

# Primjena novih metoda u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova

---

**Baketić, Ante**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, University Department of Forensic Sciences / Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:227:811759>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-05**

SVEUČILIŠTE  
U  
SPLITU



SVEUČILIŠNI  
ODJEL ZA  
FORENZIČNE  
ZNANOSTI

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of University Department for Forensic Sciences](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA FORENZIČNE ZNANOSTI**  
**ISTRAŽIVANJE MJESTA DOGAĐAJA**

**DIPLOMSKI RAD**

**PRIMJENA NOVIH METODA U FORENZIČNIM**  
**ISTRAŽIVANJIMA SKRIVENIH GROBOVA**

**ANTE BAKETIĆ**

Split, rujan 2022.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA FORENZIČNE ZNANOSTI**  
**ISTRAŽIVANJE MJESTA DOGAĐAJA**

**PRIMJENA NOVIH METODA U FORENZIČNIM**  
**ISTRAŽIVANJIMA SKRIVENIH GROBOVA**

MENTOR: Izv. prof. dr. sc. Željana Bašić

ANTE BAKETIĆ  
Matični broj: 523/2019

Split, rujan 2022.

Rad je izrađen na Sveučilišnom odjelu za forenzične znanosti u Splitu pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Željane Bašić.

**Datum predaje diplomskog rada:** 7. rujan 2022.

**Datum prihvatanja diplomskog rada:** 12. rujan 2022.

**Datum usmenog polaganja:** 16. rujan 2022.

**Ispitno povjerenstvo:**

1. Izv.prof.dr.sc. Ivana Kružić
2. Doc.dr.sc. Ivan Jerković
3. Izv.prof.dr.sc. Željana Bašić

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Pojam i definicija skrivenih grobnica .....	2
1.2. Skrivene grobnice u Republici Hrvatskoj .....	3
1.3. Važnost razvoja metodologije istraživanja skrivenih grobnica .....	6
2. CILJEVI I HIPOTEZE .....	7
3. MATERIJALI I METODE .....	8
4. REZULTATI I RASPRAVA .....	9
4.1. Klasične metode otkrivanja skrivenih grobnica .....	11
4.1.1. Obavještajni rad .....	11
4.1.2. Vizualni pregled terena .....	12
4.1.3. Promjene vegetacije kao sredstvo otkrivanja skrivenih grobnica .....	13
4.2. Nove metode otkrivanja skrivenih grobnica .....	14
4.2.1. Posebno obučeni psi .....	14
4.2.2. Kemijski senzori (uređaj LABRADOR) .....	15
4.2.3. Georadar .....	17
4.2.4. Tomografija električne otpornosti .....	19
4.2.5. Magnetometrija i mjerenje magnetskog susceptibiliteta .....	20
4.2.6. Uzorkovanje tla .....	22
4.2.6.1. Plinska kromatografija u kombinaciji s masenom spektrometrijom ....	22
4.2.6.2. Metode koje se temelje na ninhidrinskoj reakciji .....	23
4.2.7. Optička daljinska istraživanja .....	25
4.2.7.1. Hiperspektralno snimanje iz zraka .....	26
4.2.7.2. Prostorno lasersko skeniranje – LiDAR .....	28
5. ZAKLJUČAK .....	30
6. LITERATURA .....	32
7. PRILOZI .....	41
8. SAŽETAK .....	45
9. ŽIVOTOPIS .....	47
10. IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI .....	50



# 1. UVOD

Forenzika od samih početaka u svojim istraživanjima rabi metode drugih znanosti uz pomoć kojih pronađene tragove na mjestu događaja rabi kao dokaze u sudskim postupcima (1). Danas gotovo nema znanosti koja nema dodirnih točaka s forenzikom ili je forenzika upotrijebila i prilagodila neke njihove spoznaje i metode kako bi što efikasnije i kvalitetnije ostvarila svoje ciljeve. Brojne znanosti su dobile svoj forenzični predznak, stoga su forenzična istraživanja danas kompleksnija nego ikada, a potreba za stručnjacima iz područja forenzike nikada nije bila veća (2). Liberalizacijom kazneno procesnih i kazneno-materijalnih pravnih normi u sudskim postupcima se daje sve manji značaj nepouzdanim dokaznim radnjama kao što su prepoznavanje ili iskaz svjedoka i u fokus se stavljaju materijalni dokazi koji se interpretiraju uz pomoć provjerenih i certificiranih metoda koje sudovi prihvaćaju u dokaznim postupcima (3). Takav pristup jamči pravnu sigurnost, umanjuje mogućnost pogrešaka u utvrđivanju odgovornosti za kaznena djela, a ujedno je i jamac da se pronađeni dokazi ne mogu kompromitirati ako su prikupljeni uz poštivanje pravnih i znanstvenih pravila i procedura. Ključ uspjeha primjene znanstvenih metoda u forenzičnim istraživanjima leži upravo u poštivanju procedura koje pretežno ovise o profesionalnim i tehničkim standardima (4). U postizanju takvih standarda potrebno je imati primjerenu tehničku opremu i obučene profesionalce, forenzične stručnjake, te ih približiti tragovima već u prvoj fazi, fazi izuzimanja na mjestu pronalaska traga, a sve kako bi se pogreške (kontaminacija, uništenja uslijed nestručnog rukovanja i sl.) u procesu od pronalaska traga do njegovog dolaska u laboratorij svele na najmanju moguću mjeru (5). Brojne su metode koje se primjenjuju u forenzičnim istraživanjima, ovisno o okolnostima određenog štetnog događaja, stoga ih je potrebno zasebno obrađivati i sistematizirati u skladu s područjima njihove primjene u forenzici. Radom će se obuhvatiti metode koje se mogu primijeniti ili se primjenjuju u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova, s naglaskom na metodama koje omogućuju pronalazak skrivenih posmrtnih ostataka žrtava kaznenih djela (ubojstva, ratnih zločina i sl.). Te metode nisu nastale isključivo u svrhu forenzičkih istraživanja i ponajprije se primjenjuju u drugim znanostima, arheologiji, geologiji i sl., međutim, zbog svojih karakteristika i učinaka našle su svoju primjenu u forenzici i tako postale standard suvremenih forenzičkih istraživanja (6). Pronalazak tijela žrtve kaznenog djela uvijek je bio izazov za istražitelje i forenzične stručnjake, posebno u ne tako davno vrijeme kada se neformalno načelo „Nema tijela, nema djela“ (nema kaznenog djela op. a.)

uzimalo „zdravo za gotovo“ (7). Upravo zahvaljujući dostignućima moderne forenzike, a potom i sudskoj praksi proizišloj na suvremenim forenzičnim metodama, navedeno načelo je izgubilo značaj i danas se na odgovornost, za kazneno djelo u kojemu je nastupila nasilna smrt osobe, može zaključivati i na temelju odgovarajućih materijalnih dokaza u kombinaciji s ostalim činjenicama i okolnostima konkretnog slučaja (8). Unatoč navedenim postignućima, cilj redarstvenih vlasti i forenzičkih stručnjaka nije samo represivna, kazneno-procesna komponenta, već i sociološka komponenta koja nastoji pružiti odgovarajući pijetet žrtvi kaznenog djela i satisfakciju osobama koje su doživjele gubitak bliske osobe, stoga pronalazak tijela i dalje ostaje imperativ u kriminalističkim i forenzičnim istraživanjima (9). U tom smislu i dalje je potrebno pronalaziti metode koje će se rabiti u pronalasku posmrtnih ostataka žrtava i na odgovarajući način primjenjivati sofisticirane metode drugih znanosti, u ovom slučaju arheologije, geologije, geofizike, geomorfologije, kemije itd., u kombinaciji s klasičnim metodama kriminalistike. Istražitelji kaznenih djela, koji se suoče s nedostatkom najvažnijeg traga, tijela žrtve, često nemaju spoznaje o novim sofisticiranim metodama koje im mogu biti od iznimne koristi u pronalasku tijela žrtava, posebice onih koje su zakopane na nepoznatim lokacijama, stoga će se u ovom radu istražiti i elaborirati nove znanstvene metode koje se mogu primjenjivati u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova, komparirati ih s klasičnim metodama kako bi se prikazale prednosti i nedostaci jednih u odnosu na druge i njihovo međusobno preklapanje radi postizanja najboljih mogućih rezultata u svrhu pronalaska skrivenih grobova.

### **1.1. Pojam i definicija skrivenih grobnica**

Pojam skrivenih grobnica često se rabi u dostupnoj stručnoj i znanstvenoj literaturi, ali autori znanstvenih i stručnih publikacija koje obrađuju problematiku skrivenih grobnica rijetko ga definiraju. Njihova istraživanja se najčešće bave metodama pronalaska skrivenih grobnica u teoriji i praksi. U stručnoj i znanstvenoj literaturi koja je dostupna na engleskom jeziku, pojam skrivenih grobnica se pojavljuje kao izraz „clandestine graves“. Pringle i suradnici definiraju skrivene grobnice kao nezabilježene ukope, često na udaljenom mjestu, koji su ručno iskopani i obično se nalaze jedan metar ispod razine tla (10). Alexander definira skrivene grobnice kao nezabilježene ukope, često iskopane ručno, otprilike od 0,46 metara do 0,76 metara dubine, često u neposrednoj blizini prometnica ili puteva koji se rijetko koriste (prema: Hoffman i sur. 2009.; Pringle i sur. 2008.) (11). Nadalje, u dostupnoj literaturi na engleskom jeziku pojavljuje se pojam „unmarked



grave“, pa se tako u glasniku senata države Teksas pod neoznačenim grobnicama definiraju jedan ili više grobova u kojima su pronađeni ljudski ostaci, a ne radi se o priznatom i održavanom groblju u vlasništvu niti pod upravom organizacije groblja, a koji nije označen grobom, spomenikom, nadgrobni spomenikom ili drugom strukturom, nije stvar koja je postavljena ili određena kao spomen na mrtve i nalazi se na zemljištu označenom kao poljoprivredno, drveno, rekreacijsko. U navedenom glasniku pojavljuje se i pojam „unverified cemetery“ kojim se definira mjesto za koje postoje dokazi ukopa ali u kojem nije bilo prisutnosti jednog ili više neobilježenih grobova (12). Iz navedenih definicija može se zaključiti da je pojmu skrivenih grobnica najbliže pojam „clandestine graves“. Promatrajući gore objašnjene pojmove, iz kazneno-pravne, kriminalističke i forenzične perspektive, skriveni grob može se definirati kao svako skrovito mjesto ukopa ljudskih ostataka o kojemu ne postoje formalna saznanja, koje nema obilježja karakteristična za formalne načine ukopa i koje je nastalo s ciljem da se prikrije smrt osobe i da se ne pronađu njezini posmrtni ostaci (10–12).

