

ODKLEPANJE NA PRSTNI ODTIS – JE RES VARNO?

Računalništvo in informatika

Raziskovalna naloga

Učenka: Julija Zver, 9. razred

Mentorica: mag. Nataša Pozdrec Intihar

Somentorica: Lidija Babič

Ljubljana, 2020

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoricama za strokovno podporo in nasvete pri oblikovanju in izdelavi raziskovalne naloge.

Zahvaljujem se staršem in sestri za spodbudne besede in podporo med delom.

Zahvaliti se moram tudi Zavodu 404 za vso pomoč in tiskanje prstnih odtisov.

1 KAZALO**1 KAZALO**

2 SEZNAM SLIK	3
2.1 KAZALO SLIK.....	3
3 POVZETEK	4
4 UVOD	5
5 TEORETIČNI DEL	6
5.1 PRSTNI ODTISI	6
5.1.1 SESTAVA PRSTNEGA ODTISA	6
5.1.2 PAPILARNE LINIJE	6
5.1.3 VRSTE PAPILARNIH LINIJ NA PRSTNIH ODTISIH.....	7
5.1.4 PRSTNI ODTISI V ZGODOVINI.....	7
5.1.5 UPORABA PRSTNIH ODTISOV DANES.....	8
5.2 FORENZIKA	8
5.2.1 KAJ JE FORENZIKA.....	8
5.2.2 VRSTE FORENZIKOV	9
5.2.3 ZGODOVINA FORENZIKE	10
5.2.3 FORENZIKOVA IZOBRAZBA.....	10
5.2.4 PRAŠKI IN ČOPIČI	11
5.3 ODKLEPANJE S PRSTNIMI ODTISI	12
5.3.1 ČITALNIKI PRSTNIH ODTISOV	12
5.3.2 OPTIČNI ČITALNIKI PRSTNIH ODTISOV.....	13
5.3.3 KAPACITIVNI ČITALNIKI PRSTNIH ODTISOV	14
5.3.4 ULTRAZVOČNI ČITALNIKI PRSTNIH ODTISOV	14
5.3.5 UPORABA OPTIČNIH IN KAPACITIVNIH ČITALNIKOV V TELEFONIH	15
5.4 VDORI	16
5.4.1 KAKO LAHKO SAMI VDREMO V TELEFON	16
5.4.2 KAKO LAHKO DRUGI VDREJO V NAŠ TELEFON	17
6 EMPIRIČNI DEL.....	18
6.1 RAZISKOVALNO VPRAŠANJE, HIPOTEZE, RAZISKOVALNE METODE	18
6.1.1 RAZISKOVALNO VPRAŠANJE IN HIPOTEZE.....	18
6.1.2 RAZISKOVALNE METODE	18
6.1.3 RAZISKOVALNI LABORATORIJI.....	19
6.2 POSKUSI, KAKO NEVIDNE PRSTNE ODTISE NAREEDITI VIDNE	20
6.2.1 POSKUSI S PRAŠKOM	20
6.2.2 POSKUS Z JODOM	20

6.2.3 POSKUS S CIANOAKRILATOM.....	21
6.3 KEMIJSKA ANALIZA FORENZIČNIH PRAŠKOV	22
6.3.1 TOPNOST V VODI (polarno topilo)	22
6.3.2 TOPNOST V NEPOLARNIH SNOVEH.....	23
6.3.3 MAGNETNOST	24
6.3.4 ŽARENJE V ŽARILNEM LONČKU	24
6.3.5 ELEKTRIČNA PREVODNOST	24
Rezultati in ugotovitve	25
6.3.6 PLAMENSKA REAKCIJA.....	25
6.3.7 POSKUSI Z RAZREDČENO KLOROVODIKOVO KISLINO, RAZREDČENIM NATRIJEVIM HIDROKSIDOM IN KONCENTRIRANO KLOROVODIKOVO KISLINO.	26
6.3.8 UGOTOVITVE.....	27
6.4 POSKUSI ODKLEPANJA TELEFONA.....	27
6.4.1 EKSPERIMENTIRANJE S ŠMINKO IN SELOTEJPOM	27
6.4.2 EKSPERIMENTIRANJE S PRAŠKOM IN SELOTEJPOM NA STEKLU	28
6.4.3 EKSPERIMENTIRANJE S SKENIRANJEM IN TISKANJEM	28
6.4.4 EKSPERIMENTIRANJE Z VROČIM LEPILOM	28
6.4.5 EKSPERIMENTIRANJE S SLA 3D TISKALNIKOM IN UV OBČUTLJIVO SMOLO	29
6.4.6 EKSPERIMENTIRANJE Z LASERSKIM TISKALNIKOM IN TEFLONSKO GUMO	29
7 REZULTATI IN RAZPRAVA	30
8 ZAKLJUČEK	31
9 VIRI.....	32

2 SEZNAM SLIK

2.1 KAZALO SLIK

Slika 1: Sestava prstnega odtisa (Medmrežje 2).....	6
Slika 2: Vrste papilarnih linij na prstnih odtisih (Medmrežje 4).....	7
Slika 3: Knjiga Fingerprints Francisa Galtona, napisana leta 1892 (Medmrežje 5).....	7
Slika 4: Odklepanje vrat s prstnimi odtisi (Medmrežje 6).....	8
Slika 5: Forenzična antropologija (Medmrežje 8).....	8
Slika 6: Kriminalistični tehnik (Medmrežje 10).....	9
Slika 7: Forenzik v laboratoriju (Medmrežje 11).....	9
Slika 8: Patologija (Medmrežje 13).....	10
Slika 9: Nacionalni forenzični laboratorij Ljubljana (Medmrežje 15).....	11
Slika 10: Forenzični praški in čopiči (Zver, 2020).....	12
Slika 11: Prikaz delovanja optičnega čitalnika prstnih odtisov (Medmrežje 18).....	13
Slika 12: Optični čitalnik prstnih odtisov (Medmrežje 19).....	13
Slika 13: Optični čitalnik prstih odtisov na telefonu (Medmrežje 20).....	13
Slika 14: Prikaz delovanja kapacitivnega čitalnika prstnih odtisov (Medmrežje 21).....	14
Slika 15: Kapacitivni čitalnik prstnih odtisov (Medmrežje 22).....	14
Slika 16: Kapacitivni čitalnik prstnih odtisov na telefonu (Medmrežje 23).....	14
Slika 17: Prikaz delovanja ultrazvočnega čitalnika prstnih odtisov (Medmrežje 24).....	15
Slika 18: Prikaz delovanja ultrazvočnega čitalnika prstnih odtisov (Medmrežje 24).....	15
Slika 19: Prikaz delovanja ultrazvočnega čitalnika prstnih odtisov (Medmrežje 24).....	15
Slika 20: Optični čitalnik prstnih odtisov na telefonu (Medmrežje 26).....	15
Slika 21: Kapacitivni čitalnik prstnih odtisov na telefonu (Medmrežje 27).....	16
Slika 22: Prikaz vdora v telefon (Medmrežje 29).....	16
Slika 23: Prstni odtis, natisnjen na papir (Medmrežje 30).....	17
Slika 24: Prstni odtis na kozarcu, ki so ga uporabili za vdor (Medmrežje 32).....	18
Slika 25: Osnovna šola Milana Šuštaršiča (medmrežje 36).....	19
Slika 26: Naselje BS3, kjer sem doma (medmrežje 37).....	19
Slika 27: Jaz in Rok Capuder na Zavodu 404 (Zver, 2020).....	19
Slika 28: ŠC PET (medmrežje 39).....	20
Slika 29: Prstni odtis, ojačan s praškom (Zver, 2019).....	20
Slika 30: Prikaz poskusa z jodom (Zver, 2019).....	21
Slika 31: Prstni odtis, ki nastane po dodajanju sekundnega lepila (Zver, 2019).....	22
Slika 32: Komora, v kateri izpareva lepilo (Zver, 2019).....	22
Slika 33: Preverjanje topnosti praškov v vodi (Zver, 2019).....	23
Slika 34: Preverjanje topnosti praškov v polarnih snoveh (Zver, 2019).....	23
Slika 35: Segrevanje praškov (Zver, 2019).....	24
Slika 36: Preverjanje električne prevodnosti praškov (Zver, 2019).....	25
Slika 37: Plamenska reakcija praškov (Zver, 2019).....	26
Slika 38: Preverjanje reakcij praškov s kislinami in bazami (Zver, 2020).....	27
Slika 39: Odtis s šminko na selotejpu (Zver, 2020).....	27
Slika 40: Skeniran prstni odtis (Zver, 2020).....	28
Slika 41: Lepilo Mekol v modelu prstnega odtisa iz vročega lepila (Zver, 2020).....	29
Slika 42: Lepilo Mekol, odstranjeno iz modela (Zver, 2020).....	29
Slika 43: Lepilo Mekol, odstranjeno s teflonske gume. (Zver, 2020).....	30

3 POVZETEK

Prstni odtisi so nevidni in so znoj, ki ga izločajo prsti. Ljudje jih puščajo na površinah, ki se jih dotikajo. Ker so edinstveni, jih uporabljajo za varovanje podatkov in premoženja. Raziskovalna naloga obravnava problematiko amaterskih vdorov v telefone. Slabo zaklenjen telefon namreč predstavlja veliko nevarnost za njegovega lastnika, saj ima vedno več ljudi na telefonih dostop do raznih storitev, med drugim tudi do spletne banke. V teoretičnem delu je predstavljena sestava prstnih odtisov, njihova uporaba v preteklosti in danes, forenzika, še posebej pa so izpostavljene vrste čitalnikov prstnih odtisov ter možnosti vdorov v telefone kot osnovni predmet raziskave. V empiričnem delu so predstavljeni rezultati poskusov, kako nevidne prstne odtise narediti vidne, kemijska analiza forenzičnih praškov ter poskusi vdorov v dve priznani znamki telefonov. Rezultati so pokazali, da zaklepanje na prstni odtis ni popolnoma varno in kako lahko posameznik, ki si ne more privoščiti dragih naprav, kljub vsemu z nekoliko truda in iznajdljivosti vdre v tuj telefon. Lažje je vdreti v telefon z optičnim čitalnikom prstnih odtisov, nekoliko težje pa v telefon s kapacitivnim čitalnikom. Rezultati so pokazali tudi, da nevidni prstni odtisi brez večjega truda postanejo vidni.

