Biological Sciences (ISABS), 2017. str. 132-132
7. Korolija, Marina ; Ozretić, Petar ; Crnjac, Josip ; Merkaš, Siniša ; Račić, Ivana ; Rožić, Sara ; Sukser, Viktorija ; Barbarić, Lucija ; Popović, Maja ; Mršić, Gordan
Aberrant X-chromosome STR profiles detected in the Croatian sample pool // 10th ISABS Conference on Forensic and Anthropologic Genetics and Mayo Clinic Lectures in Individualized Medicine.
Zagreb: International Society for Applied Biological Sciences (ISABS), 2017. str. 133-133
8. Mršić, Gordan ; Ozretić, Petar ; Crnjac, Josip ; Merkaš, Siniša ; Račić, Ivana ; Rožić, Sara ; Sukser, Viktorija ; Popović, Maja ; Korolija, Marina
Analysis of 12 X-STR loci in the population of south Croatia // Molecular biology reports, 44 (2017), 1; 183-189. doi: 10.1007/s11033-017-4096-1
9. Crnjac, Josip ; Ozretić, Petar ; Merkaš, Siniša ; Ratko, Martina ; Lozančić, Mateja ; Korolija, Marina ; Popović, Maja ; Mršić, Gordan
Investigator Argus X-12 study on the population of northern Croatia // Genetics and molecular biology, 40 (2017), 1; 80-83. doi: 10.1590/1678-4685-gmb-2015-0261
10. Crnjac, Josip ; Ozretić, Petar ; Merkaš, Siniša ; Ratko, Martina ; Lozančić, Mateja ; Rožić, Sara ; Špoljarić, Daniel ; Korolija, Marina ; Popović, Maja ; Mršić, Gordan
Analysis of 12 X-chromosomal markers in the population of central Croatia // Legal Medicine, 21 (2016), 77-84. doi: 10.1016/j.legalmed.2016.07.001
11. Špoljarić, Branimira ; Popović, Maja ; Crnjac, Josip ; Žderić Savatović, Zrinka ; Ratko, Martina ; Lozančić, Mateja ; Jurak, Matea ; Špoljarić, Igor ; Špoljarić, Daniel ; Mršić, Gordan
Gleaning a human DNA profile from trace swabs collected from animal hairs // Acta veterinaria (Beograd), 66 (2016), 2; 187-202. doi: 10.1515/acve-2016-0016

12. Jurak, Matea ; Mršić, Gordan ; Crnjac, Josip ; Popović, Iva ; Žderić Savatović, Zrinka ; Lozančić, Mateja ; Rabić, Domagoj ; Ratko, Marina ; Popović, Maja ; Vlahović, Ksenija et al.
 Određivanje humanog DNA profila na osnovi izuzetog traga s dlake psa // Zbornik radova Veterinarski dani 2015..
 Zagreb: Hrvatska veterinarska komora ; Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2015. str. 157-168
13. Jurak, Matea ; Špoljarić, Daniel ; Mršić, Gordan ; Crnjac, Josip ; Merkaš, Siniša ; Makar, Adela ; Popović, Maja
 Determination of human DNA profiles based on exempted traces with sheep runes // Book of abstracts The 6th international congress "Veterinary science and profession".
 Zagreb: Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2015. str. 102-102
14. Tominac-Trcin, Mirna ; Dekaris, Iva ; Mijović, Budimir ; Bujić, Marina ; Zdraveva, Emilija ; Dolenc, Tamara ; Pauk-Gulić, Maja ; Primorac, Dragan ; Crnjac, Josip ; Špoljarić, Daniel et al.
 Human Limbal Epithelial Cells Cultured on Different Scaffolds // 9th ISABS Conference, Book of Abstracts.
 2015
15. Makar, Adela ; Uvodić, Petra ; Oblesćuk, Igor ; Plivelić, Marina ; Boričević, Ivana ; Valić, Marija ; Rožić, Sara ; Sukser, Viktorija ; Popović, Maja ; Crnjac, Josip et al.
 Comparison of DIPs and STRs detection in human remains // 9th ISABS, Book of abstracts.
 2015. str. 116-116
16. Makar, Adela ; Merkaš, Siniša ; Uvodić, Petra ; Kozar-Filić, Jelena ; Ortynski, Nataša ; Crnjac, Josip ; Papić, Sunčica ; Popović, Maja ; Boričević, Ivana ; Abramović, Marko Krešimir et al.
 VALIDATION OF TWO PRESUMPTIVE TESTS FOR BLOOD // 9th ISABS, Book of abstracts.
 2015. str. 115-115
17. Špoljarić, Daniel ; Ratko, Martina ; Lozančić, Mateja ; Rožić, Sara ; Sukser, Viktorija ; Crnjac, Josip ; Merkaš, Siniša ; Papić, Sunčica ; Jurak, Matea ; Mršić, Gordan et al.
 Animal hair as a source of human DNA // 9th ISABS, Book of abstracts.
 2015. str. 114-114
18. Crnjac, Josip ; Merkaš, Siniša ; Rožić, Sara ; Sukser, Viktorija ; Špoljarić, Daniel ; Popović, Maja ; Anđelinović, Šimun ; Primorac, Dragan ; Mršić, Gordan
 Analysis of 12 X- chromosome STR LOCI with reduced PCR sample volume // 9th ISABS, Book of abstracts.
 2015. str. 112-112
19. Abramović, Marko Krešimir ; Barbarić, Lucija ; Valić, Marija ; Merkaš, Siniša ; Rožić, Sara ; Sukser, Viktorija ; Uvodić, Petra ; Crnjac, Josip ; Popović, Maja ; Ortynski, Nataša et al.
 Validation of EZ1® Advanced XL workstation using EZ1 Investigator Kit // International Society for Applied Biological Sciences, Program and

Abstracts, 9th ISABS Conference on Forensic, Anthropological Genetics and Mayo Clinic Lectures in Individualized Medicine.

Zagreb: Grafički zavod Hrvatske, 2015. str. 113-113

20. Hincak, Zdravka ; Špoljarić, Igor ; Bačić, Ivana ; Mršić, Gordan ; Mihelić, Damir ; Popović, Maja ; Durman, Aleksandar ; Hutinec, Mirela ; Roksandić, Danijela ; Crnjac, Josip

What Has Forensics Got To Do with Archaeology: A Human Skeletal Remains from the Early Bronze Age Site Vučedol (Vukovar, Croatia) // Abstracts of Forensic Forums 2015.

London : Delhi: EuroSciCon, 2015. str. 13-14

21. Tominac Trcin, Mirna ; Dekaris, Iva ; Mijović, Budimir ; Bujić, Marina ; Zdraveva, Emilija ; Dolenc, Tamara ; Pauk-Gulić, Maja ; Primorac, Dragan ; Crnjac, Josip ; Špoljarić, Branimira et al.

Synthetic vs natural scaffolds for human limbal stem cell cultivation // Croatian medical journal, 56 (2015), 3; 246-256. doi:

10.3325/cmj.2015.56.246

22. Kovšca Janjatović, Ana ; Mršić, Gordan ; Pirkić, Boris ; Kiš, Ivana ; Capak, Darko ; Gredelj Šimec, Njetočka ; Kezić, Dubravko ; Špoljarić, Daniel ; Crnjac, Josip ; Popović, Maja

Subconjunctival application of allogenic limbal cells in dogs with corneal disorders // Veterinarski arhiv, 85 (2015), 5; 547-561

23. Špoljarić, Daniel ; Srećec, Siniša ; Kardum Paro, Mirjana Mariana ; Čop, Maja Jelena ; Mršić, Gordan ; Šimpraga, Borka ; Sokolović, Marijana ; Crnjac, Josip ; Špiranec, Špiranec ; Popović, Maja

The effects of feed supplemented with *Agaricus bisporus* on health and performance of fattening broilers // Veterinarski arhiv, 85 (2015), 3; 309-322

24. Kujundžić, Megi ; Popović, Maja ; Pajurin, Luka ; Špoljarić, Daniel ; Mihelić, Damir ; Špiranec, Katarina ; Crnjac, Josip ; Mršić, Gordan

Utvrđivanje jedinstvenog identifikacijskog profila praseta na osnovi izuzetog otiska rila (planum rostrale) // Zbornik radova veterinarski dani 2014.

2014. str. 181-191

25. Popović, Maja ; Mršić, Gordan ; Tominac Trcin, Mirna ; Karadjole, Tugomir ; Špoljarić, Igor ; Kujundžić, Megi ; Špoljarić, Daniel ; Kezić, Dubravko ; Vlahović, Ksenija ; Mihelić, Damir et al.

Amnijska membrana kao prirodni nosač za in vitro kultivaciju limbalnih stanica psa // Zbornik radova Veterinarski dani 2014.

2014. str. 175-180

26. Berić Lerotić, Sanja ; Popović, Maja ; Mršić, Gordan ; Špoljarić, Daniel ; Špiranec, Katarina ; Crnjac, Josip ; Lerotić, Ivan ; Čuk, Ana ; Pirkić, Boris ; Musolin, Andrija et al.

Utjecaj sevoflurana na kinetiku Cd45+ stanica periferne krvi kunića // Zbornik, Veterinarski dani 2014.

2014. str. 161-165

27. Mršić, Gordan ; Špoljarić, Daniel ; Čop, Maja, Špoljarić, Igor ; Srećec, Siniša ; Lerotić- Berić, Sanja ; Cvrtila Fleck, Željka ; Špiranec, Katarina ; Gršković, Branka ; Živković, Mario ; Crnjac, Josip et al.

Prirodne alternative antibiotskim promotorima rasta u stočnoj hrani kao ekološki odabir za dobrobit zdravlja životinja i ljudi, te gospodarstva // Međuzupanijska izložba inovacija Ivanić Grad Ivanić Grad, Hrvatska, 29.05.2014-30.05.2014

28. Gršković, Branka ; Markulin, Dora ; Zidkova, Anastasiya ; Crnjac, Josip ; Anđelinović, Šimun ; Marijanović, Inga ; Tomašević, Luka ; Popović, Maja ; Primorac, Dragan ; Mršić, Gordan

Impact of Donor Age, Gender and Handling Time on the DNA Concentration Left on Different Surfaces // International journal of biomedicine, 4 (2014), 3; 169-174

29. Anđelinović, Šimun ; Janković, Stipan ; Vilović, Katarina ; Mihanović, Frane ; Anterić, Ivana ; Bašić, Željana ; Ferenček, Zoran ; Mršić, Gordan ; Crnjac, Josip

Virtual autopsy and forensic anthropology of mummified catholic saints in Croatia // Program and abstracts of The eighth International Society for Applied Biological Sciences (ISABS) conference in forensic, anthropologic and medical genetics and Mayo clinic lectures in translational medicine. Split: International Society for Applied Biological Sciences (ISABS), 2013. str. 45-45

30. Anđelinović, Šimun ; Janković, Stipan ; Vilović, Katarina ; Mihanović, Frane ; Anterić, Ivana ; Bašić, Željana ; Crnjac, Josip ; Ferenček, Zoran ; Fenomen neraspadnutosti Svetih Tijela i važnost znanstvene obrade relikvija.

2012

31. Crnjac, Josip ; Kučinić, Mladen ; Petrovečki, Vedrana ; Mičetić Stanković, Vlatka

A preliminary study of forensic entomology in Croatia // Book of Abstracts of SIEEC22. Zagreb, 2011. str. 49-49

32. Crnjac, Josip

Razvoj strvinarskih vrsta kukaca i njihova upotreba u forenzici / Petrovečki, Vedrana (mentor). Zagreb, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2009

Osobne vještine i kompetencije

Materinski jezik

Hrvatski

Drugi jezici

1. **Engleski**
2. **Njemački**

Samoprocjena

Europska razina ()*

Razumijevanje		Govor		Pisanje
Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	

Jezik	C2	ENGLISKI	C2	ENGLISKI	C2	ENGLISKI	C2	ENGLISKI	C2	ENGLISKI
Jezik	B1	NJEMAČKI	B1	NJEMAČKI	B1	NJEMAČKI	B1	NJEMAČKI	B1	NJEMAČKI

(*) [Zajednički europski referentni okvir za jezike](#)

Društvene vještine i kompetencije	<p>Sudjelovanje u izvođenju nastave na poslijediplomskom doktorskom studiju „Medicinsko pravo“ na kolegijima “Sudska medicina” i “CSI- medicinska kriminalistika”.</p> <p>Sudjelovanje u izvođenju nastave na prijediplomskom i diplomskom studiju Forenzika Sveučilišnog odjela za forenzične znanosti, Sveučilišta u Splitu na sljedećim kolegijima: Biologija u forenzičnim znanostima, Laboratorijska obrada tragova, Biosigurnost i biozaštita, Istraživački rad u Forenzičnoj kemiji i molekularnoj genetici, Populacijska genetika, Bioterorizam, Forenzična genetika I i II. Forenzična entomologija.</p> <p>Član Američke akademije za forenzične znanosti Rizničar i član Hrvatskog društva za humanu genetiku Pridruženi član Hrvatskog liječničkog zbora Predsjednik Udruge “Hrvatski identitet” Položen 8.KYU u karateu</p>
Organizacijske vještine i kompetencije	<p>Voditelj laboratorija za forenzičnu genetiku i biologiju pri Sveučilišnom odjelu za forenzične znanosti Sudjelovanje u provedbi projektnih aktivnosti stručnih i znanstvenih projekata iz područja DNA analize. Sudjelovanje u organizaciji međunarodnog kongresa ISABS 2011 i 2013. Član organizacijskog odbora ISABS-a 2015. 2017., 2019., 2022. i 2024. godine. Član organizacijskog odbora Festivala znanosti 2017.-2019, Split. Organizacija međunarodnih radionica iz područja forenzike u suradnji ISABS-a, Američke akademije forenzičnih znanosti i MUP-a RH 2019., 2022. i 2024. Održavanje različitih popularno znanstvenih predavanja i radionica iz područje genetike i forenzike učenicima osnovnih i srednjih škola kao i široj populaciji kroz aktivnosti u sklopu Festivala znanosti 2013.-2023., Noći istraživača 2014. i 2015., 2018.-2023. te projekata Udruge „Hrvatski identitet“</p>
Računalne vještine i kompetencije	<p>Rad sa računalom u Windows i iOS operacijskom sustavu. Korištenje paketa Microsoft Office te rad u programu Osirix.</p>

Vozačka dozvola | B

11.Dodatak

Tablica 1. Alelne frekvencije 12 X-STR biljega u populaciji središnje Hrvatske, N=200

Allele	LG1			LG2			LG3			LG4			Allele
	DXS10148	DXS10135	DXS8378	DXS7132	DXS10079	DXS10074	DXS10103	HPRTB	DXS10101	DXS10146	DXS10134	DXS7423	
7						0,0367							7
8						0,1533		0,0033					8
9			0,0167			0,0067		0,0300					9
10			0,3267					0,0100					10
11			0,3467	0,0067		0,0033		0,1033					11
12			0,2733	0,1067		0,0067		0,3233					12
13			0,0367	0,3133		0,0133		0,3133			0,0967		13
13,3	0,0033												13,3
14				0,3467	0,0066	0,0100	0,0033	0,1833				0,3233	14
15		0,0033		0,1767	0,0233	0,0667	0,0133	0,0267				0,4100	15
16		0,0033		0,0400	0,0299	0,2167	0,0967	0,0067				0,1400	16
17		0,0133		0,0100	0,0864	0,2567	0,1067					0,0300	17
17,1	0,0033												17,1
18	0,1362	0,0400			0,1329	0,1633	0,1800						18
18,1		0,0033											18,1
19	0,0299	0,0667			0,2458	0,0567	0,4400						19
19,1		0,0033											19,1
20	0,0133	0,0400			0,2591	0,0100	0,1333						20
20,1		0,0300											20,1
21		0,0733			0,1595		0,0267						21
21,1		0,0200											21,1
22		0,0567			0,0498								22
22,1	0,0166	0,0067											22,1
23	0,0399	0,0833			0,0066								23
23,1	0,0465	0,0133											23,1
23,2									0,0033				23,2

24	0,0399	0,0900			0,0067	0,0033	24
24,1	0,1429						24,1
25		0,1067			0,0870		25
25,1	0,1761	0,0067					25,1
25,2				0,0133			25,2
26		0,0900			0,1171	0,0033	26
26,1	0,1429						26,1
26,2	0,0033	0,0033		0,0067			26,2
27		0,0867		0,0033	0,1137		27
27,1	0,1229						27,1
27,2				0,0600			27,2
28		0,0567		0,0200	0,1505	0,0033	28
28,1	0,0432						28,1
28,2				0,1233			28,2
29		0,0433		0,0133	0,1672		29
29,1	0,0233						29,1
29,2				0,1633			29,2
29,3				0,0033			29,3
30		0,0300		0,0300	0,0836	0,0033	30
30,1	0,0066						30,1
30,2				0,1633			30,2
31		0,0167		0,1000	0,0635	0,0133	31
31,1	0,0033						31,1
31,2				0,0967			31,2
32		0,0033		0,0633	0,0033	0,0033	32
32,1	0,0033						32,1
32,2				0,0467			32,2
33				0,0533		0,0533	33
33,2				0,0167	0,0033		33,2
34		0,0033		0,0167		0,1367	34
34,2				0,0033			34,2
35						0,2067	35
35,2						0,0033	35,2
35,3						0,0033	35,3