## **1.2. Skrivene grobnice u Republici Hrvatskoj**

Na području Republike Hrvatske skrivene grobnice najčešće su nastajale kao posljedica ratnih sukoba i u tim okolnostima najčešće su se pojavljivale u obliku masovnih grobnica, ali i kao pojedinačne grobnice (13). Izvjestitelji Ujedinjenih naroda definiraju masovne grobnice kao mjesta na kojem su pokopane tri ili više žrtava izvansudskih, brzih ili nasumičnih pogubljenja, koje nisu umrle u borbi ili oružanom sukobu (14). Skrivene grobnice pojavljuju se u brojnim arheološkim istraživanjima i kriminalističkim istraživanjima kaznenih djela. U svome stručnom radu Forenzična arheologija, Meštrović, citirajući Šlause, pojedinačna i skupna nalazišta ljudskih posmrtnih ostataka u Republici Hrvatskoj dijeli u tri kategorije: žrtve Domovinskoga rata, žrtve Drugog svjetskog rata, poratnih i poslijeratnih političkih režima, te ubojstva, pronalazke neidentificiranih tijela osoba i slučajeve povezane s katastrofama od prirodnog ili ljudskog faktora (15). Forenzične znanosti u Republici Hrvatskoj posebno su se razvile za vrijeme i nakon Domovinskog rata kada su forenzični stručnjaci svoja znanja i znanstvene metode upotrijebili u istraživanjima masovnih i pojedinačnih grobnica koje su nastale u vrijeme agresije na Republiku Hrvatsku. Prema istraživačkom radu pukovnika Ivana Grujića i Višnje Bilić, koji su obavljali istraživanja kao članovi Komisije za zatočene i nestale Vlade RH u sklopu Radne grupe za lociranje, ekshumaciju i identifikaciju civilnih i vojnih žrtava Domovinskog rata, u razdoblju od

1991. do 1992. godine u Republici Hrvatskoj je evidentirano 18.000 zatočenih i nestalih osoba od kojih je 7.666 pronađeno i oslobođeno, 4.000 prisilno odvedeno, a potom repatriirano u Republiku Hrvatsku. Prema navedenom istraživanju manji broj osoba pronađen je na okupiranim područjima, dok je 3.605 osoba ubijeno, njihovi posmrtni ostaci pronađeni su u 143 masovne grobnice, a više od 1.400 osoba je pronađeno u pojedinačnim grobnicama. Najveća masovna grobnica u Domovinskom ratu je Ovčara pored Vukovara u kojoj je pronađeno i ekshumirano 200 osoba (13,16,17).

Suvremene znanstvene metode koje su rabili forenzični stručnjaci za vrijeme, a posebno nakon Domovinskog rata, prvenstveno genske i molekularno-biološke metode, nisu bile dostupne istražiteljima nakon II. svjetskog rata, ali unatoč u to vrijeme limitiranim znanstvenim metodama raspolagalo se brojnim informacijama o mjestima na kojima su se događala masovna pogubljenja i za koja su postojala saznanja o masovnim grobnicama. Tom problemu se, iz političkih razloga, nije pristupalo na odgovarajući način, zbog čega je izostalo sustavno i sveobuhvatno istraživanje masovnih grobnica utemeljeno na tada dostupnim antropološkim i arheološkim znanstvenim metodama. Većina istraživanja, koja su se radila nakon II. svjetskog rata na području Republike Hrvatske i bivše Jugoslavije, temeljila su se na popisivanju stanovništva, demografskim gubicima, izjavama svjedoka i procjenama koje nisu bile znanstveno utemeljene. Rijetka su bila iskapanja posmrtnih ostataka, a ako su i obavljena ona nisu na odgovarajući način dokumentirana niti dovršena. Prema istraživanju Vladimira Geigera s Hrvatskog instituta za povijest u Zagrebu, popis žrtava II. svjetskog rata na području Republike Hrvatske od 1944. do 1947. radila je Zemaljska komisija za utvrđivanje zločina okupatora i njihovih pomagača; drugi popis radila je Komisija za sakupljanje podataka o žrtvama Narodnooslobodilačkog rata, koja je 1950. godine objavila popis; a treći popis, koji je objavljen 1964. godine, radila je Komisija za popis žrtava rata Saveznog izvršnog vijeća iz čijih popisa su proizišli podaci koji su bili kontradiktorni (18). Nakon osamostaljenja Republike Hrvatske, utvrđivanjem ratnih i poratnih žrtava iz II. svjetskog rata, te donošenjem Zakona o utvrđivanju ratnih i poratnih žrtava II. svjetskog rata osnovana je Komisija za utvrđivanje ratnih i poratnih žrtava na području Republike Hrvatske i na područjima gdje su se nalazile vojne ili oružane snage zaraćenih strana kao i na drugim mjestima ako je došlo do stradanja uzrokovanih ratom i poratnim operacijama. Komisija je prestala s radom 2002. godine i nije dovršila istraživanje (19,20). Zakonom o pronalaženju, obilježavanju i održavanju grobova žrtava komunističkih zločina nakon Drugog svjetskog rata (NN 31/11) osnovan je Ured za pronalaženje,

obilježavanje i održavanje grobova žrtava komunističkih zločina nakon Drugog svjetskog rata, a promjenom vladajuće političke opcije Ured je 2012. godine prestao s radom (21). Nakon toga donesen je Zakon o istraživanju, uređenju i održavanju vojnih groblja, groblja žrtava Drugog svjetskog rata i poslijeratnog razdoblja (NN 143/12) čija je provedba stavljena u nadležnost Ministarstva branitelja (22). Zahvaljujući forenzičnoj praksi i suvremenim metodama koje su se razvile nakon Domovinskog rata, u Hrvatskoj se ispituju lokaliteti mogućih skrivenih grobnica iz II. svjetskog rata, obavljaju se probna iskapanja, a ako se potvrde sumnje na postojanje skrivenih grobnica, provodi se ekshumacija i identifikacija žrtava. Zadnja ekshumacija obavljena je u razdoblju od 4. do 15. svibnja 2020. godine na lokaciji Prudnice u Općini Brdovec u Zagrebačkoj županiji, gdje su ekshumirani posmrtni ostatci najmanje 130 osoba za koje je utvrđeno da su žrtve poslijeratnog razdoblja II. svjetskog rata (23). Prema izvješćima Ministarstva branitelja, u Republici Hrvatskoj je od 1. siječnja 2013. godine pronađeno 246 novih lokacija masovnih i pojedinačnih grobnica, a evidentirano je ukupno 795 masovnih i pojedinačnih grobnica žrtava Drugog svjetskog rata i poslijeratnog razdoblja, dok je istraženo njih 30 iz kojih su ekshumirani posmrtni ostaci 468 osoba (24).

U kontekstu skrivenih grobnica svakako se potrebno osvrnuti i na posmrtne ostatke osoba koji su pronađeni na arheološkim nalazištima diljem Hrvatske. Masovna grobnica u Potočanima pokraj Požege, za koju se u početku smatralo da skriva posmrtne ostatke žrtava II. svjetskog rata, skrivala je posmrtne ostatke 50 osoba najvjerojatnije ranoeneolitičke lasinjske kulture (4300.-3950. pr. Kr.), a temeljem utvrđenih perimortalnih trauma na 13 lubanja, utvrđeno je da se najvjerojatnije radilo o maskaru u kojemu je najmlađa osoba imala 5, a najstarija 50 godina (25). Pronalazak masovne grobnice na Korčuli u kojoj su prema do sada obavljenim istraživanjima pronađeni posmrtni ostaci 150 mrtvorodne djece, dojenčadi i djece mlađe dobi (26) predmnijeva da područje Republike Hrvatske krije brojne arheološki bogate lokalitete i skrivene grobnice.

Skrivene grobnice mogu nastati i nakon velikih katastrofa ili nesretnih slučajeva, a poseban značaj u smislu korištenja suvremenih novih metoda u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova svakako imaju mjesta ukopa žrtava teških kaznenih djela kao što su ubojstvo, teško ubojstvo i sl. (27). Primjer kaznenog djela teškog ubojstva u Republici Hrvatskoj, prilikom kojega je tijelo zakopano u skriveni grob, dogodio se 10. srpnja 2018. godine u Varaždinu, kada su počinitelji ubili i u šumi zakopali tijelo muškarca koje je naknadno pronađeno (28). Slučaj koji je također izazvao veliki interes javnosti, a koji se može staviti u kontekst skrivenih grobnica,

dogodio se 7. lipnja 2011. godine kada je nestala 17-godišnja djevojka iz okolice Drniša. Tijelo je pronađeno godinu i pol nakon nestanka na odlagalištu otpada u blizini autoceste pored Josipdola (29,30).

Na temelju navedenog, može se zaključiti da se na području Republike Hrvatske mogu pronaći brojni primjeri skrivenih grobnica, masovnih i pojedinačnih, neovisno o uzrocima i vremenu njihovog nastanka (13–26,28–30)

### **1.3. Važnost razvoja metodologije istraživanja skrivenih grobnica**

Kao što je apostrofirano u uvodu rada, metodologiju istraživanja skrivenih grobnica potrebno je razvijati iz brojnih razloga, a to je ponajprije otkrivanje kaznenih djela, njihovih počinitelja i pronalazak dokaza za uspješno vođenje kaznenih postupaka (27). Važnost razvoja se očituje i u sociološkoj komponenti, odnosno nužnosti da se žrtvi kaznenog djela pruži odgovarajući pijetet, a bliskim osobama koje su doživjele gubitak odgovarajuća satisfakcija (31). Javni interesi, nacionalna, pravna i individualna sigurnost zahtijevaju ulaganje u metodologiju istraživanja skrivenih grobnica. U Republici Hrvatskoj, od njezinog osamostaljenja 1991. godine, vode se žustre političke i ideološke rasprave oko broja žrtava II. svjetskog rata jer je izostao znanstveni pristup istraživanju što je bila podloga za manipuliranje brojkama žrtava. Na razvoj forenzičkih znanosti u Republici Hrvatskoj, a samim time i metodologije istraživanja skrivenih grobnica, snažno su utjecale posljedice Domovinskog rata koje su rezultirale brojnim ljudskim žrtvama i skrivenim grobnicama. Metode, vještine i znanja iz područja arheologije, osteologije, antropologije, daktiloskopije, genetike, traseologije, ortodoncije, patologije i sl., koje su se razvijale s ciljem pronalaska i identifikacije žrtava Domovinskog rata, danas se uspješno koriste u istraživanjima skrivenih grobnica iz II. svjetskog rata i istraživanjima teških kaznenih djela u kojima su takve metode primjenjive i korisne (32). Razvoj metodologije istraživanja skrivenih grobnica zahtjeva ulaganja u znanost i obrazovanje, potrebnu infrastrukturu, tehničku opremu i kadrove, čime se potiče razvoj obrazovnih i znanstvenih ustanova, laboratorija i ostalih komponenti kojima se podiže standard i pozicioniranje Republike Hrvatske i njezinih ustanova kao vodećeg regionalnog središta za područje forenzičkih znanosti (33).