KLJUČNE BESEDE: prstni odtisi, čitalniki prstnih odtisov, forenzika, vdori v telefon

4 UVOD

V današnjem času uporabljamo mnogo elektronskih naprav, kot so telefoni, tablice in računalniki. Ker imamo na njih shranjenih mnogo osebnih podatkov ter povezav do raznih storitev, med drugim do spletne banke, jih želimo čim bolj zakleniti in preprečiti dostop nepooblaščenim osebam. Tak način življenja zahteva od nas veliko gesel, zato si želimo delo olajšati tako, da naprave zaklenemo kar s prstnim odtisom. Vsak človek ima namreč svojevrsten prstni odtis, zato so jih začeli uporabljati za varovanje informacij in premoženja. V zadnjem času lahko beremo članke, ki opisujejo, kako so nekateri posamezniki vdrlji v telefone. Ti so največkrat zaščiteni z optičnimi ali kapacitivnimi čitalniki prstnih odtisov, zelo malokrat pa z ultrazvočnimi čitalniki.

Ker sem opazila, da ljudje tako množično zaklepajo telefone s prstnimi odtisi, sem se odločila raziskati, kako varen je ta način zaklepanja telefonov. Za predmet preučevanja sem si izbrala domača telefona, ki imata zaklepanje na prstni odtis. Zanimalo me je, kako dobro sta zaščiteni oziroma varna pred vdori, ki bi lahko povzročili škodo.

Cilji raziskovalne naloge so bili:

- podrobneje spoznati, kako nevidne prstne odtise narediti vidne,
- ugotoviti kemijsko analizo sivega in črnega forenzičnega praška,
- ugotoviti, kako kot nestrokovnjak vdreti v telefon, zaklenjen s prstnim odtisom.

METODOLOGIJA

Raziskovalna naloga pokriva področja računalništva, informatike in kemije, zato sem uporabila tako eksperimente kot analizo virov ter fotografiranje. Teoretični del je nastal predvsem s pomočjo podatkov iz različnih spletnih virov. Opravila sem kemijske poskuse in poskuse, povezane z vdori v telefona Samsung A70 in Sony Experia H4113. Pri poskusih vdora sem uporabljala različne materiale. Poskuse sem izvajala v šolskem kemijskem laboratoriju, doma, na ŠC PET in Zavodu 404. Rezultate poskusov sem analizirala, primerjala, komentirala in jih fotografirala.

5 TEORETIČNI DEL

5.1 PRSTNI ODTISI

Prstni odtis je odtis, ki ga naredi koža na blazinici prsta. Je edinstven in je zelo pomemben pri odkrivanju sledi, saj se še ni zgodilo, da bi imela dva človeka enak prstni odtis. Niti enojajčna dvojčka nimata enaka prstna odtisa, čeprav imata enak DNK (Medmrežje 1).

5.1.1 SESTAVA PRSTNEGA ODTISA

Prstni odtis je sestavljen iz:

- delte (trikotna tvorba na prstnem odtisu, ki je sestavljena iz ene ali več papilarnih črt, ni pa nujno, da jo vidimo na vsakem prstnem odtisu),
- notranjega terminusa ali centra odtisa (točno določena točka v središču vzorca),
- otoka (ko se črta razdeli na dva dela in se postavi nazaj v enega),
- prekinitve (ko se črta prekine in potem spet nadaljuje),
- bifurkacije (ko se črta razdeli na dva dela),
- papilarnih linij (črte na prstnih odtisih) (Medmrežje 1).



LEGENDA

BARVA	KAJ PREDSTAVLJA
Yellow	CENTER ODTISA
Blue	PREKINITEV
Green	DELTA
Purple	BIFURKCIJA
Red	OTOK

Slika 1: Sestava prstnega odtisa (Medmrežje 2).

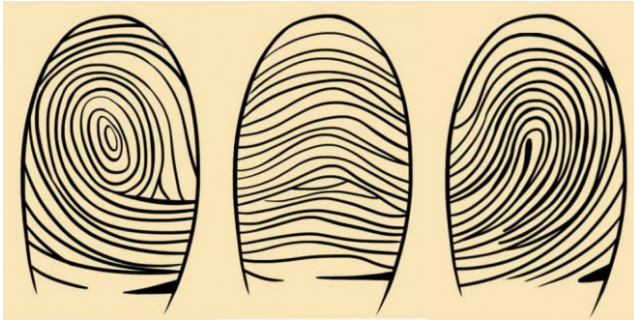
5.1.2 PAPILARNE LINIJE

Papilarne linije so črte na naših prstnih odtisih. Na njih se nahajajo znojne pore. Njihova naloga je neprestano izločanje znoja, ki je v 99 % sestavljen iz vode, ostali del pa sestavljajo aminokisline, sladkor, kloridi, maščobe in sečnina. Posledica tega je, da se ob dotiku površine znoj prenese nanjo in pusti sled papilarnih linij (Medmrežje 1).

5.1.3 VRSTE PAPILARNIH LINIJ NA PRSTNIH ODTISIH

Imamo tri velike skupine papilarnih linij na prstnih odtisih:

1. prstni odtisi, ki imajo papilarne linije oblikovane v zanke,
2. prstni odtisi, ki imajo papilarne linije oblikovane v krivulje,
3. prstni odtisi, ki imajo papilarne linije oblikovane v vrtince.



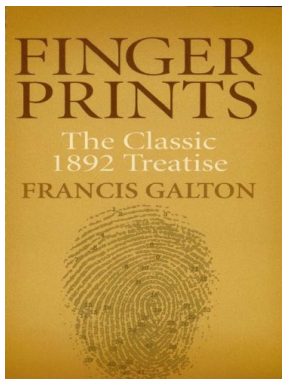
1. Prstni odtis prikazuje obliko vrtinca.
2. Prstni odtis prikazuje obliko krivulje.
3. Prstni odtis prikazuje obliko zanke (Medmrežje 3).

Slika 2: Vrste papilarnih linij na prstnih odtisih (Medmrežje 4).

5.1.4 PRSTNI ODTISI V ZGODOVINI

Prstne odtise so uporabljali že v preteklosti. Spodaj je navedenih nekaj najpomembnejših zgodovinskih odkritij.

- Že leta 1955 pr. n. št. so v Babilonu uvedli prstni odtis na pečatu pogodbe.
- V 12. stoletju pr. n. št. je kitajski romanopisec opozoril na zvezo med prstnimi odtisi in identifikacijo kriminalcev.
- L. 1684 je Nehemiah Grew opisal pore in njihovo funkcijo.
- L. 1686 je Marcello Malpighi opravila prve preiskave papilarnih linij z mikroskopom.
- L. 1788 je J. Mayer prepričeval v edinstvenost prstnih odtisov.
- L. 1860 je William Herschel odvzel prstne odtise za izplačevanje pokojnin v Indiji.
- L. 1880 je Henry Faulds zaključil teorijo, da je prstni odtis edinstven.
- L. 1891 je Juvan Vucetich razvil dovršen in uporaben identifikacijski sistem.
- L. 1892 je Francis Galton izdal knjigo z naslovom Fingerprints.
- L. 1892 je Juvan Vucetich prvič na podlagi prstnih odtisov rešil primer umora.
- L. 1896 je Argentina ustvarila prvo kriminalno zbirko prstnih odtisov (Medmrežje 1).



Slika 3: Knjiga Fingerprints Francisa Galtona, napisana leta 1892 (Medmrežje 5).

5.1.5 UPORABA PRSTNIH ODTISOV DANES

Dandanes prstne odtise uporabljamo za prepoznavnost oseb, razreševanje zločinov in odklepanje elektronskih naprav. Uporabljamo jih tudi za odklepanje vrat.



Slika 4: Odklepanje vrat s prstnimi odtisi (Medmrežje 6).

5.2 FORENZIKA

Ko slišimo besedo forenzika, pomislimo na kriminalistične serije, v katerih se kriminalisti odpravijo na kraj zločina, preučujejo dokaze ter z logičnim sklepanjem ujamejo morilca. Kakšno pa je resnično življenje forenzika?

5.2.1 KAJ JE FORENZIKA

Forenzika je veda, ki se ukvarja s preučevanjem dokazov pri kaznivih dejanjih. Forenzika se deli na več forenzičnih znanosti:

- računalništvo,
- forenzična antropologija,
- digitalna forenzika,
- forenzična arheologija,
- DNK preiskave,
- forenzična geologija,
- forenzična entomologija,
- forenzična meteorologija,
- forenzična patologija,
- nauk o strupih,
- forenzična toksikologija,
- veterina,
- grafologija (Medmrežje 7).



Slika 5: Forenzična antropologija (Medmrežje 8).

5.2.2 VRSTE FORENZIKOV

Najprej je treba ločiti kriminaliste od forenzikov.

Kriminalisti so pogosto pravniki, diplomati družbenih ved, informatiki, ekonomisti, diplomati za varnostne vede in podobno, nekateri pa končajo višjo policijsko šolo. Eden od pogojev za kriminalista je obvladanje vsaj enega tujega jezika ter znanje za delo z računalnikom (Medmrežje 9).

Forenzike delimo v dve skupini.

- Kriminalistični tehniki so forenziki, ki delajo na terenu. Tam iščejo sledi, fotografirajo, skicirajo, zbirajo dokaze in jih prenesejo v laboratorij (Medmrežje 9).



Slika 6: Kriminalistični tehnik (Medmrežje 10).

- Laboratorijski forenziki so forenziki, ki delajo na Centru za forenzične preiskave ali NFL. Na teren gredo samo ob posebnih priložnostih, kot so eksplozije, veliki požari ... Laboratorijski forenziki delajo preiskave, ki jih v ostalih kemijskih laboratorijih ne delajo, kot so balistične preiskave – preiskave orodja in strelnih sredstev (Medmrežje 9).



Slika 7: Forenzik v laboratoriju (Medmrežje 11).

