# Primjena nano, instant i magnetnog praha za analizu papilarnih linija

**Zec, Aleksander Nikola**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:149:948235

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-26**

*Repository / Repozitorij:*

Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE**
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ KEMIJSKOG INŽENJERSTVA

**Aleksander Nikola Zec**

# Primjena nano, instant i magnetnog praha za analizu papilarnih linija

## DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada: Prof. dr. sc. Sanja Lučić Blagojević

Neposredni voditelj: Doc. dr. sc. Gordan Mršić

Članovi ispitnog povjerenstva: Prof. dr. sc. Sanja Lučić Blagojević
Prof. dr. sc. Mirela Leskovac
Doc. dr. sc. Domagoj Vrsaljko

Zagreb, rujan 2016.

## Zahvala

*Ovom prilikom zahvaljujem se prof. dr. sc. Sanji Lučić Blagojević, doc. dr. sc. Gordanu Mršiću i stručnoj suradnici Megi Kujundžić mag. forenz. na odličnom vođenju, stručnim savjetima i velikoj pomoći kroz sve faze izrade diplomskog rada.*

*Posebno se zahvaljujem načelniku Centra za forenzična ispitavanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić" doc. dr. sc. Gordanu Mršiću, što mi je omogućio i odobrio pristup uređajima, materijalima i opremi potrebnoj za izradu diplomskog rada. Također, se zahvaljujem djelatnicima centra, koji su mi svojim znanjem i kompetencijama pomogli na području forenzike Megi Kujundžić mag. forenz. – izazivanje tragova i daktiloskopija, Igor Špoljarić bacc. crim. – SEM i EDX analiza, Goran Šatalić– slikanje izazvanih otisaka.*

*Najljepše hvala mojoj obitelji na strpljenju, razumijevanju i podršci koju su mi pružili tijekom studija.*

# Sažetak

Cilj ovog rada je istražiti i usporediti mogućnosti određenih daktiloskopskih (DKT) prahova za izazivanje latentnih otisaka prsta na šest različitih podloga, pri čemu je uzeto u obzir vrijeme od trenutka nanošenja otiska do trenutka izazivanja otiska. U istraživanju primjenjivani su sljedeći prahovi: Instant crni (engl. *Instant Black),* supranano crni (engl. *Supranano Black*), fluorescirajući magnetični crveni (engl. *Fluorescent Magnetic Red*) i supranano fluorescirajući crveni magnetični (engl. *Supranano Fluorecent Red Magnetic).*

U eksperimentalnom dijelu prvotno je provedena karakterizacija prahova pomoću SEM-a i EDX-a. U sljedećem koraku istraživanja pristupilo se doniranju otisaka, koji su potom periodično izazivani u razmaku od 0, 5, 10, 15 i 20 dana navedenim prahovima na podlozi prozirne plastike, crne plastike, stakla, nehrđajućeg čelika, lakiranog drveta i laminiranog papira. Izazvani otisci su snimljeni profesionalnim fotoaparatom Nikon D7100 i vršene su usporedbe snimaka otisaka s obzirom na podlogu i trenutak izazivanja. Izazvanim otiscima dodijeljivane su određene ocjene (upotrebljiv - 2, upotrebljiv s korekcijom - 1, neupotrebljiv - 0), koje su potom sumirane i grafički izražene u ovisnosti o vrsti podloge i vrsti primjenjivanih prahova.

Dobivena su saznanja o dimenziji, obliku i raspodjeli veličine čestica, stupnju aglomeriranosti i elementarnom sastavu prahova. Rezultati su pokazali da nijedan od istraživanih prahova nije univerzalan i ne izaziva otiske na svim podlogama jednako dobro. Najbolju razlučivost daju supranano crni i supranano fluorescirajući crveni magnetični prah. Razlozi kvalitetnijeg izazivanja otisaka nano prahovima su, između ostalog, manja dimenzijie čestica, pravilniji oblik čestica, te manja raspodjela veličina čestica kako je prikazano SEM mikrografijama.

Ključne riječi: Nano prah, fluorescirajući magnetični prah, instant prah, SEM, EDX.

# Abstract

The aim of this work is to investigate and compare the capabilities of specific fingerprint powders for latent fingerprint visualization on six different substrates. The time from fingerprint deposition to the moment of visualization was also taken into account. The studied powders were: Instant Black, Supranano Black, Fluorescent Magnetic Red and Supranano Fluorecent Red Magnetic.

First of all, characterization of the choosen powders has been carried out with SEM and EDX analysis. The next step of research started with the deposition of fingerprints, which are then periodically developed after 0, 5, 10, 15 and 20 days by using mentioned powders. The investigation on the following substrates: transparent plastic, black plastic, glass, lacquered wood, stainless steel and laminated paper was done. The developed fingerprints are then recorded with a professional camera (Nikon D7100), afterwards the images were compared considering the surface and the moment of development. To visualized latent fingerprints certain marks (usable - 2, usable with a correction - 1, unusable - 0), were ascribed. The marks are then summarized and graphically expressed as a function of the type of substrate and the type of applied powders.

Knowledge about influence of dimensions, shape and particle size distribution, degree of aglomeration and elemental composition of the powders on the fingerprint quality was obtained. Results showed that none of the investigated powders is universal and does not produce prints of good quality on very surfaces. The best resolution gives supranano black and supranano red fluorescent magnetic powder. Reasons for better quality of developed prints with nano powders may be, inter alia, due to a lesser dimension of the particles, more regularly shaped particles and a smaller particle size distribution as shown in the SEM micrographs.

Keywords: Nano powder, fluorescent magnetic powder, instant powder, SEM, EDX.

# SADRŽAJ

**1. UVOD ..... 1**

**2. TEORIJSKI DIO ..... 2**

**2.1. Općenito o prahovima za izazivanje latentnih otisaka ..... 2**
2.1.1 Pregled i podjela prahova ..... 4
2.1.2. Primjena prahova ..... 6
2.1.3. Nanotehnološki prahovi za izazivanje latentnih otisaka ..... 12
2.1.4. Oprema i sigurnost u radu s nanotehnološkim prahovima ..... 14
2.1.5. Koža i kemijski sastav otiska ..... 15

**3. EKSPERIMENTALNI DIO ..... 18**

**3.1. Popis i karakteristike odabranih DKT prahova ..... 18**

**3.2. Određivanje svojstava prahova u primjeni – karakterizacija prahova ..... 19**
3.2.1. Podloge i njihova priprema ..... 21
3.2.2. Periodičko izazivanje otiska ..... 23
3.2.3. Slikanje otisaka ..... 24

**3.3. Karakterizacija DKT prahova instrumentalno analitičkim metodama ..... 25**
3.3.1. Karakterizacija prahova SEM analizom ..... 25
3.3.1. Karakterizacija prahova EDX analizom ..... 26

**4. REZULTATI I RASPRAVA ..... 27**

**4.1. Karakterizacija prahova za izazivanje latentnih otisaka ..... 27**
4.1.1. Rezultati karakterizacije prahova dobivenih SEM i EDX analizom ..... 27

**4.2. Periodično izazvanje otisaka na različitim istraživanim podlogama ..... 31**
4.2.1. Kvaliteta otisaka na prozirnoj plastici ..... 33
4.2.2. Kvaliteta otisaka na crnoj plastici ..... 36
4.2.3. Kvaliteta otisaka na staklu ..... 39
4.2.4. Kvaliteta otisaka na lakiranom drvetu ..... 42
4.2.5. Kvaliteta otisaka na nehrđajućem čeliku ..... 46
4.2.6. Kvaliteta otisaka na laminiranom papiru ..... 49

**4.3. Sumiranje ocjena upotrebljivosti otisaka ..... 53**

**4.3.1. Rezultati sumiranih ocjena otisaka u ovisnosti o podlozi ..... 53**

**4.3.2. Rezultati sumiranih ocjena otisaka u ovisnosti o prahovima ..... 55**

**6. ZAKLJUČAK** ..... **57**

**7. LITERATURA** ..... **58**

**ŽIVOTOPIS** ..... **60**

# 1. UVOD

Kriminalistika u današnjem digitalnom i vremenski ubrzanom razdoblju zahtijeva metode i tehnike koje su sigurne, brze, ekonomične, a posebice verificirane i ponovljive. Primjena prahova za izazivanje otisaka prstiju može se ubrojiti u tehnike koje zadovoljavaju gore navedene uvjete. Papilarne linije sačinjavaju mnoštvo individualnih karakteristika otisaka prsta, dlana, stopala ljudskog bića i primjenjuju se za identifikaciju osoba. Nove tehnologije koje unapređuju dobro uhodanu praksu rada u kriminalistici s prahovima za izazivanje otisaka su dobro došle. Međutim, treba pomno ispitati prednosti i nedostatke svakog novog proizvoda kako bi se minimizirali i pravovremeno uočili neželjeni efekti. Pretraživanjem literature potvrđeno je da ne postoji prah za izazivanje latentnih otisaka prsta koji je univerzalan. Područje kriminalistike temeljeno na otiscima prsta predstavlja široko područje, jer postoji veliki broj faktora koji mogu utjecati na razlučivost i upotrebljivost otiska. Neki od spomenutih faktora su; temperatura, tlak, vlaga, kemijski sastav otiska, podloga i protek vremena od ostavljanja otiska na podlozi do trenutka izazivanja nevidljivog otiska tj., latentnog otiska.

Cilj ovog istraživačkog rada bio je

- istražiti utjecaj **vrste podloge na kojoj je izazvan otisak** na kvalitetu otiska. U tu svrhu kvaliteta otisaka istraživana je na šest različitih podloga (prozirna plastika, tamna plastika, staklo, lakirano drvo, nehrđajući čelik i laminirani papir) koje su se razlikovalke po poroznosti, strukturiranosti, obliku i boji.
- istražiti **utjecaj vrste praha i dimenzije čestica praha** na kvalitetu izazvanih otisaka. Stoga su korišten dva crna praha (instant crni i supranano crni) i dva fluorescirajuća praha (fluorescirajući magnetični crveni i supranano fluorescirajući crveni magnetični).
- istražiti utjecaj **vremena između nanošenja i izazivanja otiska**. Za sve vrste prahova na svim podlogama praćena je kvaliteta otisaka neposredno nakon nanošenja te nakon 5, 10, 15 i 20 dana nakon nanošenja otiska.

# 2. TEORIJSKI DIO

## 2.1. Općenito o prahovima za izazivanje latentnih otisaka

Glavna uloga prahova za izazivanja nevidljivih, tj. latentnih otisaka prsta je stvaranje potrebitog kontrasta i razlučivosti kako bi se trag mogao analizirati. Odabir praha za provedbu daktiloskopijskog vještačenja (izazivanje nevidljivih otisaka), uvjetuje dobro poznavanje faktora koji mogu utjecati na kvalitetu izazvanog otiska. Novi trendovi i tehnologije u području sinteze prahova, daju i nove mogućnosti. Kako se ne bi izgubili u „šumi“ proizvoda bitno je poznavati svojstva proizvoda, utjecaj perifernih uvjeta, a jedan od glavnih parametara su podloge na kojima se nalaze latentni otisci.

Izazivanje latentnih otisaka primjenom prahova u forenzici, tj. njezinoj grani daktiloskopiji, slovi kao najstarija metoda. Reference navode primjenu tj. Forgeot – ovo istraživanje prahova za latentne otiske još davne 1891. [1] Također, 1912. Faulds je opisao primjenu i formulaciju za crni i bijeli prah. Tadašnji prahovi, čija je primarna zadaća bila stvaranje zadovoljavajućeg kontrasta između supstrata (podloge) i otiska prsta, znatno su se razlikovali u sastavu. Glavni sastojci koji su bili u primjeni krajem 1920.: Mješavina žive i krede (hydrargyrum – cum – creta), grafit, čađa, željezov oksid, magnezijev karbonat, anilin, olovo oksid, olovo karbonat, olovo jodid, olovo acetat itd.. Neke formulacije prahova, koji su nekada primjenjivani, prikazani su u tablici 1 [2].

**Tablica 1.** Kvalitativni i kvantitativni sastav nekadašnjih DKT prahova [2].

| Boja prahova | Sastav | Maseni udio u % |
|---|---|---|
| Crna | Lamp black - čađa | 70 |
| | Graphite - grafit | 20 |
| | Gum acacia - guma akacije | 10 |
| | Black magnetic ferric oxide - crni magnetski željezni oksid | 50 |
| | Rosin - smola | 25 |
| | Lamp black - čađa | 25 |
| Bijela | Titanium dioxide - titanij dioksd | 67 |
| | Kaolin | 16,5 |
| | French chalk | 16,5 |
| | Titanium dioxide - titanij dioksd | 33.3 |
| | Basic lead carbonate - osnovno olovo karbonat | 33.3 |
| | Gum arabic - guma arabika | 33.3 |
| Siva | Mercury - živa | 25 |
| | Chalk - kreda | 50 |
| | Aluminium powder - aluminijev prah | 25 |
| | Basic lead carbonate - osnovno olovo karbonat | 87,5 |
| | Gum arabic - guma arabika | 12,5 |
| | Aluminium powder - aluminijev prah | u tragovima |
| | Lamp black - čađa | u tragovima - definira boju |
| Crvena / narančasta | Red lead oxide - crveni olovo oksid | 33 |
| | Rosin - smola | 67 |
| | Lycopodium | 90 |
| | Sudan red III - sudan crvena III | 10 |
| Fluorescentna | Anthracene - antracen | 50 |
| | White tempera - bijela tempera | 50 |

.

Međutim, nekolicina primjenjivanih prahova bili su toksični, što je uvjetovalo njihovo uklanjanje iz formulacije, odnosno potpuno su povučeni. Tadašnji istraživački napori bili su usmjereni na sintezu praha koji zadovoljavajuće izaziva latentne otiske. Suvremenoj daktiloskopiji potrebni su višefunkcionalni prahovi, koji istovremeno daju vrhunske rezultate s obzirom na razlučivost i kontrast, ali imaju i svojstva koja u dodatnim analizama mogu primjerice, otkrivati starost, spol ili uporabu opojnih sredstava donora [2].

### 2.1.1 Pregled i podjela prahova

Prahovi, koji su danas na tržištu i redovito su primjenjivani u forenzici, mogu se podjeliti u četiri glavne katregorije [2]:

- prah metalnih listića (aluminij ili bronca)
- zrnati prah (crni, bijeli)
- prah s magnetskim svojstvom
- prah s fluorescirajućim svojstvom

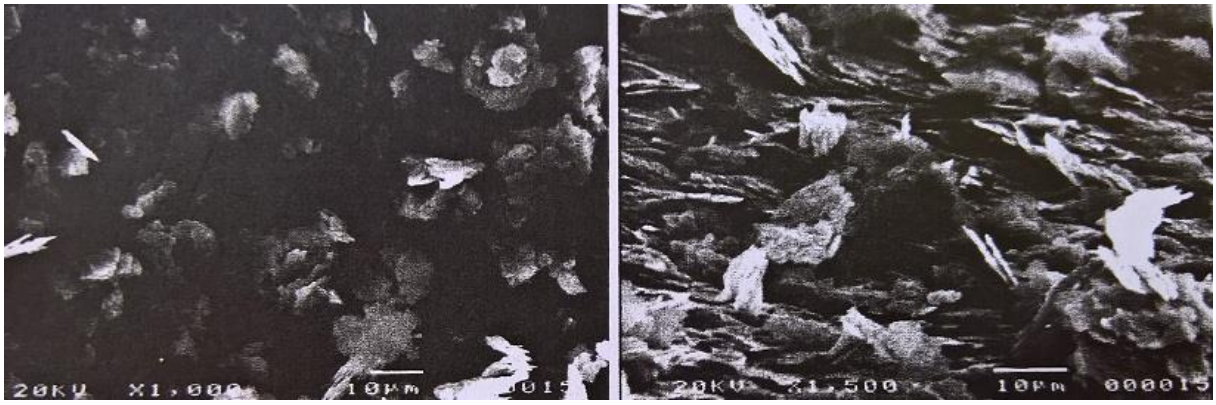
Kod ove kategorizacije radi se o načelnoj podjeli, jer ne postoje fiksne granice između pojedinih tipova prahova. Postoje inačice prahova koji objedinjuju više svojstava, primjerice magnetska i fluorescirajuća. Pretpostavlja se da postoji više od nekoliko stotina komercijalnih prahova za izazivanje latentnih otisaka prsta, međutim, nijedan proizvod nije univerzalan i nema sposobnost izazivanja otisaka na svim površinama. Većina komercijalnih prahova uvjetuju primjenu na neporoznim ili djelomično poroznim podlogama. Prahovi različitih proizvođača koji su u širokoj primjeni, vrlo često imaju sličnu formulaciju, ali ponekad i identičnu [2].

Prahovi za izazivanje latentnih otisaka prsta sintetiziraju se u različitim bojama. Odabir boje uvjetuje postizanje odgovarajućeg kontrasta na određenoj podlozi na kojoj se izaziva otisak. Primjerice, za svijetle podloge se koristi crni prah, za tamne koristi se bijeli prah, itd. Kada se radi na podlogama koje su u potpunosti šarene nezaobilazna je primjena UV – fluorescirajućih prahova. Prahovi s magnetičnim svojstvom se primjenjuju na podlogama koje nemaju magnetsko svojstvo i gdje svojstvo elektrostatske nabijenosti može doprinjeti adheziji.

Vrste najpoznatijih komercijalnih prahova su aluminijev prah, zrnati ili granularni prah, prah s magnetskim svojstvom i prah s fluorescentnim svojstvom (postoje i kombinacije pojedinih prahova, npr. magnetičan prah s fluorescentnim svojstvom):

Aluminijev prah (listići), u pravilu radi se o listićima aluminija koji imaju glatku površinu i oštre bridove (slika 1.). Površina aluminijevih čestica (slika 1.) se nakon mljevenja dodatno obrađuje stearinskom kiselinom kako bi se spriječila aglomeracija čestica [2].