## **2. CILJEVI I HIPOTEZE**

Cilj ovoga istraživanja je istražiti nove metode u otkrivanju skrivenih grobova, te na temelju toga donijeti preporuke za najbolje metode u otkrivanju skrivenih grobova ovisno o kontekstu, karakteristikama i drugim značajkama ukopa.

Hipoteze:

U odnosu na klasične metode, nove metode u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova daju konkretnije i preciznije podatke.

Primjenjivost novih metoda u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova ovisit će o vrsti ukopa, sastavu tla i vremenu koje proteklo od ukopa odnosno smrti.

Zbog primjene novih metoda u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova, klasične metode više neće biti potrebne.

### 3. MATERIJALI I METODE

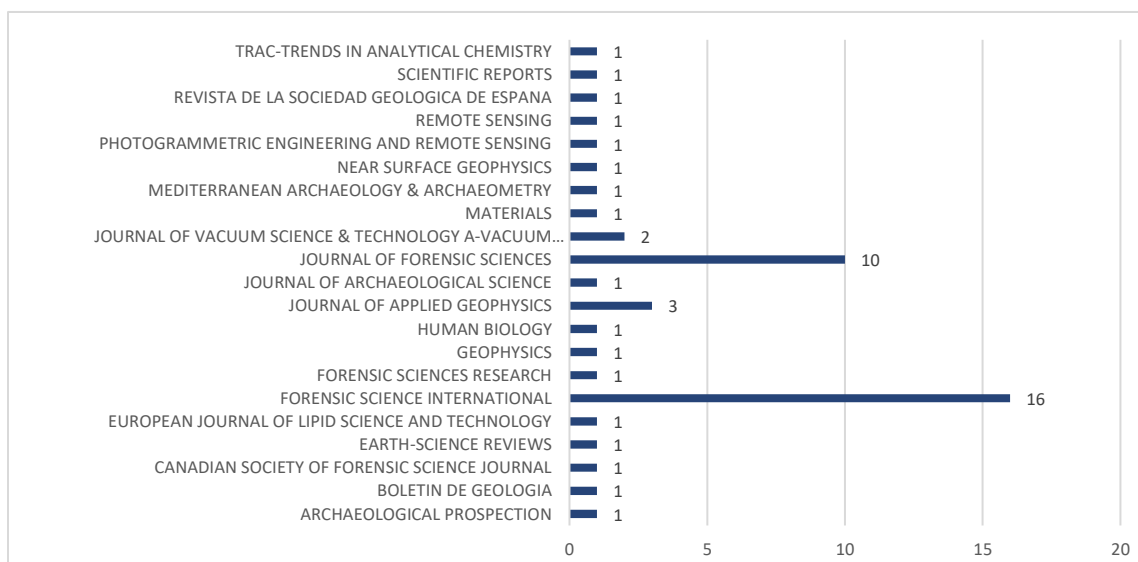
S ciljem pronalaženja znanstveno-relevantnih metoda za otkrivanje skrivenih ukopa i masovnih grobnica, pretražene su sljedeće baze podataka: Web of Science (<https://www.webofscience.com/>), Scopus (<https://www.scopus.com/>) te Open Gray (<https://opengrey.eu/>).

Zadani kriteriji pretraživanja bili su: „clandestine grave“ and „detection“, no limitations/ „mass grave“ and „detection“, no limitations. Rezultati su preuzeti u program Excel te su potom izbrisani duplikati i preostali radovi analizirani. Pregledom sažetaka isključeni su svi radovi koji nisu odgovarali temi odnosno kriterijima istraživanja.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

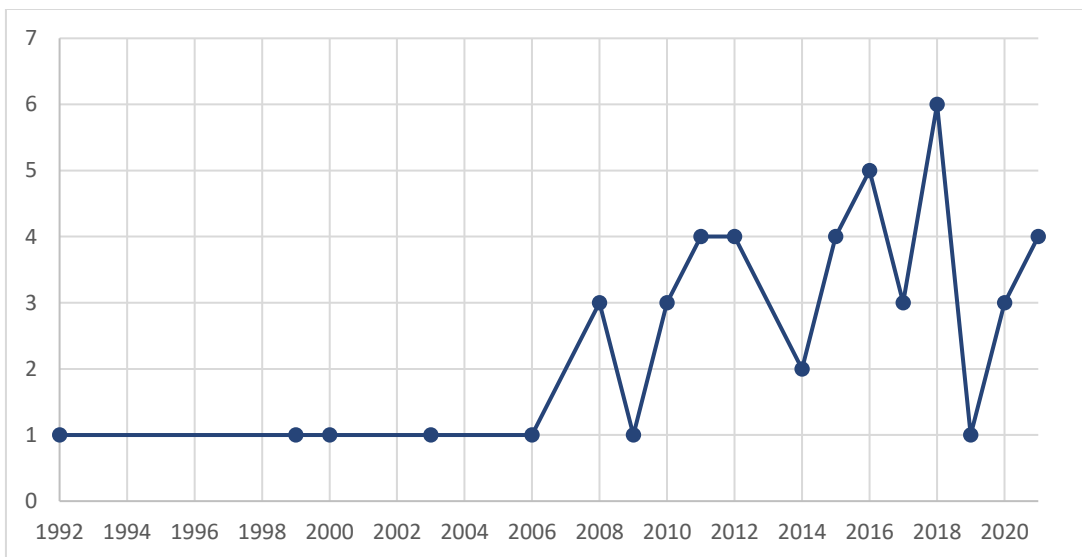
Pretragom baza podataka Web of Science, Scopus i Open Gray za oba kriterija pretraživanja pronađena su 173 znanstvena rada te su nakon brisanja duplikata preostala 153 rada. Detaljnom analizom radova kao relevantni za obradu odabrano je 55 radova (Prilog 1).

Znanstveni članci objavljeni su u ukupno 21 znanstvenom časopisu od čega je 16 radova pronađeno u znanstvenom časopisu „Forensic Science International“, deset u znanstvenom časopisu „Journal of Forensic Sciences“, a ostali u drugim izvorima (Slika 1).



Slika 1. Broj objavljenih radova po časopisu

Na slici 2. prikazano kretanje broja publikacija s navedenom temom od 1992. do 2022. godine, a najviše obrađenih radova objavljeno je u razdoblju od 2009. do 2022. godine.



Slika 2. Broj publikacija prema godini objavljivanja

U nastavku će biti analizirane neke od najzastupljenijih metoda u otkrivanju masovnih grobnica.



## **4.1. Klasične metode otkrivanja skrivenih grobnica**

U sklopu izučavanja novih metoda u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobnica potrebno se osvrnuti na klasične metode njihovog otkrivanja jer se njihova primjena preklapa u procesu otkrivanja skrivenih grobnica. U pravilu, nove metode se primjenjuju nakon što se primjenom klasičnih metoda došlo do odgovarajućih informacija koje omogućavaju njihovu primjenu ili u kombinaciji s klasičnim metodama, posebno ako klasične metode nisu polučile odgovarajućim uspjehom (34). U klasične metode u prvom redu spada obavještajni rad kojim je obuhvaćen širok raspon mogućnosti pogodnih za prikupljanje informacija vezanih uz skrivene grobnice. Isto tako vizualni pregled još je jedna od klasičnih metoda koja može polučiti dobre rezultate u odgovarajućim okolnostima (35).

### **4.1.1. Obavještajni rad**

Obavještajni rad često se rabi u terminologiji redarstvenih vlasti, obavještajnih službi i sličnih državnih tijela i organizacija, a najsrodniji je engleskom pojmu „intelligence“. Prema istraživanju Kenta, a kako navodi Barić, obavještajni rad podrazumijeva postojanje određenih znanja potrebnih za istraživanje, državnih tijela koja se njime bave i stručnih aktivnosti proizišlih iz njega (36).

U smislu otkrivanja skrivenih grobnica, obavještajni rad obuhvaća sve one aktivnosti koje se mogu poduzeti s ciljem prikupljanja informacija o skrivenim grobnicama temeljem kojih se može zaključivati o:

- lokaciji skrivene grobnice;
- vremenu ukopa;
- identitetu ukopanih osoba;
- okolnostima smrti i razlozima ukopa, odnosno vezi s nekim događajem (kaznenim djelom, ratnim zbivanjima, prirodnim katastrofama i sl.);
- osobama koje imaju veze s ukopom (počinitelji, supočinitelji, očevici i sl.);
- načinu i sredstvu kojim je realiziran ukop (ručno, pomoću strojeva itd.);
- ostalim podacima koji mogu biti od koristi za otkrivanje skrivenih grobnica i okolnostima njihovog nastanka (37).

U navedenu svrhu, u sklopu obavještajnog rada, obavljaju se sljedeće aktivnosti:

- razgovori s osobama koje mogu dati korisne obavijesti;
- prikupljanje obavijesti iz sredstava javnog priopćavanja (radio, televizija, dnevni tisak, društvene mreže, arhivske snimke, itd.);
- pregled ili pretraga relevantnih isprava, dokumentacije, sredstava komuniciranja i baza podataka (računalne baze podataka, vojne karte i dokumentacija, službene evidencije, arhivska građa, privatni zapisi, snimke, pametni telefoni i sl.)
- nadzor komunikacija (telefonski razgovori, kontakti, elektronička komunikacija, GPS lokacija mobilnih uređaja, itd.);
- razmjena podataka sa službama drugih država;
- traženje podataka od nevladinih organizacija koje mogu imati korisne obavijesti;
- analitička obrada prikupljenih podataka;
- interpretacija dobivenih rezultata;
- druge prikladne mjere i radnje u cilju prikupljanja korisnih obavijesti (37).