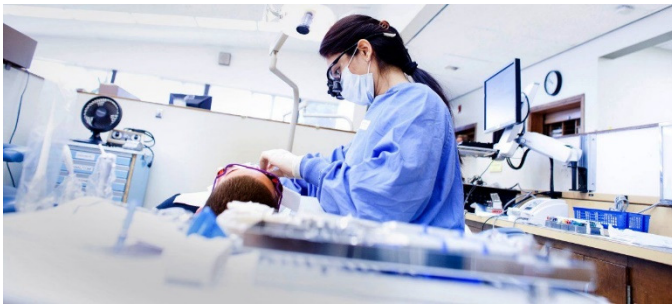
5.2.3 ZGODOVINA FORENZIKE

Forenzika se ni razvila kot nekakšna skupna veda, saj jo sestavlja več različnih področji in znanosti. Vsaka znanost se je razvila posebej do take učinkovitosti, kot jo ima danes, da lahko preučuje nenaravne smrti.

Ena prvih ved, ki se je razvila v povezavi s forenziko, je bila forenzična antropologija. Njena zgodovina sega vse do časa Arhimeda, ki je umrl leta 212 pr. n. št.

Etmologijo za reševanje kazenskih zadev so odkrili že leta 1248 v knjigi *Sons Dynasy China*, ki jo je napisal Song Ci.

V 16. stoletju so se v Evropi začeli zanimati za vzroke smrti, zbirati informacije ter jih natančno preučevati. Začeli so razvijati patologijo, reakcije notranjih organov, povezanih z nasilno smrtjo. V tem sta blestela dva italijanska znanstvenika, ki sta postavila temelje današnje patologije. Patologi postavijo diagnozo na podlagi preiskave organov, tkiva, krvi, ... in preučujejo spremembe, do katerih pride zaradi posledic bolezni (Medmrežje 12).



Slika 8: Patologija (Medmrežje 13).

5.2.3 FORENZIKOVA IZOBRAZBA

Posebna šola, kamor bi se lahko vpisali tisti, ki bi želeli postati kriminalisti ali forenziki, pri nas ne obstaja. Forenzik potrebuje univerzitetno ali visoko strokovno izobrazbo, najbolje iz tehniških ved (strojništvo ali elektroinženirstvo) ali naravoslovnih ved (kemija, biologija, medicina ali fizika). Sprejemljiva je tudi izobrazba na področju fotografiranja ali policijskih ved. Za delo se da kasneje usposobiti tudi na policiji.

Ker je delo forenzika tudi iskanje in preiskovanje sledi, je nujno potrebna spretnost dobrega opazovanja. Sledi, ki jih iščejo forenziki, so pogosto drobne in slabo vidne, npr. lasje, prstni odtisi in koščki barve. Forenzik ne sme biti barvno slep, saj zaradi tega ne bi mogel opravljati dela z mikroskopom ali česa, pri čemer je pomembna barva. Forenziki pri delu uporabljajo različne pripomočke, zato jih morajo znati uporabljati.

Zaželeno je, da so forenziki v dobrem psihičnem stanju, saj na kraju nesreč, umorov, ropov in požigov vidijo grozljive prizore s krvjo, zaradi katerih naj ne bi imeli občutkov tesnobe ali omedlevice. Za to delo je potrebno znanje pravilnega vzorčenja sledi in različne analize. Vse podatke in analize posredujejo policiji, sodstvu, odvetnikom ...

Vsak forenzik mora biti sposoben napisati izvedensko mnenje, lahko pa je tudi kot sodni izvedenec navzoč pri sodnem procesu, zaradi česar mora imeti znanje retorike in javnega nastopanja (Medmrežje 14).



Slika 9: Nacionalni forenzični laboratorij Ljubljana (Medmrežje 15).

5.2.4 PRAŠKI IN ČOPIČI

Forenziki za odkrivanje prstnih odtisov uporabljajo različne vrste praškov in čopičev.

Najbolj znane so tri vrste praškov:

- magnetni prašek,
- sivi argentoratni prašek,
- črni švedski prašek.

Vsak prašek je pomemben za določeno podlago. Na njihovo kakovost vpliva več dejavnikov:

- drobnost – kako droben je prašek,
- adhezija – da se dobro prime na prstni odtis, na ostalo podlago pa ne,
- občutljivost – kako dobro se prašek prime na prstni odtis,
- barva – imeti mora ustrezno barvo glede na barvo podlage,
- nesprijemljivost – prašek ne sme imeti grudic.

Sivi argentoratni prašek je sestavljen iz aluminija, ki mu je dodan kremenčev pesek. Primeren je za gladke neprozorne površine. Prstnim odtisom daje odličen kontrast in je najprimernejši na kraju zločina.

Osnova črnega švedskega praška je ogljikov (grafitni) prašek, ki ima dodane primesi, kot so kremenčev prah, železov oksid in kaolin. Grafit, diamant, fuleren in grafen so različne oblike ogljika, ki se razlikujejo v načinu povezovanja atomov

ogljika s kovalentno vezjo. V grafitu so atomi ogljika povezani s tremi kovalentnimi vezmi, preostali elektron pa se prosto giblje med plastmi.

Primeren je za čiste in gladke površine. Črni švedski prašek je bil eden prvih, ki so ga forenziki začeli uporabljati. To je najpogosteje uporabljen prašek (Medmrežje 40).

DAKTILSKOPSKI ČOPIČ



Čopič je narejen iz naravne dlake in zelo je pomembno, da je kakovosten. Sestavljen je iz zelo mehke dlake, saj bi trda dlaka lahko poškodovala papilarne linije na prstnih odtisih. Najpogosteje se za izdelavo čopičev uporablja veveričjo dlako (Medmrežje 41).

Slika 10: Forenzični praški in čopiči (Zver, 2020).

5.3 ODKLEPANJE S PRSTNIMI ODTISI

Prstne odtise danes uporabljamo za najrazličnejše stvari, npr. odklepanje naših zasebnih stvari, kot so hiše, telefoni, računalniki, spletne banke...

Suprema je vodilni globalni ponudnik biometričnih varnostnih naprav. Njihove varnostne sisteme in rešitve uporablja več kot 5.700 podjetij in ustanov v 83 državah, med drugim vlade, banke in angleška metropolitanska policija. Vendar kljub vsemu njihovi varnostni sistemi niso popolnoma varni. Raziskovalci so s pomočjo podjetja VPNMentor, ki se ukvarja s kibernetično varnostjo, prelisičili dva varnostna sistema podjetja Suprema, ki sta bila nameščena v nekem skladišču in poslovni zgradbi (Medmrežje 38).

5.3.1 ČITALNIKI PRSTNIH ODTISOV

Danes poznamo tri vrste čitalnikov prstnih odtisov ali naprav, ki preberejo naš prstni odtis in odklenejo zaklenjeno stvar. To so:

- optični čitalniki
- kapacitivni čitalniki
- ultrazvočni čitalniki (Medmrežje 16).

5.3.2 OPTIČNI ČITALNIKI PRSTNIH ODTISOV

Optični čitalniki prstnih odtisov so najstarejša metoda za primerjanje prstnih odtisov. Delujejo tako, da pri shranjevanju prstnega odtisa čitalnik naš prst močno osvetli z LED svetlobo za boljšo vidljivost ter naredi 2D sliko našega odtisa, ki jo shrani. Pri odklepanju optični čitalnik ponovno osvetli naš prst, naredi sliko našega odtisa, ki jo s pomočjo algoritmov, označb in najtemnejših ter najsvetlejših delov primerja z že shranjeno sliko. Optični čitalniki prstnih odtisov so zato najslabši in jih je najlažje pretentati. Res pa je, da optični čitalnik prstnih odtisov deluje tudi, če čez njega postavimo 1 mm debelo steklo ali pa imamo moker prst (Medmrežje 17).

An optical sensor.

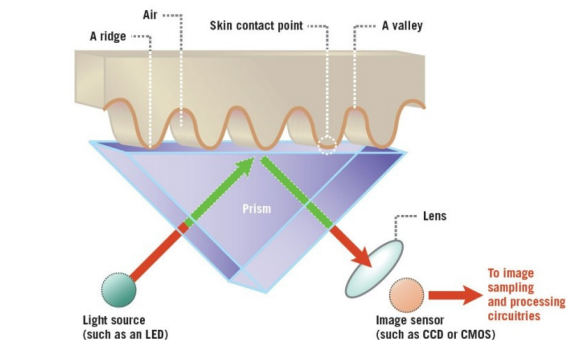


Figure 2

Slika 11: Prikaz delovanja optičnega čitalnika prstnih odtisov (Medmrežje 18).



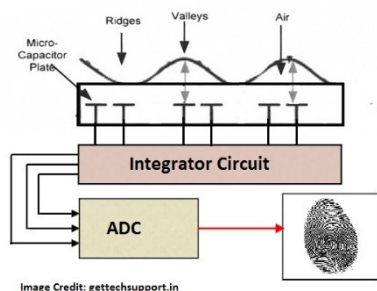
Slika 12: Optični čitalnik prstnih odtisov (Medmrežje 19).



Slika 13: Optični čitalnik prstih odtisov na telefonu (Medmrežje 20).

5.3.3 KAPACITIVNI ČITALNIKI PRSTNIH ODTISOV

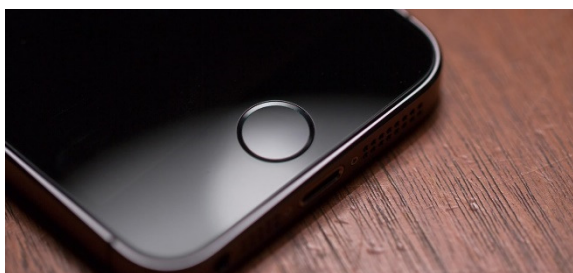
Kapacitivni čitalniki so ta trenutek najbolj popularni pri telefonih. So boljši in varnejši od optičnih čitalnikov, saj delujejo na bolj zapleten način. Delujejo tako, da pri shranjevanju prstnega odtisa pošljejo električne impulze v naš prst in prejete električne impulze shranijo kot naš odtis. Pri odklepanju čitalniki ponovno pošljejo električne impulze v naš prst in prejete impulze primerjajo z že shranjenimi impulzi. Tak način delovanja zmanjša verjetnost možnosti vdora. Kapacitivnih čitalnikov prstnih odtisov ne moremo pretentati s papirjem ali s prozornim lepilnim trakom, saj ne prevajata elektrike (Medmrežje 17).