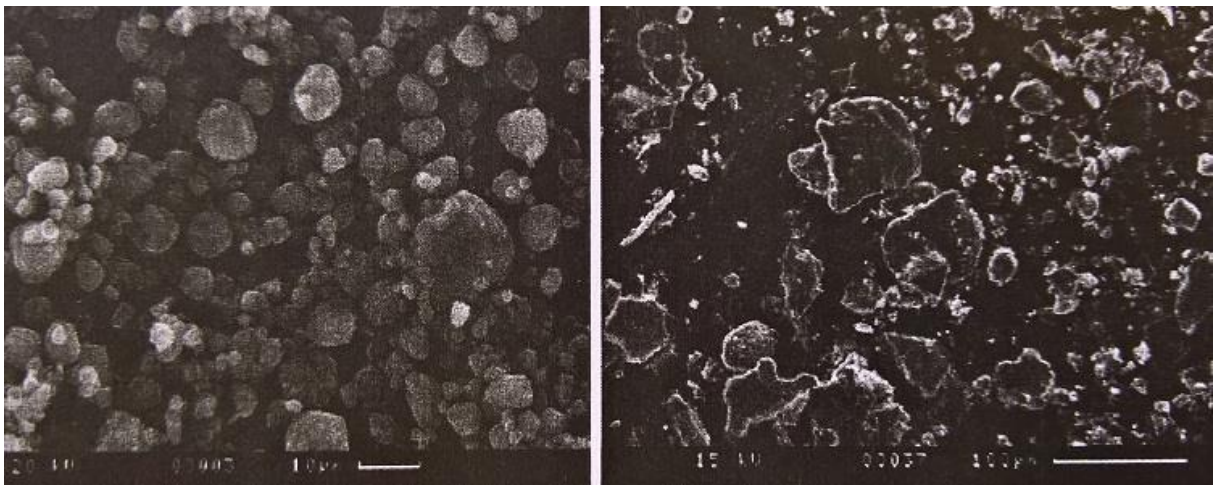
a) b)



**Slika 1.** SEM snimke Wolstenholme Super 8000 Al praha, a) snimana odozogora, b) bočna snimka praha [2].

Zrnati prah ili granularni prah – crni prah većinski je sačinjen od ugljika, a referenca [2] navodi primjer proizvoda koji se sastoji od amorfnog elementarnog ugljika dimenzije od 5-10 µm nepravilnog oblika (slika 2a.). Bijeli prahovi mogu sadržavati čestice različitih dimenzija i oblika, npr lisitići magnezijevog silicata (20-100µm) i granule titanijevog oksida (<1µm). Iz ovog primjera također je vidljivo da nije moguće napraviti podjelu prahova s jasno definiranim razlikama. Također, treba napomenuti da veće čestice mogu služiti kao „nosači“ manjih čestica

a) b)

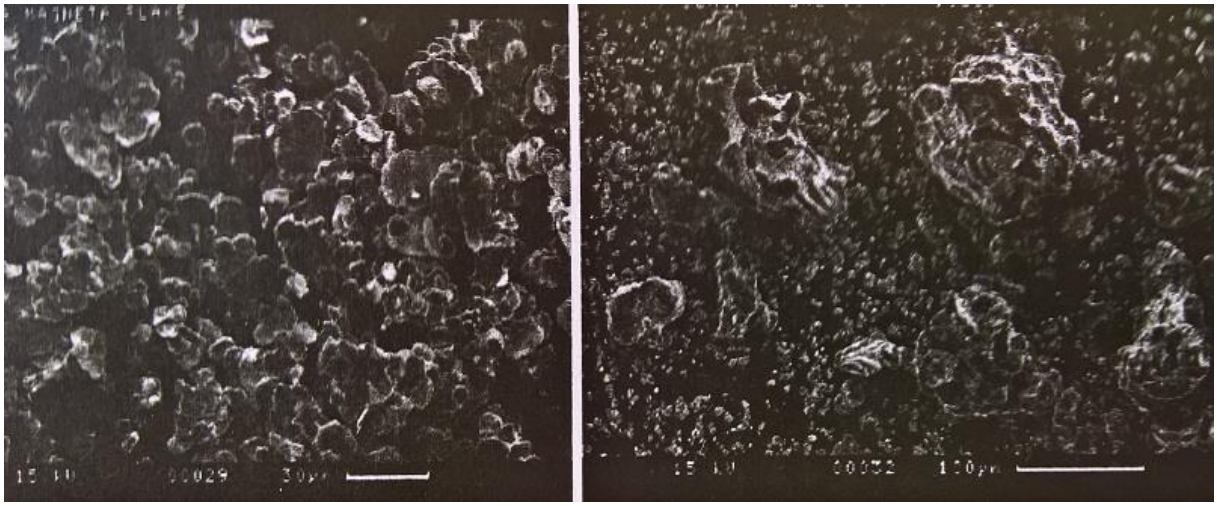


**Slika 2.** SEM snimke a) bijelog i b) crnog granularnog praha [2].

Prah s magnetskim svojstvom može biti npr. crni magnetnični prah. Sastoji se od elementarnog željeza dimenzija 20 – 200 µm i manje čestice željezovog oksida, čije se

dimenzije kreću od 3 – 12 μm [2]. Također se pretpostavlja da veće čestice u prahu predstavljaju nosače manjih čestica (slika 3.).

a) b)



**Slika 3.** a) Magnetni listići i b) crni magnetični prah [2].

Nanoprahovi se mogu sastojati od više tipova čestica, a pod time se podrazumijevaju različiti oblici i dimenzije čestica. Međutim, njihova glavna karakteristika ukazuje na postojanje jedne ili više čestica čije se dimenzije mjere u nm.

Fluorescentni prahovi, kao dodatnu komponentu, mogu sadržavati pririodnu ili sintetsku komponentu koja ima fluorescirajuće svojstvo, koje može biti izazvano pomoću UV ili laserske svjetlosti. Primjena takvih prahova najčešća je na šarenim podlogama, tj. kada postoji problem kontrasta. Također se primjenjuju kod slabo nanesenih otisaka. Rijetko se mogu primjeniti na terenu, što predstavlja glavni nedostatak kod primjene fluorescentnih prahova [3].

## 2.1.2. Primjena prahova

Prije primjene prahova za izazivanje otisaka, potrebno je definirati koji od dostupnih prahova ima idealna svojstva za određeni sustav. Iz tog razloga u obzir se uzimaju faktori koji mogu utjecati na kvalitetu otiska kojeg se izaziva, a neki od glavnih faktora su:

- Temperatura i vlažnost zraka pri nanošenju i izazivanju otiska
- Svjetlost
- Vrijeme
- Mehanička sila, trajanje kontakta i kut kontakta kod nanošenja otiska
- Sastav otiska

- Karakteristike podloge: →porozne
  → djelomično porozne
  → neporozne
- Struktura podloge
- Postupak nanošenja praha na istraživanu podlogu
- Kemijska interakcija sustava prah – otisak

Faktori nisu poredani po prioritetu po težinskom faktoru, već u obzir treba uzeti postojanje različitih međudjelovanja navedenih faktora i utjecaja.

**a) Utjecaj temperature i vlage**

Kod povišene temperature dolazi do ubrzanog sušenja i isparavanja komponenata od kojih je otisak sačinjen. Izazivanje latentnih otisaka primjenom praha u tropskim uvjetima znatno otežano i ne daje zadovoljavajuće rezultate [3]. Smanjenja relativna vlažnost zraka može dovesti do bržeg isparavnja vlage iz doniranog otiska, zbog bolje absorpcije vlage u zrak.

**b) Utjecaj svjetlosti**

Svjetlosno zračenje ovisno o valnoj duljini može dovesti do promjene kemijskog sastava otiska, što je nepoželjan efekt, pogotovo ako se rade daljnje analize otisaka, npr. analiza različitih metabolita opojnih sredstava.

**c) Utjecaj vremena**

Pod pojmom vremena se smatra vrijeme proteklo od nanošenja otiska do trenutka kada se otisak izaziva. Može se reći da se radi o starenju otiska. Što je otisak stariji, teže ga je izazvati, jer se s vremenom gube glavne komponente/tvari/kemijski spojevi otiska. Dio isparenih ili izreagiranih kemijskih spojeva s površine na kojoj je uzorak otiska doniran, mogu utjecati na kvalitetu adhezije odabranog praha. Smatra se da dolazi do isparavanje vlage i uljnih komponenti [3].

**d) Mehanička sila, trajanje kontakta i kut kontakta kod nanošenja otiska**

Porastom sile nanošenja, raste i površina otiska, i to zbog splošnjavanja grebena otiska, iz čega slijedi smanjivanje udaljenosti između pojedinih linija, tj. grebena što je vidljivo na slici 4. Pod grebenom otiska podrazumijeva se pojedinačna papilarna linija, koja predstavlja promatrani dijelić cijelokupnog otiska, a može se predočiti kao greben ili zadebljanje. U

engleskoj stručnoj literaturi uobičajeni je naziv „friction ridge“ (greben otiska). Smanjivanjem sile pri nanošenju otiska, smanjuje se prijenos tvari s površine kože na supstrat, tj. podlogu. Prema tome, otisak koji se nanosi većom mehaničkom silom ne mora pozitivno utjecati na kvalitetu izazvanog latentnog otiska [4].

a) b)

**Slika 4.** a) Otisak nanesen je uređajem za nanošenje otiska, b) prirodno nanesen otisak s većom silom, što je dovelo do razmazivanja otisaka [4].

Vremenski kontakt između podloge na kojoj se nanosi otisak i dijela kože, također ima znatan utjecaj na kvalitetu izazvanog otiska. Dugotrajniji kontakt može dovesti do povećanja prijenosa tvari na supstrat, a time se povećava vjerojatnost za bolji rezultat. Promatra li se utjecaj kuta doniranja, uočava se da samo određeni dijelovi površine otiska mogu biti dostatno naneseni, jer vertikalna komponenta sile kojom se djeluje na podlogu koncentrirana je samo na jedan dio površine kože tj. podloge.

**e) Sastav otiska prsta**

Općenito, sastav otiska prsta vrlo je kompleksan i u pravilu se razlikuje od osobe do osobe. Pormatraju li se otisci dviju osoba, od kojih jedna osoba ima jače lučenje znoja, a druga osoba u potpunosti suhe ruke, nakon izazivanja rezultati bi se mogli znatno razlikovati. Navedeni primjer je maksimalno pojednostavljen. Ako se pored karakteristike lučenja znoja u obzir uzmu godine, spol, razina stresa, udio masnoće, udio onečišćenja na površini kože i dr., tada se može govoriti o sustavu koji je vrlo različiti i kojeg je teško definirati.

**f) Karakteristike podloge**

Podloge mogu biti porozne, djelomično porozne i neporozne. Klasičan primjer porozne podloge je list papira, novčanice, novine, neobrađeno drvo, itd. a kao neporozne podloge

mogu se smatrati staklo i metal. Određeni plastični, tj. polimerni materijali mogu se ubrojiti u djelomično porozne podloge. Uobičajeni naziv za podloge, u forenzici, je supstrat. Porozne podloge imaju svojstvo upijanja vlage/kapljevine i drugih kemijskih spojeva, što u tim slučajevima otežava izazivanje otisaka. Tada se najčešće koriste druge metode izazivanja npr. ninhidrinom koji reagira s organskim molekulama iz otiska. Uvođenjem novih tehnologija, kao što je funkcionalizacija nanočestica praha za izazivanje latentnih otisaka, mogu se vizualizirati otisci na poroznim podlogama npr. novčanicama. Prahovi kao što su instant, magnetni, fluorescentni i dr., najbolje rezultate izazivanja pokazuju na neporoznim i djelomično poroznim podlogama.

**g) Struktura podloge**

Ovisno o stupnju strukturiranosti podloge, proces detekcije tragova, može biti otežan. Razlog tome je lošija optička razlučivosti između izazvane papilarne linije i prahom ispunjene pukotine/proreza na površini strukturiranog materijala.

**h) Postupak nanošenja praha na istraživanu podlogu**

Ovisno radi li se o magnetnom prahu ili instant prahu odabire se odgovarajući aplikator. Postoje dvije izvedbe aplikatora, obje izvedbe prikazane su na slici 5.:

- obična četkica sa staklenim vlakanima, ili dr. vlaknima
- magnetični aplikator

**Slika 5.** Gore - aplikator sa staklenim vlaknima, dolje - magnetični aplikator.

Ukoliko se radi s instant prahom (nemagnetičan) i odgovarajućom četkicom za nanošenje praha na podlogu, treba se obratiti pažnja kako se ne bi mehanički oštetio otisak i time uništio trag (da ne bi došlo do zapunjavanja otiska). Primjena magnetskog aplikatora (magna-brush) služi isključivo za nanošenje magnetičnog praha za izazivanje latentnih otisaka. Jedna od prednosti je što nema fizičkog kontakta između površine supstrata i samog aplikatora, te stoga nema fizičkog oštećenja traga. Nadalje, lako se uklanja višak nanesenog praha i smanjena je pojava razmazivanja, što dovodi do bolje razlučivost otiska. Primjena magetičnog aplikatora i aplikatora sa staklenim vlaknima prikazana je na slici 6. i 7.

**Slika 6.** Primjena magnetičnog aplikatora [5].

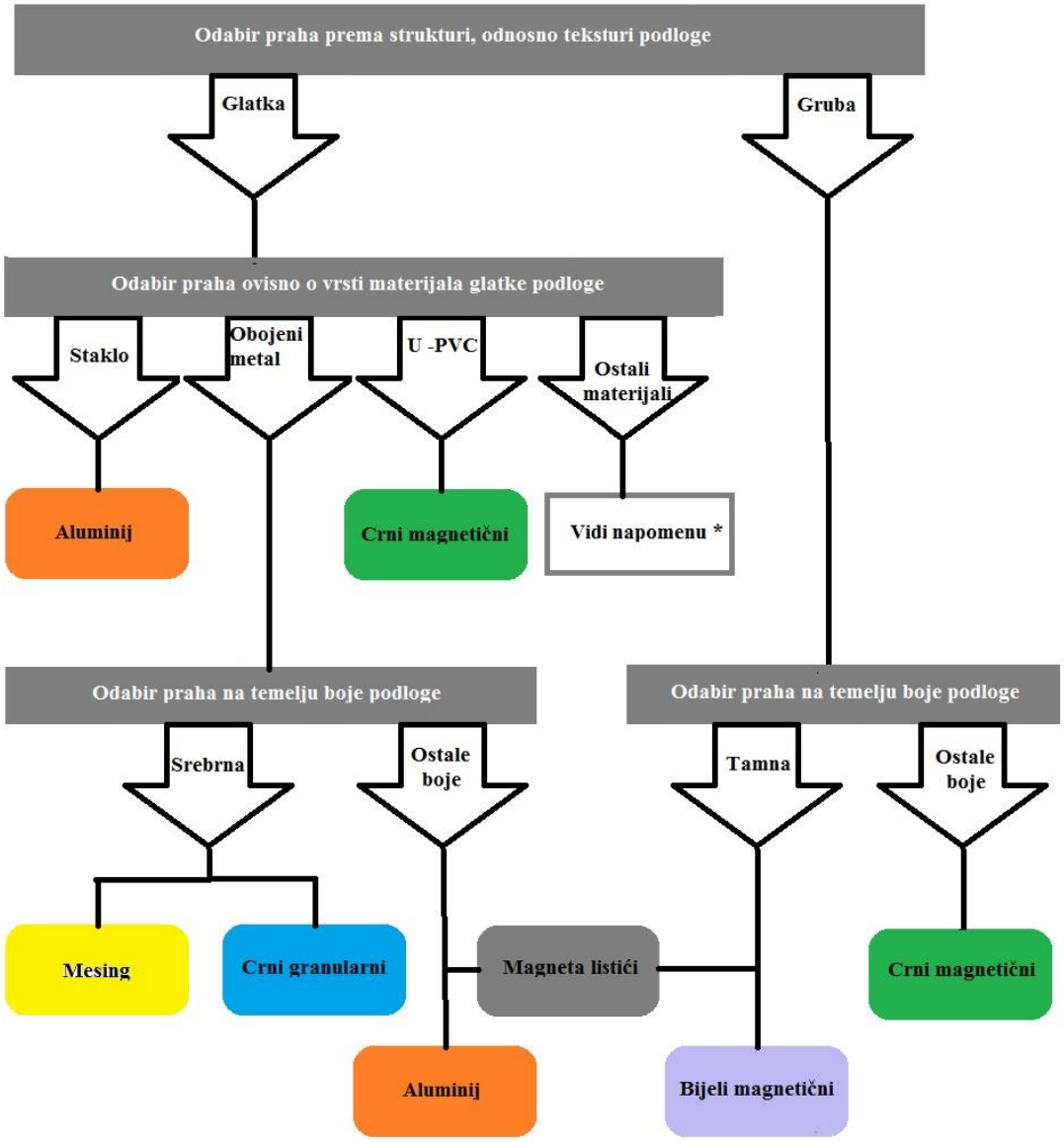
**Slika 7.** Primjena aplikatora sa staklenim vlaknima [6].

Kao dodatne metode nanošenja praha na podlogu na kojoj se provodi identifikacija otiska, mogu se navesti: elektrostatska depozicija i aerosol spray [3]. Kod elektrostatske depozicije, na površinu elektrode nanesen je prah kojim se namjerava provesti izazivanje otiska. Elektroda je postavljena na udaljenosti 2.5 cm iznad površine podloge na kojoj se nalazi latentni otisak. Narinuti napon od 12kV između elektrode i podloge, kao posljedicu ima polarizaciju praha. Pod utjecajem napona prah se aplicira na podlozi na kojoj je otisak i poprima polarnost podloge, a višak praha se vraća na površinu elektrode.

### i) Kemijska interakcija otiska i praha

Kod primjene prahova, u slučaju neadekvatno odabranog proizvoda, postoji mogućnost pojave kemijske reakcije između otiska i praha. Cilj je izbjeći bilo kakvu reakciju koja može promjeniti trag.

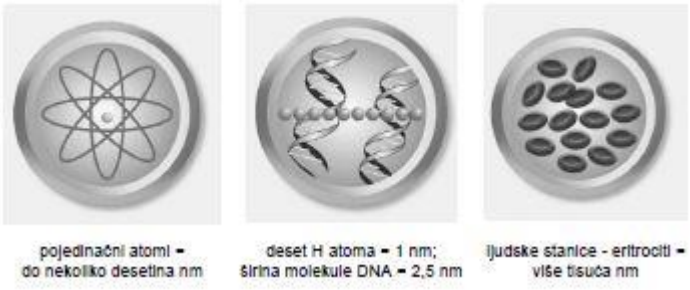
S obzirom na spomenute faktore koji imaju znatan utjecaj na cjeloviti proces vještačenja otiska, sugerirani znanstveno provjereni i potvrđeni postupci za odabir odgovarajućeg praha bili bi od značajne pomoći. Institucija Home Office Centre for Applied Science and Technology provela je istraživanje, te definirala dijagram toka, koji pomaže pri odabiru praha. Dijagram toka (slika 8.) olakšava odabir odgovarajućeg praha, pomoću nekoliko varijabli, poput strukture površine i boje podloge.




**Slika 8.** Redosljed ili tok postupaka u odabiru pravilnog praha [2].

### 2.1.3. Nanotehnološki prahovi za izazivanje latentnih otisaka

Nanotehnološki prahovi koji se primjenjuju pri identifikaciji tragova otisaka, po definiciji mogu sadržavati nano čestice. Kao što je ranije u tekstu opisano, nije nužno da su sve čestice iste dimenzije, veće čestice mogu imati ulogu npr. nosača. Za bolje razumijevanje nanotehnoloških prahova koji se u forenzici primjenjuju kod izazivanja latentnih papilarnih linija, potrebna su neka osnovna saznanja iz područja nanotehnologije. Na slici 9. vidljiva je usporedba između dimenzija atoma, molekule DNA i ljudskog eritrocita.




**Slika 9.** Usporedba atoma, molekule DNA i stanice eritrocita [7].

Naime, uveden je pojam nanoskale, a pod tim pojomom se smatra raspon veličina od 1 do 100 nm [8]. Sljedeći zaključci proizašli su promatranjem materije u navedenom rasponu dimenzija:

- Jedinstvenost velikog broja fenomena.
- Pojava većine kvantnih efekata ( De Broglie-ovi valovi, Coulomb – ove blokade, efekt tuneliranja).
- Nanomaterijali posjeduju znatno veću površinu u usporedbi s istom masom materijala veće dimenzije.
- Fizikalno kemijska svojstva koja su definirana u toj dimenziji (tvdroća, reaktivnost, magnetizam, optička svojstva).

Drugim riječima, rukovanjem na razini pojedinačnih atoma i molekula, omogućena je izrada materijala, struktura i uređaja s novim svojstvima. Govori se o pristupu „od dna“ (from the bottom up) [7].

Međutim, razna područja znanosti čija se proučavanja temelje na nanometarskim dimenzijama, imaju različito poimanje nanometarske skale. Tako npr. nano biotehnologija definira raspon nanometarske skale do 300nm (virusi, dendrimeri), a kada se radi o toksikološkom području, tada se nanometarska skala kreće do 15 000 nm [8]. Treba

napomenuti da se donja granica od cca. 1 nm uvela kako ne bi došlo do uvrštavanja pojedinačnih atoma ili malih grupa atoma u skupinu nano objekata.

Nanometarskim objektom definiran je materijal čije se vanjske dimenzije kreću na nanometarskoj skali. Ovisno o broju vanjskih dimenzija koje pripadaju spomenutoj nanometarskoj skali izvršena je podjela kako slijedi:

- Trodimenzionalni nano objekti definirani su kao **nano čestice**. Sve tri dimenzije se nalaze na definiranoj nano skali
- Dvodimenzionalni nano objekti definirani su kao **nano vlakna**. Dvije od tri dimenzije nanovlakana se nalaze na nano skali
- Jednodimenzionalni nano objekti definirani su kao **nano pločice.** Posjeduju samo jednu dimenziju na nanometarskoj skali

Nanotehnologija je vrlo široko područje, može se govoriti o višedisciplinarnoj znanosti koja obuhvaća matematiku, fiziku, kemiju itd. [8]. Broj nanomaterijala, tj.nano objekata koji se danas primjenjuju u raznim područjima istraživanja i proizvodnje vrlo je velik, a neki od njih su: nanosfere, nanokompoziti, nanoprahovi, nanocijevčice, nano filmovi – presvlake, nano suspenzije i emulzije, kvantne točke, nano vodiči itd.