#### **4.1.2. Vizualni pregled terena**

Vizualnom pregledu terena uglavnom prethodi obavještajni rad. Ako iz obavještajnog rada proiziđe sumnja da se na određenom području nalazi skrivena grobnica, poželjno je obaviti vizualni pregled terena (37).

Uspješnost vizualnog pregleda prvenstveno ovisi o:

- preciznosti i točnosti rezultata obavještajnog rada;
- posebnim znanjima i iskustvu istražitelja;
- vremenu, načinu i mjestu ukopa;
- kombiniranju pregleda sa suvremenim metodama i sofisticiranom tehničkom opremom i dr.

O rezultatima obavještajnog rada, odnosno o preciznosti i točnosti informacija koje su dobivene obavještajnim radom uvelike ovisi opravdanost i svrsishodnost pregleda terena i njegova kompleksnost.

Posebna znanja i iskustva bitne su značajke o kojima ovisi uspješnost pregleda terena. Tu se ponajprije misli na ranija iskustva u takvim aktivnostima i znanja iz područja forenzičkih znanosti (prepoznavanje promjena na tlu, vegetaciji, prisutnost određenih životinjskih vrsta,

kemijske promjene, promjene uslijed djelovanja mikroorganizama itd.). Organizacijske, logističke, taktičke i metodološke vještine i znanja značajno utječu na uspješnost pregleda terena (angažman dovoljnog broja ljudi, podjela terena na manje teritorijalne jedinice, jasne i konkretne zadatke itd.) (38).

### **4.1.3. Promjene vegetacije kao sredstvo otkrivanja skrivenih grobnica**

Da se na određenom području nalazi grobno mjesto (prema: Killam i sur. 1990.) može se odlučivati na temelju promjena u vegetaciji, a najčešće se radi o promjenama u bujnosti biljaka, njihovom rastu ili oštećenjima na poremećenom mjestu. Te razlike ponajprije se očituju kroz povećanje rasta biljaka uslijed boljih uvjeta za rast, zatim slabiji rast biljaka uslijed otežanog prodiranja kroz podlogu. Isto tako, rahljenje, prozračivanje i bolja drenaža tla na grobnim mjestima mogu utjecati na poboljšanje uvjeta za rast biljaka. Raspadanjem posmrtnih ostataka hranjive tvari dolaze u tlo što može utjecati na rast većih i bujnijih biljaka, njihovu dominantniju boju i dulje razdoblje uspijevanja (39).

Tijekom eksperimentalnog istraživanja na otvorenom prostoru u Italiji, u kojemu se pratila dinamika vegetacije pet grobnih mjesta u koja su ukopani svinjski leševi, kontrolne grobnice u kojoj nije bilo ukopa i zemljišta na kojemu nije bilo nikakvih promjena, utvrđeno je da se sastav biljnih vrsta i pokrivenost značajno razlikuju između tla na kojemu se nalaze ukopi i tla na kojemu nije bilo ukopa, odnosno da je tlima na kojima se nalaze eksperimentalni i kontrolni ukopi došlo je do povećanja ruderalnih vrsta u vegetaciji i istodobnog smanjenja onih otpornih na stres. S druge strane, eksperimentalni i kontrolni grobovi nisu se mogli međusobno razlikovati, a glavni čimbenik koji je na njima imao utjecaja na biljni pokrov je mehaničko djelovanje na tlo prilikom ukopa, dok prisutnost ukopanih leševa nije utjecala na dinamiku vegetacije (40).

Istraživanjem koje se provodilo na eksperimentalnim grobnicama i kontrolnom tlu u australskoj šumi pratila se brzina promjena površinskih anomalija nakon poremećaja tla ukopom. Tijekom razdoblja od tri godine vegetacija na grobnim mjestima i kontrolnim parcelama se kontinuirano povećavala, ali je ostala značajno manja u odnosu na vegetaciju na kontrolnim parcelama (41).

Vegetacija je jedan od čimbenika ključnih za otkrivanje arheoloških lokaliteta, stoga se u zračnoj arheologiji uz pomoć kosih fotografija, koje se kasnije analiziraju na temelju izgleda i

promjena na vegetaciji, može zaključivati na postojanje arheoloških lokaliteta na određenom prostoru jer su indikatori arheoloških lokaliteta međuovisni o geologiji, klimi i vegetaciji (42).

Iz navedenog se može zaključiti da se uz pomoć promjena na vegetaciji i odgovarajućoj metodologiji njihovog praćenja, evidentiranja i analize mogu identificirati ili otkriti lokaliteti na kojima se nalaze skrivene grobnice (39–42).

## **4.2. Nove metode otkrivanja skrivenih grobnica**

Kontinuiranim ulaganjem u obrazovanje i znanost, u razvijenijim zemljama svijeta, stvorili su se uvjeti u kojima znanstvenici imaju resurse i mogućnost provoditi brojna istraživanja u onim područjima znanosti koja su predmet njihovog interesa. U svome znanstvenom radu dolaze do različitih spoznaja, od onih koje osporavaju ranija istraživanja do novih otkrića. U takvim okolnostima forenzika i komplementarne znanosti, čije spoznaje i metode imaju značajnu ulogu u otkrivanju skrivenih grobnica, ubrzano se razvijaju, a u simbiozi s tehnološkim napretkom dolazi do revolucionarnih pomaka u razvoju metoda koje omogućavaju uspješno otkrivanje skrivenih grobnica.

### **4.2.1. Posebno obučeni psi**

Zbog razvijenih osjetila, ponajprije njuha i sluha, posebno obučeni psi imaju široku primjenu u raznim područjima. Najčešće se rabe u svrhu traganja za osobama, detekcije droga, eksploziva, duhanskih proizvoda, itd. Njihova primjena u pronalasku žrtava uslijed prirodnih nepogoda (potresi, poplave i sl.) je postala standard. Nove spoznaje upućuju na mogućnost korištenja pasa u medicinskoj dijagnostici. Prema istraživanju Mazzola i sur., posebno obučeni psi imaju sposobnost uspješnog detektiranja hlapljivih organskih spojeva u urinu povezanih s rakom pluća (43). S obzirom na njihovu učinkovitost i pouzdanost, uz znatno manje izdatke nego što je slučaj sa sofisticiranim tehničkim uređajima, svoju primjenu našli su u traganju za ljudskim ostacima i skrivenim grobnicama.

Prema istraživanju Alexandera i sur. psi za detekciju ljudskih ostataka lakše detektiraju mirise na područjima gdje se nalaze pjeskovita tla, nego gdje su tla koja sadrže glinu i koja su manje propusna za mirise. U istom se istraživanju ističe da temperatura i vlažnost zraka, te brzina i smjer vjetra utječu na učinkovitost detekcije o čemu vodiči pasa moraju voditi brigu (44). U drugom istraživanju Alexander i sur. došli su do zaključka da psi za detekciju ljudskih ostataka,

ispod raspadajućih ljudskih ostataka, mogu uspješno detektirati njihov miris od 75 % do 100 % čak 667 dana nakon uklanjanja ljudskih ostataka s površine tla (45).

Posebno obučanim psima za detekciju ljudskih ostataka učinkovito se koristi u arheološkim istraživanjima skrivenih grobnica. Glavaš i sur. ističu kako su pri arheološkim istraživanjima Velebitskog primorja na lokalitetu Drvišica, psi za detekciju ljudskih ostataka uspješno otkrili pet prapovijesnih grobnica (46). Također, istraživanje Cablka i sur. upućuju na to da su posebno obučeni psi učinkovit alat za lociranje pojedinačnih ljudskih zuba pri pretraživanju terena (47).

Na temelju navedenih istraživanja može se zaključiti da se psi za detekciju ljudskih ostataka, uz određena ograničenja, mogu vrlo uspješno rabiti za pronalazak skrivenih grobnica, stoga je preporuka da njihovo korištenje postane standard pri pregledu terena u svrhu pronalaska ljudskih ostataka i skrivenih grobova (43–47).

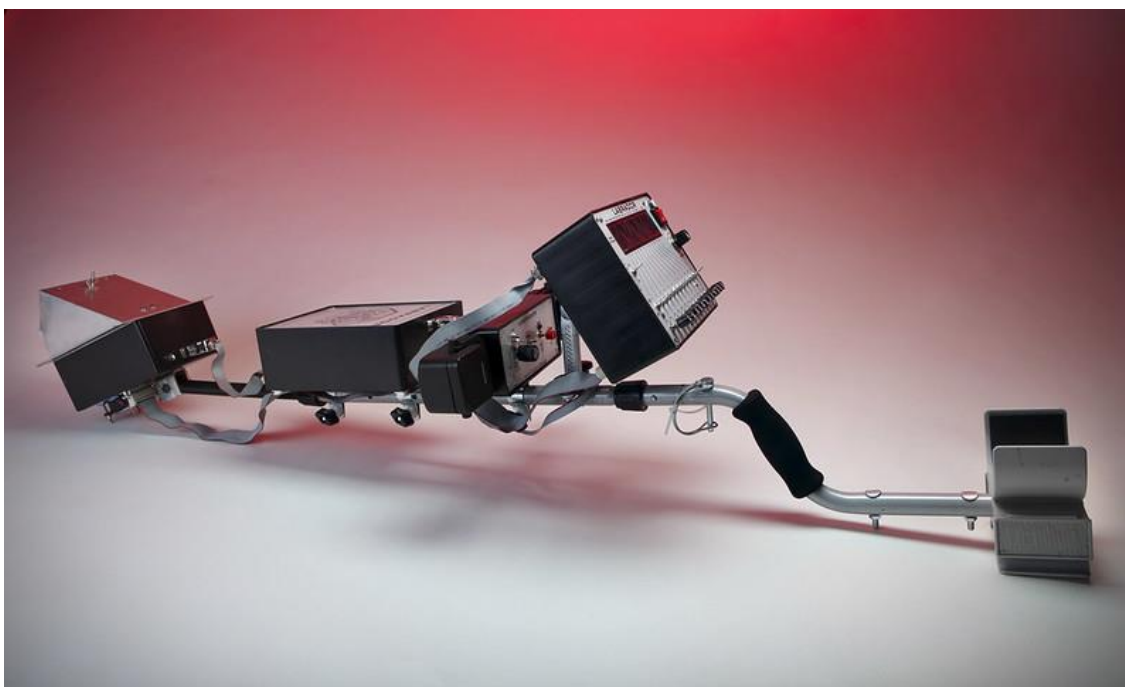
#### **4.2.2. Kemijski senzori (uređaj LABRADOR)**

Korištenje kemijskih senzora u otkrivanju posmrtnih ljudskih ostataka, odnosno skrivenih grobnica, je relativno novi aspekt njihovog korištenja. Prema Hulanickom i sur. kemijski senzori su uređaji koji pretvaraju informaciju o kemijskom sastavu uzorka u analitički mjerljiv signal. Kemijski senzor je ključna komponenta analizatora (48).