Slika 14: Prikaz delovanja kapacitivnega čitalnika prstnih odtisov (Medmrežje 21).



Slika 15: Kapacitivni čitalnik prstnih odtisov (Medmrežje 22).

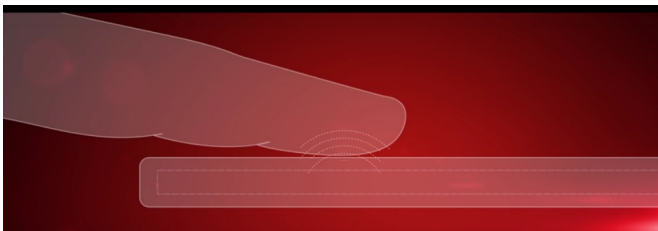


Slika 16: Kapacitivni čitalnik prstnih odtisov na telefonu (Medmrežje 23).

5.3.4 ULTRAZVOČNI ČITALNIKI PRSTNIH ODTISOV

Ultrazvočni čitalniki prstnih odtisov so najnovejša tehnologija prepoznavanja prstnih odtisov. Delujejo tako, da pri shranjevanju prstnega odtisa čitalnik v prst pošlje ultrazvočne valove (visoko frekvenčne valove, ki jih ne slišimo), nekateri valovi (signali) se absorbirajo, nekateri pa odbijejo v okolico. Čitalnik nato shrani vrnjene valove v obliki 3D zapisa. Pri odklepanju spet pošlje ultrazvočne valove ter vrnjene valove primerja z že shranjenim 3D zapisom. Ta tehnologija se redko pojavlja v

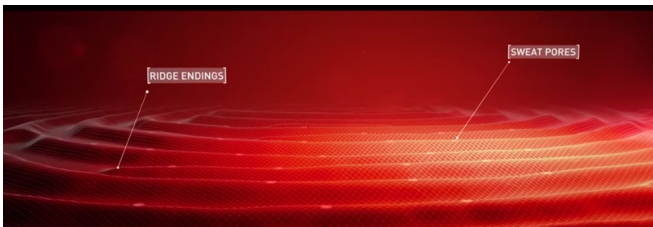
telefonih, uporabljata jo Samsung Galaxy S10 in Samsung Galaxy S10 Pro. Problem ultrazvočnih čitalnikov so različne zaščite ekranov. Optični in kapacitivni čitalniki delujejo skozi razne zaščite, medtem ko ultrazvočni ne (Medmrežje 17).



Slika 17: Prikaz delovanja ultrazvočnega čitalnika prstnih odtisov (Medmrežje 24).



Slika 18: Prikaz delovanja ultrazvočnega čitalnika prstnih odtisov (Medmrežje 24).



Slika 19: Prikaz delovanja ultrazvočnega čitalnika prstnih odtisov (Medmrežje 24).

5.3.5 UPORABA OPTIČNIH IN KAPACITIVNIH ČITALNIKOV V TELEFONIH

Uporaba optičnih in kapacitivnih čitalnikov je najbolj razširjena pri telefonih.

- Čitalniki, ki so na ekranih telefona, so optični čitalniki. Ti niso pod ekranom in ponavadi tudi ne na zadnji strani telefona. Optični čitalniki so slabši in jih je lažje pretentati (Medmrežje 25).



Slika 20: Optični čitalnik prstnih odtisov na telefonu (Medmrežje 26).

- Čitalniki, ki se nahajajo pod ekranom ali pa na zadnji strani telefona, so kapacitivni. Te je težje pretentati, saj so kvalitetnejši (Medmrežje 25).



Slika 21: Kapacitivni čitalnik prstnih odtisov na telefonu (Medmrežje 27).

5.4 VDORI

Če zavarujemo vse svoje pomembne stvari s prstnim odtisom, moramo dobro razmisliti tudi o tveganju. Vedeti moramo, kakšne so možnosti vdora v našo zasebnost in kakšna je sploh verjetnost, da se to zgodi.

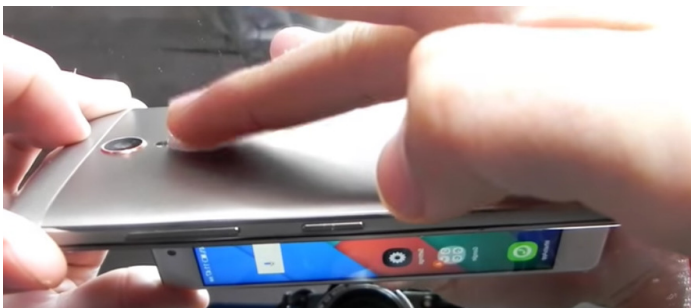
5.4.1 KAKO LAHKO SAMI VDREMO V TELEFON

Na YouTubeu si lahko ogledamo ogromno posnetkov o tem, kako lahko sami prelisimo tako optični kot kapacitivni čitalnik prstnih odtisov na telefonu.

Najbolj razširjen način je naslednji.

1. Vroče lepilo stisnemo na folijo ali papir.
2. Prst namočimo v hladno vodo in naredimo odtis v lepilu – paziti moramo, da se ne opečemo.
3. V odtis nalijemo tekoče belo lepilo Mekol.
4. Ko se to posuši (16 ur), ga odstranimo s pomočjo olfa noža in dobimo lep odtis, s katerim odpremo telefon.
- 5.

Ta poskus sem uspešno naredila tudi jaz in ga opisala v empiričnem delu (Medmrežje 28).



Slika 22: Prikaz vdora v telefon (Medmrežje 29).

5.4.2 KAKO LAHKO DRUGI VDREJO V NAŠ TELEFON

Na televizijskem programu Discovery Chanel si lahko ogledate oddajo MythBusters, v kateri strokovnjaka Adam Savage in Jamie Hyneman z znanstvenimi metodami preizkušata mite, filmske scene, internetne videe in nove zgodbe. Oddaja se večinoma snema v San Franciscu. V eni izmed oddaj sta želela najden prstni odtis sodelavca uporabiti za vdor v njegov računalnik in sef. Poskušala sta na različne načine pretentati tedaj še optični čitalnik. Uspelo jima je tako z balističnim gelom za prstne odtise kot tudi z odtisom na lateksu, ki sta si ga prilepila na prst. Uspelo jima je celo s kvalitetno natisnjenim prstnim odtisom na papirju (Medmrežje 30).



Slika 23: Prstni odtis, natisnjen na papir (Medmrežje 30).

Dandanes se množično uporabljajo optični in kapacitivni čitalniki. Na spletni strani raziskovalne skupine Biometrics Research Group, ki deluje v okviru michiganske državne univerze (Michigan State University), je med najnovejšimi novicami objavljen članek z naslovom: What can a hacker do with your stolen fingerprints? (Kaj lahko stori heker z vašimi ukradenimi prstnimi odtisi?), v članku pa tudi povezava do drugih metod vdorov.

V tej raziskavi so uspeli vdreti v dva telefona velikih proizvajalcev. Prstni odtis so vzeli s kozarca, ga poslikali, prenesli na računalnik in mu s programom za oblikovanje dodali malo globine ter ga natisnili z brizgalnim tiskalnikom. V tiskalniku so uporabili prevodno črnilo in papir za domačo izdelavo vezij. Vsi ti pripomočki so prosto dostopni vsem ljudem (Medmrežje 31 in Medmrežje 34).

Iz različnih člankov je razvidno, da niso bili uspešni samo na tem inštitutu, saj je celo posameznikom uspelo odpreti telefone. Uporabili so kozarec, na katerem so našli prstni odtis, ga poslikali, malo obdelali v programu Photoshop in ga s 3D tiskalnikom natisnili v posebno smolo. Takšni tiskalniki so na voljo za ceno od 300 do 400 evrov, kar pomeni, da so dostopni mnogim ljudem (Medmrežje 33 in Medmrežje 35).



Slika 24: Prstni odtis na kozarcu, ki so ga uporabili za vdor (Medmrežje 32).

6 EMPIRIČNI DEL

6.1 RAZISKOVALNO VPRAŠANJE, HIPOTEZE, RAZISKOVALNE METODE

6.1.1 RAZISKOVALNO VPRAŠANJE IN HIPOTEZE

Raziskovalno vprašanje se je pojavilo na podlagi opazovanja množične uporabe odklepanja telefonov s prstnimi odtisi in spremljanja kriminalističnih serij. V njih namreč forenziki s svojim znanjem in pripomočki rešujejo najrazličnejše primere, pri katerih so pomembni prstni odtisi. Moje raziskovalno vprašanje se zato glasi, kakšne so možnosti, da nam vdrejo v telefon, ki je zaklenjen s prstnim odtisom.

Postavila pa sem tudi različne hipoteze, ki jih bom sprejela ali ovrgla na podlagi svojega raziskovalnega dela.

Hipoteza 1: V telefon lahko vdrejo tudi ljudje, ki niso profesionalci.

Hipoteza 2: Optični čitalnik je lažje pretentati kot kapacitivnega.

Hipoteza 3: Sestavina srebrnega forenzičnega praška je aluminij.

Hipoteza 4: Osnova črnega praška je grafit, ki je eden izmed štirih oblik ogljika.

6.1.2 RAZISKOVALNE METODE

Zelo pomembno delo pri raziskovalni nalogi je bilo pridobiti čim boljše prstne odtise, ki sem jih odtisnila na papirju in steklu. Najprej sem izvajala eksperimente, pri katerih sem nevidne prstne odtise na papirju in kozarcih naredila vidne. Poskušala sem z dvema vrstama forenzičnih praškov, jodom in cianoakrilat, ki ga najdemo v super lepilih. Zanimala me je tudi kemijska sestava obeh praškov, zato sem ju analizirala.