U forenzici, tj. znanstvenoj i primjenjenoj daktiloskopiji postignuti su znatni pomaci vezani za područje nanotehnologije. Proizvodi, kao što su npr. prahovi i suspenzije za izazivanje latentnih otisaka, koji sadrže nanomaterijal nisu novost. Navode se sljedeći argumenti koji zagovaraju primjenu nanotehnoloških prahova:

- Bolja definicija otiska na raznim podlogama (neporozne i djelomično porozne) [9];
- Veća osjetljivost [9];
- Funkcionalizacija prahova omogućuje naknadnu analizu otiska kako bi se mogla dokazati upotreba lijekova, opojnih sredstava, spol i starost donora;
- Bolja adhezija čak i na kontaminiranim podlogama [10];
- Manja potrošnja praha [9];
- Preporučljivo izazivanje otisaka do maksimalno 28 dana nakon doniranja [9];
- Nije potrebna dodatna zaštitna oprema prema HSE standardima [9].

Kao negativni argumenti mogli bi se smatrati:

- Štetnost nanotehnoloških prahova nedovoljno je istražena
- Cijena ( u prosjeku s skuplji oko 10% na ostale prahove)

## 2.1.4. Oprema i sigurnost u radu s nanotehnološkim prahovima

### Toksičnost nano prahova

Općenito, nanotehnološki proizvodi nedovoljno su istraženi s obzirom na njihovu toksičnost. Znanstvena zajednica naglašava važnost uvođenja standarda i regulativa u području nanotehnologije, kojima je cilj postizanje prihvatljivog stupnja sigurnosti u ophođenju s nanotehnološkim materijalima [8]. Potrebno je pronaći mjeru koja definira koliki je benefit primjene određenog praha s obzirom na toksičnost.

Primjer prednosti i nedostataka dvaju istraživanja u kojima se radi o zlatnim nanočesticama.

Kao pozitivan primjer istraživanja na području forenzike, vezano uz nanotehnologiju, je istraživanje u kojem su izraelski znanstvenici pronašli metodu za izazivanje latentnih otisaka (tj. inverzija otisaka) na poroznim papirnatim podlogama. Metoda se temelji na bifunkcionalnosti reagenta, koji se s jedne strane veže za celulozu a s druge strane ima afinitet vezivanja sa zlatnim nanočesticama. Metodologija postupka je sljedeća. Na papirnatoj podlozi na kojoj je doniran otisak nanose se zlatne nanočestice, u pravilu se Au-nanočestice vežu s komponentama vlage iz otiska, međutim u ovoj metodi vežu se za papir. Preko sloja zlatnih nanočestica nanosi se elementarno srebro [11]. Time se postiže efekt negativa otiska.

Kao primjer istraživanja u kojem se upozorava na toksičnost zlatnih nanočestica, može se navesti sljedeće biomedicinsko istraživanje [12].

Manjak informacija, nedostatak regulativa i standarda, koje bi povećale sigurnost u rukovanju sa zlatnim nanočesticama, postavlja pitanje koje su dugoročne posljedice. Makroskopski promatrano, zlato se smatra biološki inertnim materijalom. Primjerice, opće poznata je primjena u stomatologiji. Međutim, kad se radi o Au-nanočesticama činjenice dokazuju potpunu suprotnost. Razlog tome može biti volumenski specifično područje površine (volume specific surface area -VSSA), kao i karakteristika površinske plazmonske ekscitacijske rezonance [12]. Au-nanočestice se trenutno primjenjuju u elektrotehnici kod unaprijeđenja foto-voltnih ćelija solarnih kolektora, u raznim elektroničkim komponentama, biomedicinska primjena postoji u genetskoj terapiji, fototermičkoj i radio terapiji itd.

**Sigurnost i oprema u primjeni nanotehnoloških prahova**

Kod primjene nanotehnoloških prahova u forenzici potrebno je obratiti pažnju na sigurnosne mjere koje su definirane određenim standardima i regulativama. Čitanje uputa i pridržavanje sigurnosnih odredbi znatno smanjuje opasnost od nepoželjnih posljedica. Kao konkretan primjer uzet je dokument s podacima o proizvodu, tzv. „datasheet“, jednog od istraživanih prahova, tj. supranano crni prah nad kojim je vršeno istraživanje u ovom radu. Iz njega se mogu saznati sljedeće informacije [13]:

- Identifikacija tvari/mješavine i proizvođač;
- Sastav opasnih tvari;
- Vatrogasne mjere;
- Preporuke za skladištenje proizvoda;
- Fizikalna i kemijska svojstva;
- Toksikološke informacije;
- Upute za pravilno odlaganje proizvoda;
- Druge informacije/upute
- Klasifikacija proizvoda po opasnosti;
- Mjere prve pomoći;
- Mjere u slučaju nezgode;
- Zaštita osoblja izložena proizvodu;
- Stabilnost i reaktivnost;
- Ekološke informacije;
- Informacije potrebne za transport

Kad se radi s DKT nano prahovima preporučena je primjena sljedeće sigurnosne opreme [13]:

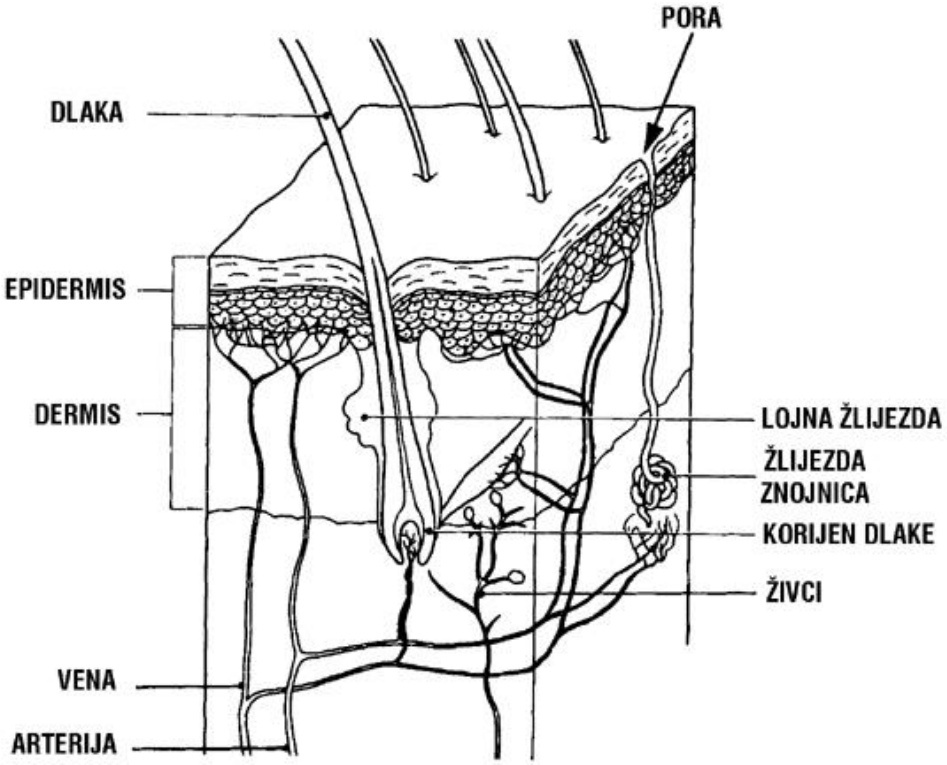
- Zaštitne rukavice;
- Zaštitina odjeća i obuća;
- Zaštitne naočale;
- Respiratorna zaštita (slaba ventilacija);

## 2.1.5. Koža i kemijski sastav otiska

Donirani otisak ostavlja na površini podloge kompoziciju tvari koja je vrlo složena. Sastav vlage pri samoj depoziciji otiska, obiluje s više od stotinu različitih komponenata. Razna istraživanja potvrđuju kompleksan kemijski sastav. Prema tome, u otisku su sadržani razni proteini, lipidi, soli, vlaga, tvari anorganske prirode, bakterije, metaboliti i dr. [1]. Svaka od ovih komponenti može biti od potencijalne važnosti u forenzici, tj. dodatno olakšati i unaprijediti proces identifikacije osoba. Kontrast, razlučivost i karakteristične linije su osnova svakog daktiloskopskog vještačenja, suštinski izvor navedenih značajki se nalazi u anatomiji kože.

Koža predstavlja najveći organ ljudskog tijela i obnaša nekoliko bitnih funkcija, kao što su zaštita organizma, regulacija tjelesne temperature, osjet itd. Presjek djelića kože prikazan je na slici 10., vidljiva su dva glavna sloja kože dermis i epidermis. U dermisu se

nalaze žlijezde lojnice i znojnice, koje u slučaju izazivanja latentnih otisaka igraju vrlo btinu ulogu. Nanošenjem DKT prahova, čestice praha se vežu na izlučene kemijske spojeve (najčešće vlagu) i omogućuju vizualizaciju otiska, a dobiva se otisak određene razlučivosti i kontrasta. Papilarne linije na površini kože, tj. epidermisu, sadrže karakteristike koje su dokazano individualne od osobe do osobe i čine osnovu za daktiloskopsko vještačenje. Može se pretpostaviti, da dermis i epidermis igraju podjednako bitnu ulogu za vještačenje otisaka.




**Slika 10.** Slojevi ljudske kože [14].

Osnovna značajka, koja razlikuje dermis i epidermis, je što kroz epidermis ne prolazi krvožilni sustav. Epidermis se može dalje podijeliti na dva sloja. Sloj koji se neposredno nalazi iznad dermisa tzv. bazalni sloj, a iznad bazalnog se nalazi sloj rožnatih stanica.

Žlijezde znojnice se dijele na ekrine (merokrine) i apokrine. Ekrine žlijezde koje izlučuju znoj, tj. vlagu najbrojnije su na dlanu i na stopalima [1]. Kvantitativnom analizom izlučevina ekrinih žlijezda potvrdilo se da voda ima najveći udio u sastavu, dok se ostali spojevi nalaze u tragovima. Aminokiseline predstavljaju jednu glavnu skupinu kemijskih spojeva, koja su od primarne važnosti za izazivanje papilarnih linija otiska. U tablici 3. su navedene neke od aminokiselina i odgovarajuće relativne gustoće. Istraživanjima se dokazalo da se u sastavu izlučevina ekrinih žlijezda znojnica nalaze proteini, lipidi, masne kiseline,

mogu se nalaziti razni metaboliti, čak je pronađen i etanol (ako je osoba prethodno konzumirala alkoholno piće).

**Tablica 2.** Aminokiseline i njihove relativne gustoće [1].

| Aminokiseline | Relativne gustoće |
|---|---|
| Serin | 100 |
| Ornitin - lizin | 45 |
| Alanin | 30 |
| Treonin | 15 |
| Valin | 10 |
| Glutaminska kiselina | 8 |
| Fenilalanin | 6 |
| Tirozin | 5 |

Apokrine žlijezde se nalaze uz folikule dlaka i znatno su veće od ekrinih žlijezda. Apokrine žlijezde u pravilu se nalaze ispod pazuha, oko bradavica i u genitalnom području. Sastav izlučevina može sadržavati razne ugljikovodike, proteine, kolesterol [1]. Žlijezde lojnice, kao što sama riječ sugerira, uglavnom izlučuju masne spojeve kao što su masne kiseline, gliceridi, kolesterol, skvalen i razne estere [15]. Lojnice se nalaze na licu, skalpu, vanjskoj površini uha itd. U tablici 4. su navedeni lipidi i njihove vrijednosti u postotcima.

**Tablica 3.** Vrste lipida i njihovi postoci [1]

| Lipidi | Postotak (%) |
|---|---|
| Gliceridi | 33 |
| Masne kiseline | 30 |
| Voščani esteri | 22 |
| Kolesterolski esteri | 2 |
| Kolesterol | 2 |
| Skvalen | 10 |

Međutim, pored svih spojeva koji su navedeni, na površini kože, mogu se nalaziti razne bakterije, spore, kozmetički proizvodi, duhanski proizvodi itd. [15]. Pored svega u obzir treba uzeti i reakcije/raspadanje raznih spojeva, koje se počinje odvijati neposredno nakon nanošenja otiska na podlogu. Primjerice nezasićene komponente kao što je skvalen nakon određenog vremena nestaju, dok zasićene mogu duže ostati nepromijenjene [15].

# 3. EKSPERIMENTALNI DIO

U prvoj fazi istraživanja karakterizirani su daktiloskopski (DKT) prahovi za izazivanje otisaka, odnosno provele su se SEM i EDX analize. Nakon toga pristupilo se periodičnom izazivanju otisaka na šest različitih podloga pomoć četiri vrste prahova.

## 3.1. Popis i karakteristike odabranih DKT prahova

Odabrani DKT prahovi razvrstani su u grupu instant (crni i crveni) i grupu nano prahova (crni i crveni). Prahovi su grupirani i po razlici u bojama, što je omogučilo usporedbu kontrasta izazvanih otisaka na svjetlim, tamnim, šarenim i mat podlogama. Supranano fluorescirajući crveni magnetični i fluorescirajući magnetični crveni prah, pored uobičajenih svojstava, imaju svojstvo magentičnosti i fluorescento svojstvo. Odabrani prahovi prikazani su na slici 11. Prahovi i njihove karakteristike definirane od strane proizvođača:

Za crni prah korišten je instant crni (engl. *Instant Black),* proizvođača BVDA:

- Primjenjiv na neporoznim i djelomično poroznim podlogama;
- Za stvaranje zadovoljavajućeg i prihvatljivog kontrasta, najbolja primjena na svijetlim podlogama;
- Nanosi se četkom ili kistom na podlogu, višak se uklanja laganim kuckanjem po podlozi;

Za crni nano prah korišten je supranano crni (engl. Supranano *Black)* proizvođača ARRO:

- Primjenjiv na neporoznim i djelomično poroznim podlogama;
- Izazvani otsici imaju bolju razlučivost naspram instant prahova;
- Otisci se mogu izazvati do 28 dana nakon depozicije/nanošenja;
- Prah se ne zgrudnjava:
- Nanosi se četkom ili kistom na podlogu, a višak se uklanja laganim kuckanjem po podlozi;

Za crveni UV prah korišten je fluorescirajući magnetični crveni (engl. *Fluorescent Magnetic Red),* proizvođača Lynn Peavey Company:

- Primjenjiv na neporoznim i djelomično poroznim podlogama;
- Ne preporuča se primjena na magnetičnim ili metalnim podlogama;
- Zbog fluorescirajućeg svojstva pogodan za šarene podloge;
- Aplikacija isključivo pomoću magnetskog kista/četke;

Za crveni UV nano prah korišten je supranano fluorescirajući crveni magnetični (engl. *Supranano Fluorescent Red Magnetic*, proizvođača ARRO:

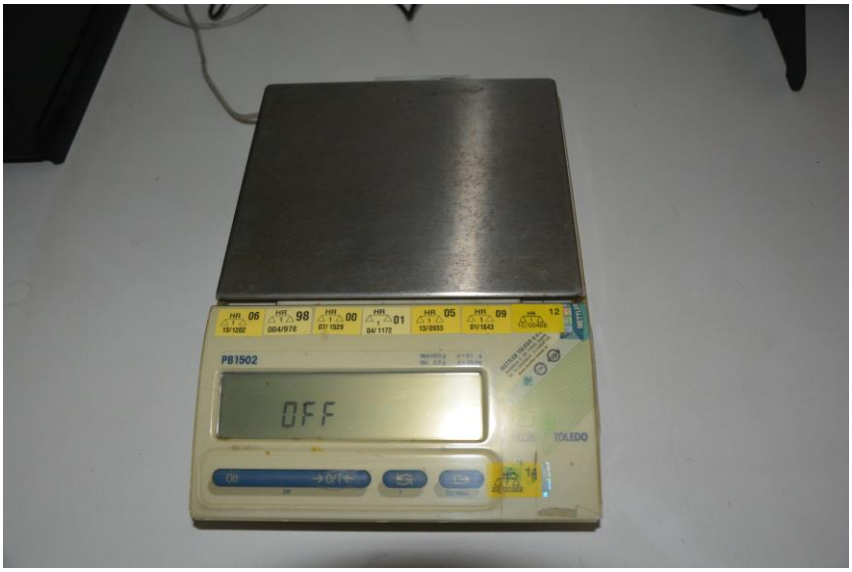
- Primjenjiv na neporoznim i djelomično poroznim podlogama;
- Ne preporuča se primjena na magnetičnim ili metalnim podlogama;
- Zbog fluorescirajućeg svojstva pogodan za šarene podloge;
- Aplikacija isključivo pomoću magnetskog kista/četke;
- Izazvani otisci imaju bolju razlučivost naspram instant prahova;
- Otisci se mogu izazvati do 28 dana nakon nanošenja;

**Slika 11.** Odabrani prahovi za istraživanje.

## 3.2. Određivanje svojstava prahova u primjeni – karakterizacija prahova

U laboratoriju daktiloskopskog odjela centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“ (CFIIV „Ivan Vučetić“) u Zagrebu, provedeno je ispitivanje svojstava spomenutih DKT prahova. Kako bi se istraživanje provelo što preciznije, obraćena je pažnja na faktore i utjecaje poput temperature, vlage i sile nanošenja otiska. Pomoću elektronskog uređaja (testo 625) slika 12. pratila se temperatura i vlaga zraka u trenucima izazivanja otiska. Sila kojom se otisak nanosio na podlogu, određivala se pomoću elektronske analitičke vage Mettler Toledo PB1502 (mjerno područje od 0.5 – 1510g ) slika 13.

**Slika 12.** Elektronski uređaj za mjerenje vlage i temperature zraka.




**Slika 13.** Analitička vaga koja je koristila za određivanje sile pri nanošenju.

Na temelju literaturnih podataka, u jednom od istraživanja primjenjena je sila od 3.03N, što odgovara težini od cca. 300g [4]. Prema tim podacima, pokušalo se upravljati silom pri doniranju otisaka na podlogama. Nakon određenog broja probnih otisaka, uspješno su se otisci nanosili silom od cca. 3-4 N, odnosno cca. od 300 – 400g, slike 14. (a-f).

a) b) c)

d) e) f)

**Slika 14.** Regulirano nanošenje otisaka na ispitivane podloge a) laminirani papir, b) tamna plastika, c) prozirna plastika, d) staklo, e) metal (inoks), f) lakirano drvo.

Napomena: Uzorak podloge je prije svakog nanošenja otiska, stavljen na vagu i istariran.

### 3.2.1. Podloge i njihova priprema

Podloge koje su ispitivane i njihove karakteristike, važne za provedeno istraživanje:

- Laminirani papir → Uzorak navedene podloge uzet je od pakiranja printerskog papira. Odabran je odgovarajući dio pakiranja, na kojem se nalaze razni motivi i boje, tj. treba predstavljati podlogu koja je šarena. Ostale karakteristike te podloge su:
    - Glatka i dijelomično sjajna površina;
    - Šarena površina;
    - Ravna površina;
    - Djelomično porozna;
- Tamna plastična podloga → Kao uzorak uzeta je crna strana „slim“ spremnika za cd-e karakteristike te podloge su:
    - Lagano strukturirana površina;
    - Jednobojna površina;
    - Ravna površina;

    - Nije porozna [16];
- Prozirna plastika → Kao uzorak uzeta je prozirna strana „slim“ spremnika za cd-e:
    - Glatka površina;
    - Prozirna;
    - Ravna površina ;
    - Nije porozna [16];
- Staklo → Kao uzorak uzeto je vatrostalno staklo od zaštitne maske za elektrolučno zavarivanje, karakteristike podloge:
    - Glatka i sjajna površina;
    - Prozirna;
    - Amorfna struktura;
    - Ravna površina;
    - Nije porozna;
- Nehrđajući čelik → Kao uzorak je uzet nehrđajući čelik, sljedeće su karakteristike podloge:
    - Glatka i sjajna površina;
    - Jednobojna;
    - Ravna površina;
    - Nije porozna ;
- Lakirana drvena lajsna → Kao uzorak odabran je dio hrastove ukrasne lajsne, sa sljedećim karakteristikama:
    - Strukturirana površina;
    - Šarena;
    - Zaobljena površina;
    - Djelomično porozna;

Zajednički uvjet, kojeg su sve podloge morale ispuniti je da su neporozne ili djelomično porozne.