Upotreba kemijskih senzora u industriji i znanosti nije novost, a multidisciplinarni pristup u forenzičnim znanostima otvorio je mogućnost razvoja i upotrebe kemijskih senzora u forenzičnim istraživanjima (49).

Suočen s izazovima koje predstavlja otkrivanje skrivenih grobnica, američki Federalni ured za istrage (*Federal Bureau of Investigation* - FBI) financirao je istraživanje pri Nacionalnom laboratoriju Oak Ridge s ciljem otkrivanja kemijskih biljega koji su povezani s mirisima raspadanja ljudskog tijela. Prema navedenom istraživanju, a kako navodi Vass (2004), identificirano je preko 400 različitih kemijskih spojeva koji se oslobađaju pri raspadanju ljudskog tijela. Od navedene brojke, oko 40 kemijskih spojeva kontinuirano dospijeva na površinu bez obzira na dubinu i starost groba (50).

Na temelju poznate primjene kemijskih senzora istraživači Nacionalnog laboratorija Oak Ridge konstruirali su Lagani (ručni) analizator za zakopane ostatke i prepoznavanje mirisa raspadanja (eng. *light-weight analyser for buried remains and decomposition odor recognition*) koji je skraćeno nazvan LABRADOR (Slika 3.).



Slika 3. Fotografija uređaja LABRADOR (51)

Lagani analizator za zakopane ostatke i prepoznavanje mirisa raspadanja tzv. LABRADOR je ručni detektor kemijskih spojeva koji se sastoji od dvanaest grijanih metalnih oksidnih senzora koji funkcioniraju na principu promjene električnog otpora prilikom izloženosti različitim kemijskim parama. Više različitih senzora reagira na određene kemikalije ili vrste kemikalija u skladu s kemijskim sastavom metalnog oksida na senzoru i temperaturom na kojoj radi. Svaki senzor ima jedinstvenu audio frekvenciju u rasponu od 220 Hz do 657 Hz temeljem čega uređaj daje zvučni signal o prisutnosti odgovarajućih kemijskih spojeva. Iako osjetljivost uređaja nije kao kod masenog spektrometra, njegova sposobnost da tijekom 60 sekundi pruži podatke o prisutnim kemijskim spojevima se može usporediti s plinskom kromatografijom (50).

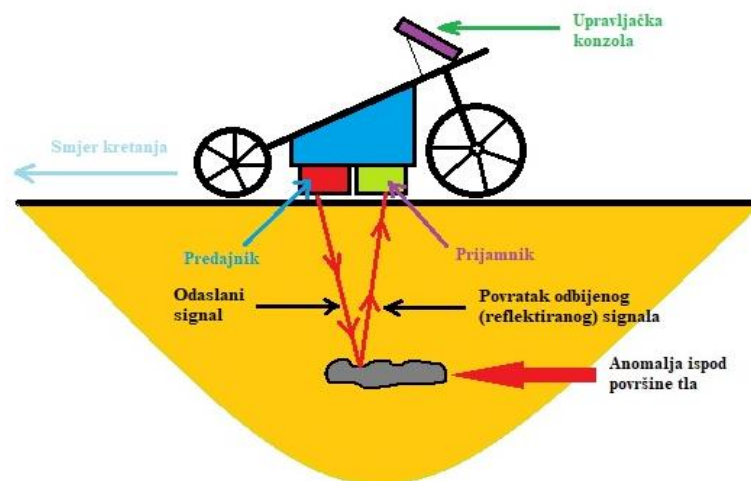
Budući da je uređaj konstruiran od postojećih i dostupnih komponenti u kombinaciji s 12 senzora koji su dizajnirani za otkrivanje glavnih vrsta kemijskih spojeva koji nastaju pri razgradnji ljudskog tijela, troškovi njegove izrade nisu bili visoki i procjenjuju se na 1000 do 1500 američkih dolara (50).

Metodologija razvijena primjenom tehnologije na principu kemijskih senzora desetljećima je prisutna u znanstvenoj zajednici, stoga uređaj LABRADOR, koji je konstruiran na tim principima, zadovoljava kriterije da bude verificiran kao standardna dokazna metoda u sudskim postupcima (50).

Posebno obučeni psi za detekciju ljudskih ostataka i kemijski senzori, odnosno ručni analizatori za zakopane ostatke i prepoznavanje mirisa raspadanja, funkcioniraju na isti način, razlika je u sensorima koji su kod pasa prirodni, međutim, cijena uređaja LABRADOR značajno je niža od cijene pasa i njihove dugotrajne obuke, stoga je preporuka da ovakvi uređaji budu standard u državnim tijelima i ustanovama koje se bave pronalaženjem skrivenih grobova (policijski istražitelji, arheolozi itd.) (43–51).

### 4.2.3. Georadar

Georadar (engl. *Ground Penetrating Radar* - GPR) je neinvazivna tehnika koja u stvarnom vremenu, koristeći visokofrekventne radio valove, daje podatke s vrlo visokom rezolucijom u kratkom vremenu, a rabi elektromagnetske valove koji putuju određenom brzinom koja ovisi o materijalu kroz koji prodiru zbog razlike u električnim svojstvima, čime pruža odzive u različito vrijeme (52).



Slika 4. Prikaz funkcioniranja georadara, Izvor: Autor

Georadar radi na principu odašiljanja elektromagnetske energije ispod površine tla, koja se zbog promjena u dielektričnoj permitivnosti ispod površine tla, vraća u antenu (slika 4.). Što je veći kontrast u dielektričnoj permitivnosti između ovih materijala, veća je amplituda odgovora georadara. Georadar može detektirati različite materijale, vrlo brzo može pokriti velike površine, i relativno je neosjetljiv na okolišnu buku. Međutim, provodljiva tla mogu značajno prigušiti signal što dovodi do slabljenja dubinskog prodiranja, antene mogu prenijeti slike čija rezolucija nije dovoljna za lociranje groba, a korištenje georadara kroz površinske zapreke nije moguće. Potrebno je istaknuti da je tlo prepuno anomalija koje nisu nužno relevantne za detekciju neoznačenih grobova, što otežava interpretaciju dobivenih podataka (53).

Istraživanja iz područja forenzičke geologije, u kojima se rabi radar koji prodire u zemlju s ciljem detektiranja anomalija ispod površine tla povezanih sa skrivenim ljudskim ukopima, provode se desetljećima. Istraživanja su se provodila u simuliranim i pravim grobovima, te traženjem skrivenih grobova. Za istraživanje mjesta ukopa rabi se plitka tehnika radarom opremljenim antenom jačine 450 MHz kojoj je svrha otkrivanje i razgraničavanje anomalija ispod površine tla. Rezultati koji se dobivaju ovom metodom mogu se razdijeliti, ovisno o načinu ukopa, na izravno polijeganje tijela u tlo, u lijesu s metalnim kovčegom ili bez njega, ili u vrećama. Dokazano je da korištenje georadara može doprinijeti u otkrivanju različitih načina na koji su nastali skriveni grobovi. Sistematičnom analizom provedenom u simuliranoj grobnici također je utvrđeno da zakopani elementi ne generiraju anomaliju koja može biti detektirana za razliku od strukture iskopa i materijala koji ga ispunjavaju (54).

Istraživanja koja su se provodila u Connecticutu s ciljem identifikacije neoznačenih grobova pokazala su da učinkovitost georadara značajno ovisi o lokaciji, pogodnosti tla i općih uvjeta, odnosno da nije toliko pouzdan alat jer funkcionira dobro samo u određenim uvjetima tla i okoliša, a da su karakteristike tla, metode ukopa, starost i tafonomija, pomogle ili odnemogle funkcioniranju georadara (55).

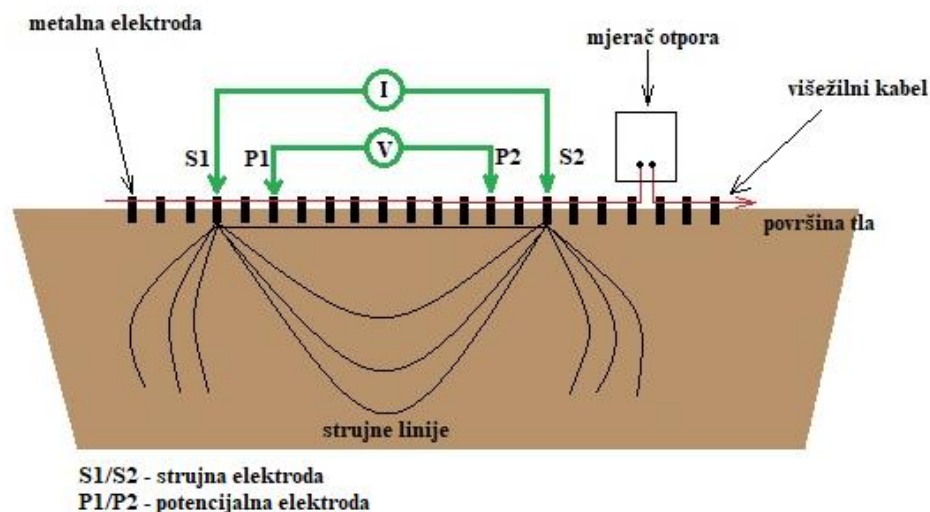
Georadar je, kao geofizička metoda pretraživanja blizu površine tla, dominirao među metodama koje su se rabile u geofizičkim istraživanjima, međutim, u novije vrijeme tehnike poput električne otpornosti postale su češće (56).



#### 4.2.4. Tomografija električne otpornosti

Tomografija električne otpornosti je metoda za karakterizaciju materijala ispod površine u smislu njihovih električnih svojstava. Varijacije u električnoj otpornosti (ili vodljivosti) obično su u korelaciji s varijacijama u litologiji, zasićenosti vode, vodljivosti fluida, poroznosti i propusnosti, koje se mogu rabiti za mapiranje stratigrafskih jedinica, geološke strukture, vrtača, prijeloma i podzemnih voda (57).