Največji del empiričnega dela sem posvetila preizkušanju različnih načinov odklepanja telefona, ki je zaklenjen s prstnim odtisom. Poskuse sem izvajala na dveh telefonih – Samsung A70 in Sony Xperia H4113. Samsung A70 ima optični čitalnik prstnih odtisov, Sony Xperia H4113 pa kapacitivnega.

Najprej sem poskušala z najpreprostejšo metodo s šminko in selotejpom, nato s selotejpom odvzetim prstnim odtisom s kozarca, s skeniranjem prstnega odtisa in

njegovo sliko na papirju, z odtisom prsta v vročem lepilu, s silikonsko pasto, v zadnjem delu pa še s 3D tiskalnikom SLA na UV občutljivo smolo ter z laserskim tiskalnikom na teflonsko gumo, pri čemer mi je pomagal Zavod 404.

6.1.3 RAZISKOVALNI LABORATORIJI

Kemijske eksperimente sem izvajala v šolskem laboratoriju Osnovne šole Milana Šuštaršiča pod vodstvom mag. Nataše Pozdarec Intihar. Ostale raziskave sem izvajala doma, na ŠC PET pod vodstvom mentorice Lidije Babič in na Zavodu 404 pod vodstvom Roka Capudra.



Slika 25: Osnovna šola Milana Šuštaršiča (medmrežje 36).



Slika 26: Naselje BS3, kjer sem doma (medmrežje 37).



Slika 27: Jaz in Rok Capuder na Zavodu 404 (Zver, 2020).



Slika 28: ŠC PET (medmrežje 39).

6.2 POSKUSI, KAKO NEVIDNE PRSTNE ODTISE NAREDITI VIDNE

Prstne odtise puščamo povsod. Česar koli se dotaknemo, na tem pustimo nevidno sled. Pri preiskovanju zločinov je zelo pomembno, da je forenzikom omogočeno delo z različni metodami, najpogosteje s različnimi praški.

6.2.1 POSKUSI S PRAŠKOM

Forenziki uporabljajo različne forenzične praške, s pomočjo katerih nevidni prstni odtisi postanejo vidni. Pri raziskovalnem delu sem uporabljala dva praška, in sicer sivi argentoratni prašek ter črni švedski prašek. Z zelo malo forenzičnega praška na čopiču sem prevlekla prstne odtise. Ko sem nežno vrtela čopič po prstnem odtisu, se je prah nabiral na snovi, ki smo jo izločili skozi kožo na prstih. Tako postanejo prstni odtisi na papirju, steklu in kateri koli drugi površini vidni.



Slika 29: Prstni odtis, ojačan s praškom (Zver, 2019).

6.2.2 POSKUS Z JODOM

Pripomočki: žička, plastična žlička, jod, čaša, papir, škarje, aluminijeva folija, gorilnik.

Zaščita: očala, rokavice, zaščitna obleka.

Potek dela:

Papir sem narezala na manjše kose in na njih pustila odtise. Kose papirja s prstnimi odtisi sem nataknila na žičko. Nato sem prižgala gorilnik. Medtem sem v čašo dala nekaj kristalčkov joda. V čašo sem dala papirje z odtisi, obešene na žičko. Čašo sem pokrila z aluminijevo folijo.

Rezultati in ugotovitve:

Čez nekaj časa sem preverila rezultate. Na papirju so se bili jasno vidni vijolični odtisi. Sublimirane pare joda so se prilepile na znoj, ki ga oddajajo naši prstni odtisi. Jod je nepolaren in tudi maščoba, ki je v znoju, je nepolarna, zato lahko rečemo, da je jod topen v maščobi.



Slika 30: Prikaz poskusa z jodom (Zver, 2019).

6.2.3 POSKUS S CIANOAKRILATOM

Pripomočki: sekundno lepilo, ki vsebuje cianoakrilat, čist kozarec, čaša, električni grelnik, kartonasta škatla, 50 ml vode, PVC izolirni trak, aluminijeva folija, sok rdeče pese.

Zaščita: očala, rokavice, zaščitna obleka, zračenje.

Potek dela:

V čašo sem natočila 50 ml vode in jo postavila zraven grelnika, ki ga sem ga priključila na električno omrežje. Na kozarec sem odtisnila štiri prstne odtise in ga postavila malce stran od čaše z vodo. Iz aluminijeve folije sem nato naredila posodico, v katero sem nalila sekundno lepilo, in jo postavila na električni grelnik. Vse pripomočke (čašo z vodo, kozarec z odtisi in grelnik, na katerem je lepilo v aluminijasti posodici) sem pokrila s kartonasto škatlo in jo s PVC izolirnim trakom tesno prilepila na površino, da bi preprečila uhajanje strupenega plina.

Rezultati in ugotovitve:

Po eni uri sem odstranila škatlo in preverila rezultate. Na površini kozarca so bili dobro vidni prstni odtisi. Za boljšo vidljivost sem v kozarec natočila sok iz rdeče pese. Dobila sem zelo dobre odtise, ki sem jih lahko tudi fotografirala. Sekundno lepilo cianoakrilat je v komori izparevalo in se prilepilo znoju, ki ga telo izloča skozi naše prste. To lepilo je, ravno tako kot jod, nepolarno in se raztaplja v maščobi.



Slika 31: Prstni odtis, ki nastane po dodajanju sekundnega lepila (Zver, 2019).



Slika 32: Komora, v kateri izpareva lepilo (Zver, 2019).

6.3 KEMIJSKA ANALIZA FORENZIČNIH PRAŠKOV

6.3.1 TOPNOST V VODI (polarno topilo)

Pripomočki: dve 75-mililiterski čaši, dve plastični žlički in stekleni palčki, 100 ml vode.

Zaščita: rokavice, zaščitna obleka.

Potek dela:

V vsako čašo sem natočila po 50 ml vode. V eno čašo sem dala konico žličke sivega praška, v drugo čašo pa konico žličke črnega praška. Obe čaši sem pomešala z žličko.

Rezultati in ugotovitve:

Siv prašek je plaval na vodi, tako kot tudi črn prašek. Ugotovila sem, da tako sivi kot črni prašek nista topna v vodi, ki je polarno topilo, saj sta plavala na njej in nista potonila. Ko sem ju premešala s stekleno palčko, sta potonila. To pomeni, da imata večjo gostoto kot voda. Praška sta fina, izredno drobno mleta in sta sprva plavala na vodi zaradi površinske napetosti vode.



Slika 33: Preverjanje topnosti praškov v vodi (Zver, 2019).

6.3.2 TOPNOST V NEPOLARNIH SNOVEH

Pripomočki: dve 75-mililiterski čaši, dve plastični žlički in stekleni palčki, 40 ml vode.

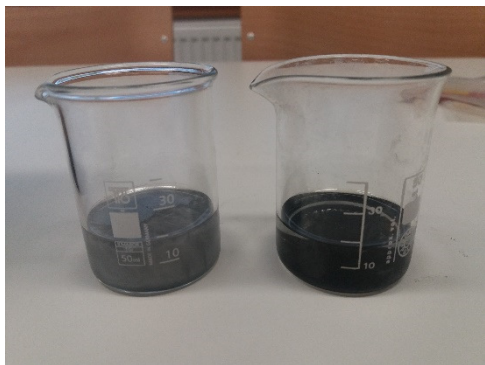
Zaščita: rokavice, zaščitna obleka.

Potek dela:

V vsako čašo sem nalila 20 ml cikloheksana, ki je nepolarno topilo. V eno čašo sem dala konico žličke sivega praška, v drugo čašo pa konico žličke črnega praška. Obe čaši sem pomešala s stekleno palčko.

Rezultati in ugotovitve:

Sivi prašek se je deloma mešal s ciklohesanom, ravno tako tudi črni. Neraztopljena praška pa sta tudi potonila na dno. Iz tega lahko sklepam, da imata večjo gostoto kot cikloheksan in da sta deloma topna v nepolarnih topilih.



Slika 34: Preverjanje topnosti praškov v polarnih snoveh (Zver, 2019).

6.3.3 MAGNETNOST

Pripomočki: magnet, ovit v prozorno plastično folijo.

Potek dela:

V vsako posodico, v kateri sta forenzična praška, sem dala magnet.

Rezultati in ugotovitve:

Ugotovila sem, da se praška nista prijela magneta, in iz tega lahko sklepam, da nimata magnetnostih lastnosti.

6.3.4 ŽARENJE V ŽARILNEM LONČKU

Pripomočki: dve žarilni posodici, dve stojali za žarilni posodici, dve plastični žlički, plinski gorilnik, vžigalnik.

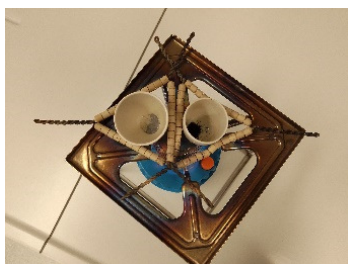
Zaščita: očala, zaščitna obleka.

Potek dela:

V eno žarilno posodico sem dala konico žličke sivega praška, v drugo žarilno posodico pa konico žličke črnega praška. Obe žarilni posodici sem dala na stojali in prižgala gorilnik ter opazovala dogajanje.

Rezultati in ugotovitve:

Čez nekaj časa sem preverila rezultate. Sivi prašek je ostal nespremenjen, medtem ko se je črni prašek malce skepil. Ugotovila sem, da se praška pri segrevanju v žarilnem lončku nista stalila. Iz tega lahko sklepam, da imata temperaturo tališča, ki jo s segrevanjem s šolskim gorilnikom ne moremo doseči.



Slika 35: Segrevanje praškov (Zver, 2019).

6.3.5 ELEKTRIČNA PREVODNOST

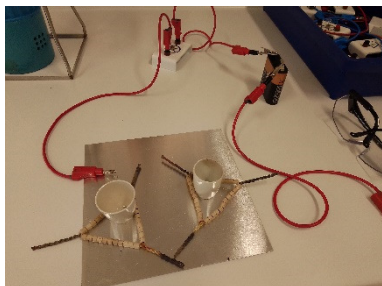
Pripomočki: naprava za preverjanje električnega toka.

Potek dela:

V vsako posodico s praški sem dala napravo za preverjanje električnega toka in opazovala, če bo dioda zasvetila.