36											0,1967		36
36,1	0,0033												36,1
37											0,1567		37
37,1											0,0033		37,1
37,2										0,0033	0,0067		37,2
37,3											0,0067		37,3
38											0,0600		38
38,3											0,0233		38,3
39											0,0100		39
39,2										0,0468			39,2
39,3											0,0367		39,3
40											0,0033		40
40,2										0,0167			40,2
40,3											0,0267		40,3
41											0,0033		41
41,2										0,0201			41,2
41,3											0,0133		41,3
42,2										0,0033			42,2
42,3											0,0133		42,3
43,2										0,0234			43,2
43,3											0,0067		43,3
44,2										0,0468			44,2
45,2										0,0134			45,2
46,2										0,0167			46,2
47,2		0,0067								0,0100			47,2
48,2										0,0033			48,2
Ho	0,8900	0,9500	0,7200	0,7800	0,8788	0,7900	0,7900	0,8000	0,8900	0,8586	0,8500	0,7800	Ho
He	0,8854	0,9405	0,7000	0,7441	0,8244	0,8252	0,7424	0,7594	0,8999	0,8995	0,8634	0,7011	He
P	0,4629	0,5098	0,1447	0,7471	0,3682	0,1636	0,0805	0,5354	0,2090	0,7976	0,5949	0,3987	P
SD	0,0004	0,0003	0,0003	0,0005	0,0004	0,0002	0,0002	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002	0,0005	SD

Tablica 2. Alelne frekvencije 12 X-STR biljega u populaciji sjeverne Hrvatske, N=201

Alel	LG1			LG2			LG3		LG4			Alel	
	DXS10148	DXS10135	DXS8378	DXS7132	DXS10079	DXS10074	DXS10103	HPRTB	DXS10101	DXS10146	DXS10134		DXS7423
7						0,0563							7
8						0,1391							8
9			0,0265			0,0099		0,0166					9
10			0,3079					0,0066					10
11			0,4139	0,0132		0,0033		0,1093					11
11,2								0,0033					11,2
12			0,2152	0,1358				0,3709					12
13			0,0331	0,2881		0,0099		0,2815				0,1258	13
14	0,0066			0,3311	0,0033	0,0066		0,1457				0,3245	14
15			0,0033	0,1887	0,0166	0,0828	0,0099	0,0464				0,3775	15
16		0,0066		0,0364	0,0397	0,2616	0,0960	0,0199		0,0033		0,1391	16
17	0,0199	0,0099		0,0066	0,0828	0,2450	0,0662					0,0331	17
17,1		0,0033											17,1
18	0,1196	0,0099			0,1623	0,1225	0,1854						18
19	0,0199	0,0397			0,2450	0,0430	0,4305						19
19,1		0,0166											19,1
20	0,0033	0,0397			0,2715	0,0199	0,1921						20
20,1		0,0232											20,1
21		0,1060			0,1159		0,0199						21
21,1		0,0033											21,1
22		0,0662			0,0530								22
22,1	0,0033	0,0066											22,1
23	0,0399	0,1325			0,0099								23
23,1	0,0465	0,0033											23,1
24	0,0266	0,0695								0,0132			24
24,1	0,1462												24,1
25	0,0033	0,1026								0,0695	0,0033		25

25,1	0,1728							25,1
25,2					0,0166			25,2
26	0,0066	0,0861				0,1656		26
26,1	0,1429	0,0033						26,1
26,2					0,0132			26,2
27		0,0464			0,0132	0,0993		27
27,1	0,1395							27,1
27,2					0,0530			27,2
28	0,0033	0,0530			0,0199	0,1589		28
28,1	0,0698							28,1
28,2	0,0033				0,1192			28,2
29		0,0662			0,0166	0,1589		29
29,1	0,0199	0,0033				0,0033		29,1
29,2					0,1325			29,2
30		0,0596			0,0464	0,0629		30
30,2					0,1457			30,2
31		0,0298			0,0497	0,0397	0,0199	31
31,1	0,0066							31,1
31,2					0,1556			31,2
32		0,0033			0,1225	0,0066	0,0066	32
32,2					0,0464			32,2
33		0,0066			0,0232		0,0662	33
33,2					0,0033	0,0033		33,2
34		0,0033			0,0166		0,1788	34
34,2					0,0033			34,2
35					0,0033		0,1391	35
36							0,2384	36
36,2							0,0033	36,2
36,3							0,0033	36,3
37							0,1788	37
37,2						0,0066	0,0099	37,2
38							0,0397	38

38,3											0,0066	38,3
39											0,0298	39
39,2										0,0397		39,2
39,3											0,0132	39,3
40											0,0033	40
40,2										0,0232		40,2
40,3											0,0166	40,3
41,1											0,0033	41,1
41,2										0,0099		41,2
41,3											0,0232	41,3
42,2										0,0166		42,2
42,3											0,0099	42,3
43,2										0,0364		43,2
43,3											0,0033	43,3
44,2										0,0364	0,0033	44,2
44,3												44,3
45,2										0,0066		45,2
46										0,0033		46
46,2										0,0364		46,2

Ho	0,8600	0,9500	0,6800	0,7600	0,8300	0,7900	0,7200	0,7900	0,8800	0,8800	0,8500	0,7000	Ho
He	0,8913	0,9269	0,6884	0,7484	0,8257	0,8174	0,7355	0,7567	0,8955	0,8927	0,8358	0,7186	He
<i>P</i>	0,3332	0,1579	0,8521	0,8068	0,4302	0,8783	0,2821	0,4568	0,4931	0,6272	0,2585	0,2865	<i>P</i>
SD	0,0003	0,0001	0,0003	0,0004	0,0004	0,0003	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0002	0,0004	SD

Tablica 3. Alelne frekvencije 12 X-STR biljega u populaciji južne Hrvatske, N=197

Alel	DXS10148	DXS10135	DXS8378	DXS7132	DXS10079	DXS10074	DXS10103	HPRTB	DXS10101	DXS10146	DXS10134	DXS7423	Alel
7						0,0644							7
8						0,1763		0,0068					8
9			0,0102					0,0102					9
10			0,3254			0,0034		0,0034					10
11			0,3458	0,0102				0,1356					11
12			0,2780	0,1017				0,3186					12
13			0,0373	0,2678		0,0068		0,2881				0,0644	13
14			0,0034	0,4000	0,0100	0,0203		0,1864				0,3017	14
15				0,1695	0,0100	0,0712	0,0169	0,0441				0,4034	15
16		0,0034		0,0441	0,0600	0,2305	0,1051	0,0068				0,2000	16
17	0,0034	0,0203		0,0068	0,0667	0,2000	0,0814					0,0203	17
17,1		0,0102											17,1
18	0,1458	0,0305			0,1733	0,1729	0,2237					0,0102	18
18,1		0,0034											18,1
19	0,0203	0,0915			0,2200	0,0373	0,3763						19
19,1		0,0136											19,1
20	0,0034	0,0644			0,2667	0,0169	0,1695						20
20,1		0,0169											20,1
21		0,1492			0,1400		0,0237						21
21,1		0,0068											21,1
22	0,0034	0,0678			0,0467		0,0034						22
22,1	0,0102	0,0169											22,1
23	0,0169	0,0441			0,0067								23
23,1	0,0610												23,1
24	0,0271	0,0746								0,0068			24
24,1	0,1322	0,0034											24,1
25	0,0034	0,0949								0,0407			25
25,1	0,2000												25,1
25,2									0,0034				25,2

26		0,0678			0,0847		26
26,1	0,1356			0,0034			26,1
26,2				0,0169			26,2
27		0,0712		0,0068	0,1288		27
27,1	0,1186						27,1
27,2				0,0407			27,2
28		0,0542		0,0407	0,1864		28
28,1	0,0678						28,1
28,2				0,1559			28,2
29		0,0542		0,0475	0,1559		29
29,1	0,0441						29,1
29,2				0,1661			29,2
30		0,0136		0,0305	0,0847		30
30,1	0,0034						30,1
30,2				0,1119			30,2
31		0,0102		0,0780	0,0441	0,0169	31
31,1	0,0034						31,1
31,2				0,1153			31,2
32		0,0102		0,0678	0,0102	0,0034	32
32,2				0,0305			32,2
33		0,0034		0,0678	0,0034	0,0439	33
33,2				0,0034	0,0136		33,2
34		0,0034		0,0034		0,1081	34
34,1					0,0034		34,1
34,2				0,0034			34,2
35				0,0068		0,1689	35
36						0,2466	36
37						0,1588	37
38						0,1047	38
38,2					0,0034	0,0034	38,2
38,3						0,0101	38,3
39						0,0236	39

39,2										0,0407			39,2
39,3											0,0169		39,3
40											0,0034		40
40,2										0,0373			40,2
40,3											0,0507		40,3
41													41
41,2										0,0102			41,2
41,3											0,0304		41,3
42													42
42,2										0,0271			42,2
42,3											0,0034		42,3
43													43
43,2										0,0203			43,2
43,3											0,0068		43,3
44													44
44,2										0,0542			44,2
45													45
45,2										0,0203			45,2
46													46
46,2										0,0169			46,2
47													47
47,2										0,0068			47,2

Ho	0,8265	0,9286	0,7143	0,7959	0,8878	0,8265	0,7551	0,7755	0,8776	0,8866	0,8980	0,6735	Ho
He	0,8837	0,9263	0,6946	0,7449	0,8258	0,8414	0,7547	0,7514	0,9019	0,8993	0,8667	0,7000	He
P	0,3257	0,0371	0,5286	0,7556	0,5871	0,4694	0,9186	0,3802	0,6878	0,0081	0,1990	0,0793	P
SD	0,0004	0,0001	0,0005	0,0004	0,0006	0,0005	0,0003	0,0005	0,0004	0,0001	0,0002	0,0003	SD

Tablica 4. Alelne frekvencije 12 X-STR biljega u populaciji istočne Hrvatske, N=203

Alel	DXS10148	DXS10135	DXS8378	DXS7132	DXS10079	DXS10074	DXS10103	HPRTB	DXS10101	DXS10146	DXS10134	DXS7423	Alel
7						0,0561							7
8						0,1881		0,0066					8
9			0,0330			0,0066		0,0198					9
10			0,3168	0,0033		0,0033		0,0099					10
11			0,3564	0,0198				0,1188					11
12			0,2871	0,0924				0,3102					12
13			0,0066	0,2772	0,0033	0,0132		0,3135				0,1122	13
14				0,3366	0,0066	0,0099		0,1650				0,3069	14
15		0,0033		0,2277	0,0099	0,0627	0,0165	0,0495				0,3993	15
16		0,0033		0,0363	0,0693	0,2310	0,1056	0,0066				0,1617	16
17		0,0198		0,0066	0,0759	0,2409	0,1320					0,0198	17
18	0,1221	0,0297			0,1584	0,1386	0,1782						18
18,1		0,0033											18,1
19	0,0132	0,0561			0,2475	0,0429	0,4389						19
19,1		0,0165											19,1
19,2					0,0033								19,2
20	0,0099	0,0561			0,2409	0,0066	0,1221						20
20,1		0,0198											20,1
21	0,0033	0,0891			0,1221		0,0066						21
21,1	0,0033	0,0165											21,1
22	0,0033	0,0660			0,0363								22
22,1	0,0165	0,0198											22,1
23	0,0231	0,0957			0,0231								23
23,1	0,0792												23,1
24	0,0132	0,0693			0,0033					0,0099			24
24,1	0,1617	0,0033											24,1
24,2									0,0033				24,2
25		0,1155								0,0726			25

25,1	0,1683					25,1	
25,2				0,0099		25,2	
26		0,0693			0,0990	26	
26,1	0,1254					26,1	
26,2				0,0033		26,2	
27		0,0660		0,0132	0,1221	27	
27,1	0,1518					27,1	
27,2				0,0297		27,2	
28		0,0462		0,0264	0,1782	28	
28,1	0,0693					28,1	
28,2				0,1155		28,2	
29		0,0726		0,0264	0,1452	29	
29,1	0,0231					29,1	
29,2				0,1683		29,2	
30		0,0231		0,0561	0,0924	30	
30,1	0,0132					30,1	
30,2				0,1320		30,2	
31		0,0132		0,0825	0,0297	0,0066	31
31,2				0,0891			31,2
32		0,0198		0,1089	0,0033	0,0066	32
32,2				0,0363	0,0033		32,2
33		0,0066		0,0561		0,0792	33
33,2				0,0132	0,0033		33,2
34				0,0231	0,0033	0,1221	34
34,2				0,0033			34,2
35						0,1617	35
35,3						0,0033	35,3
36						0,2409	36
37						0,1617	37
37,3						0,0033	37,3
38						0,0594	38
38,2					0,0033		38,2

38,3											0,0198		38,3
39											0,0330		39
39,2								0,0033	0,0396				39,2
39,3											0,0330		39,3
40											0,0066		40
40,2										0,0330			40,2
40,3											0,0231		40,3
41,2										0,0099			41,2
41,3											0,0264		41,3
42,2										0,0198			42,2
42,3											0,0066		42,3
43,2										0,0528			43,2
43,3											0,0066		43,3
44,2										0,0363			44,2
45,2										0,0264			45,2
46,2										0,0132			46,2
47,2										0,0033			47,2
Ho	0,8700	0,9200	0,7300	0,7200	0,9000	0,8400	0,7500	0,6500	0,9300	0,9000	0,8200	0,7700	Ho
He	0,8764	0,9371	0,6933	0,7521	0,8402	0,8286	0,7421	0,7474	0,9086	0,8984	0,8480	0,7181	He
P	0,2058	0,3990	0,7799	0,8326	0,8034	0,7123	0,4661	0,1481	0,3452	0,8251	0,6657	0,7540	P
SD	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0001	0,0002	0,0003	SD

Tablica 5. Alelne frekvencije 12 X-STR biljega u populaciji zapadne Hrvatske, N=194

Alel	DXS10148	DXS10135	DXS8378	DXS7132	DXS10079	DXS10074	DXS10103	HPRTB	DXS10101	DXS10146	DXS10134	DXS7423	Alel
7						0,0702							7
8						0,1818		0,0041					8
9			0,0289			0,0207		0,0165				0,0041	9
10			0,3140					0,0165					10
11			0,3843	0,0041				0,1446					11
12			0,2521	0,0992				0,2934					12
13			0,0207	0,2893		0,0041		0,3058				0,0909	13
14	0,0041			0,4174		0,0331		0,1570				0,3182	14
15				0,1612	0,0248	0,0950	0,0124	0,0579				0,3926	15
15,1		0,0041											15,1
16		0,0124		0,0207	0,0248	0,1818	0,1033	0,0041				0,1736	16
16,3						0,0041							16,3
17	0,0041	0,0165		0,0083	0,0744	0,2231	0,0992					0,0207	17
17,1		0,0041											17,1
17,2						0,0041							17,2
18	0,1364	0,0289			0,1488	0,1446	0,1570						18
18,1		0,0083											18,1
19	0,0248	0,0744			0,2686	0,0372	0,4504						19
19,1		0,0124											19,1
19,2					0,0041								19,2
20		0,0413			0,2603		0,1529						20
20,1		0,0124											20,1
20,3		0,0041											20,3
21		0,0909			0,1157		0,0248						21
21,1		0,0165											21,1
22	0,0083	0,1198			0,0702								22
22,1	0,0331	0,0041											22,1
23	0,0289	0,0868			0,0083								23

23,1	0,0661							23,1
24	0,0372	0,0868				0,0124		24
24,1	0,1240							24,1
25		0,0950				0,0661		25
25,1	0,1736							25,1
26		0,0909				0,0744		26
26,1	0,1612							26,1
26,2					0,0041			26,2
27		0,0413			0,0248	0,1570		27
27,1	0,1074							27,1
27,2	0,0041				0,0537			27,2
27,3					0,0041			27,3
28		0,0537			0,0289	0,1529		28
28,1	0,0579							28,1
28,2					0,1116			28,2
29		0,0496			0,0083	0,1364		29
29,1	0,0248							29,1
29,2					0,1364			29,2
30		0,0165			0,0702	0,0909		30
30,2					0,1405			30,2
31		0,0083			0,0785	0,0496	0,0207	31
31,2					0,1281			31,2
32					0,0537	0,0083		32
32,1	0,0041							32,1
32,2					0,0744			32,2
33		0,0207			0,0579		0,0537	33
33,2					0,0083			33,2
34					0,0124	0,0041	0,1240	34
35					0,0041		0,2025	35
36						0,0041	0,2603	36
36,2						0,0041		36,2
37							0,1240	37

37,3											0,0083	37,3	
38											0,0372	38	
38,3											0,0331	38,3	
39											0,0165	39	
39,2										0,0620	0,0041	39,2	
39,3											0,0372	39,3	
40											0,0041	40	
40,2										0,0165		40,2	
40,3											0,0413	40,3	
41,2										0,0165		41,2	
41,3											0,0165	41,3	
42,2										0,0248		42,2	
42,3											0,0083	42,3	
43,2										0,0165		43,2	
43,3											0,0083	43,3	
44,2										0,0744		44,2	
45,2										0,0124		45,2	
46,2										0,0124		46,2	
48,2										0,0041		48,2	
Ho	1,0000	0,9167	0,7500	0,8125	0,7083	0,8750	0,6875	0,8125	0,8750	0,8542	0,8958	0,7708	Ho
He	0,9031	0,9388	0,6781	0,7050	0,8000	0,8469	0,7116	0,7684	0,8972	0,8941	0,8472	0,6906	He
P	0,7083	0,3585	0,9023	0,5893	0,0430	0,4275	0,2577	0,4592	0,6643	0,3174	0,6682	0,5170	P
SD	0,0003	0,0002	0,0003	0,0005	0,0002	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	SD