Sve odabrane podloge na kojima se provodilo ispitivanje, osim lakiranog drveta, su u potpunosti ravne. Svaka od podloga, pripremljena je neposredno prije nanošenja otisaka. Priprema se sastojala od čišćenja podloge pomoću etanola i komadića vate. Nakon uklanjanja nečistoća s površine supstrata, pričekalo se izvjesno vrijeme kako bi višak etanola ispario. Kako bi se mogao pratiti efekt „starenja otiska“, odnosno utjecaj vremena od trenutka

doniranja do trenutka izazivanja, površina svakog uzorka je podijeljena na pet polja, koja su označena brojevima 0, 5, 10, 15, 20. Brojevi predstavljaju dane kada je izvršeno izazivanje doniranih latentnih otisaka. Tako npr. u polju nulti dan na određenoj podlozi, otisak je izazvan neposredno nakon doniranja, peti dan, otisak je izazvan pet dana nakon doniranja itd..

Pristupilo se doniranju otisaka, na način, da je na svaku podlogu otisak nanesen podjednakom silom (određeno pomoću analitičke vage, 3 - 4N). Također je pokušavano nanositi otisak pod sličnim kutem i održavati podjednaki vremenski kontakt s podlogom. Svi otisci potječu od iste osobe, a anatomski izvor otiska je palac lijeve ruke. Proces doniranja se odvijao u jednom potezu, drugim riječima postupak nanošenja otisaka i izazivanje na svim podlogama u polju 0 napravljen je u istom danu.

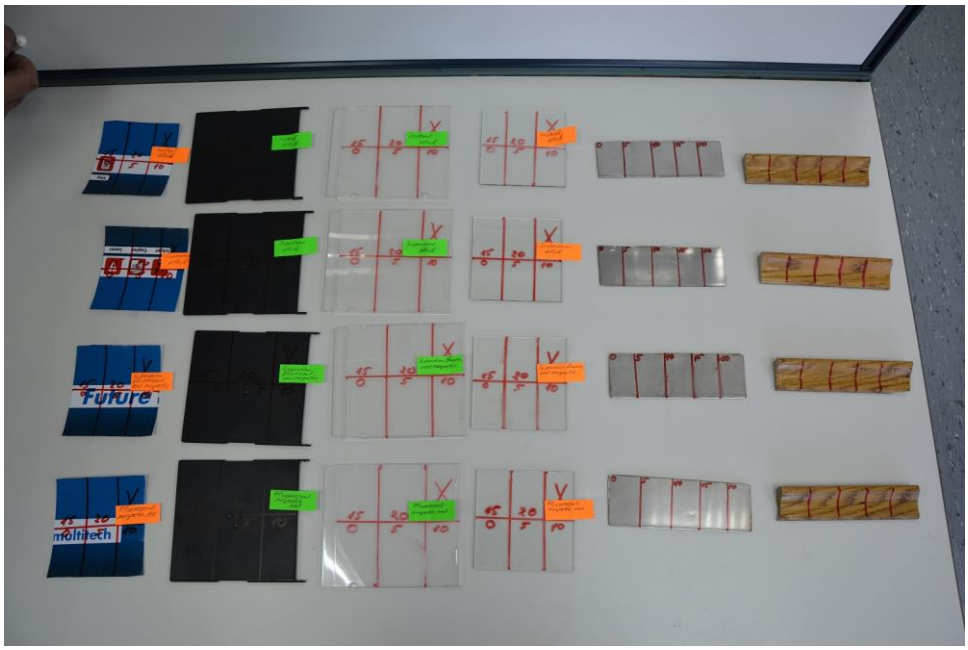
Zbog donacije velikog broja otisaka (šest podloga * četiri vrste praha * pet periodičnih izazivanja = 120 otisaka), prije svakog nanošenja otiska, palcem lijeve ruke doticano je područje oko nosa (žlijezde lojnice). Time, se osigurala dostatna količina tvari za adheziju ispitivanih DKT prahova na doniranih 120 otisaka. Primjenom takve metode, dobivaju se „groomed fingerprints“ tzv. preparirani otisci, koji su u navedenom istraživanju [17] kritizirani, jer ne daju „pravu sliku“ otiska. Razlog sketpicizma prema toj metodi, leži u varijaciji kemijskog sastava tvari.

Međutim, istraživanje se svejedno provodilo na ovakav način „groomed fingerprints“ – metodom, jer se smatra da izazivanje nekog standardnog otiska, koji bi bio istog kemijskog sastava, te imao istu silu nanošenja i bio nanesen pod istim kutem, zahtijeva sofisticirani uređaj. Može se općenito smatrati, da se u realnim uvjetima, posve rijetko „dogodi“ otisak koji ispunjava gore navedene elemente.

### 3.2.2. Periodičko izazivanje otiska

Spomenuto izazivanje otisaka, koje se odvijalo u razmacima 0 dana, 5 dana, 10 dana, 15 dana, 20 dana provodilo se svaki put po istoj proceduri. Procedura je obuhvaćala mjerenje temperature i vlage zraka neposredno prije izazivanja otiska. Postupak izazivanja otisaka provođen je od strane vještaka za detekciju i vještačenje papilarnih linija odjela za daktiloskopiju i identifikaciju – Centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“. Kod vizualizacije otisaka, obratila se pažnja da se DKT prahovi međusobno ne pomiješaju i da se izazivanje odvija po standardima koji su propisani u daktiloskopiji.

Između zadanih perioda izazivanja, uzorci otisaka naneseni na ispitivane podloge, skladištili su se na radnom stolu u laboratoriju CFIIV-a „Ivan Vučetić“ (slika 15.).



**Slika 15.** Svi uzorci ispitivanih podloga na kojim su naneseni latentni otisci.

Na svakoj od ispitivanih podloga označeno je s kojim prahom je tretirana, kako bi se izbjegle zabune u procesu slikanja i obradi rezultata.

### 3.2.3. Slikanje otisaka

Slikanje otisaka se provodilo nakon postupka izazivanja. Otisci su slikani profesionalnim fotoaparatom Nikon D7100, objektiv Nikon 60mm MAKRO f 2.8 od strane fotografa - djelatnika odjela općih i tehničkih poslova CFIIV „ Ivan Vučetić“. Slikanje izazvanih otisaka provedeno je s odgovarajućim postavkama na fotoaparatu, kako bi se postigle slike s boljim kontrastom i boljom razlučivošću. Za prahove fluorescirajući magnetični crveni i supranano fluorescirajući crveni magnetični primjenjen je UV filter za fotoaparat. Uzorci su prije slikanja osvijetljeni UV svijetlom i potom slikani. Kako bi se dodatno utjecalo na kvalitetu slike primjenjen je odgovarajući foto stalak. Slike otisaka su pohranjene na računalo za daljnju obradu.

## 3.3. Karakterizacija DKT prahova instrumentalno analitičkim metodama

Spomenutim instrumentalnim medodama omogućeno je prikupljanje dodatnih podataka, koje nisu iskazane u dokumentaciji / uputama koje prilažu proizvođači prahova. Podaci dobiveni analizom (SEM, EDX) znatno doprinose u postupku objašnjenja pojedinih svojstava prahova. Navedene instrumentalne analize, također su provedene u centru za forernzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“ u Zagrebu.

### 3.3.1. Karakterizacija prahova SEM analizom

Kako bi se provela analiza prahova u skenirajućem elektronskom mikroskopu, uzorci prahova su naneseni na odgovarajuće nosače. Da bi se izbjegla kontaminacija praha drugim česticam ili kemijskim spojevima, višak praha, s nosača za elektronski mikroskop uklonjen je „kuckanjem“ u radnu plohu. Nakon uzorkovanja i uklanjanja viška, na nosač je stavljen odgovarajući poklopac i adekvatna oznaka, time je uzorak bio spreman za analizu. Treba napomenuti da nisu analizirani izazvani otisci, nego isključivo sami prahovi. Slika 16. prikazuje uzorke pojedinih prahova.

**Slika 16.** Uzorci prahova spremni za SEM – analizu.

Odabrana analiza pomoću SEM - a, trebala bi dati uvid u morfologiju prahova, atomski sastav, oblik čestica, raspodjele veličina čestice i strukturu površine čestica.

### 3.3.1. Karakterizacija prahova EDX analizom

EDX analiza provodi se kako bi se dobio elementarni sastav istraživanog materijala ili kemijska karakterizacija uzorka. Načelo rada EDX analizatora temelji se na saznanju, da svaki kemijski element posjeduje karakterističnu atomsku strukturu, što je uvjet jedinstvenog emisijskog spektra za svaki element [18]

Pristupilo se toj analizi, kako bi se dobio elemetarni sastav prahova, što je doprinjelo pri opisivanju i razumijevanju određenih svojstava pojedinih prahova, npr. postojanje elementa željeza u prahovima s magnetičnim svojstvom.

# 4. REZULTATI I RASPRAVA

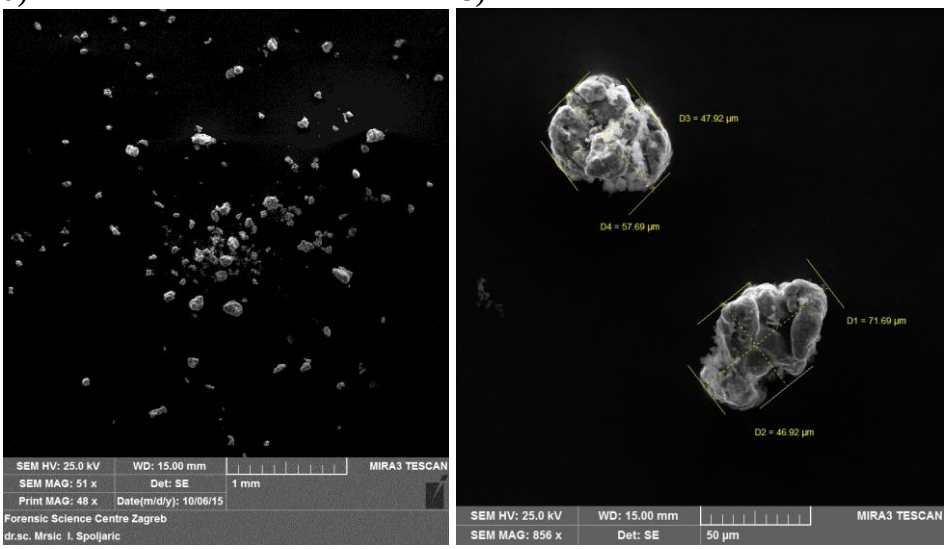
## 4.1. Karakterizacija prahova za izazivanje latentnih otisaka

Prahovi instant crni (engl. *Instant Black*), supranano crni (engl. *Supranano Black*), fluorescentni magnetični crveni (engl. *Fluorescent Magnetic Red*), supranano fluorescentni crveni magnetični (engl. *Supranano Fluorescent Red Magnetic)* analizirani su pomoću SEM i EDX analize.

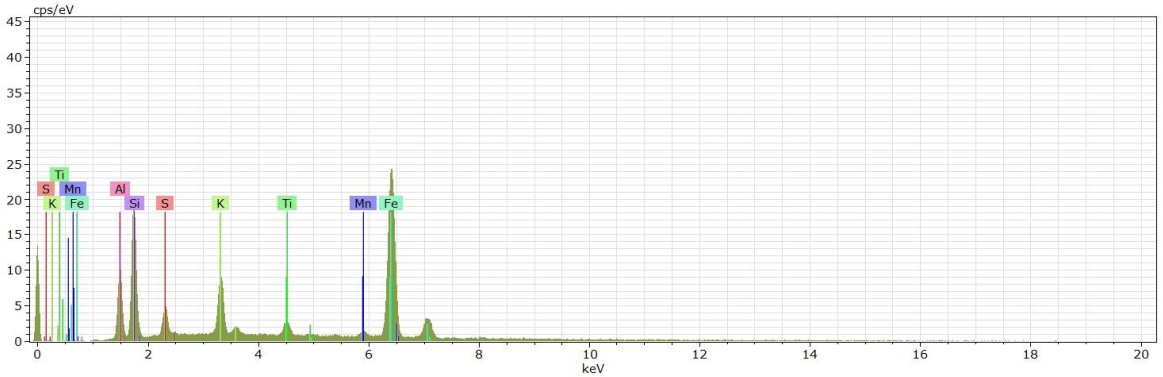
### 4.1.1. Rezultati karakterizacije prahova dobivenih SEM i EDX analizom

Dobiveni rezultati SEM-a, odnosno snimke SEM-a istraživanih prahova prikazane su raznim uvećanjima, prvo s manjim uvećanjem, te onda s većim, neposredno ispod njih je spektar EDX-a s navedenim elementarnim sastavom.

a) b)

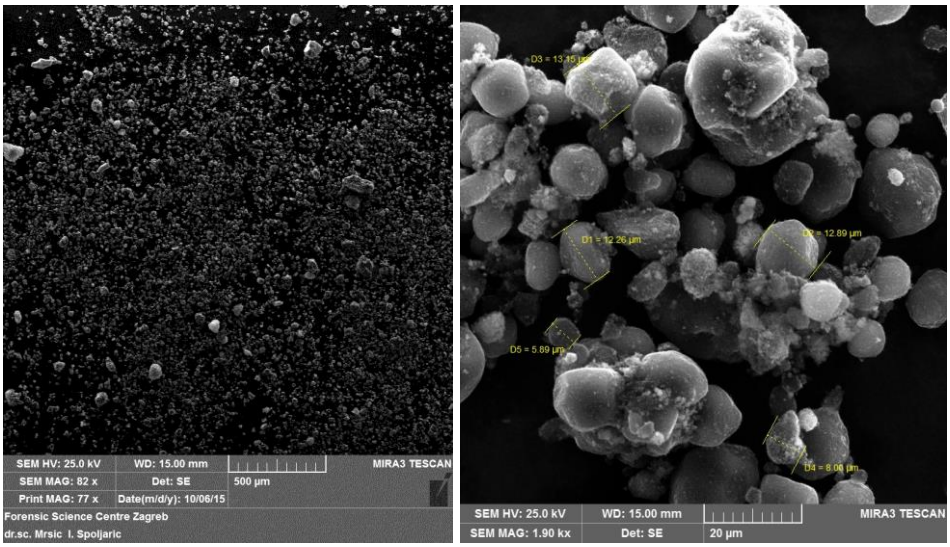



**Slika 17.** Mikrografije (SEM) instant crnog praha, kod različith uvećanja a) 51x, b) 856x.

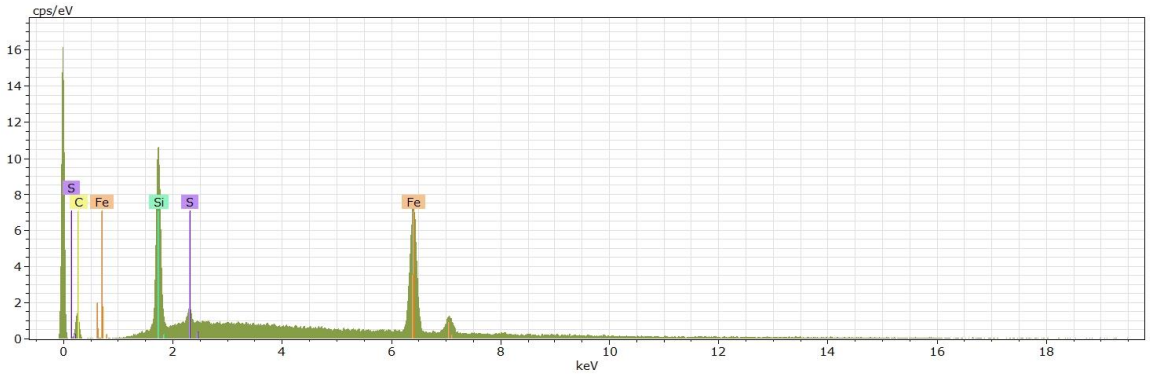



**Slika 18.** Graf EDX analize elementarnog sastava instant crnog praha.

a) b)



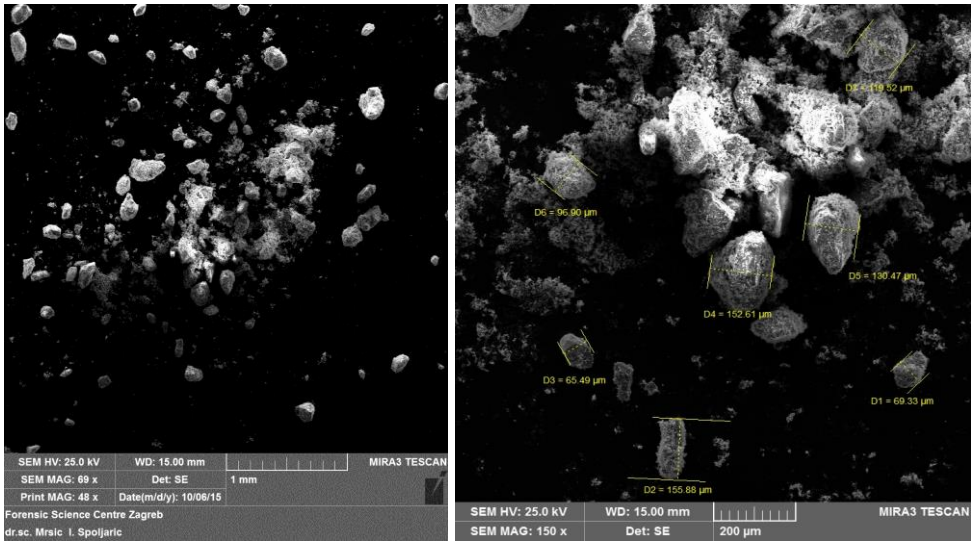

**Slika 19.** Mikrografije (SEM) supranano crnog praha,
kod različith uvećanja a) 82x, b) 1.90 kx.



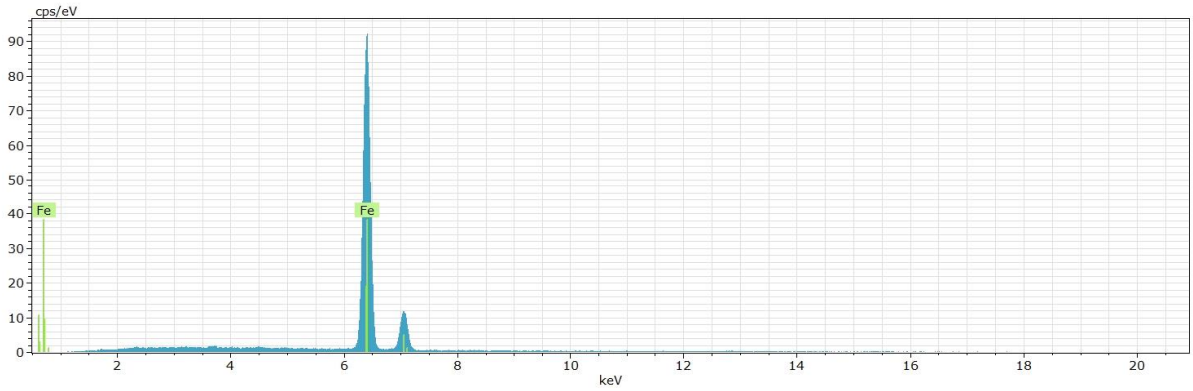

**Slika 20.** Graf EDX analize elementarnog sastava supranano crnog praha.

Ako se uspoređuju snimke SEM-a za prahove instant crni (slika 17. i 18.) i supranano crni (slika 19. i 20.), mogu se primjetiti značajne razlike u dimenziji, obliku i površinskoj strukturi. Analizom dobivenih rezultata, uočeno je da instant crni prah sadrži veće čestice, te su čestice nepravilnijeg oblika nego kod supranano crnog praha. Potrebno je spomenuti da instant crni i supranano crni prah spadaju u kategoriju granularnih prahova. Također, promatranjem površinske strukture čestica prahova, uočena grublja struktura kod instant crnog praha. EDX analiza, pokazala je postojanje velikog broja različitih elemenata u instant crnom prahu (Mn, Al, Si, K, S, Fe, Ti) , dok je kod supranano crnog praha elementarni sastav manje kompleksan (S, C, Fe, Si, S).