Rezultati in ugotovitve

Niti pri sivem niti pri črnem prašku dioda ni zasvetila. Skleпам, da praška ne prevajata elektrike, saj sta zmleta v zelo droben fin prah, ki ne dopušča električne prevodnosti. Če bi bila praška v kristalinični obliki, bi najverjetneje prevajala električni tok.



Slika 36: Preverjanje električne prevodnosti praškov (Zver, 2019).

6.3.6 PLAMENSKA REAKCIJA

Pripomočki: žarilna žlička, dve plastični žlički, plinski gorilnik, vžigalnik.

Zaščita: očala, zaščitna obleka.

Potek dela:

V žarilno žličko sem dala konico žličke sivega praška in jo držala nad z vžigalnikom prižganim plinskim gorilnikom. Enako sem potem ponovila še s črnim praškom.

Rezultati in ugotovitve:

Pri sivem prašku sem v plamenu opazila svetleče iskrenje. Aluminij, ki se uporablja v moderni pirotehnik, je prepoznaven po belem plamenu, srebrnih iskrah in močnem blisku in iz tega lahko sklepam, da je siv prašek iz aluminija. Pri črnem prašku nisem opazila takšnega svetlečega iskrenja.



Slika 37: Plamenska reakcija praškov (Zver, 2019).

6.3.7 POSKUSI Z RAZREDČENO KLOROVODIKOVO KISLINO, RAZREDČENIM NATRIJEVIM HIDROKSIDOM IN KONCENTRIRANO KLOROVODIKOVO KISLINO.

Pripomočki: šest epruvet, stojalo za epruvete, dve plastični žlički, 5 ml razredčene klorovodikove kisline, 5 ml razredčenega natrijevega hidroksida, 5 ml klorovodikove kisline.

Zaščita: očala, rokavice, zaščitna obleka.

Potek dela:

V tri epruvete sem dala konico žličke sivega praška, v druge tri epruvete pa konico žličke črnega praška. V eno epruveto s sivim praškom sem dala 2 ml razredčene klorovodikove kisline, 2 ml razredčene klorovodikove kisline pa sem dala tudi v eno epruveto s črnim praškom. V naslednjo epruveto s sivim praškom sem dala 2 ml razredčenega natrijevega hidroksida, 2 ml razredčenega natrijevega hidroksida sem dala tudi v naslednjo epruveto s črnim praškom. V zadnjo epruveto s sivim praškom sem dala 2 ml koncentrirane klorovodikove kisline, 2 ml te kisline, ki sem jo malce segrela, pa sem dala tudi v zadnjo epruveto s črnim praškom.

Rezultati in ugotovitve:

Pri sivem prašku z razredčeno klorovodikovo kislino sem opazila, da se je nekaj sivine izločilo na stenah epruvete. Pri črnem prašku z razredčeno klorovodikovo nisem zaznala sprememb. Črni prašek ne reagira z razredčeno klorovodikovo kislino, medtem ko sivi reagira. Grafit, eden izmed kristaliničnih oblik ogljika, je izredno obstojen element in ne reagira z razredčeno klorovodikovo kislino.

Pri sivem prašku z razredčenim natrijevim hidroksidom sem opazila spremembe, izločila se je temna oborina, kar je znak, da je reakcija potekla. Zaznala sem tudi izhajanje mehurčkov. Pri črnem prašku z razredčenim natrijevim hidroksidom se je črni prašek skeepil, drugih sprememb pa nisem opazila.

Pri sivem in črnem prašku s segreto koncentrirano kislino je bila pri obeh opazna sprememba. Pri sivem prašku sem zaznala spremembo barve in izhajanje mehurčkov, kar je znak, da je potekla kemijska reakcija in se je pri tem najverjetneje izločal plin vodik. Črni prašek pa se je v koncentrirani klorovodikovi kislini pričel raztapljati. Iz tega lahko sklepam, da črni prašek vsebuje grafit, saj je ta topen v topli klorovodikovi kislini.



Razlaga slike: Prva epruveta vsebuje sivi prašek v razredčeni klorovodikovi kislini, v naslednji je sivi prašek v razredčenem natrijevem hidroksidu, v naslednji je črni prašek v razredčeni klorovodikovi kislini, v naslednji je črn prašek v razredčenem natrijevem hidroksidu, v naslednji je siv prašek v klorovodikovi kislini, v zadnji je črn prašek v klorovodikovi kislini.

Slika 38: Preverjanje reakcij praškov s kislinami in bazami (Zver, 2020).

6.3.8 UGOTOVITVE

Iz rezultatov poskusov, ki sem jih izvedla, lahko sklepam, da je osnova sivega forenzičnega praška najverjetneje aluminij, saj sem dokazala, da prašek ni topen v vodi, ima večjo gostoto kot voda ter visoko tališče, da se v plamenu pojavijo srebrne iskre ter da reagira z natrijevim hidroksidom in klorovodikovo kislino in pri tem izhaja plin.

Ravno tako lahko iz rezultatov svojega eksperimentiranja sklepam, da je črni prašek najverjetneje narejen na osnovi grafita. Dokazala sem, da ni topen v vodi, ima večjo gostoto kot voda in da se v koncentrirani klorovodikovi kislini prične raztapljati.

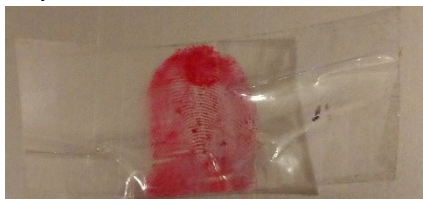
6.4 POSKUSI ODKLEPANJA TELEFONA

6.4.1 EKSPERIMENTIRANJE S ŠMINKO IN SELOTEJPOM

Na prst sem si namazala šminko, ga prelepila z navadnim selotejpom in nato odstranila selotejp. Na tisto stran selotejpa, na kateri je bil odtis šminke, sem nalepila nov navadni selotejp. Nato sem to postavila na čitalnik prstnih odtisov na telefonu tako, da se je prvi selotejp dotikal čitalnika.

Rezultati in ugotovitve:

Najprej sem poskusila na telefonu Samsung A70, ki ima optični čitalnik, in tam mi je uspelo. Povsem druga zgodba pa je bila na telefonu Sony Experia H4113, saj ima kapacitivni čitalnik. V ta telefon mi ni uspelo vdreti.



Slika 39: Odtis s šminko na selotejpu (Zver, 2020).

6.4.2 EKSPERIMENTIRANJE S PRAŠKOM IN SELOTEJPOM NA STEKLU

Na kozarcu sem pustila dva odtisa, nato pa sem z zelo malo forenzičnega praška na čopiču prevlekla prstne odtise. Prekrila sem jih s selotejpom in jih odvzela. S tem selotejpom sem poskušala odkleniti telefon.

Rezultati in ugotovitve:

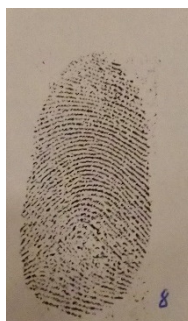
Poskušala sem odkleniti telefon. Ni mi uspelo odkleniti niti optičnega niti kapacitivnega čitalnika, verjetno zaradi slabega odtisa in prašnih delcev.

6.4.3 EKSPERIMENTIRANJE S SKENIRANJEM IN TISKANJEM

Najprej sem na papirju pustila odtise, nato pa sem z zelo malo forenzičnega praška na čopiču prevlekla prstne odtise. Papir sem nato skenirala, izbrala najlepši odtis in mu v Wordu dodala kontrast. Nato sem ga natisnila.

Rezultati in ugotovitve:

Poskusila sem z dvema telefonoma in ni mi uspelo vdreti ne v Samsung A70 ne v Sony Xperia H4113.



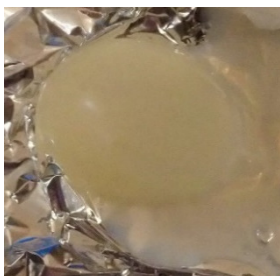
Slika 40: Skeniran prstni odtis (Zver, 2020).

6.4.4 EKSPERIMENTIRANJE Z VROČIM LEPILOM

Najprej sem segrela vroče lepilo in ga segretega iztisnila na pripravljeno aluminijevo folijo. Hitro sem si zmočila prst in ga odtisnila v vroče lepilo, nato pa sem prst spet namočila v mrzlo vodo. Zelo sem pazila, da se nisem opekla. Ko se je vroče lepilo posušilo, sem vanj natočila lepilo Meklo. Nato sem ga postavila na mizo in počakala 16 ur. Potem pa sem ga previdno odstranila z olfa nožem.

Rezultati in ugotovitve:

Z odlitkom iz lepila Mekol sem poskušala vdreti v Samsung A70 in Sony Xperia H4113. Samsung ima optični čitalnik prstnih odtisov, medtem ko ima Sony kapacitivni čitalnik. Na tak način sem uspela odkleniti oba telefona.



Slika 41: Lepilo Mekol v modelu prstnega odtisa iz vročega lepila (Zver, 2020).



Slika 42: Lepilo Mekol, odstranjeno iz modela (Zver, 2020).

6.4.5 EKSPERIMENTIRANJE S SLA 3D TISKALNIKOM IN UV OBČUTLJIVO SMOLO

Najprej sem na papirju pustila odtise, nato pa sem nanje s pomočjo čopiča posula forenzični prašek. Papir sem nato skenirala, izbrala najlepši odtis in ga odnesla na Zavod 404, kjer so ga obdelali v Photosopu, tako da so prilagodili svetlost in kontrast, ter natisnili s 3D tiskalnikom v naravni velikosti. Za obdelovanje so potrebovali pol ure.

Rezultati in ugotovitve:

Obdelava je odlično uspela, a 3D tiskalnik ni mogel natisniti replike prstnega odtisa, saj so bili razmiki premajhni, tako da tisk ni uspel kljub večkratnim poskusom. Tiskati smo poskušali s SLA tiskalnikom na UV občutljivo smolo.