Metoda funkcionira na principu puštanja struje u tlo putem para elektroda, a zatim se dobiveno polje potencijala mjeri odgovarajućim parom potencijalnih elektroda (slika 5.). Elektrode su povezane sa središnjom upravljачkom jedinicom putem višezilnih kabela. Podaci o otpornosti zatim se bilježe složenim kombinacijama strujnih i potencijalnih parova elektroda kako bi se ispod linije istraživanja izgradio pseudo presjek prividne otpornosti. Dubina istraživanja ovisi o odvajanju i geometriji elektroda. Većim separacijama elektroda koje daju mjerenja otpornosti na masu iz većih dubina (57).



Slika 5. Princip rada tomografije električne otpornosti, Izvor: Autor

Metoda je uspješno primijenjena u kampusu Sveučilišta znanosti i tehnologije Kwame Nkrumah, Kumasi u Gani gdje se pretpostavljalo da se nalazi staro kraljevsko groblje zbog pravokutnih oblika i kontrasta otpornosti, a rezultati su potvrđeni numeričkim modeliranjem

temeljem kojega je potvrđeno da se na navedenom području nalazi staro groblje koje treba sačuvati kao kulturnu baštinu (58).

Eksperimentalno istraživanje mjerenjem električne otpornosti koje je uključivalo šest grobnica koje se sastoje od masovne grobnice sa šest ljudskih leševa, kontrolne masovne grobnice bez ijednog, tri pojedinačne grobnice s po jednim ljudskim lešom i kontrolne pojedinačne grobnice bez ijednog leša, pokazalo je povećanje električne otpornosti dva dana nakon pokopa u svim grobovima s ljudskim ostacima i kontrolnim grobovima. Nakon toga otpor se smanjivao u grobovima s ljudskim ostacima. Istraživanje je potvrdilo potencijal električne otpornosti kao forenzičkog alata za lociranje masovnih i pojedinačnih ukopa i kao neinvazivne tehnike praćenja ljudske razgradnje (59).

U istraživanjima hrvatskih pećina pokazalo se da tehnika daljinskog istraživanja, poznata kao električna rezistentna tomografija (ERT), daje bolje i preciznije rezultate od georadara (GPR) zbog visoke količine vlage u sedimentima na ulazima i unutrašnjosti pećina. Testiranja koja su obavljena u Baračevoj spilji i pećini Bukovac tijekom ljeta 2013. godine pokazala su da uvjeti u brojnim pećinama daju prednost električnoj rezistentnoj tomografiji (ERT) pred georadarom (GPR) (60).

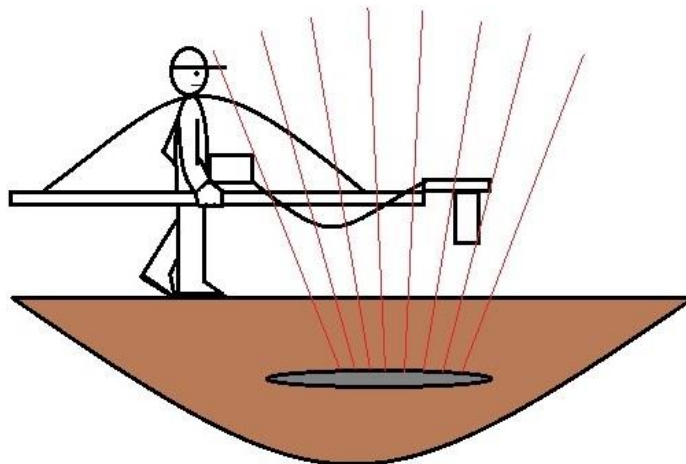
Iz navedenog je vidljivo da je tomografija električne otpornosti (ERT) pouzdana metoda koja u odgovarajućim uvjetima može dati precizne podatke čijom se interpretacijom mogu uspješno otkrivati i analizirati skriveni grobovi (57–60).

#### **4.2.5. Magnetometrija i mjerenje magnetskog susceptibiliteta**

Magnetometrija mjeri male perturbacije ili "anomalije" Zemljinog magnetnog polja koje se mogu povezati s prisutnošću feromagnetskih i paramagnetskih tvari (61). Njome se u principu mjeri varijacija magnetskog polja na površini zemlje, tako da detektiraju mala ili lokalna odstupanja normalnog Zemljinog magnetnog polja, a varijacije magnetnim kontrastom između zakopanih arheoloških obilježja, susjednog tla i sedimenata omogućuju magnetometrima otkrivanje arheoloških nalazišta ispod površine tla (62).

Magnetometrija je prvi puta primijenjena u arheološke svrhe 1956. godine, otkada je, tijekom godina, postala jedna od najvažnijih arheoloških metoda za otkrivanje i izradu mapa arheoloških nalazišta (62).

Primarno sredstvo mjerenja u magnetometriji je magnetometar (slika 6.). To je instrument za mjerenje jakosti magnetskoga polja ili magnetskoga momenta (63).



Slika 6. Ispitivanje tla magnetometrom, Izvor: Autor

Magnetskom susceptibilnošću se opisuje svojstvo tvari da mogu biti magnetizirane u magnetskom polju, a može biti pozitivna ili negativna (64). Pozitivna je za feromagnetične i paramagnetične tvari, a negativna za dijamagnetične tvari (65).

Istraživanja Pringlea i sur. sugeriraju da je magnetska osjetljivost relativno jeftin, brz i učinkovit alat, za određivanje poremećenog tla iznad zakopanih objekata i spaljenih površinskih ostataka u različitim vrstama tla, međutim nužna su daljnja istraživanja i prikupljanja podataka vezanih uz predmete kojima je poznata dob ukopa, u svrhu usporedbe i korištenja u slučajevima forenzičkih pretraživanja za potvrđivanje tehnike (56).

Speleološka istraživanja jamskog sustava Kita Gaćešina-Draženova puhaljka i Slovačka jama u Republici Hrvatskoj sugeriraju da je magnetski susceptibilitet mjerljiv u podzemlju, da mjerenja pokazuju značajne promjene vrijednosti koje mogu upućivati na promjene u mineraloškom sastavu, izvorišnom materijalu te klimatskim uvjetima za vrijeme taloženja istraživanih sedimenata (66).

Tomografija električne otpornosti, magnetometrija i georadar mogu se primjenjivati za otkrivanje grobova s određenim uspjehom, ali zahtijevaju da je grobni lokalitet poznat i da istraživači fizički budu prisutni na mjestu koje se obrađuje tim metodama (67).

#### **4.2.6. Uzorkovanje tla**

Svaka metoda kojom se koristi za otkrivanje skrivenih grobnica nije jednako prikladna u svim okolnostima i njihova primjena uvijek ovisi o individualnim prilikama koje zahtjeva konkretna situacija. Istraživanja pokazuju da se skrivene grobnice, osim gore navedenim metodama, mogu detektirati uzorkovanjem tla i laboratorijskim ispitivanjem njegovog kemijskog sastava i identifikacije spojeva koji se oslobađaju prilikom raspadanja ljudskog tijela (68).

U tom smislu razvijene su metode ispitivanja uzoraka tla i utvrđivanja nalaze li se u njima dokazi o prisutnosti kemijskih spojeva koji nesporno upućuju na to da se radi o mjestu ukopa, odnosno mjestu gdje je došlo do raspadanja posmrtnih ljudskih ostataka, a one se temelje na korištenju pouzdanih i provjerenih metoda analitičke kemije za kvalitativnu i kvantitativnu analizu (69).

Isto tako, navedene metode se mogu rabiti za procjenjivanje protoka vremena od ukopa, odnosno početka raspadanja posmrtnih ostataka, što je iznimno važno u forenzičnim istraživanjima i usmjeravanju njihovog daljnjeg tijeka (70).

##### **4.2.6.1. Plinska kromatografija u kombinaciji s masenom spektrometrijom**

Plinska kromatografija s masenom spektrometrijom pouzdana je i provjerena analitička metoda za kvalitativnu i kvantitativnu analizu uzoraka, a odgovarajućom primjenom u forenzičnim istraživanjima može dati vrlo precizne i vjerodostojne podatke koji se kasnije mogu koristiti u dokaznim postupcima pred sudom (71).

U osnovi, kromatografska analiza služi za odjeljivanje, identifikaciju i kvantitativno određivanje kemijskih sastojaka prisutnih u složenim smjesama, a spektrometrija za mjerenje koncentracije i količine tvari. Prema Skoogu i sur. nijedna druga metoda kemijske analize nije moćna i primjenjiva kao kromatografija (71).

Zajedničko korištenje plinske kromatografije i masene spektrometrije daje točniju identifikaciju i kvantifikaciju tvari (72).



Slika 7. Uređaj za plinsku kromatografiju i masenu spektrometriju GC-MS, Izvor: Autor

Istraživanja su pokazala da se plinskom kromatografijom u kombinaciji s masenom spektrometrijom iz uzorka tla, mogu identificirati i prepoznati kemijski spojevi koji su nastali kao produkt saponifikacije ljudskog tijela (73).

Važno je istaknuti da primjena navedenih metoda zahtjeva veliko stručno znanje, odgovarajuću skupocjenu tehničku opremu (74), pronalaženje odgovarajućeg uzorka i njegovo pripremanje u laboratoriju, određivanje broja više istovjetnih uzoraka radi paralelnih ispitivanja, uklanjanje interferencija, umjeravanje instrumenata, izračunavanje i vrednovanje rezultata te procjenu njihove pouzdanosti (71).

Na temelju navedenog može se zaključiti da plinska kromatografija u kombinaciji s masenom spektrometrijom jamči vrlo precizne i pouzdane rezultate, no zbog tehničkih karakteristika uređaja njegova terenska primjena ne bi bila praktična, ali zbog pouzdanosti i preciznosti metode svakako se preporučuje njezina primjena, posebno u sklopu dokaznih radnji za kaznena djela (71–74).

#### **4.2.6.2. Metode koje se temelje na ninhidrinskoj reakciji**

Otkrivanje skrivenih grobova pomoću ninhidrinske reakcije pripada novijim istraživanjima iz područja forenzičkih znanosti koja se temelje na kemijskim metodama. Upotreba ninhidrina u forenzičkim istraživanjima opisana je 1954. godine kao nova metoda za uspješnu detekciju otisaka papilarnih linija na papiru (75). Znanstvena istraživanja su pokazala da se pri raspadanju tijela u okolno tlo ispušta dušik (N), dio u obliku amonija ( $\text{NH}_4^+$ ), a dio u obliku nitrata ( $\text{NO}_3$ ) (76). U istraživanju 2002. godine, Carter i sur., pod pretpostavkom da razgradnja tijela rezultira značajnim

povećanjem ninhidrinski reaktivnog dušika, koristili su tijela mladih štakora koja su zakopavali u zemljište na parceli 2 m<sup>2</sup>. Dva metra od grobnih mjesta nalazile su se kontrolne grobnice (tla bez leševa), a potom su uzorkovali grobno i kontrolno tlo 7, 14, 21 i 28 dana od ukopa, a eksperiment su replicirali šest puta iz čega je nastalo 48 uzoraka tla. Laboratorijska analiza uzoraka grobnog tla u kojima su se nalazili zakopani leševi rezultirala je povećanjem od 1,4 do 2,2 puta ninhidrinski reaktivnog dušika u odnosu na kontrolno tlo (76).