Tablica 6. Frekvencije haplotipova 12 X-STR biljega u populaciji muškaraca središnje Hrvatske, N=100

LG 1					LG 2					LG 3					LG 4				
DXS101 48	DXS101 35	DXS83 78	n	Frekven cija	DXS71 32	DXS100 79	DXS100 74	n	Frekven cija	DXS101 03	HPR TB	DXS101 01	n	Frekven cija	DXS101 46	DXS101 34	DXS74 23	n	Frekven cija
17,1	25	12	1	0,0100	11	20	16	1	0,0100	16	11	30	1	0,0100	24	34	16	1	0,0100
18	18	12	1	0,0100	12	16	17	1	0,0100	16	12	25,2	1	0,0100	25	31	15	1	0,0100
18	20,1	10	1	0,0100	12	17	18	1	0,0100	16	12	28,2	1	0,0100	25	32	17	1	0,0100
18	23	10	1	0,0100	12	19	17	1	0,0100	16	12	30,2	1	0,0100	25	36	14	1	0,0100
18	25	11	1	0,0100	12	19	18	1	0,0100	16	12	32	1	0,0100	25	39	13	1	0,0100
18	25	12	2	0,0200	12	20	16	1	0,0100	16	12	34	1	0,0100	26	31	15	1	0,0100
18	26	11	1	0,0100	12	20	18	2	0,0200	16	13	32	2	0,0200	26	35	14	1	0,0100
18	27	11	2	0,0200	12	20	19	1	0,0100	17	11	29,2	1	0,0100	26	35	15	2	0,0200
18	28	10	1	0,0100	12	21	15	1	0,0100	17	12	31	2	0,0200	26	35	16	1	0,0100
18	28	12	1	0,0100	12	21	18	1	0,0100	17	13	29,2	1	0,0100	26	36	13	1	0,0100
19	19	12	1	0,0100	13	17	8	1	0,0100	17	13	31	3	0,0300	26	36	14	1	0,0100
19	26	12	1	0,0100	13	17	19	1	0,0100	17	13	32	1	0,0100	26	36	15	1	0,0100
19	28	13	1	0,0100	13	18	8	3	0,0300	17	13	33	1	0,0100	26	37	13	1	0,0100
19	29	11	1	0,0100	13	19	15	1	0,0100	17	14	31	1	0,0100	26	37	14	1	0,0100
20	21	10	1	0,0100	13	19	16	3	0,0300	17	14	32	1	0,0100	26	38	13	1	0,0100
22,1	18,1	12	1	0,0100	13	19	17	3	0,0300	17	15	31	1	0,0100	26	40,3	16	1	0,0100
22,1	25	10	1	0,0100	13	19	18	2	0,0200	18	9	30,2	4	0,0400	27	34	14	1	0,0100
23	19	12	1	0,0100	13	20	16	3	0,0300	18	11	29,2	1	0,0100	27	34	17	1	0,0100
23	21	10	1	0,0100	13	20	17	2	0,0200	18	12	26,2	1	0,0100	27	35	13	1	0,0100
23	22	11	1	0,0100	13	21	13	1	0,0100	18	12	27,2	1	0,0100	27	35	14	2	0,0200
23	23	10	1	0,0100	13	21	15	3	0,0300	18	12	28,2	2	0,0200	27	35	15	1	0,0100
23	24	11	1	0,0100	13	21	16	1	0,0100	18	12	29,2	1	0,0100	27	36	15	3	0,0300
23	25	12	1	0,0100	13	21	17	1	0,0100	18	12	32,2	1	0,0100	27	37	14	1	0,0100
23	27	10	1	0,0100	13	22	16	2	0,0200	18	13	28,2	2	0,0200	27	37	15	1	0,0100
23	30	11	1	0,0100	13	22	18	1	0,0100	18	13	31	1	0,0100	27	38	14	1	0,0100

23,1	23	11	1	0,0100	13	22	19	1	0,0100	18	13	32,2	1	0,0100	28	28	15	1	0,0100
23,1	24	12	1	0,0100	14	15	16	1	0,0100	18	13	33	3	0,0300	28	33	15	1	0,0100
23,1	25	10	1	0,0100	14	15	17	1	0,0100	18	14	30	1	0,0100	28	34	14	1	0,0100
24	18	12	1	0,0100	14	15	19	1	0,0100	19	10	30,2	1	0,0100	28	34	15	2	0,0200
24	21	12	1	0,0100	14	16	15	1	0,0100	19	11	25,2	1	0,0100	28	34	16	2	0,0200
24	21,1	10	1	0,0100	14	17	7	1	0,0100	19	11	28,2	1	0,0100	28	35	14	1	0,0100
24,1	18	10	1	0,0100	14	17	15	1	0,0100	19	11	29,2	2	0,0200	28	35	15	2	0,0200
24,1	20,1	10	1	0,0100	14	17	20	1	0,0100	19	11	30	1	0,0100	28	36	14	1	0,0100
24,1	21	10	1	0,0100	14	18	8	1	0,0100	19	11	30,2	1	0,0100	28	36	15	1	0,0100
24,1	22	10	2	0,0200	14	18	17	1	0,0100	19	11	31,2	2	0,0200	28	37	14	1	0,0100
24,1	22	12	1	0,0100	14	18	19	1	0,0100	19	11	32,2	1	0,0100	28	37	15	1	0,0100
24,1	24	10	1	0,0100	14	19	7	3	0,0300	19	12	27,2	2	0,0200	28	37,1	15	1	0,0100
24,1	24	11	1	0,0100	14	19	8	2	0,0200	19	12	28,2	3	0,0300	28	38	14	1	0,0100
24,1	25	10	1	0,0100	14	19	15	2	0,0200	19	12	29	1	0,0100	28	38	16	1	0,0100
24,1	25	12	2	0,0200	14	19	16	3	0,0300	19	12	29,2	2	0,0200	29	33	14	1	0,0100
24,1	26	11	2	0,0200	14	19	17	2	0,0200	19	12	30,2	2	0,0200	29	33	15	2	0,0200
24,1	28	12	2	0,0200	14	19	18	2	0,0200	19	12	32,2	2	0,0200	29	34	14	3	0,0300
24,1	29	11	1	0,0100	14	20	8	1	0,0100	19	12	33,2	1	0,0100	29	34	16	3	0,0300
24,1	30	11	1	0,0100	14	20	15	1	0,0100	19	13	28,2	2	0,0200	29	35	15	1	0,0100
24,1	31	11	1	0,0100	14	20	17	5	0,0500	19	13	29,2	3	0,0300	29	36	13	1	0,0100
25,1	19	10	2	0,0200	14	20	18	2	0,0200	19	13	30,2	1	0,0100	29	36	14	3	0,0300
25,1	19	12	1	0,0100	14	20	20	1	0,0100	19	13	31	1	0,0100	29	36	15	3	0,0300
25,1	20,1	10	1	0,0100	14	21	13	2	0,0200	19	13	31,2	6	0,0600	29	38	15	2	0,0200
25,1	21	11	1	0,0100	14	21	16	1	0,0100	19	13	32	1	0,0100	30	35	14	1	0,0100
25,1	23	11	1	0,0100	14	21	18	2	0,0200	19	13	32,2	1	0,0100	30	35	16	1	0,0100
25,1	24	11	1	0,0100	15	16	17	1	0,0100	19	13	33	2	0,0200	30	37	14	1	0,0100
25,1	24	12	2	0,0200	15	17	16	1	0,0100	19	14	29	1	0,0100	30	37,3	15	1	0,0100
25,1	25	13	1	0,0100	15	18	8	2	0,0200	19	14	29,2	2	0,0200	31	33	17	1	0,0100
25,1	26	10	1	0,0100	15	18	17	1	0,0100	19	14	30,2	1	0,0100	31	37	14	2	0,0200
25,1	26	11	1	0,0100	15	18	18	1	0,0100	19	14	31,2	1	0,0100	31	37	15	1	0,0100
25,1	27	11	1	0,0100	15	19	12	1	0,0100	20	11	30,2	1	0,0100	31	39,3	14	1	0,0100

25,1	27	12	1	0,0100	15	19	16	1	0,0100	20	12	29,2	3	0,0300	37,2	39,3	15	1	0,0100
25,1	28	10	1	0,0100	15	19	17	1	0,0100	20	12	30,2	1	0,0100	39,2	39,3	15	4	0,0400
25,1	28	11	1	0,0100	15	20	14	1	0,0100	20	12	32,2	1	0,0100	39,2	42,3	17	1	0,0100
25,1	30	11	2	0,0200	15	20	17	2	0,0200	20	13	23,2	1	0,0100	40,2	24	15	1	0,0100
26,1	18	10	1	0,0100	15	20	18	1	0,0100	20	13	31,2	1	0,0100	40,2	34	15	1	0,0100
26,1	19	12	1	0,0100	15	21	17	1	0,0100	20	14	28	1	0,0100	41,2	34	16	1	0,0100
26,1	21	10	1	0,0100	15	21	19	1	0,0100	20	14	29,2	1	0,0100	43,2	37	14	1	0,0100
26,1	21,1	10	1	0,0100	15	22	8	1	0,0100	20	14	30	1	0,0100	43,2	38,3	16	1	0,0100
26,1	23	12	2	0,0200	16	19	8	1	0,0100	20	14	30,2	1	0,0100	44,2	34	15	1	0,0100
26,1	23,1	11	1	0,0100	16	20	17	2	0,0200	21	13	29,2	1	0,0100	44,2	35	15	1	0,0100
26,1	24	12	3	0,0300	17	20	17	1	0,0100	21	13	30,2	1	0,0100	44,2	36	14	1	0,0100
26,1	25	10	1	0,0100	17	21	8	1	0,0100	21	13	31,2	1	0,0100	44,2	39,3	15	1	0,0100
26,1	25	12	1	0,0100						21	14	28	1	0,0100	45,2	34	16	1	0,0100
26,1	26	12	1	0,0100											45,2	35	15	1	0,0100
27,1	17	12	2	0,0200											45,2	38,3	16	1	0,0100
27,1	19	12	1	0,0100											46,2	33	14	1	0,0100
27,1	20,1	12	1	0,0100											46,2	33	16	1	0,0100
27,1	22	11	1	0,0100											46,2	35	14	1	0,0100
27,1	23	11	1	0,0100											46,2	37	15	1	0,0100
27,1	23	12	1	0,0100											46,2	38,3	14	1	0,0100
27,1	25	10	1	0,0100											47,2	35	16	2	0,0200
27,1	26	11	1	0,0100											48,2	35	15	1	0,0100
27,1	26,2	11	1	0,0100															
28,1	23,1	10	1	0,0100															
28,1	25	12	1	0,0100															
28,1	27	10	1	0,0100															
29,1	19	11	1	0,0100															
30,1	24	12	1	0,0100															
31,1	27	11	1	0,0100															
32,1	21	10	1	0,0100															
36,1	27	12	1	0,0100															

Uočeni haplotipovi	87	68	69	78
Mogućih haplotipova	2800	910	1440	2730
GD	0,99 72	0,99 09	0,99 01	0,99 39
SD	0,00 19	0,00 29	0,00 33	0,00 25

Tablica 7. Frekvencije haplotipova 12 X-STR biljega u populaciji muškaraca sjeverne Hrvatske, N=101

LG1					LG2					LG3					LG4				
DXS101 48	DXS101 35	DXS83 78	n	Frekven cija	DXS71 32	DXS100 79	DXS100 74	n	Frekven cija	DXS101 03	HPR TB	DXS101 01	n	Frekven cija	DXS101 46	DXS101 34	DXS74 23	n	Frekven cija
17	29	11	1	0,0099	11	19	16	1	0,0098	15	14	34	1	0,0098	25	33	14	1	0,0098
17	30	9	1	0,0099	12	17	19	1	0,0098	16	12	27,2	1	0,0098	25	36	14	1	0,0098
17	31	11	1	0,0099	12	18	18	1	0,0098	16	12	28,2	1	0,0098	25	36	15	1	0,0098
18	21	10	1	0,0099	12	18	19	1	0,0098	16	12	30	2	0,0196	25	36,2	14	1	0,0098
18	21	11	1	0,0099	12	19	16	1	0,0098	16	12	31	1	0,0098	25	37	14	2	0,0196
18	24	12	1	0,0099	12	20	7	1	0,0098	16	13	25,2	1	0,0098	25	38	13	1	0,0098
18	26	11	2	0,0198	12	20	15	1	0,0098	16	13	31,2	1	0,0098	25	38	15	1	0,0098
18	27	12	1	0,0099	12	20	16	3	0,0294	16	13	32	2	0,0196	26	31	15	1	0,0098
18	28	10	1	0,0099	12	20	19	1	0,0098	16	14	32	1	0,0098	26	34	14	2	0,0196
18	28	11	1	0,0099	12	21	18	1	0,0098	17	11	29,2	1	0,0098	26	35	13	1	0,0098
18	30	12	2	0,0198	12	22	19	1	0,0098	17	12	29,2	1	0,0098	26	35	15	2	0,0196
19	23	11	1	0,0099	12	23	16	1	0,0098	17	12	31	1	0,0098	26	36	13	1	0,0098
19	33	12	1	0,0099	13	16	16	1	0,0098	17	12	32	1	0,0098	26	36	14	1	0,0098
23	21	11	1	0,0099	13	16	17	1	0,0098	17	13	31	1	0,0098	26	36	15	3	0,0294
23,1	21	10	1	0,0099	13	17	15	1	0,0098	17	13	34	1	0,0098	26	36	16	1	0,0098
23,1	24	11	1	0,0099	13	18	7	1	0,0098	17	14	32	1	0,0098	26	37	14	1	0,0098
23,1	24	12	1	0,0099	13	19	8	1	0,0098	17	15	32	1	0,0098	26	38	14	1	0,0098
23,1	26	10	1	0,0099	13	19	9	1	0,0098	18	9	30,2	3	0,0294	27	31	15	1	0,0098
23,1	29	11	2	0,0198	13	19	11	1	0,0098	18	11	28,2	1	0,0098	27	34	16	2	0,0196
24	22	10	1	0,0099	13	19	16	5	0,0490	18	11	29,2	1	0,0098	27	35	13	1	0,0098
24,1	19	10	1	0,0099	13	19	18	2	0,0196	18	12	27,2	1	0,0098	27	35	15	1	0,0098
24,1	21	9	1	0,0099	13	20	7	4	0,0392	18	12	28	1	0,0098	27	35	16	1	0,0098
24,1	21	11	2	0,0198	13	20	8	1	0,0098	18	12	29	1	0,0098	27	36	14	1	0,0098
24,1	21	13	1	0,0099	13	20	16	2	0,0196	18	12	30,2	1	0,0098	27	37	15	1	0,0098
24,1	22	9	1	0,0099	13	20	17	2	0,0196	18	12	31	1	0,0098	27	37	16	1	0,0098
24,1	22	10	1	0,0099	13	21	16	2	0,0196	18	12	31,2	1	0,0098	27	37,2	15	1	0,0098
24,1	23	10	1	0,0099	13	22	17	1	0,0098	18	12	32,2	1	0,0098	28	31	14	1	0,0098