6.4.6 EKSPERIMENTIRANJE Z LASERSKIM TISKALNIKOM IN TEFLONSKO GUMO

Najprej sem na papirju pustila odtise, nato pa sem nanje s pomočjo čopiča posula forenzični prašek. Papir sem nato skenirala, izbrala najbolj jasen odtis in ga odnesla na Zavod 404, kjer so ga obdelali v Photosopu, tako da so prilagodili svetlost in kontrast, ter z laserjem natisnili v teflonsko gumo v naravni velikosti kot pozitiv in negativ. Ker prvi uporabljeni prstni odtis ni bil dovolj dober, smo ga nadomestili z boljšim, prav tako smo povečevali globino tiska. Nato sem v negativ nalila lepilo Mekol in počakala, da se posuši. Za obdelovanje so potrebovali pol ure, za tiskanje pa pet minut.

Rezultati in ugotovitve:

Obdelava je odlično uspela, tako kot tudi tiskanje. S potiskano gumo sem poskusila odkleniti Samsung A70 in Sony Ewperia H4113, a mi ni uspelo. V telefona mi ni uspelo vdreti niti z odlitkom iz lepila Mekol.



Slika 43: Lepilo Mekol, odstranjeno s teflonske gume. (Zver, 2020)

7 REZULTATI IN RAZPRAVA

Glede na rezultate in ugotovitve poskusov se lahko vrnemo k raziskovalnemu vprašanju o možnosti vdora v telefon, ki je zaklenjen s prstnim odtisom. Rezultati mojih poskusov so vezani na odklepanje telefona z optičnim čitalnikom Samsung A70 in kapacitivnim čitalnikom Sony Experia H4113.

V telefon lahko vdremo tako, da prst preprosto pobarvamo s šminko in čezenj prelepimo prozoren lepilni trak, vendar samo, če ima naš telefon optični čitalec prstnih odtisov. Kapacitivnega čitalnika prstnih odtisov na tak način ne moremo preliščiti. To je bilo pričakovati, saj prozoren lepilni trak ne prevaja električnega toka. Če prst odtisnemo v vroče lepilo, v odtis pa nalijemo lepilo Mekol, lahko z odlitkom, ki ga dobimo, vdremo tako v optični kot kapacitivni čitalnik prstnih odtisov. Težava, ki se pojavi v obeh primerih, je, da mora posameznik, ki želi vdreti v naš telefon, dejansko uporabiti naš prst, ga pobarvati s šminko ali pa ga odtisniti v vroče lepilo. To je nekoliko težje izvedljivo, vendar ne nemogoče.

Rezultati so tudi pokazali, da v primerih, pri katerih sem poskušala odkleniti telefon s pomočjo prstnega odtisa, odvzetega s praškom in selotejpom, ter s skeniranjem in tiskanjem odvzetega prstnega odtisa, nisem uspela vdreti v niti optični niti v kapacitivni čitalnik prstnih odtisov. Take rezultate sem verjetno dobila zaradi ne dovolj kvalitetnega skenerja, fotoaparata ali tiskalnika, mogoče pa tudi zaradi nenatančnega nanašanja forenzičnega prahu.

Hipotezo 1, da v telefon lahko vdrejo tudi ljudje, ki niso profesionalci, sem sprejela, saj mi je uspelo odkleniti telefon, čeprav nisem profesionalka.

Hipotezo 2, da je optični čitalnik lažje pretentati kot kapacitivnega, sem sprejela, saj sem optični čitalnik odklenila že s poskusom s šminko, kapacitivnega pa na ta način nisem mogla pretentati.

Hipotezo 3, da je sestavina srebrnega forenzičnega praška aluminij, sem sprejela na podlagi rezultatov kemijskih poskusov. Dokazala sem, da prašek ni topen v vodi, ima večjo gostoto kot voda, visoko tališče, da se v plamenu pojavijo srebrne iskre in da reagira tako z natrijevim hidroksidom in klorovodikovo kislino.

Hipotezo 4, da je osnova črnega praška grafit, sem sprejela na podlagi kemijskih rezultatov. Dokazala sem, da črni prašek ni topen v vodi, ima večjo gostoto kot voda ter da se v koncentrirani klorovodikovi kislini prične raztapljati.

Glede na rezultate menim, da je precej velika možnost, da ljudje, ki niso profesionalci, vdrejo v telefon. Menim, da zaklepanje na prstni odtis ni tako varno kot zaklepanje z dolgim in zapletenim geslom, ki vsebuje velike in majhne črke, številke in znake ter ima vsaj osem znakov.

8 ZAKLJUČEK

Prstni odtisi so edinstveni, zato jih uporabljamo za varovanje podatkov in premoženja. Kljub temu pa nas to ne zavaruje pred vdori v našo zasebnost. Slabo zaklenjen telefon namreč predstavlja veliko nevarnost za njegovega lastnika, saj ima vedno več ljudi na telefonih dostop do raznih storitev, med drugim tudi do spletne banke.

Ker se množično uporablja zaklepanje telefonov na prstni odtis, sem se odločila, da raziščem, kako varen je ta način zaklepanja. Izvedla sem mnogo različnih poskusov, s katerimi sem ugotovila, da so telefoni z optičnimi čitalniki prstnih odtisov slabo zaščiteni, nekoliko bolje pa je s kapacitivnimi čitalniki.

Raziskovalci na univerzi Michigan State University so vdrli v dva telefona priznanih proizvajalcev s pomočjo prevodnega črnila in posebnega papirja za domačo izdelavo vezij. Iz različnih člankov je razvidno, da tudi posamezniki ne zaostajajo za univerzami in velikimi podjetji, saj so s pomočjo 3D tiskalnikov vdrli v svoje telefone. Zaradi vseh teh vdorov se podjetja, ki izdelujejo čitalnike prstnih odtisov, trudijo izboljšati sisteme zaklepanja. Trudijo se uporabljati različne biometrične sisteme, vendar so le korak pred tistimi, ki te sisteme uspejo prelisičiti.

Suprema je vodilni globalni ponudnik biometričnih varnostnih naprav. Njihove varnostne sisteme in rešitve uporablja več kot 5.700 podjetij in ustanov v 83 državah, med drugim vlade, banke in angleška metropolitanska policija. Vendar kljub vsemu njihovi varnostni sistemi niso popolnoma varni. Raziskovalci so s pomočjo podjetja VPNMentor, ki se ukvarja s kibernetično varnostjo, prelisičili dva varnostna sistema podjetja Suprema, ki sta bila nameščena v nekem skladišču in poslovni zgradbi. Pred kratkim so v javnosti predstavili uporabo umetne inteligence pri vdiranju v telefone, kar pomeni, da karkoli bodo odkrili, ne bo nikoli popolnoma

varno. Kar je bila včasih znanstvena fantastika, je zdaj resničnost, a bo kmalu postala preteklost.

Pri zaklepanju se moramo zavedati, da imamo samo deset prstov – deset možnosti zaklepanja s prstnim odtisom, en obraz – ena možnost zaklepanja z obrazom ... Ko enkrat te možnosti porabimo, jih ne moremo uporabiti ponovno, medtem ko lahko zapleteno geslo spreminjajo v nedogled.

S poskusi, ki sem jih izvedla, sem pokazala, da lahko nestrokovnjak vdre v telefon z optičnim ali kapacitivnim čitalnikom prstnih odtisov. Res pa je, da mi s poskusi ni uspelo pokazati, da se lahko posameznikov prstni odtis pobere s papirja ali kozarca in se na ta način odklene telefon.

Menim, da obstajajo tudi načini, s katerimi bi mi to lahko uspelo. Poskusila bi lahko izboljšati prstni odtis in bolj natančno nanesti forenzični prašek ter z laserskim tiskalnikom narediti negativ na teflonsko gumo, z odlitkom iz Mekola pa bi dobila pozitiv. Želela bi izvesti nadaljnje raziskave, in sicer s silikonsko pasto, ki bi jo naredila iz aerosila (lahko polnilo iz za epoksidne, poliuretanske in akrilne smole) in silikonskega olja. Pasto bi namazala na prstni odtis na kozarcu in tako dobila negativ prstnega odtisa, z odlitkom v negativu pa bi dobila pozitiv, s katerim bi odklenila telefon.

9 VIRI

1. Medmrežje 1: https://dijaski.net/gradivo/bio_vaj_prstni_odtisi_01 (15. 1. 2020).
2. Medmrežje 2: https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&tbm=isch&sxsr=ACYBGNSjYWA_kuAC7cqIXBdUVwFdIGHpmg%3A1579096468120&sa=1&ei=IBkfXqf_BouSsAfm2YfYQAQ&q=prstni+odtis&oq=prstni+odtis&gs_l=img.3..35i39.24862.29827..30130...1.0..0.111.1063.9j3.....0...1..gws-wiz-img.DM8Ho_jfMXs&ved=0ahUKEwinmbHg4IXnAhULCewKHebsARsQ4dUDCAY&uact=5#imgsrc=ISEnbUJcPk97XM (15. 1. 2020).
3. Medmrežje 3: <https://www.radio1.si/43347/prstni-odtisi-razkrivajo-tvojo-osebnost> (15. 1. 2020).
4. Medmrežje 4: https://www.google.com/search?q=vzorci+prstnih+odtisov&client=firefox-b-d&sxsr=ACYBGNRBYT__39LcEi8-z9cAehus-AzC6w:1579094980945&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjAo p-b24XnAhVDxIsKHRCtCckQ_AUoAXoECAsQAw&biw=1408&bih=667#imgsrc=CO8JBz4fP2wBmM (15. 1. 2020).
5. Medmrežje 5: <https://www.google.com/search?q=knjiga+fingerprint+by+galton&client=firef>