U provedenoj studiji Van Belle i sur. istraživali su odnos oslobađanja ninhidrinski reaktivnog dušika u slučaju ukopa na dubini cca 40 cm i raspadanja leša na površini tla, kao i djelovanje ninhidrinski reaktivnog dušika bočno od mjesta ukopa. Istraživanje je rezultiralo značajnim povećanjem ninhidrinski reaktivnog dušika u prvih dva mjeseca od ukopa u uzorku uzetog iz središta groba na dubini cca 20 cm. Slične nalaze u prvih šest mjeseci od ukopa je dao i uzorak tla uzet iz podnožja groba, dok u uzorcima uzetim 60 cm bočno od mjesta ukopa nije uočena promjena koncentracije ninhidrinski reaktivnog dušika. Uzorci uzeti u neposrednoj blizini leševa koji su se raspadali na površini tla rezultirali su povećanom koncentracijom ninhidrinski reaktivnog dušika kroz prvih 97 dana od početka raspadanja. Na temelju studije zaključeno je da se grobna tla mogu detektirati metodama ninhidrinski reaktivnog dušika dva mjeseca iz uzorka uzetog iz mjesta ukopa, te 97 dana iz tla u neposrednoj blizini leša koji se raspadao na površini tla (77).

Istraživanja uporabe ninhidrinski reaktivnog dušika radi procjene intervala nakon smrti ukazuju da se leševi mase  $\leq 20$  kilograma raspadaju brže od leševa veće mase. S druge strane ukazuju da su leševi do 1 kilograma povezani sa sporijim oslobađanjem ninhidrinski reaktivnog dušika u grobno tlo, ali njegovom većom koncentracijom po kilogramu trupa. Temeljem navedenih istraživanja zaključeno je masa trupa može utjecati na brzinu razgradnje i oslobađanja ninhidrinski reaktivnog dušika u grobno tlo i da u kemijskim istraživanjima grobnih mjesta, u svrhu procjene intervala nakon smrti, neonatalni posmrtni ostaci zahtijevaju drugačiju jednadžbu od posmrtnih ostataka većih trupala (78).

Proučavajući tijek raspadanja posmrtnih ostataka Anderson i sur. proveli su terenski eksperiment s ciljem mjerenja razine kemijskih elemenata u svinjskom grobnom tlu nakon prve i treće godine od početka raspadanja. Položili su lešinu svinje na površini tla pašnjaka tijekom lipnja na području gdje je hladnija klima. Godinu dana od početka raspadanja zabilježeni su značajni porasti ( $P < 0.05$ ) u razini ninhidrin-reaktivnog dušika, pH, ukupnog dušika, i nitrata u grobnom

tlu, a nakon tri godine od početka raspadanja lešine nisu otkrivene značajne razlike. Rezultati istraživanja podudaraju se s izostajanjem rasta vegetacije na grobnom tlu u prvih godinu dana od početka raspadanja lešine, a potom bujanjem vegetacije tijekom tri godine od početka raspadanja lešine. Zaključeno je da se spoznaje do kojih se došlo pri navedenom istraživanju mogu iskoristiti za planiranje i usmjeravanje tijekom ranih faza istraživanja smrti (79).

U istraživanju Graumans i sur. razvili su novi oblik primjene ninhidrina u otkrivanju skrivenih grobova. U sklopu istraživanja uzeli su uzorke tla u blizini svinje, dva mjeseca od početka njezinog raspadanja, nakon čega su na suhom ledu uzorke dostavili u laboratorij gdje su hidratizirani i potom adsorbirani na filtarski papir koji je tretiran ninhidrinskim reagensom. Uzorci tla koji su uzeti u blizini leša dali su pozitivne rezultate u vidu tamno ljubičastog obojenja, dok je kontrolno tlo s istog područja (koje nije bilo u blizini leša) reagiralo svijetlim ljubičastim obojenjem što upućuje na niske koncentracije ninhidrinski reaktivnog dušika. Unatoč uspješnosti eksperimenta, autori pozivaju na još istraživanja u svrhu usavršavanja metode i postizanja njezine pouzdanosti (80).

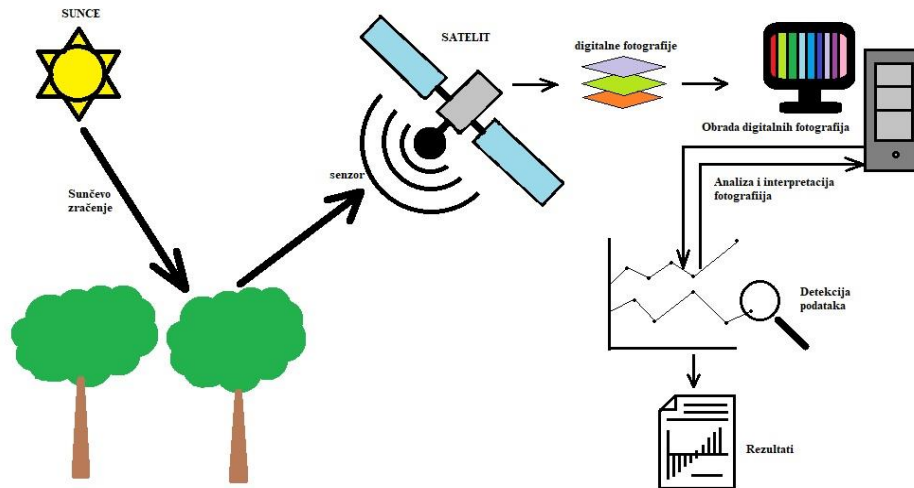
Slijedom navedenog, može se zaključiti da se skrivene grobnice mogu detektirati metodama temeljenim na ninhidrinski reaktivnom dušiku i da se one mogu rabiti za procjenu intervala nakon smrti, međutim postoje ograničenja u primjeni i potrebna su dodatna znanstvena istraživanja radi usavršavanja metoda (75–80).

#### **4.2.7. Optička daljinska istraživanja**

Optička daljinska istraživanja, ponajprije uz pomoć satelita i letjelica (zrakoplovi, dronovi sl.), omogućuju brzo pretraživanje većih geografskih područja bez ograničenja koje imaju istraživači na površini zemlje (zahtjevna konfiguracija terena, sigurnosne okolnosti i sl.). Hiperspektralne slike koje dobivaju istraživači na ovaj način daju preko stotinu slojeva podataka koji se mogu selektivno ispitati i analizirati kako bi se otkrile suptilne promjene u reflektirajućim spektrima površine. Istraživanja su pokazala da su optička daljinska istraživanja moćan alat za pronalazak skrivenih grobnica (67).

#### 4.2.7.1. Hiperspektralno snimanje iz zraka

Hiperspektralno snimanje iz zraka potencijalno je sredstvo kojim se mogu otkrivati pojedinačna grobna mjesta, jer se navedena tehnika pokazala vrlo učinkovitom u otkrivanju masovnih grobnica, međutim, otkrivanje pojedinačnih grobnica je za red veličine teže zbog manjih gabarita i mase u odnosu na masovne grobnice (81).



Slika 8. Skica procesa hiperspektralnog snimanja, Izvor: Autor

Hiperspektralno snimanje (engl. *Hyperspectral Imaging* – HSI) je kombinacija digitalnog snimanja i spektroskopije kojim se skupljaju, klasificiraju i procesuiraju informacije elektromagnetskog spektra kojemu je cilj očuvanje spektra za svaki pojedini piksel unutar neke snimke u svrhu pronalaska objekta, identifikacije materijala ili detekcije nekog procesa (82).

Hiperspektralna slikovna dijagnostika spaja konvencionalno snimanje i spektroskopiju kako bi se dobile prostorne i spektralne informacije iz uzorka. Ova tehnika omogućava istražiteljima da analiziraju kemijski sastav tragova i u isto vrijeme vizualiziraju njihovu prostornu rasprostranjenost. Hiper-spektralna slikovna dijagnostika ima značajan potencijal u detekciji, vizualizaciji, identifikaciji i procjeni starosti forenzičkih tragova. Karakteristike metode, brzina, ne-destruktivnost i bezkontaktnost čine ovu metodu vrlo prikladnim analitičkim alatom u forenzičnim znanostima. Primarno je razvijena za aplikacije udaljenog snimanja koje su rabile satelitske snimke planeta zemlje, ali od tada je primjenjivana u različitim poljima kao što je prehrana, farmacija i medicinska dijagnostika. Hiperspektralne slike analogne su snopu slika od



kojih je svaka snimljena u uskom spektralnom pojasu. Poput spektroskopije, HSI se može primijeniti u različitim dijelovima elektromagnetnog spektra, npr. ultraljubičastom (UV), vidljivom (VIS), blizu infracrvenom (NIR), srednje-infracrvenom (IR) ili čak termalnom infracrvenom rasponu. U ovim područjima spektra, refleksija, transmisija, fotoluminiscencija, luminiscencija ili Ramanov učinak (efekt), mogu biti zabilježeni kamerama sa spektralnom rezolucijom sličnom minijaturnim spektrografima (83).

Istraživanja temeljena na hiperspektralnim slikama zakopanih predmeta (razni metalni predmeti i s.) koji su snimani iz zraka akvizicijom ciljanja kojom raspolaže sustav Telops Hyper-Cam i kojim je moguće istovremeno snimati više uzastopnih karata istog područja, pokazala su kako se kombinacijom toplinskih informacija i distribucije minerala može bolje interpretirati zakopane objekte, budući da ukop ili prisutnost zakopanog objekta mijenja veličinu čestica, teksturu, vlagu i mineralni sadržaj male regije oko njega. Važno je istaknuti da se radi o neinvazivnoj metodi koja ne ostavlja posljedice na područje koje se istražuje i pogodno je za brzo istraživanje većih površina tla (84).