a) b)

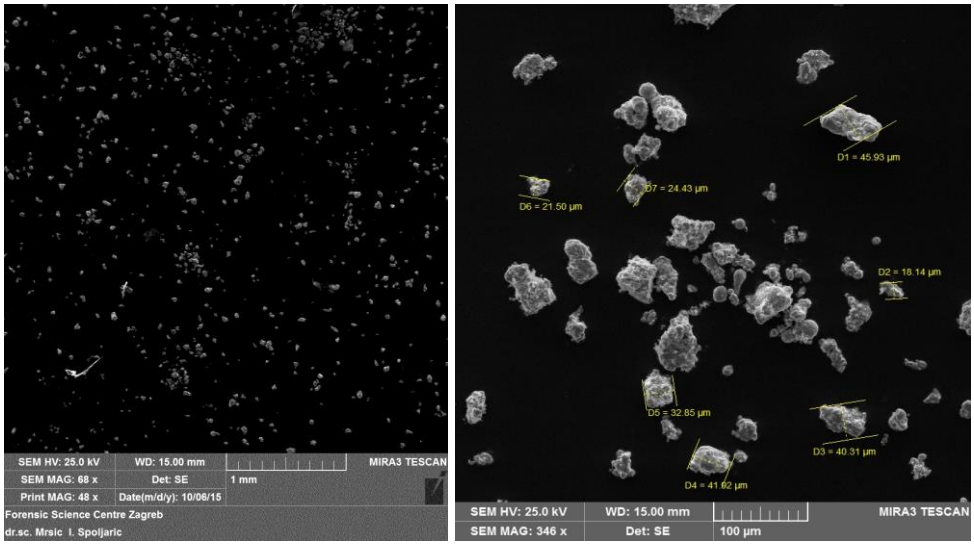



**Slika 21.** Mikrografije (SEM) fluorescirajućeg magnetičnog crvenog praha, kod različith uvećanja a) 69x, b) 150 kx.

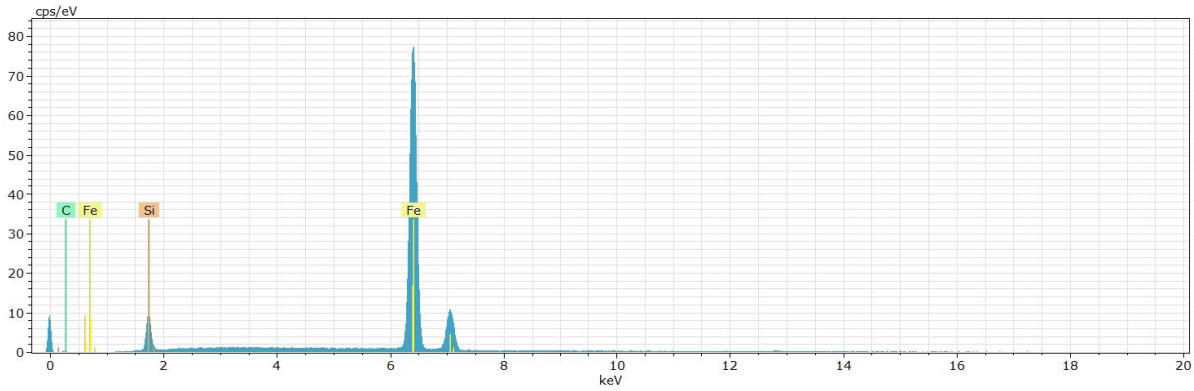



**Slika 22.** Graf EDX analize elementarnog sastava fluorescirajućeg magnetičnog crvenog praha.

a) b)




**Slika 23.** Mikrografije (SEM) supranano fluorescirajućeg magnetičnog crvenog, kod različith uvećanja a) 68x, b) 346 kx.




**Slika 24.** Graf EDX analize elementarnog sastava supranano fluorescirajućeg magnetičnog crvenog praha.

Usporedbom mikrografija fluorescirajućeg magnetičnog crvenog (slika 21. i 22.) i supranano fluorescirajućeg crvenog magnetičnog praha (slika 23. i 24.), mogu se primjetiti manje razlike u dimenziji. Oblici čestica su podjednako nepravilni i površinska struktura je također podjednako gruba. EDX analizom utvrđeno je samo željezo kod fluorescirajućeg magnetičnog crvenog praha, dok je kod supranano fluorescirajućeg crvenog magnetičnog praha dokazano postojanje ugljika, željeza i silicija.

Ako se međusobno usporede rezultati dobiveni SEM i EDX analizom svih istraživanih prahova, može se istaknuti da supranano crni prah sadrži čestice s najmanjom dimenzijom. Daljnjim promatranjem SEM snimaka, za ovaj prah uočena je veća glatkoća i pravilniji oblik

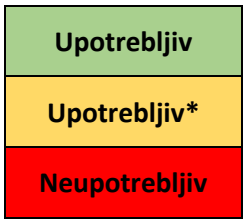
čestica za razliku od ostalih prahova. Koliko se moglo vidjeti iz SEM mikrografija, supranano crni prah posjeduje najmanju raspodjelu veličina čestica.

## 4.2. Periodično izazvanje otisaka na različitim istraživanim podlogama

U ovom radu istraživana je kvaliteta otisaka izazvanih različitim prahovima instant crni, supranano crni, fluorescirajući magnetični crveni i supranano fluorescirajući crveni magnetični nakon određenih vremenskih razmaka od trenutka nanošenja (0., 5., 10., 15., 20. dan). Podloge na kojima su otisci izazivani otisci bili su: crna plastika, prozirna plastika, staklo, lakirano drvo, nehrđajući čelik i laminirani papir.

Temperatura zraka u trenutku izazivanja bila je u rasponu od 23,6 °C do 26,50°C, a relativna vlažnost zraka od 47,8% do 61,00%. Otisci su se redom nanosili na podlogu umjerenom silom, koja se kretala od 3-4 N (cca 300 – 400g mjereno na analitičkoj vagi).

U ovom dijelu rada rezultati su prikazani u obliku fotografskih snimaka. Kvaliteta izazvanih otisaka ocijenjena je prema njihovoj primjenjivosti, odnosno upotrebljivosti. Svaki otisak dobio je odgovarajuću ocjenu kako je prikazano na slici 25.




**Slika 25.** Primjenjivost / upotrebljivost *izazvanih otisaka*

- Ocjenom „Upotrebljiv“, opisani su otisci koji se mogu bez dodatne korekcije / obrade primjeniti u daktiloskopskom vještačenju.
- Ocjenom „Upotrebljiv*“, ocijenjeni su otisci koji se mogu uvjetno primjeniti za daljnje vještačenje, tj. potrebno ih je dodatno obraditi, npr. u nekom odgovarajućem programskom paketu za obradu slika / snimljenih otisaka.
- Ocjenom „Neupotrebljiv“, definirani su otisci, koji nemaju dovoljno karakteristika ili nije moguća adekvatna vizualizacija istih za daljnje vještačenje, odnosno nisu prihvatljivi za analizu.

Razlozi koji su utjecali na dodijeljivanje određene ocjene, u slučaju ocjena upotrebljiv* s korekcijom i neupotrebljiv, su bili sljedeći:

- Pojava zapunjavanja međuprostora papilarnih linija
- Vezivanje praha za podlogu
- Manjak tvari nanesenih na podlogu
- Snimak otiska – mutan, nedovoljno izoštren
- Upotrebljena prevelika sila pri nanošenju otiska
- Translacijski pomak pri nanošenju
- Krivi kut nanošenja otiska na podlogu
- Onečišćenje podloge

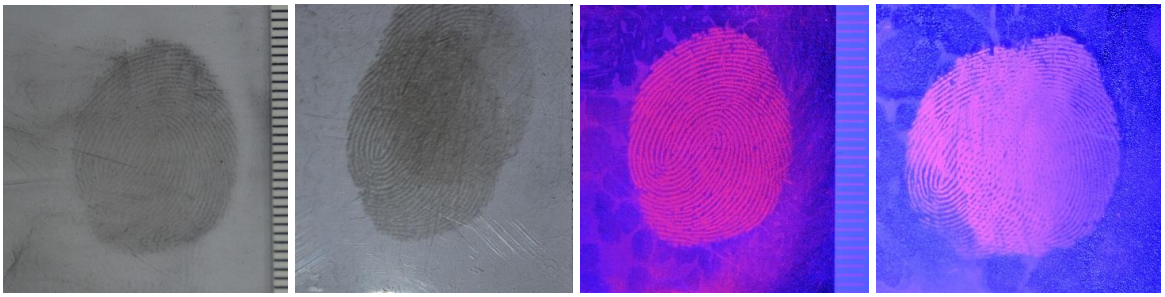
Napominje se, da definirane ocjene za pojedine otiske, mogu posjedovati subjetktivnu karakteristiku procjene. Drugim riječima, sukladno iskustvu i znanju vještaka, kod nekih otisaka može doći do odstupanja u ocijenjivanju izazvanih latentnih otisaka. Također, otisci koji su nanašani, spadaju u kategoriju prepariranih otisaka, jer se prije svakog ostavljanja otiska, dotaknulo područje oko nosa bogato lipidima [20]. Prema tome takvi se otisci po kemijskom sastavu mogu znatno razlikovati od nenamjerno nanesenih otisaka, koji se većinom sastoje od vlage.

### 4.2.1. Kvaliteta otisaka na prozirnoj plastici

Kao uzorak prozirne plastike uzet je prednji dio „slim“ spremnika za cd-e koji je izrađen od polistirena postupkom injekcijskog prešanja [19] .Uzorak takve plastike smatra se neporoznim [16], prema tome podloga nebi trebala imati upojnu karakteristiku.

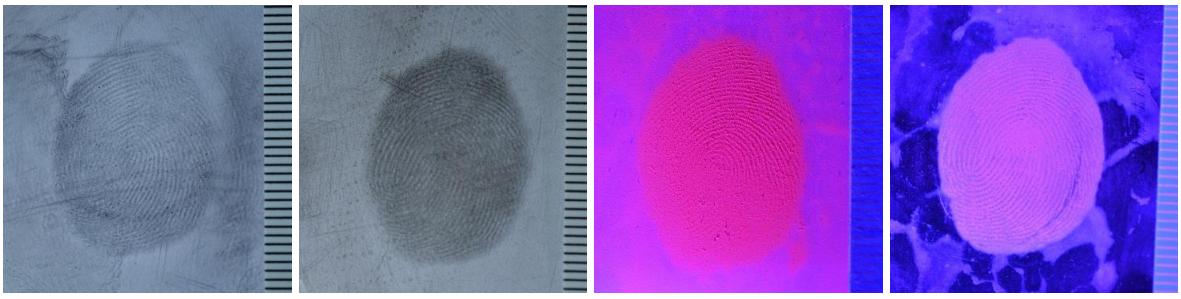
Rezultati prikazani kao fotografske snimke otisaka na prozirnoj plastici nakon određenih vremenskih razmaka od trenutka nanošenja otiska prikazani su na slikama 26 - 30.

a) b) c) d)



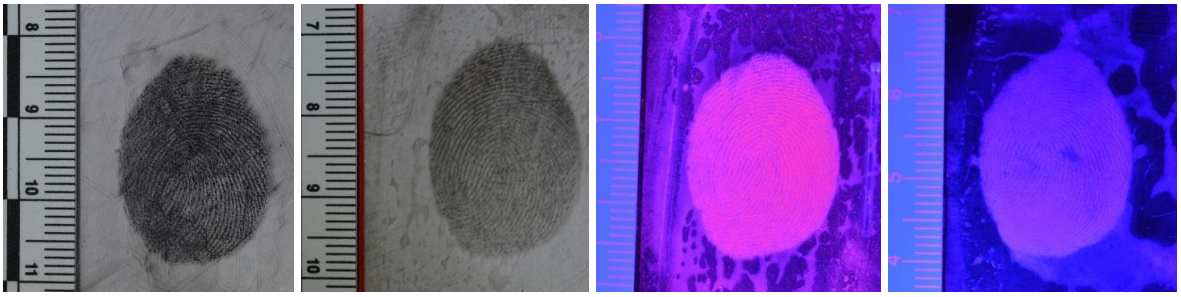
**Slika 26.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na prozirnoj plastici odmah nakon nanošenja.

a) b) c) d)



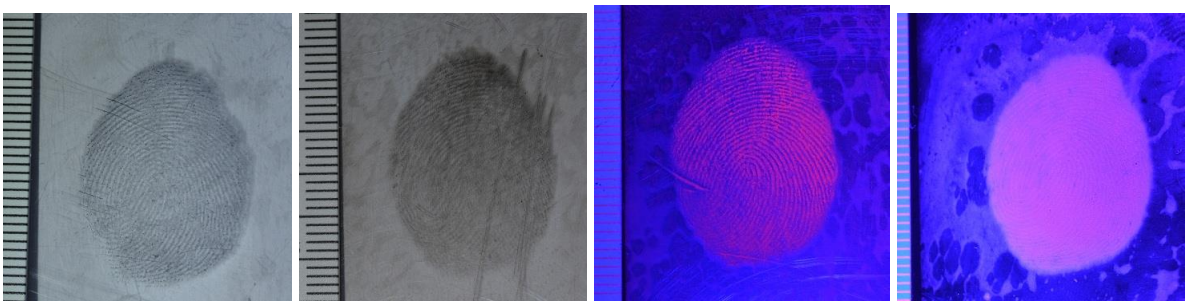
**Slika 27.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na prozirnoj plastici 5 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



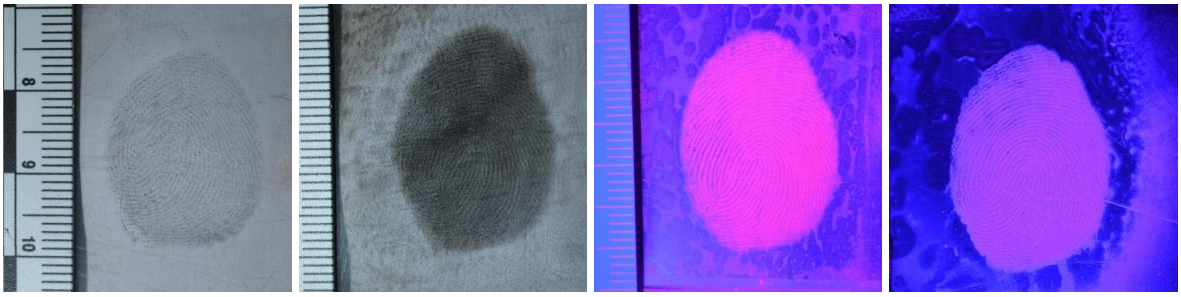
**Slika 28.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na prozirnoj plastici 10 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



**Slika 29.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na prozirnoj plastici 15 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



**Slika 30.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na prozirnoj plastici 20 dana nakon nanošenja.

Otisci prsta ocijenjeni su ocjenama prikazanim u tablici 4.

**Tablica 4.** Odgovarajuće ocjene upotrebljivosti izazvanih otisaka na podlozi prozirne plastike

| **Podloga→** | **Prozirna plastika** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Prahovi→** | **Instant Crni** | **Supranano Crni** | **Fluorescirajući magnetični crveni** | **Supranano fluorescirajući crveni magnetični** |
| **0. Dan** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** |
| **5. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** |
| **10. Dan** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** |
| **15. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** |
| **20. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** |

Otisci izazvani instant crnim prahom na podlozi prozirne plastike za 5., 15. i 20. dan nakon nanošenja ocijenjeni su upotrebljivim bez korekcije, dok za dane 0 i 10 dodijeljena je ocijena upotrebljiv s korekcijom. U ovom slučaju utjecaj nedovoljno fokusirane snimke izazvanog otiska, dovodi do nešto lošijeg rezultata, tj. upotrebljivim s korekcijom.

Supranano crni prah, za izazivanje u vremenskim razmacima 0, 5 i 15 dana nakon nanošenja, pridružene su ocijene upotrebljiv. Za 15. i 20. dan nakon naošenja dodijeljena je ocijena upotrebljiv s korekcijom. Kod 15. dana utjecaj refleksije kod snimanja dao je nešto lošiji rezultat, a za 20. dan uočena je pojava vezivanja praha za papilarne linije i za podlogu.

Usporedbom primjenjivosti instant crnog i supranano crnog praha na ispitivanoj podlozi prozirne plastike može se reći da su rezultati podjednako dobri te je dobiven zadovoljavajući kontrast. Potrebno je naglasiti da je i u ovom slučaju razlučivost otiska izazvanih s prahom supranano crnim nešto bolja nego kod instant crnog, što se može pripisati manjim česticama, boljom raspodjelom veličine čestica i glađom površinom čestice (SEM - slika 17. i 19.)

Otiscima izazvanih fluorescirajućim magnetičnim crvenim prahom dodijeljena je ocijena upotrebljiv bez korekcije, za izazivanje 0, 10 i 15 dana nakon nanošenja. Za izazivanje u vremenskim razmacima 5 i 20 dana nakon nanošenja određena je ocijena upotrebljiv s korekcijom, jer se prah dobrim dijelom vezao za podlogu, što negativno djeluje na vizualizaciju otiska.

Otisci izazvani supranano fluorescirajućim crvenim magnetičnim prahom u danima 5, 10 i 20 nakon nanošenja ocijenjeni su upotrebljivim bez korekcije. Za dane 0 i 15 nakon

nanošenja otiscima je određena ocijena upotrebljiv s korekcijom. Razlog tome je za 0. dan, slučajno nanešen dvostruki otisak, a za 15. dan znatno vezivanje praha za podlogu.

Usporedbom crvenih fluorescirajućih prahova, može se reći, da supranano prah daje bolje rezultate što se tiče razlučivosti i uklanjanja suviška praha s površine, dok fluorescirajući magnetični crveni prah daje nešto bolji kontrast zbog bolje fluorescencije.

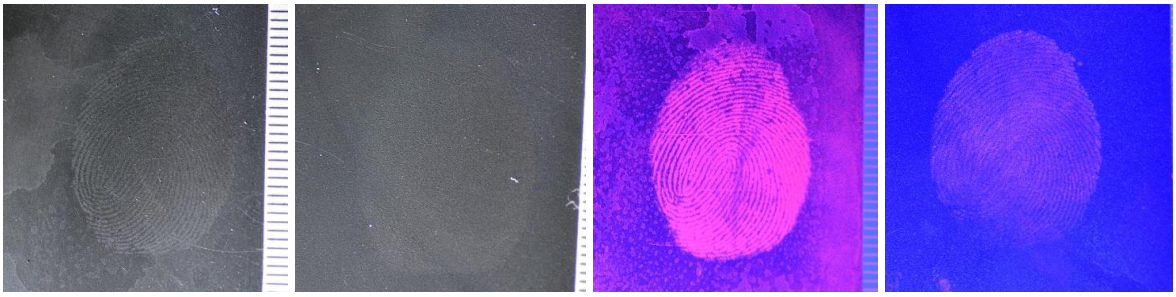
Za istraživane prahove na podlozi prozirne plastike može se zaključiti, da su svi prahovi upotrebljivi i da daju podjednako dobre rezultate. Međutim, crni prahovi više odgovaraju, jer izazivane papilarne linije posjeduju bolji kontrast prema podlozi. Na temelju ovih istraživanja može se zaključiti da su za ovu podlogu dobiveni bolji rezultati s prahom supranano crni zbog bolje razlučivosti.

### 4.2.2. Kvaliteta otisaka na crnoj plastici

Kao uzorak crne plastike uzet je stražnjii dio „slim“ spremnika za cd-e koji je izrađen od polistirena postupkom injekcijskog prešanja [19],. Uzorak takve plastike smatra se neporoznim [17], prema tome podloga nebi trebala imati upojnu karakteristiku. Također podloga nije u potpunosti glatka, već lagano strukturirana.