24,1	23	11	1	0,0099	13	23	17	1	0,0098	18	13	27,2	1	0,0098	28	31	15	1	0,0098
24,1	24	10	1	0,0099	14	16	17	1	0,0098	18	13	28,2	1	0,0098	28	32	16	1	0,0098
24,1	24	11	1	0,0099	14	17	8	2	0,0196	18	13	30	1	0,0098	28	33	13	1	0,0098
24,1	24	12	1	0,0099	14	17	18	1	0,0098	18	13	32	1	0,0098	28	34	14	2	0,0196
24,1	25	11	1	0,0099	14	18	8	1	0,0098	18	13	34	2	0,0196	28	36	14	1	0,0098
24,1	27	11	1	0,0099	14	18	17	1	0,0098	18	13	35	1	0,0098	28	36	15	2	0,0196
24,1	31	11	2	0,0198	14	18	18	1	0,0098	18	15	31,2	1	0,0098	28	37	15	1	0,0098
24,1	34	10	1	0,0099	14	19	8	1	0,0098	19	11	27,2	2	0,0196	28	37,2	14	1	0,0098
25,1	16	12	1	0,0099	14	19	9	1	0,0098	19	11	28,2	4	0,0392	28	38	15	1	0,0098
25,1	19	11	1	0,0099	14	19	16	2	0,0196	19	11	29,2	2	0,0196	28	39	15	1	0,0098
25,1	19,1	10	2	0,0198	14	19	17	4	0,0392	19	11	30,2	2	0,0196	28	41,3	17	1	0,0098
25,1	20	10	1	0,0099	14	19	18	1	0,0098	19	12	26,2	1	0,0098	29	32	16	1	0,0098
25,1	20,1	11	1	0,0099	14	19	19	1	0,0098	19	12	27	2	0,0196	29	33	13	1	0,0098
25,1	21	12	1	0,0099	14	19	20	1	0,0098	19	12	27,2	1	0,0098	29	34	13	1	0,0098
25,1	22	9	2	0,0198	14	20	7	1	0,0098	19	12	28,2	3	0,0294	29	34	14	3	0,0294
25,1	23	11	1	0,0099	14	20	16	2	0,0196	19	12	29,2	3	0,0294	29	34	15	2	0,0196
25,1	25	11	1	0,0099	14	20	17	1	0,0098	19	12	30	2	0,0196	29	34	16	1	0,0098
25,1	25	12	1	0,0099	14	20	18	1	0,0098	19	12	30,2	4	0,0392	29	35	14	1	0,0098
25,1	27	10	1	0,0099	14	20	20	1	0,0098	19	12	31,2	3	0,0294	29	35	15	2	0,0196
25,1	27	12	1	0,0099	14	21	8	1	0,0098	19	12	32,2	2	0,0196	29	36	16	1	0,0098
25,1	28	11	1	0,0099	14	21	15	2	0,0196	19	13	29,2	2	0,0196	29	36	17	1	0,0098
25,1	29	10	1	0,0099	14	21	17	1	0,0098	19	13	30,2	3	0,0294	29	37	16	1	0,0098
25,1	29	11	1	0,0099	14	21	18	2	0,0196	19	13	31	1	0,0098	29	39	17	2	0,0196
25,1	30	11	1	0,0099	14	22	17	1	0,0098	19	13	31,2	1	0,0098	29	44,3	15	1	0,0098
25,1	31	12	1	0,0099	14	22	18	2	0,0196	19	13	32	1	0,0098	29,1	33	14	1	0,0098
26,1	17	12	1	0,0099	15	17	16	2	0,0196	19	13	32,2	2	0,0196	30	35	13	1	0,0098
26,1	20	11	1	0,0099	15	18	7	1	0,0098	19	14	30	1	0,0098	30	36	14	2	0,0196
26,1	20,1	10	1	0,0099	15	18	8	2	0,0196	19	14	30,2	1	0,0098	30	37	15	1	0,0098
26,1	21	10	1	0,0099	15	18	16	1	0,0098	19	14	31,2	1	0,0098	31	35	14	1	0,0098
26,1	22	9	1	0,0099	15	18	17	1	0,0098	19	15	31	1	0,0098	31	36	14	1	0,0098
26,1	22	11	1	0,0099	15	19	7	1	0,0098	19	15	31,2	1	0,0098	31	36	15	1	0,0098
26,1	23	12	1	0,0099	15	19	8	2	0,0196	20	11	29,2	1	0,0098	33,2	36	15	1	0,0098

26,1	25	10	2	0,0198	15	19	16	2	0,0196	20	11	30,2	1	0,0098	37,2	39,3	16	1	0,0098
26,1	25	11	1	0,0099	15	19	18	2	0,0196	20	12	27,2	1	0,0098	39,2	34	14	1	0,0098
26,1	25	13	1	0,0099	15	20	16	2	0,0196	20	12	28,2	1	0,0098	39,2	34	16	1	0,0098
26,1	26	13	1	0,0099	15	20	17	3	0,0294	20	12	30,2	1	0,0098	39,2	35	16	1	0,0098
26,1	27	11	1	0,0099	15	20	20	1	0,0098	20	12	31,2	3	0,0294	39,2	36	15	1	0,0098
26,1	29	11	1	0,0099	15	22	15	1	0,0098	20	13	28,2	1	0,0098	39,2	39,3	15	3	0,0294
26,1	30	10	1	0,0099	16	18	9	1	0,0098	20	13	30,2	1	0,0098	39,2	41,3	15	1	0,0098
26,1	30	11	1	0,0099	16	19	16	1	0,0098	20	13	32,2	1	0,0098	39,2	41,3	16	1	0,0098
27,1	18	11	1	0,0099	16	19	17	1	0,0098	20	14	28	1	0,0098	40,2	34	15	1	0,0098
27,1	21	10	1	0,0099	16	20	17	1	0,0098	20	14	31	1	0,0098	40,2	36	14	1	0,0098
27,1	21	12	1	0,0099	16	21	19	1	0,0098	20	15	29,2	1	0,0098	40,2	39	13	1	0,0098
27,1	23	11	3	0,0297	17	17	8	1	0,0098	20	16	32	1	0,0098	40,2	41,3	15	1	0,0098
27,1	25	11	2	0,0198	17	17	16	1	0,0098	21	13	29,2	1	0,0098	41,2	36	16	1	0,0098
27,1	26	11	1	0,0099						21	13	31,2	1	0,0098	41,2	40,3	14	1	0,0098
27,1	28	10	1	0,0099											42,2	25	15	1	0,0098
27,1	30	11	1	0,0099											42,2	34	13	1	0,0098
27,1	33	12	1	0,0099											43,2	33	15	1	0,0098
28,1	19,1	12	1	0,0099											43,2	36	14	1	0,0098
28,1	21	10	1	0,0099											43,2	42,3	15	1	0,0098
28,1	21	11	1	0,0099											44,2	33	16	1	0,0098
28,1	22	11	1	0,0099											44,2	34	16	1	0,0098
28,1	23	10	1	0,0099											44,2	35	15	1	0,0098
28,1	23	11	1	0,0099											45,2	33	15	1	0,0098
28,1	24	10	1	0,0099											45,2	35	15	1	0,0098
28,1	24	11	1	0,0099											46,2	35	14	1	0,0098
28,1	27	10	2	0,0198											46,2	37	15	1	0,0098
29,1	22	10	1	0,0099											46,2	38	15	1	0,0098
29,1	25	10	1	0,0099															
29,1	29	11	1	0,0099															
31,1	21	10	1	0,0099															

Uočeni haplotipovi	89	72	73	86
Mogućih haplotipova	3240	840	1197	2420
GD	0,99	0,99	0,99	0,99
	74	15	20	63
SD	0,00	0,00	0,00	0,00
	18	29	27	20

Tablica 8. Frekvencije haplotipova 12 X-STR biljega u populaciji muškaraca južne Hrvatske, N=101

DXS101 48	DXS101 35	DXS83 78	n	Frekven cija	DXS71 32	DXS100 79	DXS100 74	n	Frekven cija	DXS101 03	HPR TB	DXS101 01	n	Frekven cija	DXS101 46	DXS101 34	DXS74 23	n	Frekven cija
18	18	12	1	0,0101	11	21	10	1	0,0101	15	14	31	1	0,0101	24	36	15	1	0,0101
18	19	9	1	0,0101	12	14	16	1	0,0101	15	14	32	1	0,0101	24	36	16	1	0,0101
18	19	10	1	0,0101	12	14	17	1	0,0101	16	11	28	2	0,0202	25	34	15	1	0,0101
18	19	11	1	0,0101	12	19	16	1	0,0101	16	11	29	2	0,0202	25	36	14	1	0,0101
18	20	12	1	0,0101	12	19	18	2	0,0202	16	12	28,2	1	0,0101	25	36	15	1	0,0101
18	21	10	1	0,0101	12	20	7	2	0,0202	16	12	30,2	1	0,0101	26	34	16	2	0,0202
18	21	11	1	0,0101	12	21	18	1	0,0101	16	12	31	1	0,0101	26	35	14	3	0,0303
18	22	10	1	0,0101	13	15	17	1	0,0101	16	13	32	1	0,0101	26	35	15	1	0,0101
18	23	12	1	0,0101	13	16	16	1	0,0101	16	14	31	1	0,0101	26	36	15	1	0,0101
18	25	11	2	0,0202	13	18	8	1	0,0101	16	14	32	2	0,0202	26	37	15	2	0,0202
18	25	12	2	0,0202	13	19	14	1	0,0101	16	14	34	1	0,0101	26	38	13	1	0,0101
18	26	12	1	0,0101	13	19	15	1	0,0101	16	15	33	2	0,0202	27	34	13	2	0,0202
18	27	12	1	0,0101	13	19	17	1	0,0101	16	16	33	1	0,0101	27	35	14	2	0,0202
18	28	11	1	0,0101	13	19	18	1	0,0101	17	12	26,2	1	0,0101	27	35	15	1	0,0101
18	31	11	1	0,0101	13	19	20	1	0,0101	17	13	31	3	0,0303	27	36	13	2	0,0202
19	20	12	1	0,0101	13	20	7	1	0,0101	17	13	33	2	0,0202	27	36	15	1	0,0101
19	21	10	1	0,0101	13	20	8	1	0,0101	17	14	30	1	0,0101	27	37	15	1	0,0101
19	24	11	1	0,0101	13	20	15	3	0,0303	17	14	32	1	0,0101	27	38	14	1	0,0101
22	20	10	1	0,0101	13	20	16	3	0,0303	18	9	30,2	1	0,0101	27	38	17	1	0,0101
23	19	12	1	0,0101	13	20	17	4	0,0404	18	11	28,2	1	0,0101	27	39	14	1	0,0101
23	28	11	1	0,0101	13	20	18	3	0,0303	18	11	30,2	1	0,0101	28	34	14	1	0,0101
23,1	21	11	1	0,0101	13	21	17	2	0,0202	18	12	26,1	1	0,0101	28	34	15	1	0,0101
23,1	24	11	2	0,0202	13	21	18	1	0,0101	18	12	27,2	1	0,0101	28	34	16	1	0,0101
23,1	26	11	1	0,0101	13	22	17	2	0,0202	18	12	28,2	1	0,0101	28	34	18	1	0,0101
23,1	26	12	1	0,0101	14	16	8	2	0,0202	18	12	29,2	1	0,0101	28	35	14	3	0,0303
24	19	10	1	0,0101	14	16	16	2	0,0202	18	12	30,2	1	0,0101	28	36	14	1	0,0101
24	23	11	1	0,0101	14	16	17	1	0,0101	18	12	31	1	0,0101	28	36	15	3	0,0303
24,1	21	11	1	0,0101	14	17	8	2	0,0202	18	12	31,2	2	0,0202	28	36	16	1	0,0101
24,1	21	12	1	0,0101	14	18	8	3	0,0303	18	12	32,2	1	0,0101	28	37	14	3	0,0303

24,1	21,1	10	1	0,0101	14	18	18	1	0,0101	18	12	33	1	0,0101	28	37	15	2	0,0202
24,1	22	12	1	0,0101	14	19	16	4	0,0404	18	13	27,2	1	0,0101	28	38	15	1	0,0101
24,1	24	13	2	0,0202	14	19	17	4	0,0404	18	13	28,2	1	0,0101	28	38	16	2	0,0202
24,1	25	12	2	0,0202	14	19	18	2	0,0202	18	13	31,2	1	0,0101	28	41,3	15	1	0,0101
24,1	26	11	1	0,0101	14	20	8	2	0,0202	18	14	30	1	0,0101	29	33	14	2	0,0202
24,1	26	13	1	0,0101	14	20	14	1	0,0101	18	14	32	1	0,0101	29	33	16	1	0,0101
24,1	27	12	1	0,0101	14	20	15	1	0,0101	18	14	33	2	0,0202	29	34	15	1	0,0101
24,1	28	12	1	0,0101	14	20	16	6	0,0606	18	14	34,2	1	0,0101	29	35	15	3	0,0303
24,1	30	11	1	0,0101	14	20	17	3	0,0303	19	8	28,2	1	0,0101	29	36	14	1	0,0101
25,1	17	12	2	0,0202	14	20	18	2	0,0202	19	11	28,2	3	0,0303	29	36	15	1	0,0101
25,1	17	13	1	0,0101	14	20	20	1	0,0101	19	11	29,2	3	0,0303	29	36	16	1	0,0101
25,1	18,1	10	1	0,0101	14	21	8	1	0,0101	19	11	30,2	1	0,0101	29	37	14	1	0,0101
25,1	19	11	1	0,0101	14	21	15	1	0,0101	19	11	31,2	1	0,0101	29	38	15	1	0,0101
25,1	19	12	1	0,0101	14	21	17	1	0,0101	19	12	26,2	1	0,0101	29	38	16	1	0,0101
25,1	19,1	10	1	0,0101	14	21	18	1	0,0101	19	12	28,2	2	0,0202	29	40,3	14	1	0,0101
25,1	19,1	11	1	0,0101	14	22	13	1	0,0101	19	12	29,2	4	0,0404	29	40,3	15	1	0,0101
25,1	20,1	11	1	0,0101	14	22	18	1	0,0101	19	12	30,2	2	0,0202	30	36	15	1	0,0101
25,1	21	10	1	0,0101	14	22	19	1	0,0101	19	12	31,2	2	0,0202	30	36	16	1	0,0101
25,1	21	11	1	0,0101	15	16	17	1	0,0101	19	12	33,2	1	0,0101	30	37	15	1	0,0101
25,1	21	12	1	0,0101	15	17	8	4	0,0404	19	13	28,2	2	0,0202	31	35	15	1	0,0101
25,1	22	12	2	0,0202	15	17	18	1	0,0101	19	13	29,2	3	0,0303	31	36	14	1	0,0101
25,1	24	10	1	0,0101	15	18	8	1	0,0101	19	13	32,2	1	0,0101	31	36	15	1	0,0101
25,1	25	10	3	0,0303	15	18	16	1	0,0101	19	14	28,2	2	0,0202	31	37	14	1	0,0101
25,1	27	11	1	0,0101	15	18	19	2	0,0202	19	14	30,2	4	0,0404	32	37	14	1	0,0101
25,1	28	11	3	0,0303	15	19	17	2	0,0202	19	15	28	1	0,0101	33	35	15	1	0,0101
25,1	34	10	1	0,0101	15	20	16	1	0,0101	19	15	29,2	1	0,0101	33,2	34	15	1	0,0101
26,1	17	11	1	0,0101	15	20	18	1	0,0101	20	11	29,2	1	0,0101	33,2	36	14	3	0,0303
26,1	20,1	11	1	0,0101	16	18	8	3	0,0303	20	11	30,2	1	0,0101	39,2	35	16	1	0,0101
26,1	21	12	1	0,0101	16	19	16	1	0,0101	20	12	27,2	1	0,0101	39,2	39,3	16	1	0,0101
26,1	23	12	1	0,0101						20	12	28	1	0,0101	39,2	40,3	15	1	0,0101
26,1	26	11	1	0,0101						20	12	28,2	1	0,0101	40,2	31	16	1	0,0101
26,1	27	11	1	0,0101						20	12	29,2	1	0,0101	40,2	36	16	1	0,0101

26,1	28	11	1	0,0101	20	12	30,2	1	0,0101	40,2	40,3	16	2	0,0202
26,1	29	12	1	0,0101	20	12	32,2	1	0,0101	41,2	37	14	1	0,0101
27,1	19	10	1	0,0101	20	13	28,2	1	0,0101	42,2	41,3	15	1	0,0101
27,1	19	11	1	0,0101	20	13	30	1	0,0101	43,2	34	14	2	0,0202
27,1	19,1	11	1	0,0101	20	13	31,2	2	0,0202	43,2	37	14	1	0,0101
27,1	20	10	1	0,0101	20	14	29	1	0,0101	44,2	34	16	2	0,0202
27,1	20	12	1	0,0101	20	14	32	1	0,0101	44,2	35	15	1	0,0101
27,1	20,1	10	1	0,0101	20	14	33	1	0,0101	44,2	36	15	2	0,0202
27,1	21	12	1	0,0101	21	12	29,2	1	0,0101	44,2	38,3	14	1	0,0101
27,1	21	14	1	0,0101	21	13	31,2	1	0,0101	45,2	37	13	1	0,0101
27,1	25	10	2	0,0202	22	16	30,2	1	0,0101	45,2	40,3	14	2	0,0202
27,1	26	10	1	0,0101						46,2	37	13	2	0,0202
27,1	26	11	1	0,0101										
27,1	28	11	1	0,0101										
28,1	17,1	10	1	0,0101										
28,1	20	10	1	0,0101										
28,1	20	12	1	0,0101										
28,1	22	12	1	0,0101										
28,1	22,1	10	1	0,0101										
28,1	25	10	1	0,0101										
28,1	29	12	1	0,0101										
29,1	17,1	10	1	0,0101										
29,1	19	10	1	0,0101										
29,1	25	10	1	0,0101										
29,1	29	11	1	0,0101										
30,1	24	11	1	0,0101										

Uočeni haplotipovi	87	58	72	73
Mogućih haplotipova	2808	770	1440	2244
GD	0,99	0,99	0,98	0,99
SD	81	71	58	34
	0,00	0,00	0,00	0,00
	04	20	36	24

Tablica 9. Frekvencije haplotipova 12 X-STR biljega u populaciji muškaraca istočne Hrvatske, N=103