- ox-b-d&sa=X&biw=1408&bih=667&sxsrf=ACYBGNTfMm-x60VX5PbnMCU-DDss5khSXg:1579104087010&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=ADXNeBewpBJ_7M%253A%252CQpqqPt_2U39ILM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kROo--
T9JwR49XWEovpJ9ljNQ_wtg&ved=2ahUKEwjsoq2R_YXnAhUKt4sKHRj6BHAQ9QEwAnoECAcQCQ#imgrc=ADXNeBewpBJ_7M (15. 1. 2020).
6. Medmrežje 6:
https://www.google.com/search?q=UPORABA+PRSTNIH+ODTISOV&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNTShBG1SsxP8X5z-xe0iScYap0Rqg:1579104418745&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiZ6cSv_oXnAhWxtlsKHSODz8Q_AUoAXoECAwQAw&biw=1408&bih=667#imgrc=64GCOKs0ocdiSM (15. 1. 2020)
7. Medmrežje 7: <http://web.sc-celje.si/tomi/seminarske2009/Forenziki/vrsteforenzikov.html> (15. 1. 2020).
8. Medmrežje 8: https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&biw=1408&bih=667&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNRneTa8ujlxVLEfKqZRnFOPao1sEQ%3A1579107763954&sa=1&ei=s0UfXvPoOY_ykwXjubnIAw&q=FORENZIKI&oq=FORENZIKI&gs_l=img.3..35i39.5883.5883..6258...0.0..0.139.346.1j2.....0....1..gws-wiz-img.....0j0i30j0i5i30j0i24.XoCcggjaDKo&ved=0ahUKEwizjtTqiobnAhUP-aQKHeNcDjkQ4dUDCAY&uact=5#imgrc=a0sS9KSWpJ14tM (15. 1. 2020).
9. Medmrežje 9: https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&biw=1408&bih=667&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNRneTa8ujlxVLEfKqZRnFOPao1sEQ%3A1579107763954&sa=1&ei=s0UfXvPoOY_ykwXjubnIAw&q=FORENZIKI&oq=FORENZIKI&gs_l=img.3..35i39.5883.5883..6258...0.0..0.139.346.1j2.....0....1..gws-wiz-img.....0j0i30j0i5i30j0i24.XoCcggjaDKo&ved=0ahUKEwizjtTqiobnAhUP-aQKHeNcDjkQ4dUDCAY&uact=5#imgrc=a0sS9KSWpJ14tM (29. 1. 2020)
10. Medmrežje 10:
https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&id=7879D18DA8AB66604B13A9557FD836EA24F53F1B&thid=OIP.ck4StxHPsOh2iBD_loFdZwHaE8&mediaurl=https%3A%2F%2Fuploads.publishwall.si%2Fimgsmedium_2%2F2018%2F07%2F24%2Fresized_1532405023_2003170.jpg&exph=684&expw=1024&q=zgodovina+forenzike&selectedindex=6&ajaxhist=0&vt=0&eim=0,1,6 (29. 1. 2020).
11. Medmrežje 11:
https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&id=75F3F6CBE06B192C08CC09464E27C6D384E554A3&thid=OIP.FnHF0rtKhtBqDMgFibOSAwAAAA&mediaurl=https%3A%2F%2Fgovori.se%2Fmedia%2Fcache%2Fupload%2FPhoto%2F2016%2F06%2F21%2Fja26_18_forenziki_3_pp_i380x235.jpg&exph=235&expw=380&q=forenziki+&selectedindex=16&ajaxhist=0&vt=0&eim=0,1,6 (29. 1. 2020).
12. Medmrežje 12: <http://web.sc-celje.si/tomi/seminarske2009/Forenziki/zgodovina.html> (29. 1. 2020).

13. Medmrežje 13:
<https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&id=06DC3C53494B82A252B076FCE0CB4928F53D8276&thid=OIP.W-f7YAh6VDrvkOwPPupLWgHaDS&mediaurl=http%3A%2F%2Fwww.dr-nemo.si%2Fmedia%2Frokgallery%2Fc%2Fcd8f5576-d8b1-429f-c42b-b9f587b51544%2F2cc26da3-7537-4b15-ea72-723984dadbd6.jpg&exph=550&expw=1240&q=patologija&selectedindex=0&ajaxhist=0&vt=0&eim=0,1,6&ccid=W%2Bf7YAh6&simid=607987834634767651&sim=11> (29. 1. 2020).
14. Medmrežje 14: <http://web.sc-celje.si/tomi/seminarske2009/Forenziki/izobrazba.html> (5. 2. 2020).
15. Medmrežje 15:
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.rtv slo.si%2Fslovenija%2Ffoto-policija-le-dobila-sodoben-forenzicni-laboratorij%2F368295&psig=AOvVaw1oAd7Y_9gCwFsnQIS0yi__&ust=1582228142679000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLC-48Cx3ucCFQAAAAAdAAAAABAD (19. 2. 2020).
16. Medmrežje 16: <https://sl.delachieve.com/opticni-bralnik-prstnih-odtisov-kot-sredstvo-za-preverjanje-pristnosti-uporabnikov/> (19. 2. 2020).
17. Medmrežje 17: <https://www.androidauthority.com/how-fingerprint-scanners-work-670934/> (22. 2. 2020).
18. Medmrežje 18:
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.androidauthority.com%2Fhow-fingerprint-scanners-work-670934%2F&psig=AOvVaw1bVPxfi_VNGn5SvWb2J2dB&ust=1582389136991000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKj0spSJ4-cCFQAAAAAdAAAAABAJ (22. 2. 2020).
19. Medmrežje 19:
https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.eagleshop.si%2Fdefault.asp%3Fmid%3Dsl%26pid%3Dmodul_it%26wid%3D13798%26detailid%3D89157&psig=AOvVaw1i94Nqojo_CLbS4115Nno2&ust=1582230036920000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMjkmLG43ucCFQAAAAAdAAAAABAD (19. 2. 2020).
20. Medmrežje 20:
<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.androidguys.com%2Ftips-tools%2Fwhats-difference-between-optical-ultrasonic-in-display-fingerprint-scanner%2F&psig=AOvVaw1LQssvwkBBNdAorxjV1UNj&ust=1582458305479000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKi5z-uK5ecCFQAAAAAdAAAAABAD> (22. 2. 2020).
21. Medmrežje 21:
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.gettechsupport.in%2F2019%2F01%2Ffingerprint-scanner-working-principle-pros-and-cons.html&psig=AOvVaw1bVPxfi_VNGn5SvWb2J2dB&ust=158238913699

- 1000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKj0spSJ4-cCFQAAAAAdAAAAABAD (23. 2. 2020).
22. Medmrežje 22: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.fulcrumbiometrics.com%2FEikon-II-Swipe-p%2F101140.htm&psig=AOvVaw1eOGXw_Bqi7FoR2hBIFMzP&ust=1582542712002000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCIjYjpjF5-cCFQAAAAAdAAAAABAJ (23. 2. 2020).
23. Medmrežje 23: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fsmartphones.gadgetsacks.com%2Fnews%2Fresearchers-find-masterprints-can-bypass-your-phones-fingerprint-scanner-0177081%2F&psig=AOvVaw1rpi8b0bbCMI1o4iLBsgtK&ust=1582542941447000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCOiAiY_G5-cCFQAAAAAdAAAAABAD (23. 2. 2020).
24. Medmrežje 24: <https://youtu.be/FtKKZyYbZtw> (23. 2. 2020).
25. Medmrežje 25: <https://tehnika.telekom.si/novice/so-bralniki-prstnih-odtisov-pod-zaslonom-nov-trend> (19. 2. 2020).
26. Medmrežje 26: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmobitrgovina.com%2Fvivo-predstavil-prvi-skener-prstnih-odtisov-vgrajen-v-ekran-telefona%2F&psig=AOvVaw1xhx-9ukQ-Uk5gFk5SAyyr&ust=1582228640018000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCIDo85az3ucCFQAAAAAdAAAAABAD> (19. 2. 2020).
27. Medmrežje 27: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmobitrgovina.com%2Fbralnik-prstnih-odtisov-iphone-lahko-preliscimo-z-otroskim-plastelinom%2F&psig=AOvVaw1VsbUN0BfO6KI9dHQzwLI9&ust=1582230325032000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCNj1rLy53ucCFQAAAAAdAAAAABAD> (19. 2. 2020).
28. Medmrežje 28: <https://www.youtube.com/watch?v=king5nzY37c> (20. 2. 2020).
29. Medmrežje 29: <https://youtu.be/king5nzY37c?t=30> (20. 2. 2020).
30. Medmrežje 30: https://youtu.be/3Hji3kp_i9k (23. 2. 2020).
31. Medmrežje 31: <https://siol.net/digisvet/novice/v-15-minutah-do-ponaredka-prstnega-odtisa-in-odklenjenega-pametnega-telefona-407382> (23. 2. 2020).
32. Medmrežje 32: <https://slo-tech.com/novice/t743338> (23. 2. 2020).
33. Medmrežje 33: <https://www.theverge.com/2016/8/2/12350214/phone-unlocked-paper-fingerprint-spoof-3d-print> (23. 2. 2020):
34. Medmrežje 34: <https://qz.com/631697/a-regular-inkjet-printer-can-spoof-a-fingerprint-and-unlock-a-phone-in-under-15-minutes/> (23. 2. 2020).
35. Medmrežje 35: <http://biometrics.cse.msu.edu/> (23. 2. 2020).
36. Medmrežje 36: <https://www.bing.com/videos/search?q=osmslj&&view=detail&mid=074203>

- EFF5CC341069EC074203EFF5CC341069EC&&FORM=VRDGAR&ru=%2Fvideos%2Fsearch%3Fq%3Dosmslj%26FORM%3DHDRSC3 (1. 3. 2020).
37. Medmrežje 37: https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=8lqzjkDn&id=0ED21137F5085E082E66EE4DC0501838D6288EE3&thid=OIP.8lqzjkDnS7Fu8X_BduXkKAAAA&mediaurl=https%3a%2f%2frocco-nepremicnine.si%2fwp-content%2fuploads%2fDSCF8818popm-450x300.jpg&exph=300&expw=450&q=Naselje+BS3&simid=608039219719506373&selectedIndex=1 (1. 3. 2020).
38. Medmrežje 38: <http://theconversation.com/stolen-fingerprints-could-spell-the-end-of-biometric-security-heres-how-to-save-it-122001> (29. 2. 2020).
39. Medmrežje 39: <http://static.panoramio.com/photos/large/18722306.jpg> (1. 3. 2020).
40. Medmrežje 40: <https://dk.um.si/Dokument.php?id=16288> (1. 3. 2020).
41. Medmrežje 41: <https://dk.um.si/Dokument.php?id=78540> (1. 3. 2020).