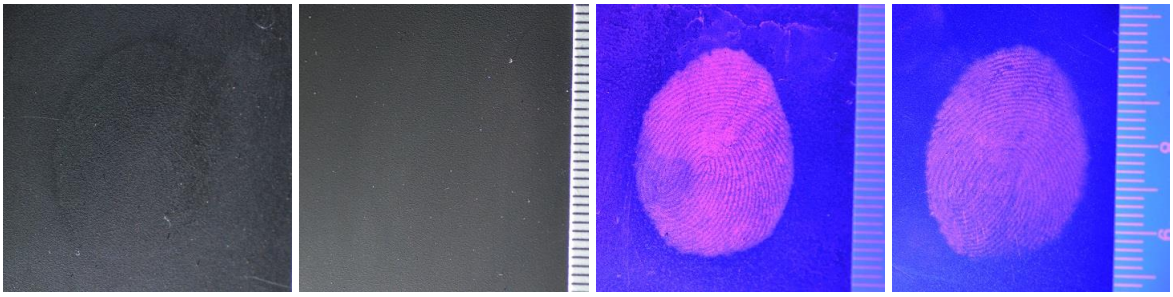
Rezultati prikazani kao fotografske snimke otisaka na crnoj plastici nakon određenih vremenskih razmaka od trenutka nanošenja otiska prikazani su na slikama 31 - 35.

a) b) c) d)



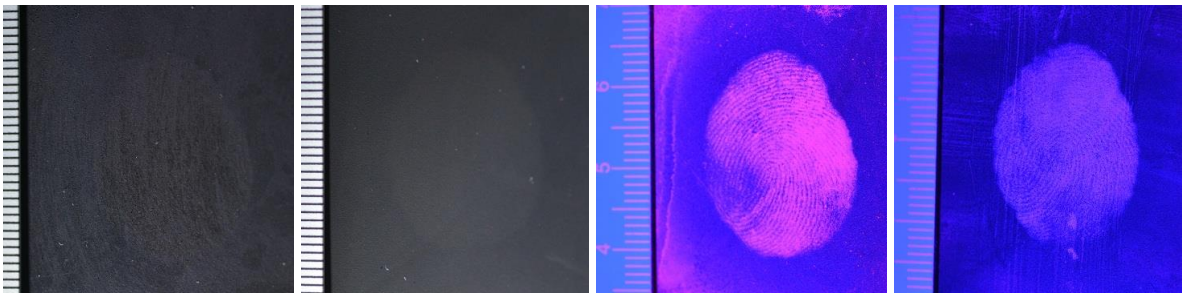
**Slika 31.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na crnoj plastici odmah nakon nanošenja.

a) b) c) d)



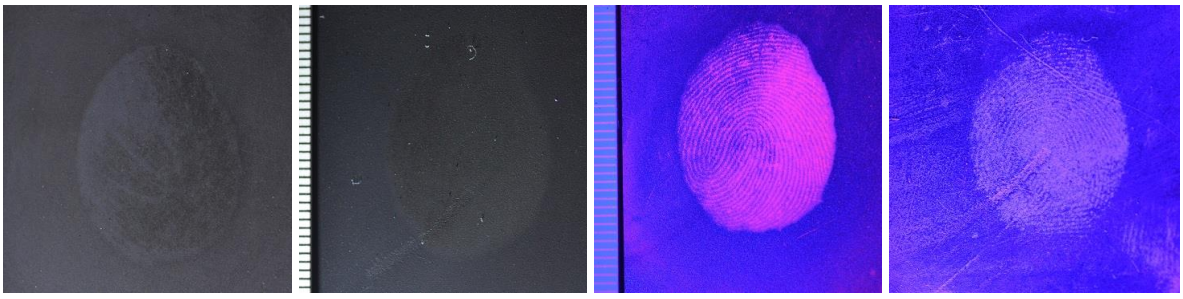
**Slika 32.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na crnoj plastici 5 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



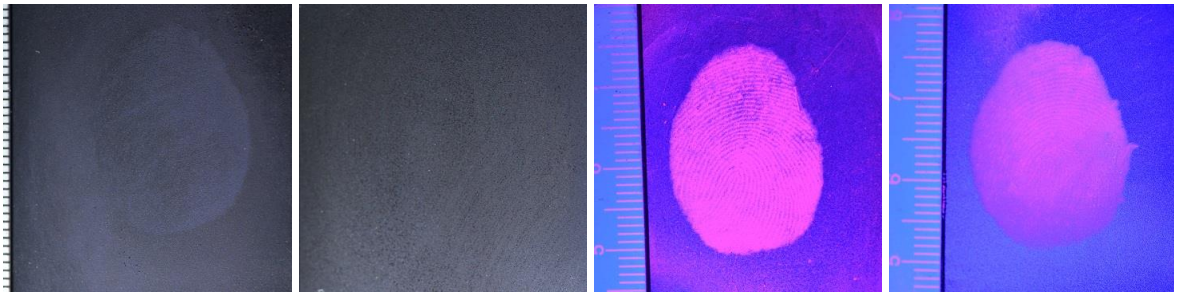
**Slika 33.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni b) supranano crni c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na crnoj plastici 10 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



**Slika 34.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni b) supranano crni c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na crnoj plastici 15 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



**Slika 35.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na crnoj plastici 20 dana nakon nanošenja.

Otisci prsta ocijenjeni su ocjenama prikazanim u tablici 5 .

**Tablica 5.** Odgovarajuće ocjene upotrebljivosti izazvanih otisaka na podlozi crne plastike

| **Podloga→** | **Crna plastika** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Prahovi→** | **Instant Crni** | **Supranano Crni** | **Fluorescirajući magnetični crveni** | **Supranano fluorescirajući crveni magnetični** |
| **0. Dan** | **Upotrebljiv*** | **Neupotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** |
| **5. Dan** | **Neupotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** |
| **10. Dan** | **Neupotrebljiv** | **Neupotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** |
| **15. Dan** | **Neupotrebljiv** | **Neupotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** |
| **20. Dan** | **Neupotrebljiv** | **Neupotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** |

Izazvanom otisku sa instant crnim prahom za 0. dan uvjetno je iskazana ocijena upotrebljiv s korekcijom. Za supranano crni, otisak izazvan 5. dan smatran je upotrebljivim uz korekciju. Svi ostali otisci izazivani s instant crnim i supranano crnim prahom smatraju se neupotrebljivim, zbog nedovoljnog kontrasta s podlogom. Za crnu podlogu, kao što je ispitivani uzorak plastike, crni prahovi se u pravilu ne primjenjuju, što je u skladu s literaturnim spoznajama [1,2].

Otiscima izazvanima pomoću fluorescirajućeg magnetičnog crvenog praha u svim slučajevim, osim 5. i 20. dana, dodijeljene su ocijene upotrebljivi bez korekcije. Otisak koji je izazvan 5. dan nakon nanošenja, smatra se upotrebljivim uz korekciju, jer se prah vezao i za podlogu i za papilarne linije. Isti slučaj se može konstatirati kod otiska izazvanog 20. dan.

Otisak izazvan 5.dan pomoću supranano fluorescirajući crvenog magnetičnog praha upotrebljiv je bez korekcije, dok za ostale dane (0, 10, 15 i 20) izazvani otisci su upotrebljivi

isključivo uz korekciju. Kod 0. dana papilarne linije su proširene što ukazuje na pojačanu silu pri nanošenju, a za 10., 15. i 20. dan se može govoriti o vezanju praha za podlogu.

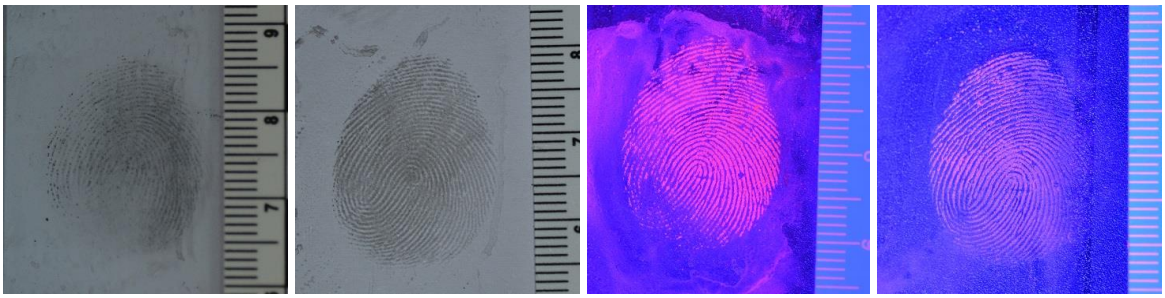
Uspoređujući sve prahove može se reći, da crni prahovi na crnoj podlozi uopće nisu primjenjivi, niti prah s većim dimenzijama čestica, tj. instant crni, ni onaj s manjim dimenzijama čestica, tj. supranano crni. Sa stanovišta primjenjivosti, najbolje rezultate kod izazivanja otisaka na crnoj podlozi plastike dobiven je pomoću fluorescirajućeg magnetičnog crvenog praha, što bi se moglo pripisati većim česticam praha, koje ne ispunjavaju strukturu podloge crne plastike. Supranano fluorescirajući crveni magnetični pored vezivanja na papilarne linije, sa sitnijim česticama ispunjava djelomično i strukturu podloge, te sitne pukotine, što pogoršava vizualizaciju otiska.

### 4.2.3. Kvaliteta otisaka na staklu

Staklo spada u grupu neporoznih podloga, amorfne je strukture i predstavlja anorgansku vrstu materijala. Također, treba spomenuti da je površina uzorka istraživanog stakla u potpunosti glatka i bez oštećenja.

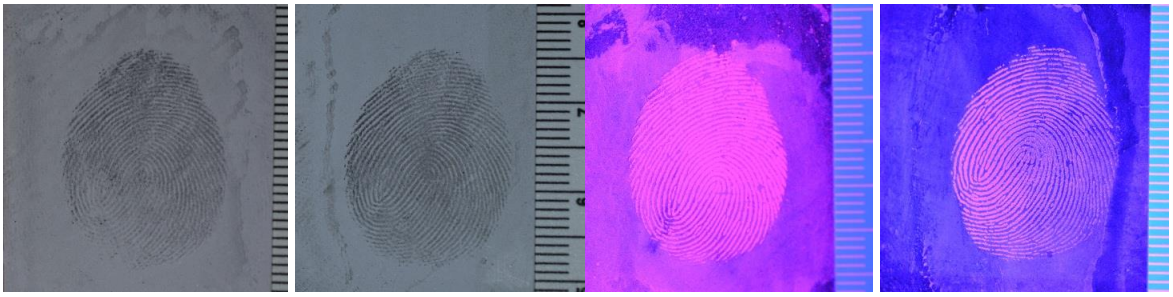
Rezultati prikazani kao fotografske snimke otisaka na staklu nakon određenih vremenskih razmaka od trenutka nanošenja otiska prikazani su na slikama 36 - 40.

a) b) c) d)



**Slika 36.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na staklu odmah nakon nanošenja.

a) b) c) d)



**Slika 37.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na staklu 5 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)

**Slika 38.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na staklu 10 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)

**Slika 39.** Otisci prsta izazivani prahovima a) Instant Black, b) supranano crni c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na staklu 15 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)

**Slika 40.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na staklu 20 dana nakon nanošenja.

Otisci prsta ocijenjeni su ocjenama prikazanim u tablici 6.

**Tablica 6.** *Odgovarajuće ocjene upotrebljivosti izazvanih otisaka na podlozi stakla*

| **Podloga→** | **Staklo** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Prahovi→** | **Instant Crni** | **Supranano Crni** | **Fluorescirajući magnetični crveni** | **Supranano fluorescirajući crveni magnetični** |
| **0. Dan** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** |
| **5. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** |
| **10. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** |
| **15. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** |
| **20. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** |

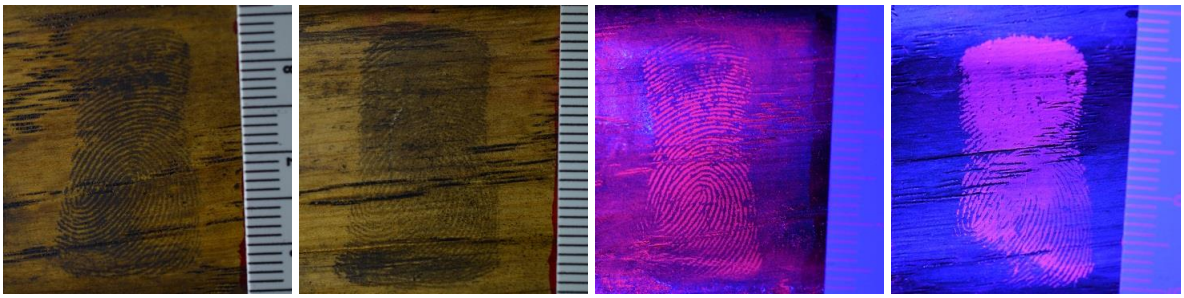
Skoro svi otisci koji su izazvani na neporoznoj podlozi stakla su upotrebljivi bez dodatne korekcije, jedino otisak izazvan instant crnim (za 0. dan izazivanja) ocijenjen je kao upotrebljiv s korekcijom. Manjak nanesenih tvari na podlogu stakla kod ostavljanja otiska, može biti jedan od razloga nedostatka karakteristika papilarnih linija.

Kod otisaka na staklu, može se zaključiti da svi prahovi podjednako zadovoljavajuće izazivaju otiske. Međutim, prednost u kvaliteti izazvanih otisaka dan je nano prahovima, jer je razlučivost otisaka dijelom bolja. Gledajući s aspekta kontrasta crni prahovi imaju prednost, time bi supranano crni bio najbolji za navedenu podlogu.

### 4.2.4. Kvaliteta otisaka na lakiranom drvetu

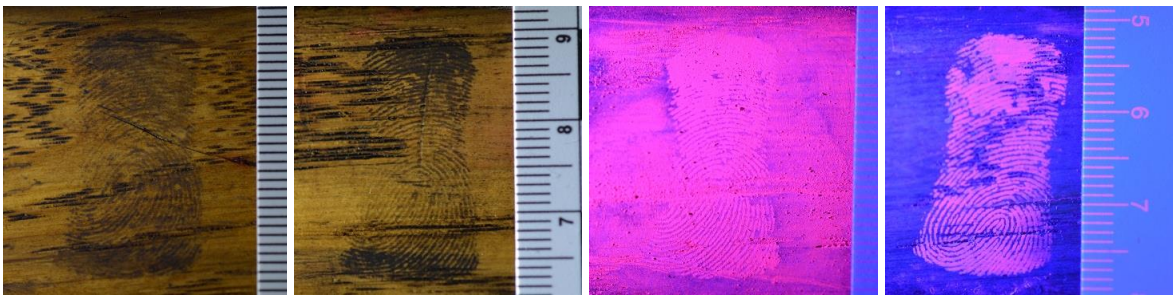
Rezultati prikazani kao fotografske snimke otisaka na lakiranom drvetu nakon određenih vremenskih razmaka od trenutka nanošenja otiska prikazani su na slikama 41 - 45.

a) b) c) d)



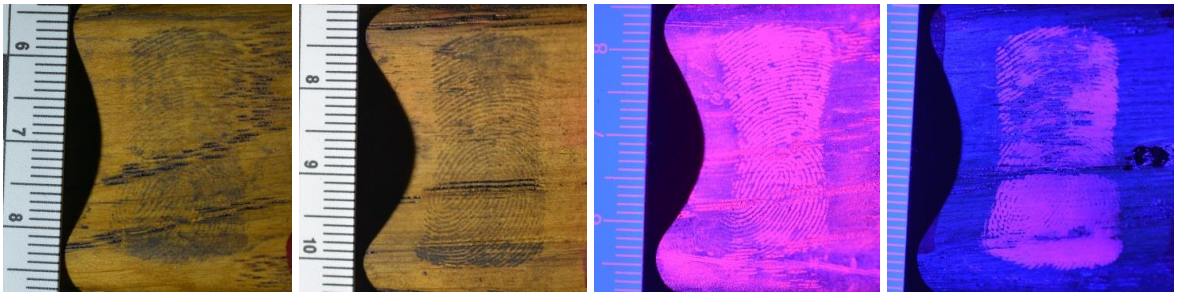
**Slika 41.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na lakiranom drvetu odmah nakon nanošenja.

a) b) c) d)



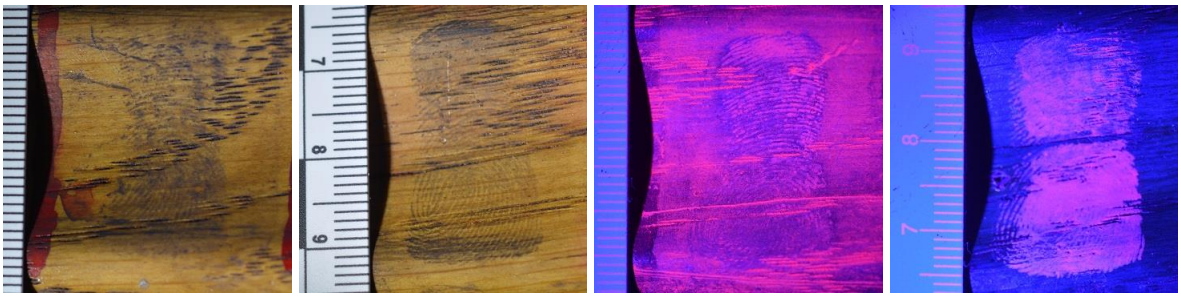
**Slika 42.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na lakiranom drvetu 5 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



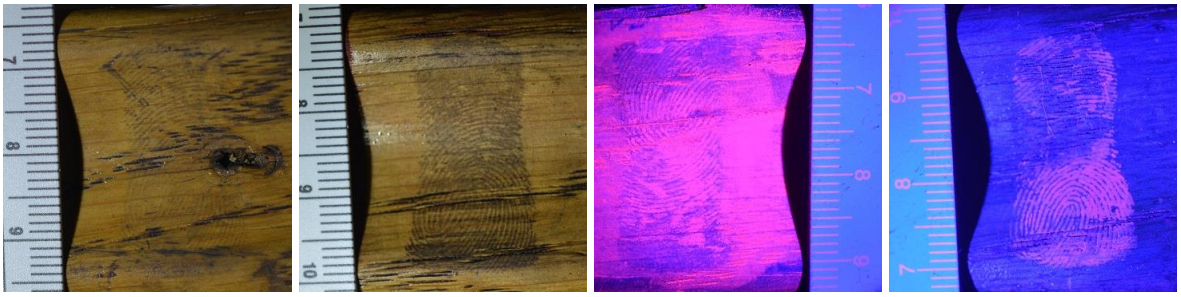
**Slika 43.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na lakiranom drvetu 10 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



**Slika 44.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na lakiranom drvetu 15 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



**Slika 45.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) supranano fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na lakiranom drvetu 20 dana nakon nanošenja.

Otisci prsta ocijenjeni su ocjenama prikazanim u tablici 7.

**Tablica 7.** *Odgovarajuće ocjene upotrebljivosti izazvanih otisaka na podlozi lakiranog drveta*

| **Podloga→** | **Lakirano drvo** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Prahovi→** | **Instant Crni** | **Supranano Crni** | **Fluorescirajući magnetični crveni** | **Supranano fluorescirajući crveni magnetični** |
| **0. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** |
| **5. Dan** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** |
| **10. Dan** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** |
| **15. Dan** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** |
| **20. Dan** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** |

Podloga lakiranog drveta, ovisno o kvatliteti nanesenog laka, vrsti i starosti drveta , spada u kategoriju neporoznih ili djelomično poroznih podloga. Istraživani uzorak podloge predstavlja hrastova lakirana lajsna. Posebnost ove podloge, naspram svih ostalih istraživanih podloga, predstavlja oblik. Oblik navedenog uzorka, tj. lakirane lajsne je zaobljen. Površina lajsne nije glatka, već posjeduje određene pukotine i razna oštećenja.

Otisci izazvani instant crnim prahom, u većini slučajeva (5., 10., 15. i 20.dan ) smatraju se upotrebljivim, ali uz korekciju. Jedino otisak, koji je neposredno izazvan nakon nanošenja, prihvaćen je upotrebljivim bez dodatne korekcije. Nedostaci koji su se javljali kod izazvanih otisaka, najčešće su bili uzrokovani zbog zaobljenosti podloge, drugim riječima, da se radilo o ravnoj podlozi lakiranog hrasta rezultati bi bili znatno bolji.