LG1					LG2					LG3					LG4				
DXS101 48	DXS101 35	DXS83 78	n	Frekven cija	DXS71 32	DXS100 79	DXS100 74	n	Frekven cija	DXS101 03	HPR TB	DXS101 01	n	Frekven cija	DXS101 46	DXS101 34	DXS74 23	n	Frekven cija
18	19,1	12	1	0,0097	11	19	17	1	0,0097	15	13	33	2	0,0194	25	35	16	1	0,0097
18	21	10	2	0,0194	12	14	16	1	0,0097	16	11	28	1	0,0097	25	36	14	1	0,0097
18	21	12	1	0,0097	12	18	8	2	0,0194	16	11	29	1	0,0097	25	36	15	2	0,0194
18	22	12	1	0,0097	12	18	18	1	0,0097	16	11	30	1	0,0097	25	36	16	1	0,0097
18	23	12	1	0,0097	12	19	8	1	0,0097	16	11	33	1	0,0097	25	37	13	1	0,0097
18	24	10	1	0,0097	12	19	17	1	0,0097	16	13	27	1	0,0097	25	38	13	1	0,0097
18	25	10	1	0,0097	12	19	18	1	0,0097	16	13	31	1	0,0097	25	40	14	1	0,0097
18	25	11	1	0,0097	12	20	8	1	0,0097	16	13	32	1	0,0097	26	35	14	2	0,0194
18	25	12	1	0,0097	12	20	18	1	0,0097	16	14	32	1	0,0097	26	35	15	1	0,0097
18	27	12	1	0,0097	12	21	14	1	0,0097	16	14	33	1	0,0097	26	36	14	3	0,0291
18	30	11	1	0,0097	12	23	18	1	0,0097	17	12	29	1	0,0097	26	36	15	1	0,0097
19	19	12	1	0,0097	13	16	16	1	0,0097	17	12	31	1	0,0097	26	37	15	1	0,0097
19	26	12	1	0,0097	13	17	17	1	0,0097	17	13	30	1	0,0097	26	38	15	1	0,0097
19	27	12	1	0,0097	13	18	8	2	0,0194	17	13	31	3	0,0291	27	35	14	1	0,0097
20	17	10	1	0,0097	13	18	18	1	0,0097	17	13	32	1	0,0097	27	37	14	1	0,0097
21,1	19	11	1	0,0097	13	19	8	1	0,0097	17	13	32,2	1	0,0097	27	37	15	3	0,0291
22	23	10	1	0,0097	13	19	17	2	0,0194	17	13	33	1	0,0097	27	37	16	1	0,0097
22,1	23	11	1	0,0097	13	20	7	2	0,0194	17	14	30	2	0,0194	27	39	17	1	0,0097
22,1	27	11	2	0,0194	13	20	14	1	0,0097	17	14	31	1	0,0097	27	39,3	15	1	0,0097
23	18	12	1	0,0097	13	20	16	1	0,0097	17	15	31	1	0,0097	27	40,3	15	1	0,0097
23	25	12	1	0,0097	13	20	17	3	0,0291	17	15	32	1	0,0097	28	31	14	1	0,0097
23	29	11	1	0,0097	13	20	18	3	0,0291	18	9	29,2	1	0,0097	28	32	16	1	0,0097
23,1	18	11	1	0,0097	13	21	15	1	0,0097	18	9	30,2	2	0,0194	28	33	15	1	0,0097
23,1	19	12	1	0,0097	13	21	16	1	0,0097	18	10	29,2	1	0,0097	28	33	16	2	0,0194
23,1	19,1	11	1	0,0097	13	21	17	2	0,0194	18	11	28,2	1	0,0097	28	34	14	1	0,0097
23,1	24	10	1	0,0097	13	21	19	2	0,0194	18	11	29,2	1	0,0097	28	35	14	1	0,0097
23,1	25	12	1	0,0097	13	22	19	1	0,0097	18	12	28,2	2	0,0194	28	35	15	1	0,0097

23,1	26	10	1	0,0097	14	16	16	1	0,0097	18	12	29,2	2	0,0194	28	35	17	1	0,0097
23,1	26	11	1	0,0097	14	17	7	1	0,0097	18	13	29,2	3	0,0291	28	35,3	14	1	0,0097
23,1	26	12	2	0,0194	14	17	16	1	0,0097	18	13	31	1	0,0097	28	36	14	1	0,0097
24	15	12	1	0,0097	14	18	8	2	0,0194	18	13	33,2	1	0,0097	28	36	15	1	0,0097
24	25	10	1	0,0097	14	18	16	1	0,0097	18	13	34	1	0,0097	28	37	13	1	0,0097
24	29	11	1	0,0097	14	18	17	2	0,0194	18	14	32	1	0,0097	28	37	15	2	0,0194
24,1	17	12	1	0,0097	14	18	18	1	0,0097	18	14	32,2	1	0,0097	28	38	14	2	0,0194
24,1	22	11	1	0,0097	14	19	8	3	0,0291	18	15	32	1	0,0097	28	38,3	14	1	0,0097
24,1	23	10	3	0,0291	14	19	15	1	0,0097	19	8	28	1	0,0097	28	39,3	15	1	0,0097
24,1	24	11	2	0,0194	14	19	16	3	0,0291	19	8	28,2	1	0,0097	28	40	15	1	0,0097
24,1	24	12	1	0,0097	14	19	17	1	0,0097	19	11	27,2	1	0,0097	28	42,3	13	1	0,0097
24,1	25	11	3	0,0291	14	19	18	1	0,0097	19	11	28,2	2	0,0194	29	34	15	1	0,0097
24,1	26	11	1	0,0097	14	20	8	1	0,0097	19	11	29,2	2	0,0194	29	35	14	1	0,0097
24,1	27	11	2	0,0194	14	20	16	3	0,0291	19	11	30,2	2	0,0194	29	36	14	1	0,0097
24,1	27	12	1	0,0097	14	20	17	4	0,0388	19	12	28,2	4	0,0388	29	37	14	2	0,0194
24,1	28	10	1	0,0097	14	20	18	1	0,0097	19	12	29,2	5	0,0485	29	37	15	1	0,0097
24,1	28	11	1	0,0097	14	21	8	4	0,0388	19	12	30,2	3	0,0291	29	38	13	1	0,0097
24,1	29	11	1	0,0097	14	21	15	1	0,0097	19	12	32,2	1	0,0097	29	39	15	2	0,0194
24,1	29	12	1	0,0097	14	21	17	2	0,0194	19	12	39,2	1	0,0097	29	39	16	1	0,0097
24,1	33	10	1	0,0097	14	21	18	1	0,0097	19	13	27,2	1	0,0097	30	33	14	2	0,0194
25,1	17	12	1	0,0097	14	24	16	1	0,0097	19	13	29,2	3	0,0291	30	34	15	1	0,0097
25,1	19	10	1	0,0097	15	16	8	1	0,0097	19	13	30,2	3	0,0291	30	35	14	1	0,0097
25,1	19	12	1	0,0097	15	17	16	1	0,0097	19	13	31	1	0,0097	30	35	16	1	0,0097
25,1	20	10	1	0,0097	15	17	17	1	0,0097	19	13	31,2	3	0,0291	30	36	14	1	0,0097
25,1	21	9	1	0,0097	15	18	7	1	0,0097	19	13	32,2	1	0,0097	30	36	15	1	0,0097
25,1	21	11	1	0,0097	15	18	8	1	0,0097	19	13	33	1	0,0097	30	37	16	1	0,0097
25,1	21,1	10	1	0,0097	15	18	17	3	0,0291	19	14	27,2	1	0,0097	30	38	14	1	0,0097
25,1	22	10	2	0,0194	15	18	18	1	0,0097	19	14	28	1	0,0097	30	38	17	1	0,0097
25,1	22	12	1	0,0097	15	18	19	1	0,0097	19	14	30,2	1	0,0097	30	41,3	15	1	0,0097
25,1	25	10	1	0,0097	15	19	7	3	0,0291	19	14	31,2	1	0,0097	30	42,3	16	1	0,0097
25,1	25	11	1	0,0097	15	19	8	2	0,0194	19	14	32	1	0,0097	31	33	14	1	0,0097
25,1	28	12	1	0,0097	15	19	15	1	0,0097	19	14	33	1	0,0097	31	35	16	1	0,0097

25,1	29	11	1	0,0097	15	19	16	1	0,0097	19	14	33,2	1	0,0097	31	36	15	1	0,0097
25,1	30	11	1	0,0097	15	19	17	2	0,0194	19	15	28	1	0,0097	33,2	36	14	1	0,0097
26,1	17	12	1	0,0097	15	20	16	1	0,0097	19	15	30	1	0,0097	34	39	14	1	0,0097
26,1	18	10	1	0,0097	15	20	17	2	0,0194	19	15	32	1	0,0097	39,2	38,3	15	1	0,0097
26,1	19	11	1	0,0097	15	20	18	1	0,0097	19	16	28	1	0,0097	39,2	39,3	13	1	0,0097
26,1	23	10	1	0,0097	15	21	15	2	0,0194	20	10	30,2	1	0,0097	39,2	39,3	15	1	0,0097
26,1	24	12	2	0,0194	15	22	16	1	0,0097	20	11	30,2	1	0,0097	39,2	40,3	15	1	0,0097
26,1	29	11	1	0,0097	16	17	15	1	0,0097	20	12	28,2	1	0,0097	39,2	41,3	15	1	0,0097
26,1	29	12	1	0,0097	16	17	16	1	0,0097	20	12	30,2	1	0,0097	39,2	41,3	16	1	0,0097
26,1	32	11	1	0,0097	16	19	8	1	0,0097	20	12	31,2	1	0,0097	40,2	34	15	1	0,0097
27,1	16	10	1	0,0097	17	20	18	1	0,0097	20	13	26,2	1	0,0097	40,2	37	15	1	0,0097
27,1	18	11	1	0,0097						20	13	28,2	1	0,0097	40,2	38	14	1	0,0097
27,1	19,1	12	1	0,0097						20	13	29,2	1	0,0097	40,2	38	15	1	0,0097
27,1	20	10	1	0,0097						20	13	30,2	1	0,0097	40,2	41,3	15	1	0,0097
27,1	22	10	1	0,0097						20	13	32	1	0,0097	41,2	35	14	1	0,0097
27,1	23	10	1	0,0097						20	14	30,2	1	0,0097	42,2	34	14	1	0,0097
27,1	23	12	1	0,0097						20	14	31,2	1	0,0097	42,2	36	15	1	0,0097
27,1	25	11	1	0,0097											43,2	34	15	1	0,0097
27,1	25	12	1	0,0097											43,2	35	14	1	0,0097
27,1	26	10	1	0,0097											43,2	35	15	1	0,0097
27,1	27	11	1	0,0097											43,2	36	16	1	0,0097
27,1	30	12	1	0,0097											43,2	37	14	1	0,0097
27,1	31	12	1	0,0097											43,2	37	16	1	0,0097
27,1	32	12	1	0,0097											44,2	35	15	1	0,0097
28,1	19	12	1	0,0097											44,2	35	16	1	0,0097
28,1	21	12	1	0,0097											44,2	36	15	1	0,0097
28,1	24	10	1	0,0097											45,2	33	14	1	0,0097
28,1	25	10	1	0,0097											45,2	34	15	1	0,0097
28,1	27	12	1	0,0097											45,2	35	15	1	0,0097
28,1	28	12	1	0,0097											46,2	33	14	1	0,0097
28,1	30	12	1	0,0097											46,2	34	16	1	0,0097
29,1	26	12	1	0,0097											46,2	37	14	1	0,0097

30,1 21 11 1 0,0097 |

Uočeni haplotipovi	92	70	76	91
Mogućih haplotipova	2125	1248	1260	1980
GD	0,99 75	0,99 12	0,99 20	0,99 73
SD	0,00 18	0,00 26	0,00 28	0,00 19

Tablica 10. Frekvencije haplotipova 12 X-STR biljega u populaciji muškaraca južne Hrvatske, N=146

LG1					LG2					LG3					LG4				
DXS101 48	DXS101 35	DXS837 8	n	Frekvenci ja	DXS713 2	DXS100 79	DXS100 74	n	Frekvenci ja	DXS101 03	HPRT B	DXS101 01	n	Frekvenci ja	DXS101 46	DXS101 34	DXS742 3	n	Frekvenci ja
14	18	12	1	0,0068	11	18	17	1	0,0068	15	11	27,2	1	0,0068	24	37	14	1	0,0068
18	15,1	12	1	0,0068	12	18	8	1	0,0068	15	13	33	1	0,0068	24	39	14	1	0,0068
18	18	12	1	0,0068	12	18	18	1	0,0068	15	14	33	1	0,0068	25	31	15	1	0,0068
18	19	13	1	0,0068	12	19	15	1	0,0068	16	11	29	2	0,0137	25	35	14	1	0,0068
18	19,1	10	1	0,0068	12	19	16	3	0,0205	16	11	29,2	1	0,0068	25	36	13	1	0,0068
18	21	10	2	0,0137	12	19	17,2	1	0,0068	16	11	33	1	0,0068	25	36	14	1	0,0068
18	21	11	1	0,0068	12	19	18	1	0,0068	16	12	29,2	1	0,0068	25	36	15	2	0,0137
18	22	10	1	0,0068	12	20	7	1	0,0068	16	13	27,2	1	0,0068	25	37	13	1	0,0068
18	22	12	1	0,0068	12	20	17	2	0,0137	16	13	31	2	0,0137	25	37	16	1	0,0068
18	24	11	3	0,0205	12	20	19	1	0,0068	16	13	32	1	0,0068	26	34	15	1	0,0068
18	25	12	1	0,0068	12	21	15	1	0,0068	16	13	33	1	0,0068	26	35	14	1	0,0068
18	26	12	2	0,0137	12	21	19	1	0,0068	16	14	31	1	0,0068	26	35	15	2	0,0137
18	27	10	1	0,0068	12	22	14	1	0,0068	16	14	33	1	0,0068	26	35	16	1	0,0068
18	27	12	1	0,0068	12	22	18	1	0,0068	16	14	34	2	0,0137	26	36	13	1	0,0068
18	28	11	1	0,0068	13	15	17	1	0,0068	16	16	28	1	0,0068	26	36	14	1	0,0068
18	29	10	1	0,0068	13	16	16	1	0,0068	17	12	26,2	1	0,0068	26	36	15	3	0,0205
18	29	11	1	0,0068	13	17	8	1	0,0068	17	12	31	1	0,0068	26	37	13	1	0,0068
18	29	12	1	0,0068	13	17	16	1	0,0068	17	13	30	3	0,0205	26	38	13	1	0,0068
18	30	11	1	0,0068	13	17	17	1	0,0068	17	13	31	2	0,0137	26	41,3	15	1	0,0068
19	24	10	1	0,0068	13	18	7	2	0,0137	17	14	30	1	0,0068	27	33	16	1	0,0068
19	25	11	1	0,0068	13	18	8	3	0,0205	17	14	31	1	0,0068	27	34	17	1	0,0068
22,1	21,1	11	1	0,0068	13	18	9	1	0,0068	17	14	32	1	0,0068	27	35	14	1	0,0068
22,1	23	11	1	0,0068	13	18	15	1	0,0068	17	14	33	1	0,0068	27	35	15	1	0,0068
22,1	24	10	1	0,0068	13	18	16	1	0,0068	17	15	30	1	0,0068	27	36	13	1	0,0068
22,1	26	10	1	0,0068	13	18	17	1	0,0068	17	15	31	2	0,0137	27	36	14	4	0,0274
22,1	33	10	1	0,0068	13	19	7	1	0,0068	17	15	32	1	0,0068	27	36	15	1	0,0068

23	21	10	1	0,0068	13	19	8	5	0,0342	18	9	30,2	3	0,0205	27	36	16	1	0,0068
23	22	10	1	0,0068	13	19	15	2	0,0137	18	11	28,2	1	0,0068	27	37	13	1	0,0068
23	22	11	1	0,0068	13	19	16	2	0,0137	18	11	30,2	1	0,0068	27	37	15	3	0,0205
23	23	10	1	0,0068	13	19	17	1	0,0068	18	11	35	1	0,0068	27	38	13	1	0,0068
23	25	11	1	0,0068	13	19	19	1	0,0068	18	12	28,2	2	0,0137	27	40,3	13	1	0,0068
23,1	20	12	1	0,0068	13	20	7	1	0,0068	18	12	29,2	1	0,0068	28	34	15	2	0,0137
23,1	22	12	1	0,0068	13	20	8	1	0,0068	18	12	30,2	1	0,0068	28	34	16	1	0,0068
23,1	23	12	1	0,0068	13	20	14	1	0,0068	18	12	31,2	1	0,0068	28	35	14	1	0,0068
23,1	25	10	2	0,0137	13	20	15	2	0,0137	18	12	32	1	0,0068	28	36	14	5	0,0342
23,1	25	12	1	0,0068	13	20	16	1	0,0068	18	13	28,2	1	0,0068	28	37	14	2	0,0137
23,1	26	9	1	0,0068	13	20	17	4	0,0274	18	13	31	2	0,0137	28	37	15	2	0,0137
23,1	26	10	1	0,0068	13	20	19	1	0,0068	18	13	31,2	1	0,0068	28	37	16	1	0,0068
23,1	26	11	2	0,0137	13	21	17	2	0,0137	18	13	32	2	0,0137	28	38	15	1	0,0068
23,1	26	13	1	0,0068	13	21	19	1	0,0068	18	13	33,2	1	0,0068	28	39	14	1	0,0068
24	20,3	10	1	0,0068	13	22	7	1	0,0068	18	14	29,2	1	0,0068	28	39	15	1	0,0068
24	21	10	2	0,0137	13	22	16	2	0,0137	18	14	33	1	0,0068	28	40,3	17	1	0,0068
24	31	12	1	0,0068	13	22	17	1	0,0068	18	14	34	1	0,0068	28	41,3	15	1	0,0068
24,1	18	11	1	0,0068	13	23	16	1	0,0068	19	10	27,2	1	0,0068	28	41,3	16	1	0,0068
24,1	18	12	1	0,0068	14	15	17	2	0,0137	19	10	31,2	1	0,0068	28	42,3	17	1	0,0068
24,1	18,1	10	1	0,0068	14	16	16	1	0,0068	19	11	27,2	1	0,0068	29	33	14	1	0,0068
24,1	21	12	1	0,0068	14	16	17	1	0,0068	19	11	28,2	1	0,0068	29	33	15	1	0,0068
24,1	22	9	2	0,0137	14	17	8	2	0,0137	19	11	29,2	2	0,0137	29	33	16	1	0,0068
24,1	22	11	2	0,0137	14	17	9	1	0,0068	19	11	30,2	1	0,0068	29	34	13	1	0,0068
24,1	23	11	1	0,0068	14	17	15	2	0,0137	19	12	27	1	0,0068	29	34	14	3	0,0205
24,1	24	9	1	0,0068	14	17	17	1	0,0068	19	12	27,2	1	0,0068	29	34	16	1	0,0068
24,1	24	11	1	0,0068	14	18	8	4	0,0274	19	12	27,3	1	0,0068	29	35	14	1	0,0068
24,1	26	11	3	0,0205	14	18	17	1	0,0068	19	12	28	3	0,0205	29	36	13	1	0,0068
24,1	27	11	1	0,0068	14	18	19	1	0,0068	19	12	28,2	2	0,0137	29	36	15	4	0,0274
24,1	27	12	1	0,0068	14	19	8	7	0,0479	19	12	29,2	7	0,0479	29	36	16	2	0,0137
24,1	28	10	1	0,0068	14	19	15	1	0,0068	19	12	30,2	4	0,0274	29	37	14	1	0,0068
24,1	28	11	1	0,0068	14	19	16	1	0,0068	19	12	31,2	3	0,0205	29	37	15	1	0,0068
24,1	28	12	1	0,0068	14	19	17	1	0,0068	19	12	32,2	4	0,0274	29	37,3	14	1	0,0068