Kod otisaka izazvanih supranano crnim prahom nije bilo većih nedostataka, dakako svi izazvani otisci su upotrebljivi bez dodatne korekcije. Kontrast i razlučivost su prihvatljivi i bez većih primjedbi.

Usporedbom otisaka izazvanih instant crnim i supranano crnim prahom, može se zaključiti da je postignuta bolja definicija primjenom nano praha. Uzrok toga može ponovo biti manja dimenzija, ravnomjerniji granularni oblik i jednoličnija raspodjela veličina čestica.

Za otiske izazvanih fluorescirajućim magnetičnim crvenim prahom za dane 0, 5 i 10 dodijeljene su ocijene upotrebljiv bez korekcije, a za 15. i 20. dan upotrebljiv s korekcijom. Kod 15. dana primjećena je greška kod nanošenja, tj. manjak količine nanesenih tvari, a za 20. dan konstatirano je vezivanje praha za podlogu. Za razliku od svih prahova, fluorescirajući magnetični crveni prah se u svakom postupku vezao za cijelu podlogu. Na taj način

nepotrebno su zapunjavane sve pukotine i oštećenja, što je u konačnosti dovelo do otežane vizualizacije otiska.

Otisci izazvani supranano fluorescirajućim crvenim magnetičnim prahom u većini slučajeva definirani su kao upotrebljivi s korekcijom. Samo otisak koji je vizualiziran 20. dan nakon nanošenja smatra se upotrebljivim bez dodatne korekcije. Vezivanje za podlogu i papilarne linije otežalo je vizualizaciju, a pored toga i zaobljenost drvene lajsne onemogućilo je ravnomjerno nanošenje otisaka.

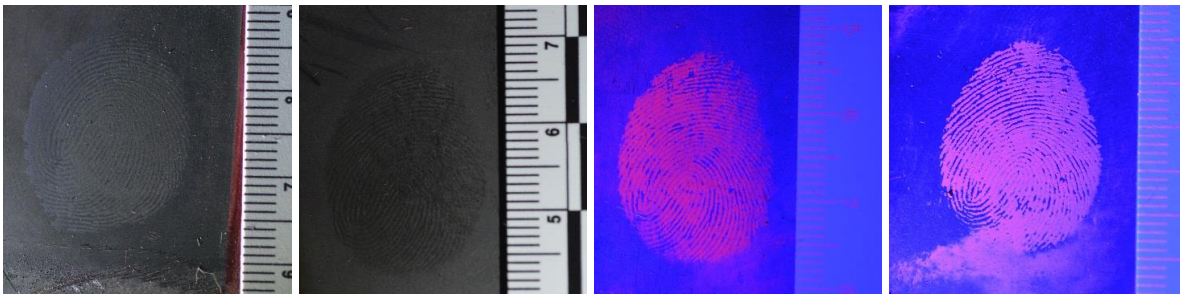
Uspoređujući otiske izazvane fluorescirajućim magnetičnim crvenim prahom sa otiscima, koji su izazvani pomoću supranano fluorescirajućim magnetičnim crvenim prahom, može se reći s obzirom na kvalitetu otisaka i odgovarjućih ocijena, da je fluorescirajući magnetični crveni prah na podlozi lakiranog drveta dao bolje rezultate. Međutim, dobivena bolja kvaliteta otiska vrlo vjerojatno je izazvana boljim, tj. ranvnomjernijim nanošenjem otiska na navedenu podlogu. Problem kod primjene fluorescirajućeg magnetičnog crvenog praha je što se veže u velikom suvišku za papilarne linije, ali i uokolo, te prevelika količina praha otežava dostatnu vizualizaciju otiska.

Konačni zaključak za istraživane prahove na podlozi lakirane drvene lajsne, ukazuje na znatnu prednost nano praha, točnije supranano crnog praha, jer su izazvani otisci zadovoljavajuće kvalitete. Razlučivost i zahtijevani kontrast su zadovoljeni. Iako je podloga strukturirana, supranano crni prah se nije vezivao nasumce po pukotinama, već ciljano samo za grebene i reljefne strukture otiska.

### 4.2.5. Kvaliteta otisaka na nehrđajućem čeliku

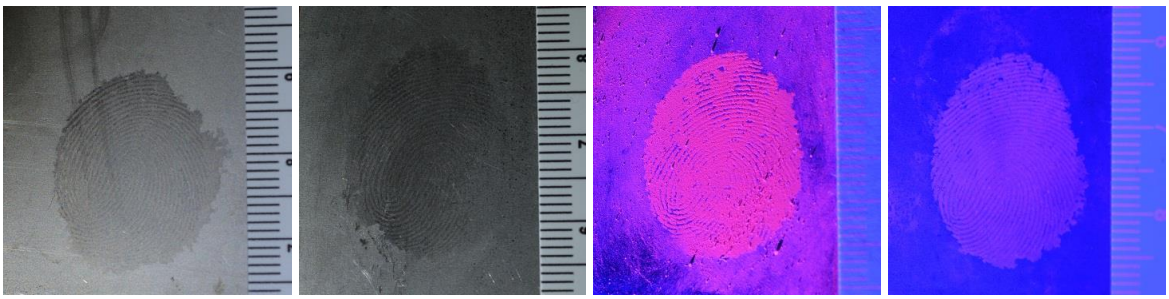
Rezultati prikazani kao fotografske snimke otisaka na nehrđajućem čeliku nakon određenih vremenskih razmaka od trenutka nanošenja otiska prikazani su na slikama 46 – 50.

a) b) c) d)



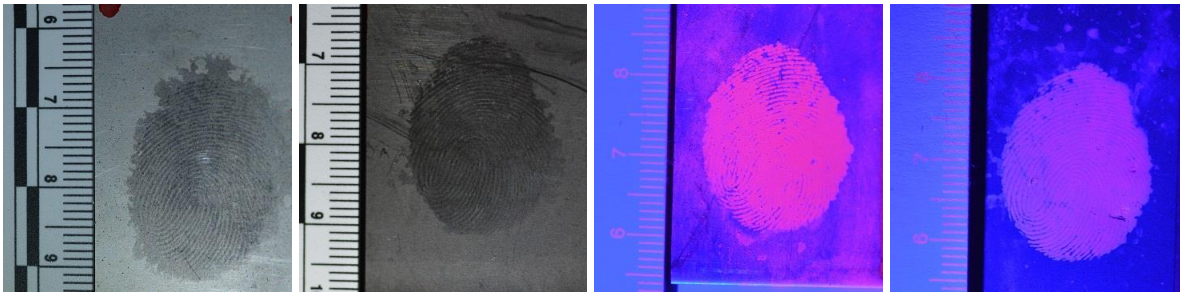
**Slika 46.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na nehrđajućem čeliku odmah nakon nanošenja.

a) b) c) d)



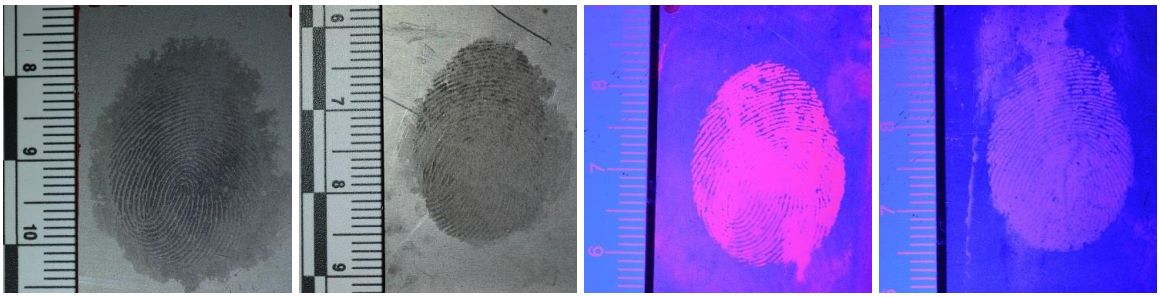
**Slika 47.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na nehrđajućem čeliku 5 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



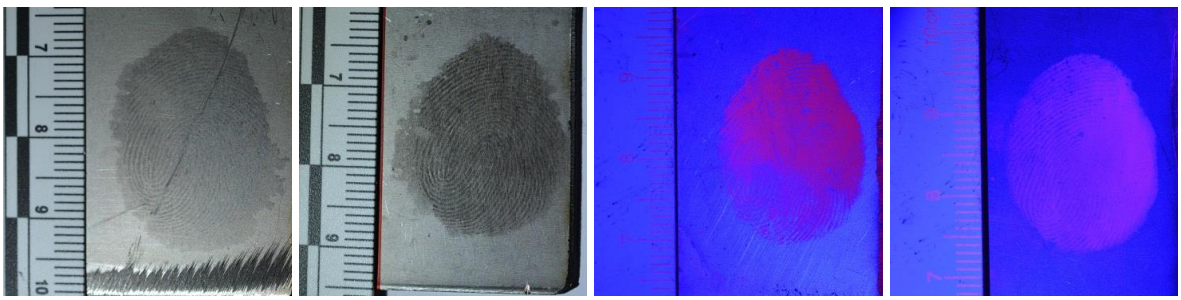
**Slika 48.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na nehrđajućem čeliku 10 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



**Slika 49.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na nehrđajućem čeliku 15 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



**Slika 50.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na nehrđajućem čeliku 20 dana nakon nanošenja.

Otisci prsta ocijenjeni su ocjenama prikazanim u tablici 8.

**Tablica 8.** *Odgovarajuće ocjene upotrebljivosti izazvanih otisaka na podlozi nehrđajućeg čelika*

| **Podloga→** | **Nehrđajući čelik** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Prahovi→** | **Instant Crni** | **Supranano Crni** | **Fluorescirajući magnetični crveni** | **Supranano fluorescirajući crveni magnetični** |
| **0. Dan** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** |
| **5. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** |
| **10. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** |
| **15. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** |
| **20. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** |

Podloga od nehrđajućeg čelika smatra se neporoznom. Nehrđajući čelik predstavlja leguru čelika, međutim nije poznat sastav istraživane podloge.

Otisci koji su izazivani 5., 10., 15. i 20. dan nakon nanošenja pomoću instant crnog upotrebljivi su bez dodatne korekcije. Upotrebljiv s korekcijom definiran je otisak neposredno izazvan nakon nanošenja. Širina papilarnih linija je povećana, što ukazuje na povećanu silu pri postupku ostavljanja otiska.

Otisci dobiveni supranano crnim prahom za 5., 10. i 20. dan nakon nanošenja, smatraju se upotrebljivim bez daljnje korekcije. Otisci koji su dobiveni 0. i 15. dan nakon nanošenja, upotrebljivi su s korekcijom, mogući je utjecaj zaostalog onečišćenja podloge ili povećana sila pri depoziciji otiska.

Na nehrđajućem čeliku pomoću instant crnog praha otisci su nešto bolji nego sa supranano crnim prahom. Otisci izazvani ovim prahovima na metalnoj podlozi djeluju razmazano. Kombinacija crnih prahova na sivoj podlozi ne predstavljaju adekvatno riješenje za postizanje željenog kontrasta.

Fluorescirajući magnetični crveni, otisci koji su na metalnoj podlozi izazivani ovim prahom za 0. i 20. dan smatraju se primjenjivim bez dodatne korekcije, a za ostale dane utvrđeni su nedostaci, što je prouzročilo nižu ocijenu. Nedostatak je već spomenuto vezivanje praha za podlogu i vezivanje u suvišku.

Otisci izazvani supranano fluorescirajućim crvenim magnetičnim prahom u danima 0, 5 i 20 nakon nanošenja prihvaćeni su kao upotrebljivi bez potrebe za daljnjom korekcijom, dok za dane 10 i 15 nakon nanošenja, uočena pojava vezivanja praha za podlogu, što je smanjilo primjenjivost otiska.

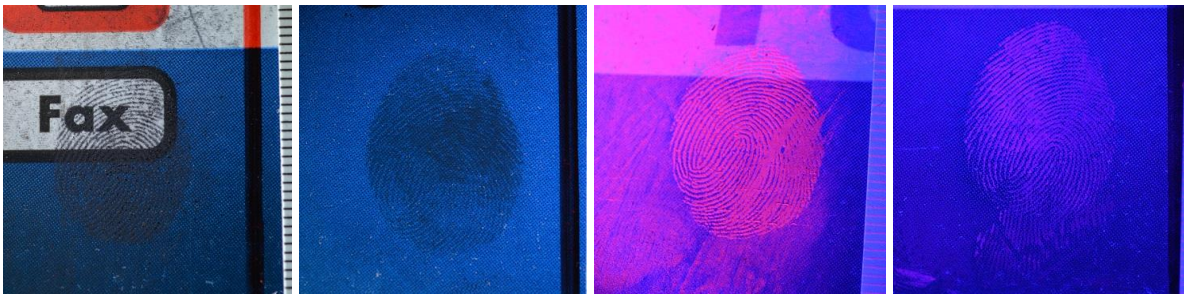
Uspoređujući fluorescentne prahove, može se reći da je nano prah nešto bolji, jer se manje vezao za podlogu od fluorescirajućeg magnetičnog crvenog praha.

Za podlogu nehrđajućeg čelika primjenom navedenih prahova, dobiveni su podjednaki rezultati. Sa stajališta kontrasta, ipak su fluorescentni prahovi bolje riješenje na sivoj podlozi od crnih, s time da je ponovo fluorescirajući nano prah nešto bolji, jer se manje vezao za podlogu.

### 4.2.6. Kvaliteta otisaka na laminiranom papiru

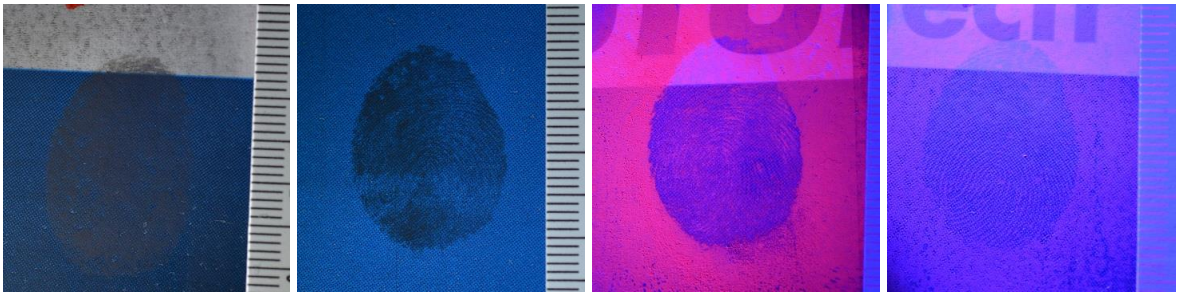
Laminirani papir spada u grupu djelomično poroznih podloga te se tvari nanesene na površinu papira s vremenom absorbiraju, što otežava izazivanje otisaka nakon određenog vremena. Rezultati prikazani kao fotografske snimke otisaka na laminiranom papiru nakon određenih vremenskih razmaka od trenutka nanošenja otiska prikazani su na slikama 51 – 55.

a) b) c) d)



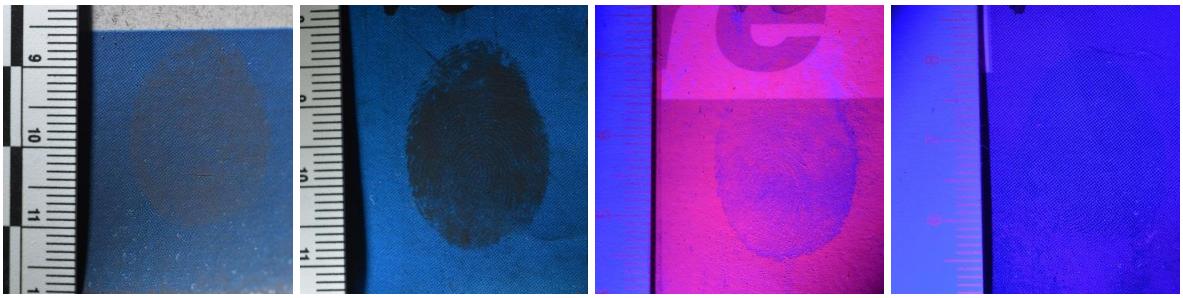

**Slika 51.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na laminiranom papiru odmah nakon nanošenja.

a) b) c) d)



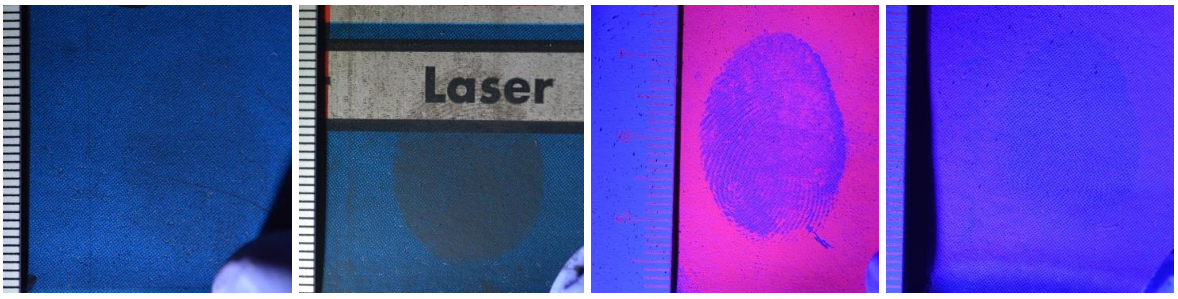
**Slika 52.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na laminiranom papiru 5 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



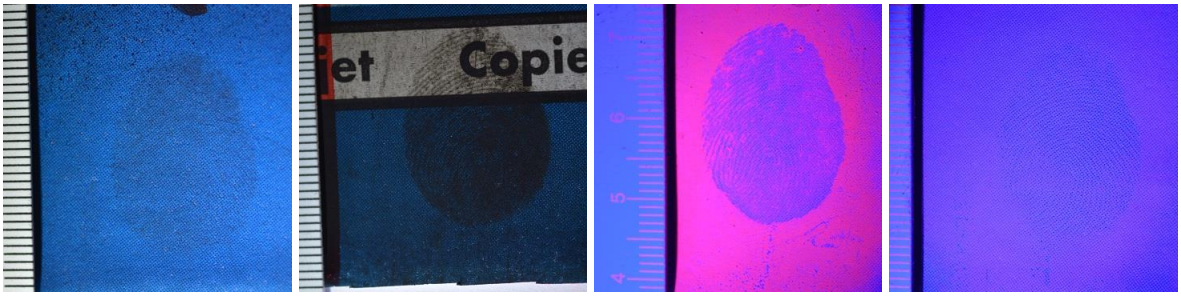
**Slika 53.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na laminiranom papiru papiru 10 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)




**Slika 54.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na laminiranom papiru papiru 15 dana nakon nanošenja.

a) b) c) d)



**Slika 55.** Otisci prsta izazivani prahovima a) instant crni, b) supranano crni, c) fluorescirajući magnetični crveni i d) supranano fluorescirajući crveni magnetični na laminiranom papiru 20 dana nakon nanošenja

Otisci prsta ocijenjeni su ocjenama prikazanim u tablici 9.

**Tablica 9.** O*cjene upotrebljivosti izazvanih otisaka na podlozi laminiranog papi*

| **Podloga→** | **Laminirani papir** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Prahovi→** | **Instant Crni** | **Supranano Crni** | **Fluorescirajući magnetični crveni** | **Supranano fluorescirajući crveni magnetični** |
| **0. Dan** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Upotrebljiv** |
| **5. Dan** | **Neupotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv** |
| **10. Dan** | **Neupotrebljiv** | **Upotrebljiv** | **Neupotrebljiv** | **Neupotrebljiv** |
| **15. Dan** | **Neupotrebljiv** | **Neupotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** |
| **20. Dan** | **Neupotrebljiv** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** | **Upotrebljiv*** |

Otisak izazvan prahom instant crni, neposredno nakon nanošenja dobre je kvalitete te se karakteristike mogu definirati bez dodatne korekcije. Pri tome treba spomenuti da kontrast nije najbolji jer je papir šarenog uzorka što na tamnim dijelovima otežava raspoznavanje papilarnih linija. Nakon 5, 10, 15 i 20 dana otisak je nedovoljne kvalitete, niti s dodatnom korekcijom ili obradom nije prihvatljiv za daljnju primjenu. Prah se dobrim dijelom vezao za podlogu i otisak djeluje kao da je razmazan. Može se reći da su se tvari nanesene na površinu absorbirale u podlogu, što je negativno utjecalo na vizualizaciju otiska.