24,1	29	11	1	0,0068	14	19	18	3	0,0205	19	13	27,2	2	0,0137	29	38	13	1	0,0068
25,1	17	12	1	0,0068	14	19,2	14	1	0,0068	19	13	28,2	2	0,0137	29	38	15	1	0,0068
25,1	19	10	2	0,0137	14	20	8	2	0,0137	19	13	29,2	3	0,0205	29	38	16	1	0,0068
25,1	19	12	1	0,0068	14	20	13	1	0,0068	19	13	30	1	0,0068	29	39,3	15	1	0,0068
25,1	20	10	1	0,0068	14	20	14	1	0,0068	19	13	31,2	5	0,0342	30	33	14	1	0,0068
25,1	20,1	10	1	0,0068	14	20	15	2	0,0137	19	13	32,2	1	0,0068	30	33	15	1	0,0068
25,1	20,1	11	1	0,0068	14	20	16	2	0,0137	19	13	33	2	0,0137	30	34	16	1	0,0068
25,1	21	11	1	0,0068	14	20	17	4	0,0274	19	14	28	1	0,0068	30	35	14	2	0,0137
25,1	21,1	11	2	0,0137	14	20	18	2	0,0137	19	14	28,2	1	0,0068	30	35	15	2	0,0137
25,1	22	9	1	0,0068	14	20	19	1	0,0068	19	14	29,2	2	0,0137	30	35	16	1	0,0068
25,1	22	11	2	0,0137	14	21	8	1	0,0068	19	14	31	1	0,0068	30	36	14	2	0,0137
25,1	23	10	1	0,0068	14	21	14	1	0,0068	19	14	32	1	0,0068	30	36	15	2	0,0137
25,1	23	11	1	0,0068	14	21	17	3	0,0205	19	14	32,2	1	0,0068	30	36	16	2	0,0137
25,1	24	10	2	0,0137	14	21	18	6	0,0411	19	14	33	2	0,0137	30	39,2	14	1	0,0068
25,1	24	12	1	0,0068	14	22	15	1	0,0068	19	15	28,2	2	0,0137	31	33	14	1	0,0068
25,1	25	10	1	0,0068	14	22	18	1	0,0068	19	15	30,2	1	0,0068	31	34	15	3	0,0205
25,1	25	11	2	0,0137	14	23	15	1	0,0068	19	15	32	1	0,0068	31	35	14	1	0,0068
25,1	26	10	1	0,0068	15	15	18	1	0,0068	19	15	32,2	1	0,0068	31	37	14	1	0,0068
25,1	27	10	2	0,0137	15	17	16	2	0,0137	20	11	27,2	1	0,0068	32	37	15	1	0,0068
25,1	28	11	1	0,0068	15	18	17	2	0,0137	20	11	28,2	1	0,0068	36,2	39,3	13	1	0,0068
25,1	28	12	1	0,0068	15	19	16	1	0,0068	20	11	29,2	1	0,0068	39,2	38,3	15	1	0,0068
25,1	33	12	1	0,0068	15	19	17	1	0,0068	20	11	31,2	1	0,0068	39,2	39,3	13	1	0,0068
26,1	16	11	1	0,0068	15	20	7	1	0,0068	20	12	28,2	1	0,0068	39,2	39,3	14	1	0,0068
26,1	16	12	1	0,0068	15	20	8	1	0,0068	20	12	30	1	0,0068	39,2	39,3	15	2	0,0137
26,1	17	11	1	0,0068	15	20	14	1	0,0068	20	12	30,2	1	0,0068	39,2	40,3	14	1	0,0068
26,1	19	10	1	0,0068	15	20	15	1	0,0068	20	12	31,2	1	0,0068	39,2	40,3	15	2	0,0137
26,1	19	11	1	0,0068	15	20	16	1	0,0068	20	12	32	1	0,0068	39,2	43,3	15	2	0,0137
26,1	20	10	1	0,0068	15	20	17	3	0,0205	20	13	27	1	0,0068	40,2	37	17	1	0,0068
26,1	21	10	1	0,0068	15	21	15	2	0,0137	20	13	28,2	1	0,0068	40,2	39	13	1	0,0068
26,1	21	11	1	0,0068	15	22	16	2	0,0137	20	13	29,2	1	0,0068	40,2	40,3	15	1	0,0068
26,1	22	9	1	0,0068	15	22	18	1	0,0068	20	13	30,2	2	0,0137	40,2	40,3	16	1	0,0068
26,1	22	10	2	0,0137	15	22	19	1	0,0068	20	13	31,2	2	0,0137	41,2	36	13	1	0,0068

26,1	22	12	2	0,0137	16	17	16	1	0,0068	20	13	33	1	0,0068	41,2	36	15	1	0,0068
26,1	23	11	1	0,0068	16	20	16	1	0,0068	20	14	28,2	2	0,0137	42,2	34	15	1	0,0068
26,1	24	10	3	0,0205	17	19	17	1	0,0068	20	14	29,2	1	0,0068	42,2	35	14	1	0,0068
26,1	25	10	1	0,0068	17	20	16	1	0,0068	20	14	30,2	1	0,0068	42,2	36	14	2	0,0137
26,1	26	12	1	0,0068						20	14	32,2	2	0,0137	43,2	35	14	1	0,0068
26,1	27	11	2	0,0137						20	15	33	1	0,0068	43,2	35	15	1	0,0068
26,1	28	11	1	0,0068						21	12	29,2	1	0,0068	44,2	34	16	3	0,0205
26,1	28	12	1	0,0068						21	13	30,2	1	0,0068	44,2	35	15	2	0,0137
27,1	19	12	1	0,0068						21	13	31,2	2	0,0137	44,2	35	16	1	0,0068
27,1	21	12	1	0,0068											44,2	36	15	1	0,0068
27,1	22	10	2	0,0137											44,2	37,3	15	1	0,0068
27,1	22	12	2	0,0137											44,2	38	14	1	0,0068
27,1	23	11	1	0,0068											44,2	38,3	14	1	0,0068
27,1	24	10	1	0,0068											44,2	38,3	15	1	0,0068
27,1	24	12	1	0,0068											45,2	35	16	2	0,0137
27,1	25	11	2	0,0137											45,2	39,3	14	1	0,0068
27,1	26	10	1	0,0068											46,2	35	16	2	0,0137
27,1	29	11	1	0,0068											46,2	36	16	1	0,0068
27,1	31	12	1	0,0068															
27,1	33	11	1	0,0068															
27,2	20	11	1	0,0068															
28,1	20	12	2	0,0137															
28,1	22	12	1	0,0068															
28,1	23	10	2	0,0137															
28,1	28	10	1	0,0068															
29,1	19	11	1	0,0068															
29,1	23	10	1	0,0068															
29,1	25	11	1	0,0068															
32,1	23	12	1	0,0068															

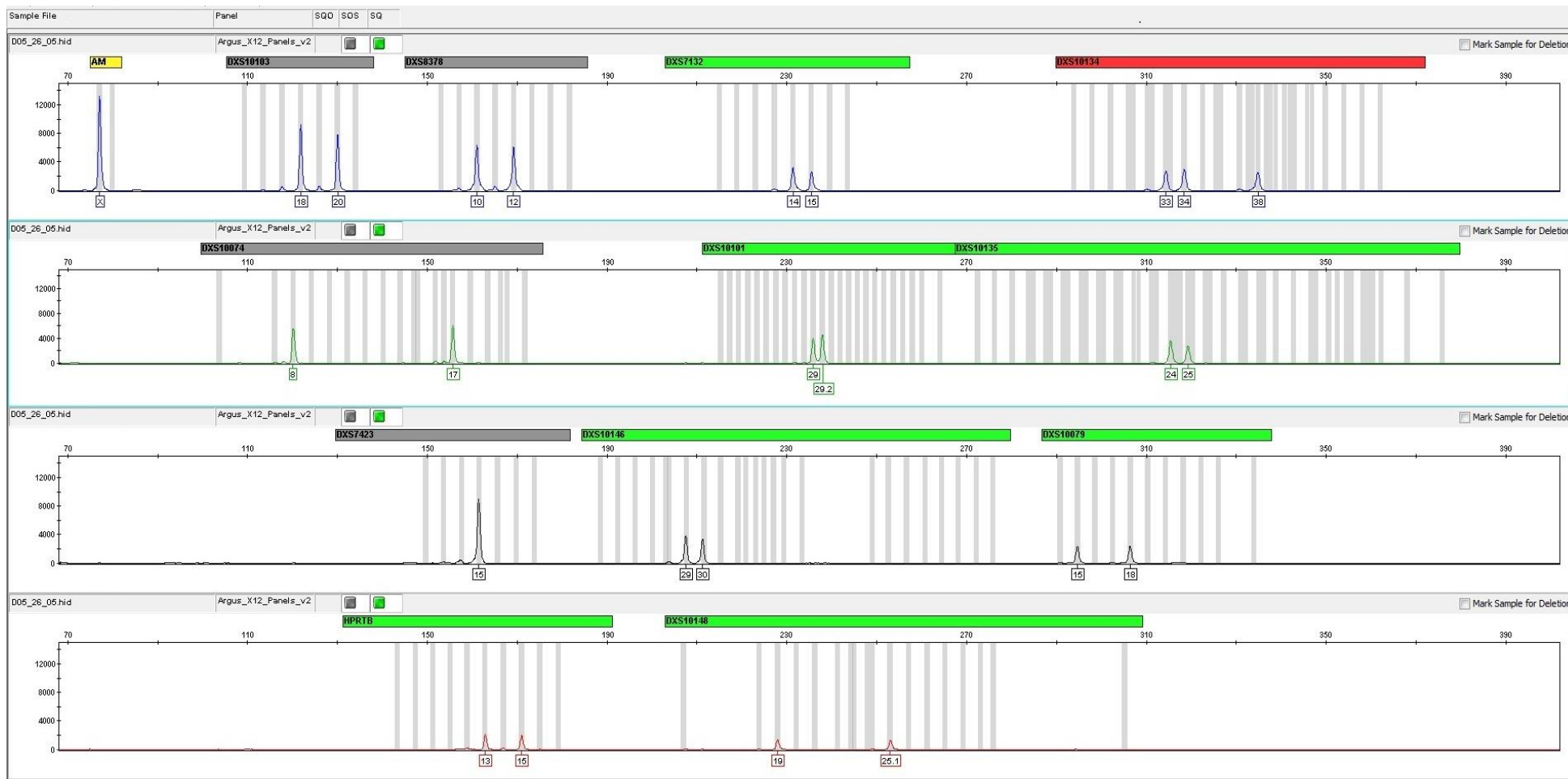
Uočeni haplotipovi 119
Mogućih haplotipova 2125

94
840

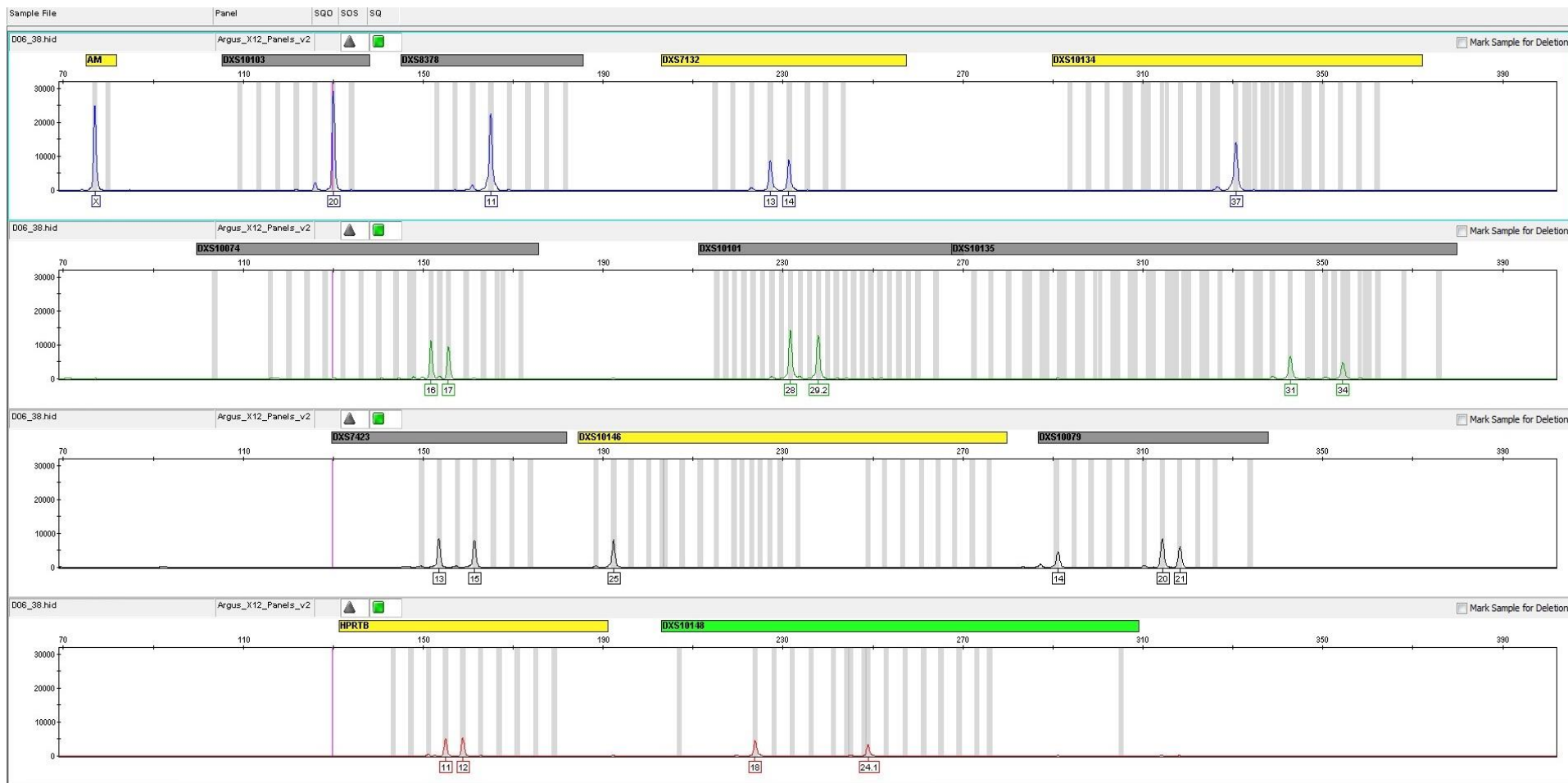
99
1134

108
2142

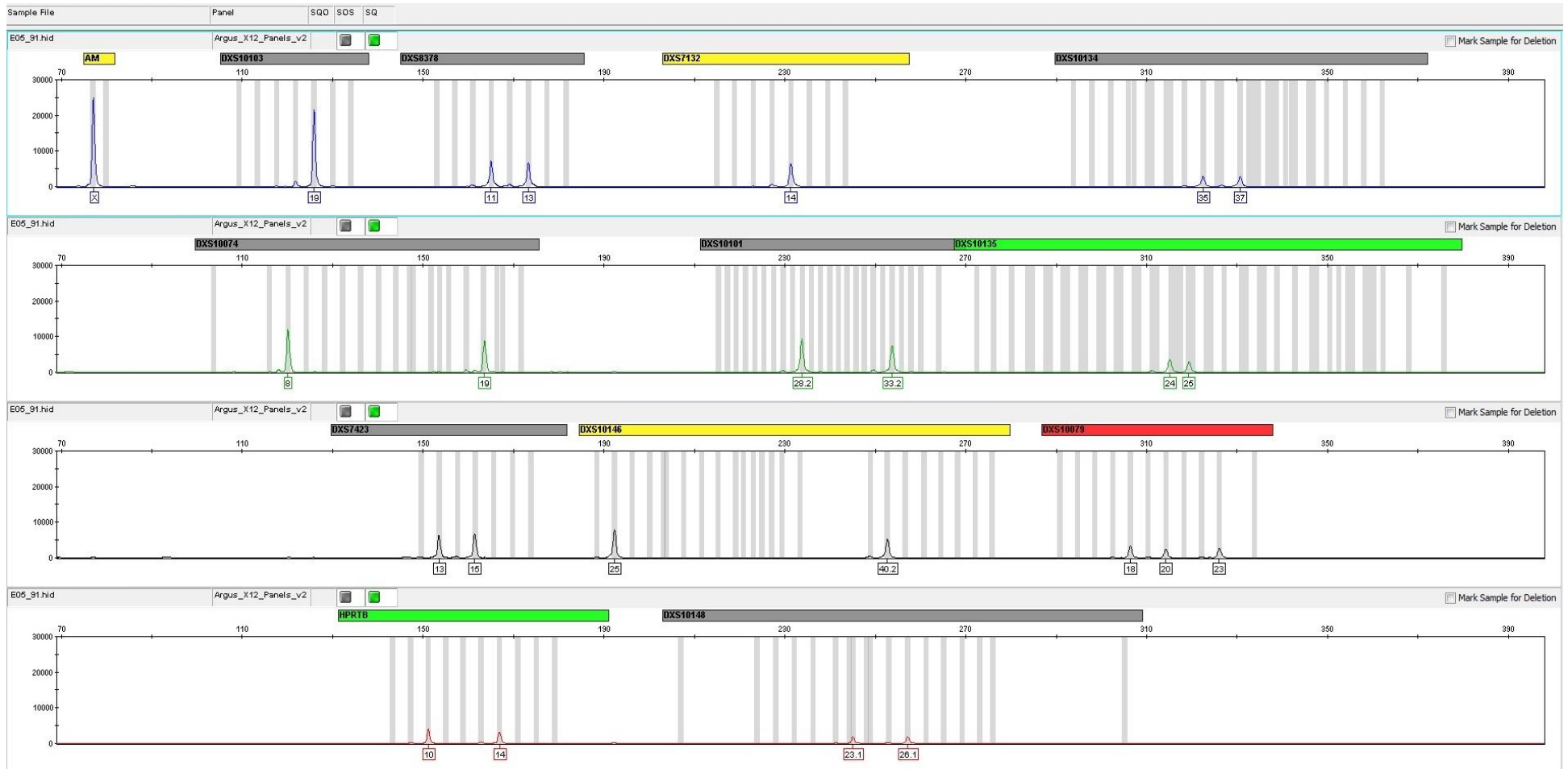
GD	0,9972	0,9908	0,9925	0,9948
SD	0,0012	0,0023	0,0021	0,0016