Otisak izazvan prahom supranano crnim odmah nakon nanošenja dobre je kvalitete, a bitne karakteristike papilarnih linja mogu se bez dodatne korekcije definirati. Međutim, kao i kod instant crnog, nedovoljan kontrast između šarene podloge laminiranog papira i praha otežava vizualizaciju. Nakon 5. i 20. dana izazvani otisak prihvatljive je kvalitete, jer je potrebna odgovarajuća korekcija otiska. Nakon 10. dana otisak definiran je ocjenom

upotrebljiv bez dodatne korekcije, a 15. dan nakon nanošenja otisku je određena ocjena neupotrebljiv.

Usporedbom instant crnog praha, koji ima veće čestice sa supranano crnim prahom koji ima manje čestice može se zaključiti da se instant crni, znatno više vezao za podlogu što je otežavalo vizualizaciju papilarnih linija. Supranano crni prah u većinu slučajeva dao je bolje rezultate s boljom razlučivošću i s manjim zapunjavanjem međuprostora papilarnih linija. prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da crni prah nije pogodan za primjenu na šarenim podlogama, zbog nedostatka kontrasta između izazvanih papilarnih linija i same podloge. Međutim rezultati ovih istraživanja pokazali su da se sniženjem dimenzija čestica praha za izazivanje otisaka može znatno poboljšati kvaliteta izazvanog otiska na šarenoj podlozi.

Za fluorescirajući magnetični crveni prah može se reći da je otisak njime izazvan neposredno nakon nanošenja jedini pirmjenjiv bez dodatne obrade ili korekcije. Izazvani otisci nakon 5, 15 i 20 dana prihvatljivi su, tj. definirni kao upotrebljivi s korekcijom. 10. dan nakon nanošenja otiska teško se raspoznavaju pojedine papilarne linije. Prah se vezao za podlogu, pogotovo oko samog otiska. Ako se usporedi izazivanje otiska neposredno nakon nanošenja, s otiscima koji su izazvani 5, 10, 15, 20 dana nakon nanošenja, uočljiv je znatan utjecaj upojnosti tj. poroznosti podloge. Kod prvog izazivanja prah se većinom vezao za papilarne linije, dok u ostalim periodima izazivanja većina praha se vezala po cijelo podlozi.

Primjenom supranano fluorescirajućeg crvenog magnetičnog praha na otiscima, koji su izazivani 0 i 5 dana nakon nanošenja ocijenjeni su kao upotrebljivi, a otiscima nakon 15 i 20 dana dodijeljena je ocijena upotrebljiv s korekcijom. Jedini otisak ocijenjen kao neupotrebljiv je otisak izazvan 10. dan nakon nanošenja, zbog vezivanja praha za podlogu i papilarne linije.

Usporedbom otisaka izavanih prahovima fluorescirajući magnetični crveni i supranano fluorescirajući crveni magnetični, na laminranom papiru, uočava se neznatna razlika u kvaliteti razlučivosti otisaka. Supranano fluorescirajući magnetični crveni prah ima nešto bolju razlučivosti izazvanih otiska, dok se fluorescirajući magnetični crveni prah, u većini slučajeva vezivao s velikim suviškom za podlogu. Jedina prednost fluorescirajućeg magnetičnog crvenog praha je što jače fluorescira i daje jači kontrast prema podlozi.

Konačnom usporedbom istraživanih prahova na podlozi laminiranog papira, može se zaključiti da su nano prahovi bolji u izazivanju otisaka te daju znatno bolju razlučivost. Također, otisci prsta izazvani pomoću supranano crnim i supranano fluorescirajućim crvenim magnetičnim prahom su u većini slučajeva bolje ocijenjivani, te su se pokazali bolje rezultate na „starijim“ otiscima. Najbolji rezultat za podlogu laminiranog papira, dobiven je pomoću supranano fluorescirajućeg crvenog magnetičnog praha.

## 4.3. Sumiranje ocjena upotrebljivosti otisaka

Da bi se približno opisala primjenjivosti pojedinih prahova na istraživanim podlogama provelo se sumiranje ocjena. Metodologija sumiranja ocjena upotrebljivosti izazvanih otisaka je sljedeća. Izazvanom otisku, koji je ocijenjen kao upotrebljiv bez dodatne korekcije pridodana je numerička vrijednost 2, izazvanom otisku kojem je dodijeljena ocjena upotrebljiv* s korekcijom pidodana je numerička vrijednost 1, a izazvanom otisku s ocjenom neupotrebljiv pridodana je numerička vrijednost 0. Numerički iskazane ocjene ponajprije su upisane u tablice, a potom sumirane. Dobiveni rezultati sumiranja grafički su prikazana na dva načina. U prvom grafu (slika 56.) prikazana je ovisnost ocjena o istraživanim podlogama, a u drugom grafu (slika 57.) ovisnost dobivenih ocjena o primjenjenim prahovima.

### 4.3.1. Rezultati sumiranih ocjena otisaka u ovisnosti o podlozi

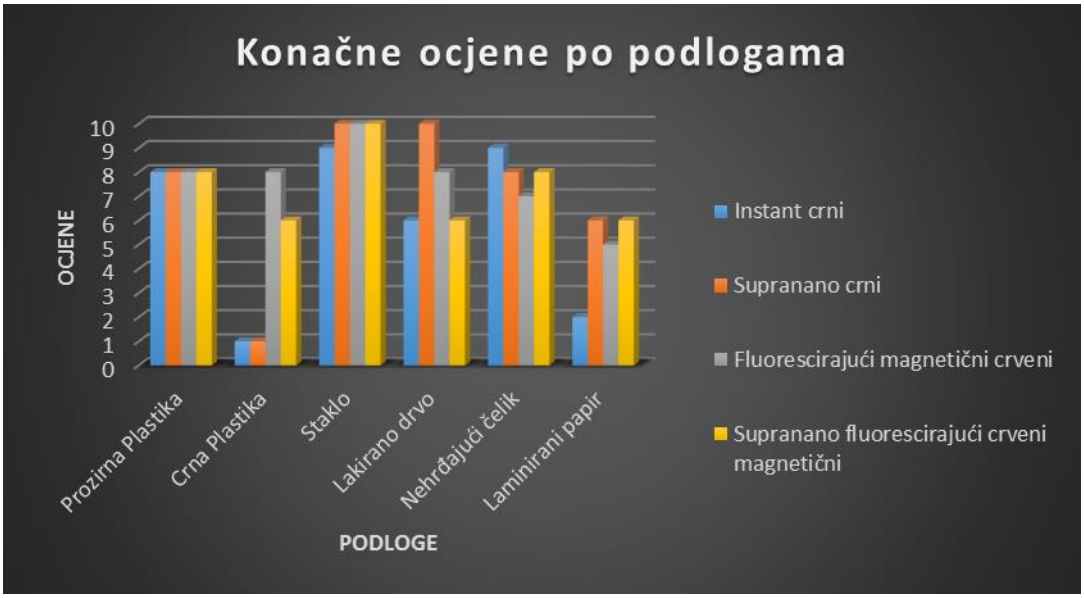
Sumarne ocjene koje su dodijeljene za pojedine prahove prikazane su u tablici 10 i na slici 56. Analizom dobivenih rezultata, odnosno suma ocjena upotreljivosti izazvanih otisaka sa stanovišta podloge, može se zaključiti da staklo, koje je neporozno bez oštećenja, predstavlja podlogu koja je najmanje zahtjevna, tj. izazvani otisci na staklu su najbolji, bez obzira na trenutak izazivanja otiska (0. dan ili 20.dan). Najlošiji rezultat, postignut je na podlozi crne plastike (sumarna ocjena - 16) što je bilo za očekivati s obzirom na razloge analizirane u poglavlju 4.2.2. Najlošiji rezultat sumiranja ocjena pored crne plastike dodijeljne je podlozi laminiranog papira, koja predstavlja kategoriju djelomično poroznih materijala i time je pored lakiranog drveta najzahtjevnija podloga u ovom istraživanju. Otisci koji su izazvani na njoj, neposredno nakon nanošenja su prihvatljivi, tj. upotrebljivi, međutim već nakon 5. dana izazivanja otisci gube znatno na kvaliteti. Uzrok tome je karakteristika upojnosti podloge, koje absorbira tvari nanesene na njenu površinu. Kod podloge laminiranog papira izazvani otisci su bili najlošije kvalitete, međutim supranano crni prah bez obzira na protek vermena dao je najbolje rezultate. Razlog tome može biti bifunkcionalnost praha (definirana od strane proizvođača), tj. hidrofobnost i hidrofilnost praha. Može se povući paralela utjecaja

spomenute bifunkcionalnosti na „starost“ otiska, između ovog istraživanja i istraživanja izazvanih otisaka na podlozi slonove bijelokosti [21] koje je provedeno pomoću supranano crnog praha istog proizvođača. Nadalje podloga lakirane drvene lajsne predstavlja također zahtjevnu podloga, koja zbog strukture odnosno karakteristične teksture površine i zaobljenog oblika, otežava izazivanje otisaka.

Zbog očekivanih loših rezultata kod primjene crnih prahova (instant i nano) na podlozi crne plastike (ne poštivanje pravila kontrasta), uvedeno je dodatno sumiranje ocjena (bez crne plastične podloge) kako bi se dobiveni rezultat za navedenu podologu stavio van promatranja, tj. u posebnu kategoriju. S time je postignuto, tj. potvrđeno, da laminirani papir predstavlja podlogu koja je najzahtijevnija u ovom razmatranju, a ta činjenica više odgovara realnom stanju. Postoje nekoliko argumenata za takav stav, tj. crna plastika za razliku od laminiranog papira nije absorbirala tvari odnosno neporozna je te su se otisci i nakon određenog perioda mogli dostatno izazvati s prahom koji daje odgovarajući kontrast, npr. fluorescirajući crveni magnetični prah.

**Tablica 10.** Sumirane ocjene otisaka u ovisnosti o podlozi.

| | **Prozirna Plastika** | **Crna Plastika** | **Staklo** | **Lakirano drvo** | **Nehrđajući čelik** | **Laminirani papir** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Instant Crni** | **8** | 1* | **9** | **6** | **9** | **2** |
| **Supranano Crni** | **8** | 1* | **10** | **10** | **8** | **6** |
| **Fluorescirajući magnetični crveni** | **8** | **8** | **10** | **8** | **7** | **5** |
| **Supranano fluorescirajući crveni magnetični** | **8** | **6** | **10** | **6** | **8** | **6** |
| **SUMA** | **32** | **16** | **39** | **30** | **32** | **19** |
| **SUMA (bez crne plastike)** | **32** | **-** | **39** | **30** | **32** | **19** |




**Slika 56.** Grafički prikaz sumiranih ocjena otisaka u ovisnosti o podlozi

### 4.3.2. Rezultati sumiranih ocjena otisaka u ovisnosti o prahovima

Analizom sumarnih rezultata ocjena (tablica 11. i slika 57.) u ovisnosti o primjenjivanim prahovima i pod uvjetom da se crna plastika općenito stavi van razmatranja za sve prahove može se zaključiti da su otisci izazvani supranano crnim prahom dali najbolje rezultate. Prema ocjenama svi prahovi su prihvatljivo izazvali otiske, međutim najlošije rezultate u izazivanju latentnih otisaka ima instant crni prah, što se može pripisati većoj dimenziji čestica, široj raspodjeli veličina čestica i neravnomjernijim oblicima čestica kako je utvrđeno SEM analizom. Treba naglasiti, da se sumarne ocjene trebaju promatrati samo kao dio ukupne slike istraživanja. Prema dobivenim rezultatima ne postoji razlika između fluorescirajućeg magnetičnog crvenog praha i supranano fluorescirajućeg crvenog magnetičnog praha.

**Tablica 11.** Sumirane ocjene otisaka u ovisnosti o primjenjivanim prahovima.

| | Instant Crni | Supranano crni | Fluorescirajući magnetični crveni | Supranano fluorescirajući crveni magnetični |
|---|---|---|---|---|
| **Prozirna plastika** | **8** | **8** | **8** | **8** |
| **Crna plastika** | **1*** | **1*** | **8** | **6** |
| **Staklo** | **9** | **10** | **10** | **10** |
| **Lakirano drvo** | **6** | **10** | **8** | **6** |
| **Nehrđajući čelik** | **9** | **8** | **7** | **8** |
| **Laminirani papir** | **2** | **6** | **5** | **6** |
| **SUMA** | **35** | **43** | **46** | **44** |
| **SUMA (bez crne plastike)** | **34** | **42** | **38** | **38** |

**Slika 57.** Grafički prikaz sumiranih ocjena otisaka u ovisnosti o primjenjivanim prahovima

# 6. ZAKLJUČAK

U skladu s ciljevima iznesenim u Uvodu ovog rada iz provedenih istraživanja mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Kvaliteta izazvanih otisaka znatno **ovisi o podlozi na kojoj je izazvan,** odnosno o poroznosti, strukturanosti, boji te obliku podloge. Na podlozi stakla dobiveni su najbolji rezultati, bez obzira na protek vremena. Podloga laminiranog papira predstavljala je najzahtjevniju podlogu, zbog svoje poroznosti, odnosno upojnosti, te su rezultati izazvanih otisaka bili odgovarajuće loši. Također, kao zahtjevnu podlogu može se smatrati podloga lakiranog drva, koja nije zahtjevna samo zbog svoje strukturiranosti i poroznosti, već i zbog odabranog zaobljenog oblika. Otisci na toj podlozi se nisu mogli ravnomjerno nanositi, što je prouzročilo slabiju kvalitetu izazvanih otisaka. Odabir odgovarajuće boje praha također je bitan, što se potvrdilo u slučaju crne plastične podloge i crnih prahova, koji su dali neprihvatljivu kvalitetu otisaka zbog nepoštivanje pravila kontrasta ili šarene podloge i crvenih fluorescirajućih prahova, koji su zbog prihvatljivog kontrasta dali bolje rezultate.

- Kvaliteta izazvanih otisaka **ovisi o veličini i vrsti čestica praha**. Primjenjivani supranano crni i supranano fluorescirajući crveni magnetični prah koji imaju manju dimenziju čestica daju bolju razlučivost otiska, nego instant crni i fluorescirajući magnetični crveni prah. Međutim, nisu u svim slučajevima rezultati bolji primjenom nano prahova. Kada se usporede otisci izazvani flurescirajućim magnetičnim crvenim prahom i supranano fluorescirajućim crvenim magnetičnim prahom na podlozi prozirne (glatka) i crne plastike (strukturirana) uočeno je da su čestice nano praha zapunjavale strukturu podloge crne plastike i time negativno utjecale na kvalitetu otiska. Također, uočeno je da se **suvišak** nanesenog nanopraha (supranano crni, supranano fluorescirajući crveni magnetični) lakše uklanja s podloge koja se tretira, te se prah čini „sipkijim“ od primjenjivanih mikroprahova (instant crni, fluorescirajući magnetični crveni).

- Utjecaj **proteka vremena od trenutka nanošenja do trenutka izazivanja otisak**a mogao se primjetiti skoro na svim podlogama, međutim najveće promjene su se dešavale na laminranom papiru kod kojeg se većina nanešenih tvari već nakon 5. dana upila u podlogu. Vremenski utjecaj bio je neprimjetan na podlozi stakla, kod kojeg su skoro svi otisci, tj. svi prahovi dobili najvišu ocjenu.

# 7. LITERATURA


1. Brian Yamashita, Mike French, contributing authors: Stephen Bleay, Antonio Cantu , Vici Inlow, Robert Ramotowski, Vaughn Sears, Melissa Wakefield The FINGERPRINT SOURCEBOOK. US. Department of Justice, National Institute of Justice. Washington DC, 5-5 7.3.1.
2. S.M. Bleay, V. G. Sears, H. L. Bandey, A. P. Gibson, V. J. Bowman, R. Downham, L. Fitzgerald, T. Ciuksza, J. Ramadani, C. Selway, Fingerprint Source Book – Chapter 3 Finger mark development techniques within scope of ISO 17025, Homeoffice 2012., poglavlje 3.6. str. 157, 159, 164, 161.
3. G.S. Sodhi, J. Kaur., Powder method for detecting latent fingerprints: a review, Department of Chemistry, Elsevier (2000).
4. Sarah Fieldhouse, Consistency and reproducibility in fingermark deposition. Staffordshire University, Elsevier (2010).
5. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fingerprint-magnabrush.jpg , (pristup 20.08.2016.).
6. https://thumbs.dreamstime.com/z/latent-fingerprints-1-1234491.jpg., (pristup 06.08.2016.)
7. Ante Jukić, Stjepan Car, Nanotechnologija i primjena nanomaterijala, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb ,URL: www.fkit.unizg.hr (pristup 14.08.2016.)
8. Jeremy Allan, Development of international standards for nanotechnologies, Prezentacija www.standards.org.au/OurOrganisation/Events/Documents/Nanotechnology%20Forum%20-%20Presentation%2011%20-%20Jeremy%20Allan.pdf (pristup 06.08.2016.)
9. ARRO SUPRANANO. Advanced Latent Fingerprint powders and Suspensions, reklamni letak (2013.).
10. Miroslav Berka, Nanopowders new generation of fingerprint powders – prezentacija sa godišnje ENFSI-eve radne skupine za otiske prstiju. Barcelona (2015.)
11. Inverse fingerprints on paper: Visualization of latent fingermarks by nanotechnology. http://phys.org/news/2012-11-inverse-fingerprints-papervisualization-latent.html (pristup 13.07.2016.)
12. Clarence S. Yah. The toxicity of Gold Nanoparticles in relation to their physiochemical properties. Biomedical Research (2013), 24, 400-413

13. Material safety data sheet. Supranano Black Fingerprint Powder. ARROSUPRANANO, (2013).
14. http://www.hupt.hr/yesyoucan/yyc-003.html (pristup 20.08.2016.).
15. Ruth S. Croxton, Mark G. Baron, David Butler, Terry Kent, Vaughn G. Sears.Variation in amino acid and lipid composition of latent fingerprints, (2010) Elsevier.
16. Amanda Miller. Practical #3: Make-up Assignment – Porous vs. Non-Porous Surfaces. CRM – 3997 (2012).
17. Aline Girod, Robert Ramotowski, Ce´line Weyerman. Composition of fingermark residue: A qualitative and quantitative review (2012) Elsevier.
18. https://en.wikipedia.org/wiki/Energy-dispersive_X-ray_spectroscopy, (pristup 19.08.2016.)
19. https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_disc_packaging). (pristup 18.08.2016.)
20. Bin Su. Recent progress on fingerprint visualization and analysis by imaging ridge residue components. Analytical and Bioanalytical Chemistry ( 2016).
21.https://www.researchgate.net/publication/284070280_The_retrieval_of_fingerprint_friction_ridge_detail_from_elephant_ivory_using_reduced-scale_magnetic_and_non-magnetic_powdering_materials, (pristup 16.05.2016.)

# ŽIVOTOPIS

Rođen sam 05. prosinca 1983. u Tuttlingenu, Njemačka. Osnovnu školu i realnu školu pohađao sam u Njemačkoj. Nakon završenog osmog razreda realne škole, upisao sam se u *IX. gimnaziju* u Zagrebu.

2013. godine završio sam sveučilišni preddiplomski studij Kemijskog inženjerstva, a iste godine sam upisao diplomski studij Kemijskog inženjerstva. Od 2009. zaposlenik sam u Emovis tehnologije d.o.o. Dužnosti koje obavljam obuhvaćaju održavanje sustava naplate cestarine (HAC i ARZ) i održavanje AFIS sustava (Automated Fingerprint Identification System) u MUP – u. Sudjelovao sam u određenim fazama izgradnje prve hrvatske automatske naplatne postaje – NP Demerje. Pored redovitog održavanja sustava naplate, sudjelovao sam u implementaciji novih tehnologija u sustavu naplate.

Glavni hobiji i interesi su automobilizam – utrke ubrzanja, mehatronika u osobnim vozilima, te riječni i morski ribolov.