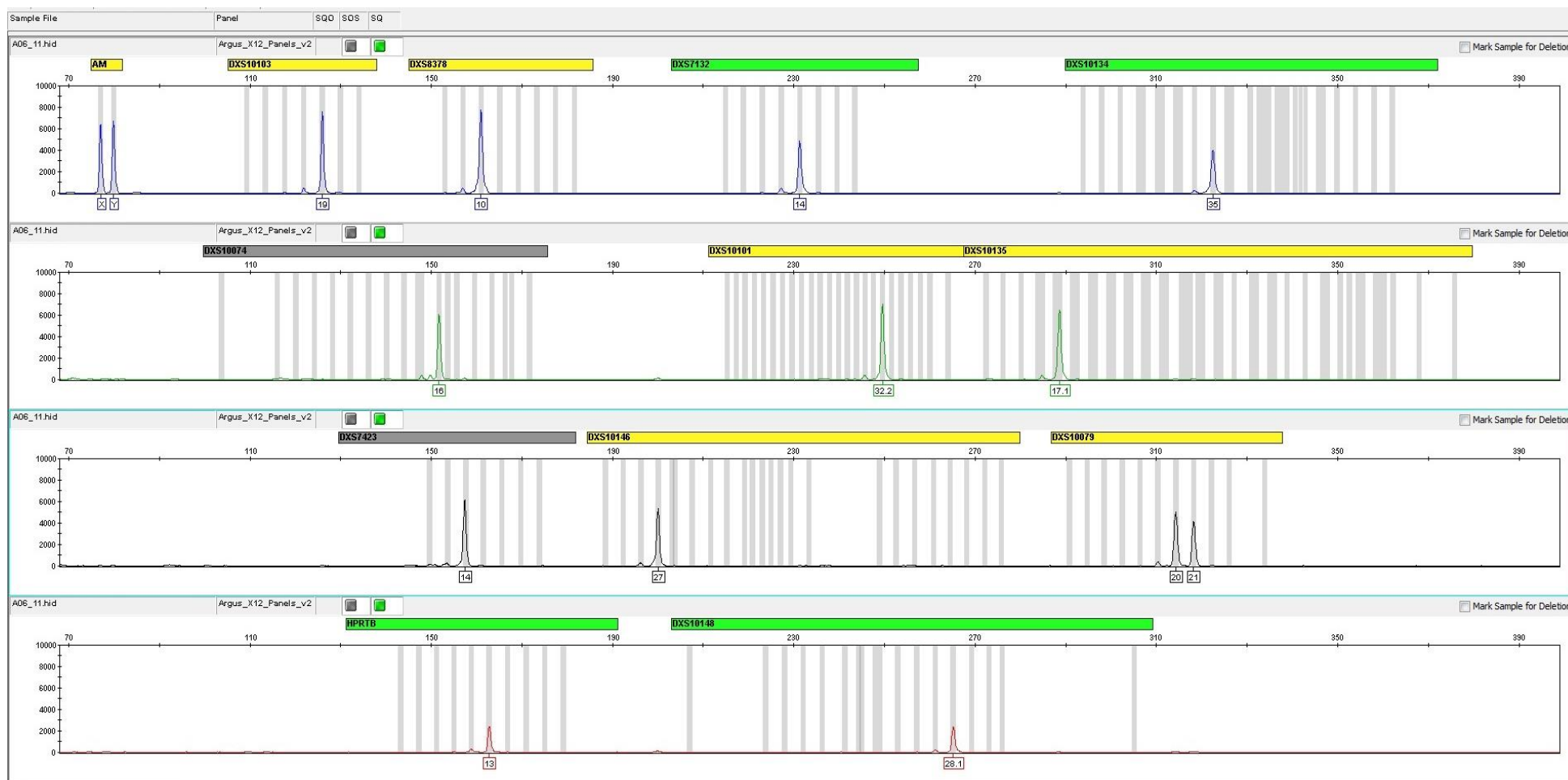
Slika 1. Investigator® Argus X-12 ženski uzorak sa trialelnim uzorkom na biljegu DXS10134. (Izvor:autor)



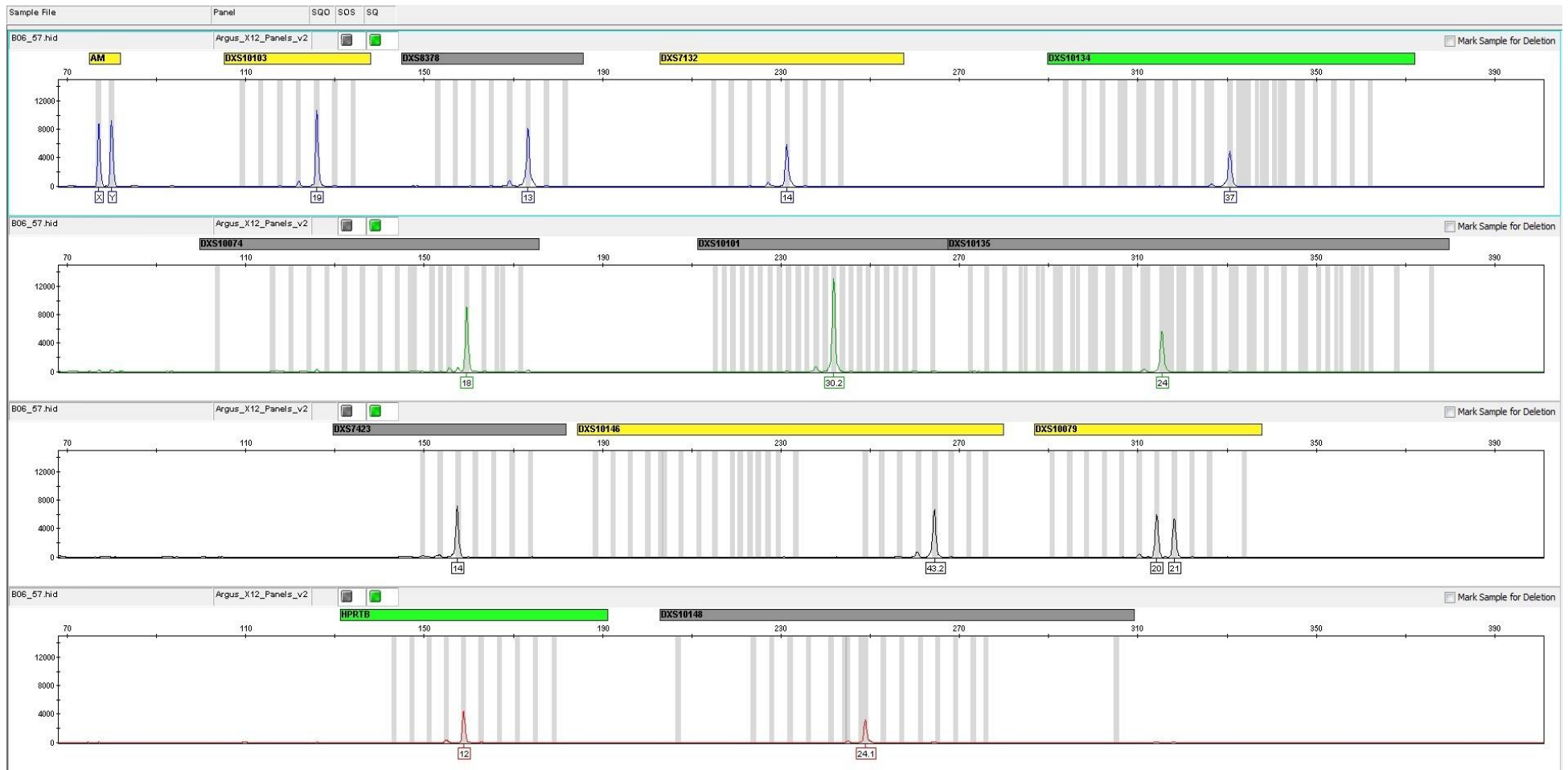
Slika 2. Investigator® Argus X-12 ženski uzorak sa trialelnim uzorkom na biljegu DXS10079. (Izvor:autor)



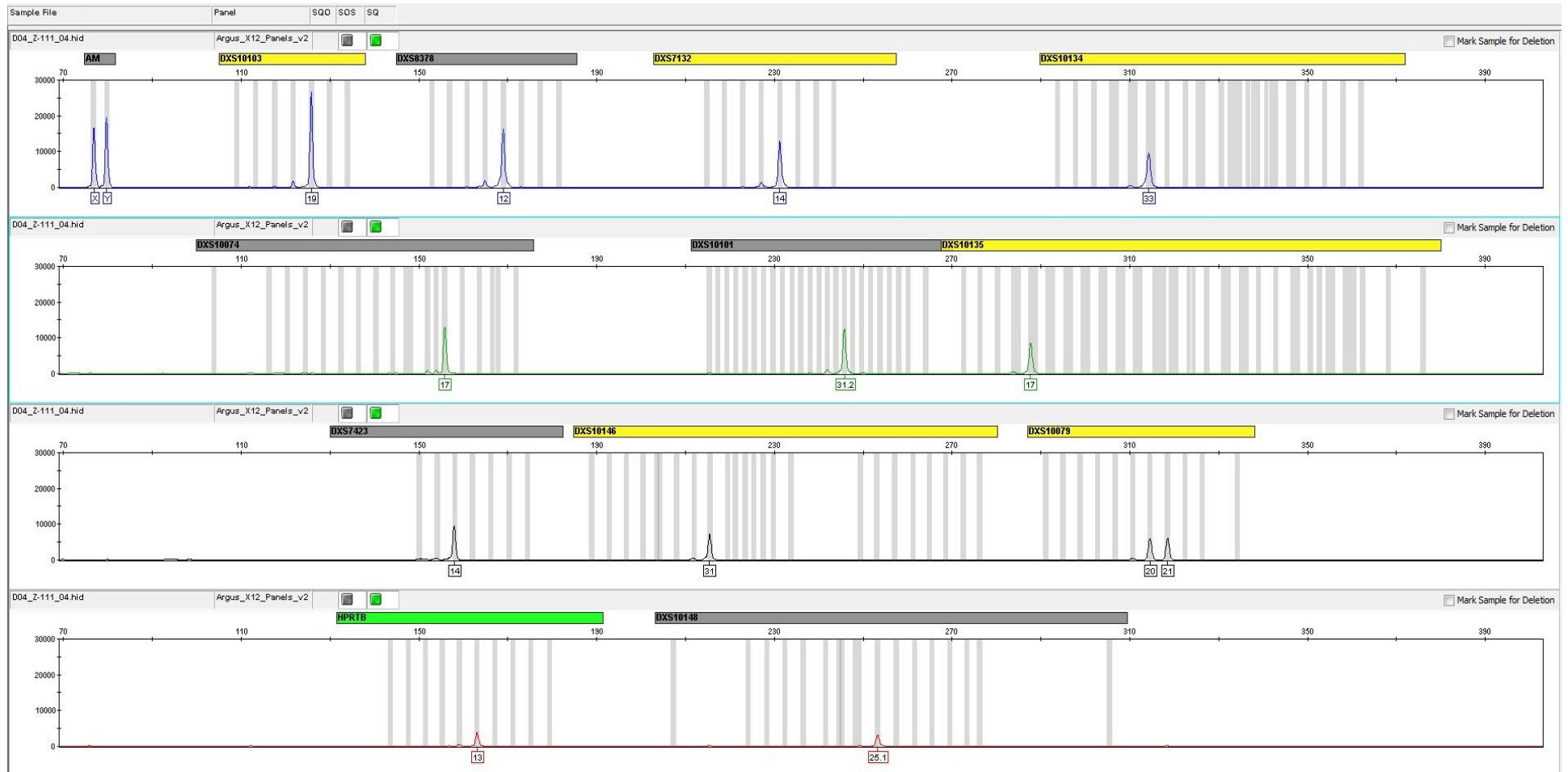
Slika 3. Investigator® Argus X-12 ženski uzorak sa trialelnim uzorkom na biljegu DXS10079. (Izvor:autor)



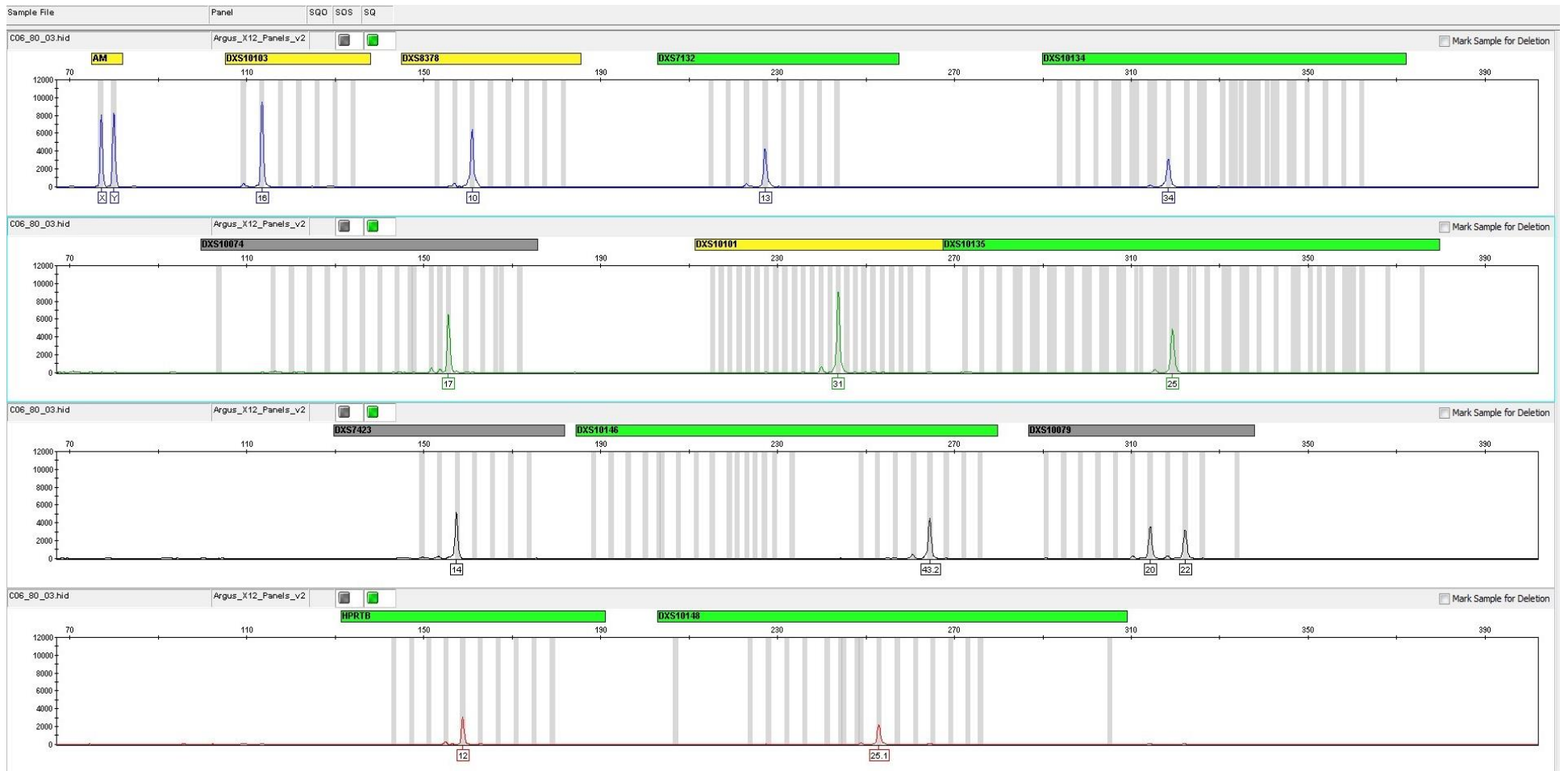
Slika 4. Investigator® Argus X-12 muški uzorak sa bielelnim uzorkom na biljevu DXS10079. (Izvor:autor)



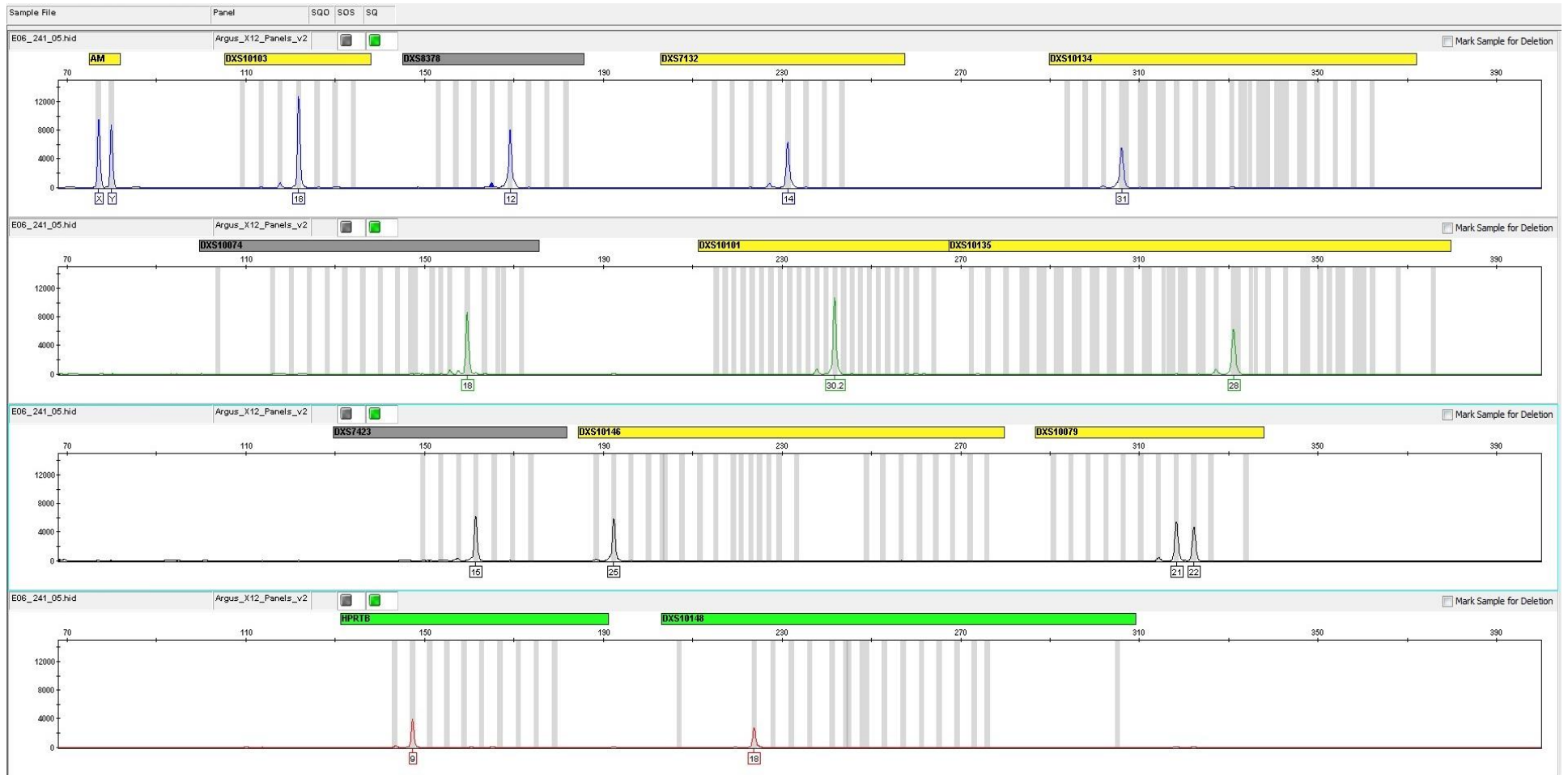
Slika 5. Investigator® Argus X-12 muški uzorak sa bielelnim uzorkom na biljevu DXS10079. (Izvor:autor)



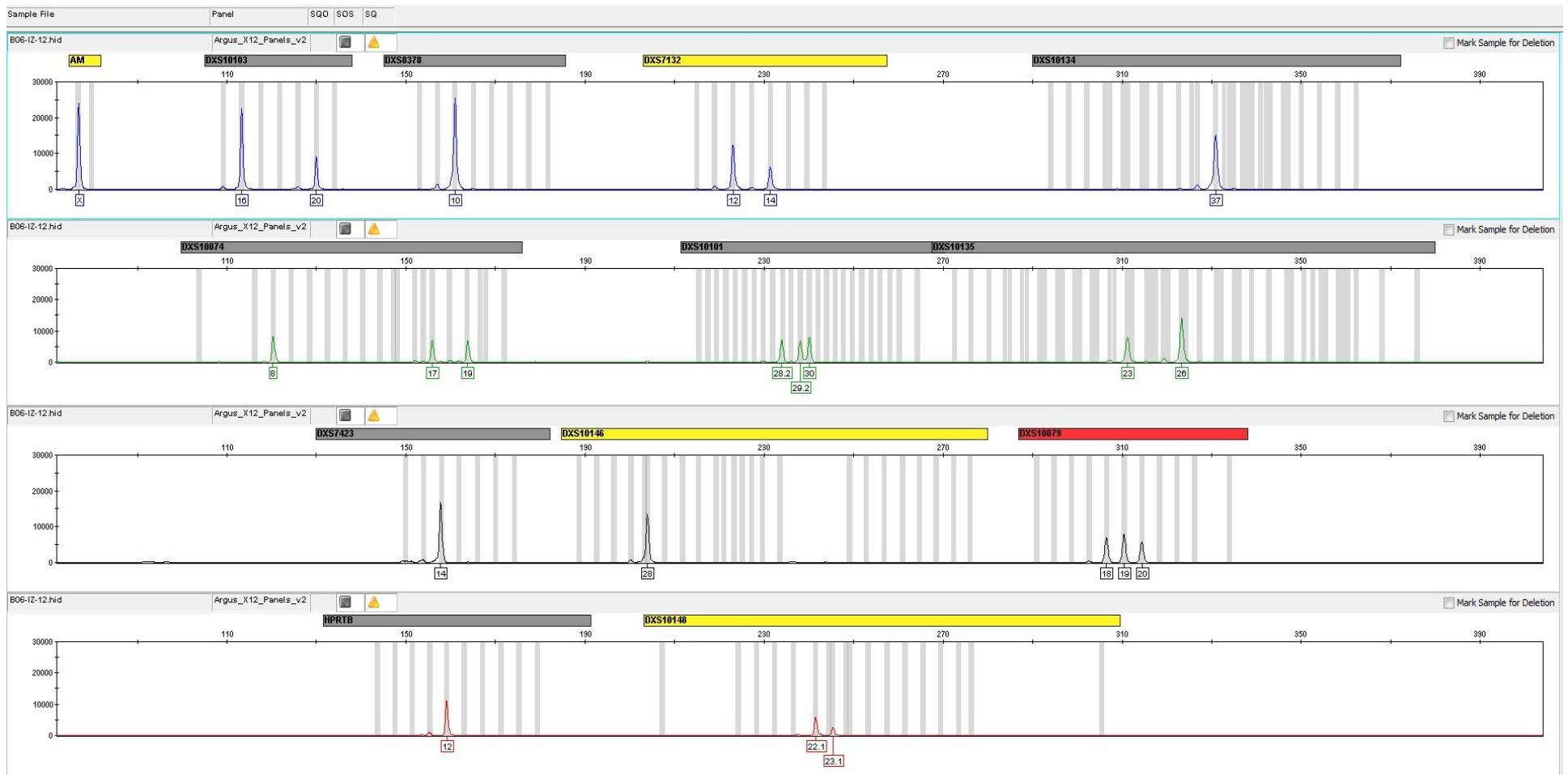
Slika 6. Investigator® Argus X-12 muški uzorak sa bielelnim uzorkom na biljevu DXS10079. (Izvor:autor)



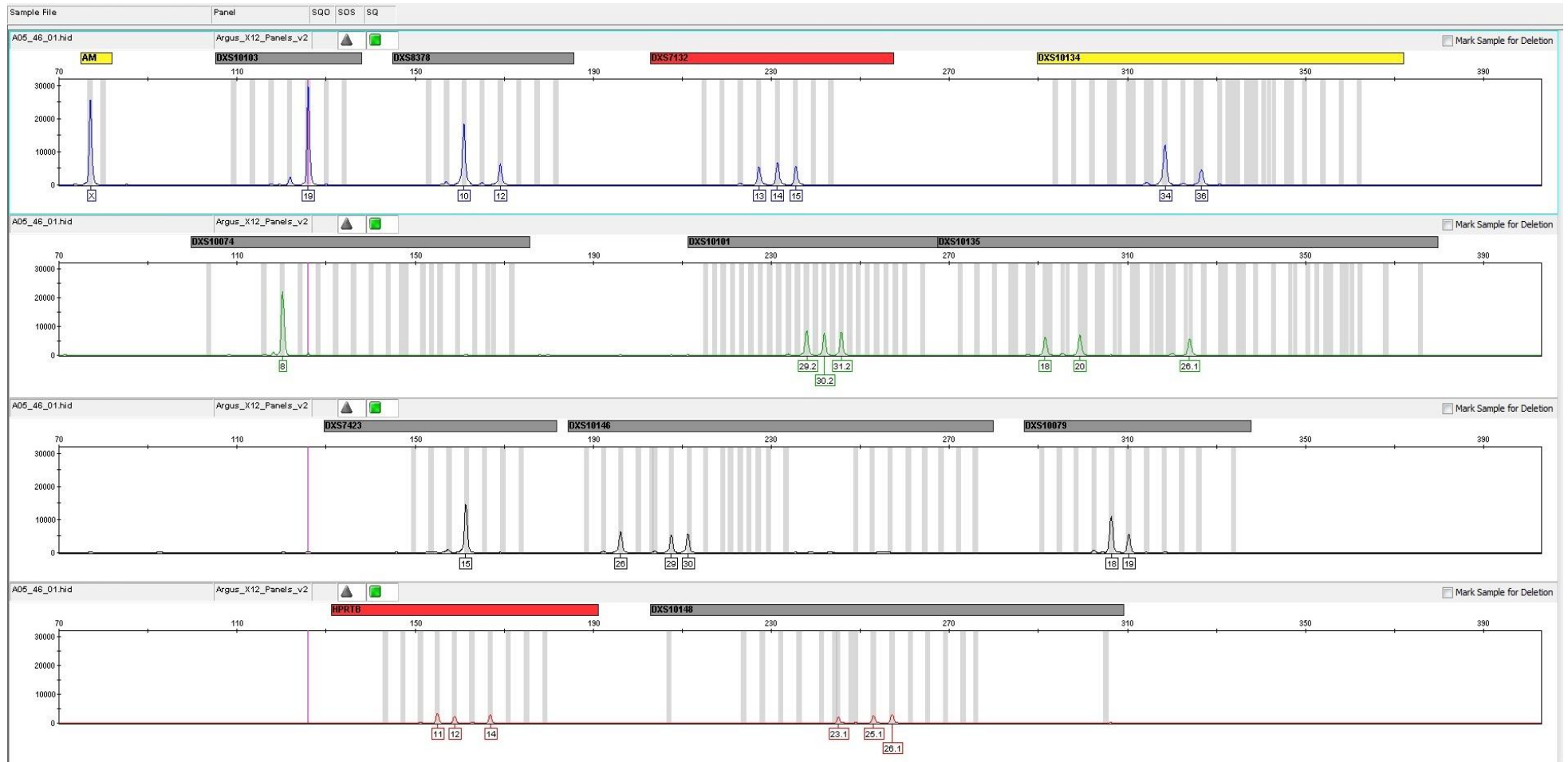
Slika 7. Investigator® Argus X-12 muški uzorak sa bielelnim uzorkom na biljevu DXS10079. (Izvor:autor)



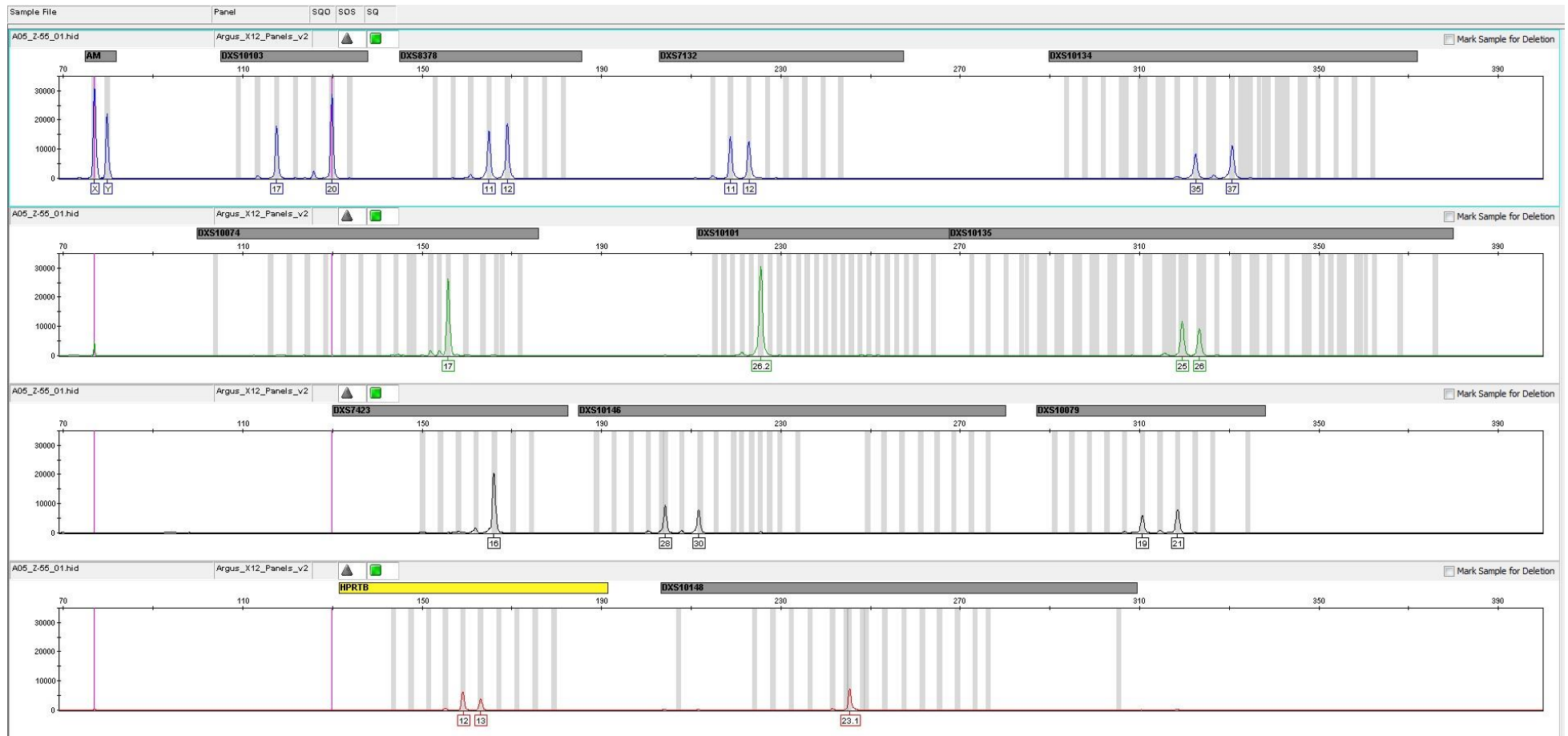
Slika 8. Investigator® Argus X-12 muški uzorak sa bijelim uzorkom na biljevu DXS10079. (Izvor:autor)



Slika 9. Investigator® Argus X-12 ženski uzorak sa trialelnim uzorkom na tri biljega: DXS10079, DXS10074 i DXS10101. (Izvor:autor)



Slika 10. Investigator® Argus X-12 ženski uzorak sa trialelnim uzorkom na šest biljega: DXS10148, DXS10135, DXS7132, HPRTB, DXS10101 i DXS10146. (Izvor:autor)



Slika 11. Investigator® Argus X-12 ženski uzorak sa trialelnim uzorkom na osam biljega: DXS10135, DXS8378, DXS7132, DXS10079, DXS10103, HPRTB, DXS10146 i DXS10134. (Izvor:autor)