Većina istraživanja temeljena na metodama hiperspektralnog snimanja kao metode otkrivanja skrivenih grobova provodila su se u toplom i vlažnom okolišu u kojem vegetacija brzo buja, stoga su potrebna istraživanja područja suhog i neproduktivnog okoliša kako bi se moglo zaključivati na spoznaje iz ranijih studija vezanih uz promjene vegetacije i druge promjene na grobnom tlu, što su glavni parametri za spektralno razlikovanje promjena grobnog tla u odnosu na ostale promjene, jer se metoda temelji na detekciji anomalija koje ukazuju na ukop, a ne direktno ljudskim ostacima koji se nalaze zakopani (85).

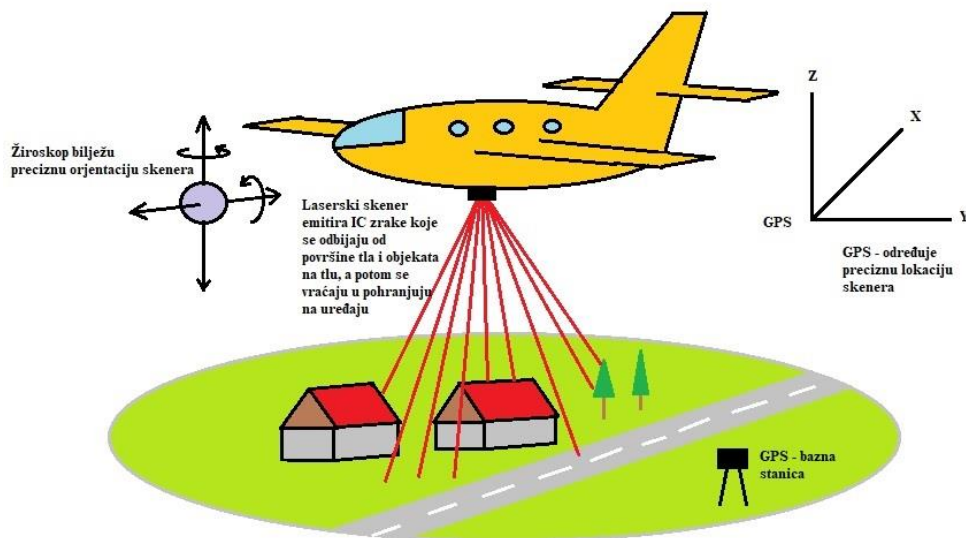
Jedno istraživanje provedeno na sedam grobnih mjesta s različitim brojem trupova svinja u kojemu se pratila spektralna refleksija površine u periodu od šest mjeseci, u kojemu je nastalo dvanaest hiperspektralnih slika koje su analizirane pomoću standardnih metoda prepoznavanja uzoraka, pokazala su da hiperspektralni podaci imaju potencijal za otkrivanje skrivenih grobova, ali tek tri mjeseca nakon ukopa (86).

Slijedom navedenog, može se zaključiti da se metoda hiperspektralnog snimanja, u odgovarajućim uvjetima i uz određena ograničenja, može rabiti za otkrivanje skrivenih grobnica, pa iako su potrebna dodatna istraživanja kada su u pitanju područja suhog i neproduktivnog okoliša, metoda može dati vrijedne podatke pristupom koji je neinvazivan (81–86).

#### 4.2.7.2. Prostorno lasersko skeniranje – LiDAR

Prostorno lasersko skeniranje je potpuno automatizirana i efikasna metoda prikupljanja prostornih podataka, a obično se identificira pojmom LiDAR (87), što je kratica od engl. *Light Detection and Ranging*: svjetlosno zamjećivanje i klasifikacija, a koriste se i drugi nazivi kao što su optički radar ili laserski radar (88). Radi se o obliku trodimenzijskog skeniranja koje je prvi put razvijeno početkom šezdesetih godina prošlog stoljeća, nakon čega je ubrzo počela primjena u meteorološke, vojne i zrakoplovne svrhe (89).

Sustav LiDAR funkcionira tako da se svjetlost iz lasera brzo emitira, putuje prema tlu, reflektira se od objekata na tlu (zgrade, drveće itd.), nakon čega se vraća natrag u uređaj u kojemu ga bilježi senzor (slika 9.). Pri tom procesu sustav mjeri vrijeme koje je potrebno da emitirana zraka svjetlosti otputuje do tla i da se vrati natrag, nakon čega se prijeđena udaljenost pretvara u nadmorsku visinu, a sve uz pomoć GPS pozicioniranja koje identificira lokaciju svjetlosne energije i unutarnje mjerne jedinice (IMU) koja definira ravninu uređaja u zraku kako bi se osigurala orijentacija (90).



Slika 9. Prostorno lasersko skeniranje, Izvor: Autor

Istraživanja koja su proučavala primjenu lasera s površine zemlje na stativu i u sklopu kojih su provedena mjerenja tri ljudska groba različite veličine, jedna kontrolna jama i okolno neometano tlo, pokazala su da sve poremećene površine pokazuju mjerljivu i lokaliziranu promjenu nadmorske visine što omogućuje razlikovanje poremećenog od neporemećenog tla,

odnosno da LiDAR može kvantificirati promjene visine ljudskih grobova tijekom vremena i da navedena tehnika može doprinijeti prikupljanju multimodalnih podataka koji mogu pomoći u otkrivanju skrivenih grobova (91).

Brojni su primjeri uspješnog korištenja tehnike trodimenzijskog mapiranja topografskih značajki kao što je otkriće drevnih naselja klasične civilizacije Maja u Gvatemali, gdje se uz pomoć laserskog skeniranja iz zraka, na 2000 četvornih kilometara, prikupilo podatke o stanovništvu, mjerama intenziviranja poljoprivrede i dokazima o ulaganju u infrastrukturu koja je promijenila krajobraz (92), zatim istraživanje uz pomoć LiDAR tehnologije u kombinaciji s tehnikama strojnog učenja koje daju dvije razine rezultata, kompozitnu sliku topografske površinske strukture i kartu vjerojatnosti prisutnosti arheoloških struktura što se primjenjivalo za otkrivanje i karakterizaciju megalitskih pogrebnih struktura u regiji Carnac, Zaljev Quiberon i Morbihanski zaljev u Francuskoj, gdje su nalazišta uspješno georeferencirana s većom točnošću nego prije (čak i kada se nalaze pod gustom vegetacijom), a provjerom tla otkriveno je neolitsko groblje u regiji Carnac (93).

Temeljem navedenih istraživanja u kojima je korištena tehnologija prostornog laserskog skeniranja, samostalno ili u kombinaciji s drugim suvremenim tehnologijama, a koja su rezultirala konkretnim rezultatima, možemo zaključiti da se radi o iznimno uspješnoj metodi koja je prikladna za primjenu u svrhu pronalaska skrivenih grobnica (87–94).

## 5. ZAKLJUČAK

Na temelju dosadašnje prakse i provedenih istraživanja može se zaključiti da je razvoj novih metoda u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova u korelaciji s razvojem drugih komplementarnih znanosti, a posebno arheologije, geologije, geofizike, geomorfologije, kemije, biologije, botanike i drugih znanosti. U tom smislu, dinamika razvoja novih metoda u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova neće ovisiti samo o razvoju forenzičkih metoda za njihov pronalazak, već će u značajnoj mjeri ovisiti o razvoju metoda drugih znanosti, a potom njihovoj implementaciji i primjeni u forenzici.

Klasične metode će gotovo uvijek imati svoju primjenu u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova i njihova će vrijednost još više dolaziti do izražaja u sinergiji s nekim od novih metoda u forenzičnim istraživanjima. Uspješnost primjene nekih novih metoda u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova kao što su posebno obučeni psi, kemijski senzori, georadar, tomografija električne otpornosti, magnetometrija i mjerenje magnetskog susceptibiliteta i uzorkovanje tla, ovisit će o primjeni klasičnih metoda, odnosno informacijama koje su prikupljene s pomoću njih, a to su ponajprije podaci o pokazateljima koji upućuju na to da bi se na određenom mjestu mogla nalaziti skrivena grobnica (operativni podatci, vizualni pregled terena, promjene na vegetaciji i sl.).

Nove metode kao što su hiperspektralno snimanje iz zraka ili prostorno lasersko skeniranje mogu, ali ne moraju imati pripremljene podatke nekom od klasičnih metoda istraživanja skrivenih grobnica, jer se radi o sofisticiranim metodama koje imaju mogućnost brzog pregleda većih površina i brzu analizu podataka uz pomoć računalne tehnologije i posebno razvijenih računalnih programa, međutim, da bi postojao razlog za primjenu ovih metoda očekivano je da se raspolaze određenim saznanjima zbog kojih je njihova primjena opravdana (50,90).

Vrijednost novih forenzičkih metoda za istraživanje skrivenih grobova ne ogleda se samo u sposobnosti pronalaska skrivenih grobova, već u mogućnosti da se uz pomoć njih prikupe materijalni dokazi koji kasnije imaju iznimnu dokaznu vrijednost u postupcima pred sudovima, jer se radi o certificiranim metodama koje su utemeljene na znanstvenim spoznajama (3).

U tom kontekstu je važno istaknuti da nove metode u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova daju preciznije i konkretnije podatke o samom mjestu ukopa kao što je precizno određivanje mjesta ukopa, dubina ukopa, količina posmrtnih ostataka, sastavu tla, dok su podaci prikupljeni klasičnim metodama apstraktnije naravi i obično daju okvirne podatke o mjestu ukopa

i broju ukopanih osoba, stoga se na temelju istih ne može zaključivati na dubinu ukopa, sastav tla i sl.

Potrebno je istaknuti da nove metode u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova nisu uvijek precizne i učinkovite i ponekad njihova učinkovitost bitno ovisi o vrsti ukopa, sastavu tla i vremenu koje je proteklo od ukopa, odnosno smrti, stoga odluku o njihovoj primjeni moraju donijeti iskusni stručnjaci (85,86).

U odnosu na neke od novih metoda nema bitnih ograničenja za njihovu primjenu, dapače, trebalo bi intenzivirati njihovu primjenu u istraživanju skrivenih grobova te u tom smislu jačati međuagencijsku suradnju. U kontekstu forenzičkih istraživanja skrivenih grobova bitnu ulogu imaju redarstvene vlasti i državno odvjetništvo, jer se upravo oni najčešće suočavaju s izazovom pronalaska posmrtnih ostataka, stoga je potrebno te institucije jačati u smislu tehničke opremljenosti i obučenosti za primjenu novih metoda, a ujedno im omogućiti da surađuju s raznim znanstvenim i obrazovnim ustanovama i koriste stručnjake iz područja znanosti koje mogu biti korisne u navedenu svrhu. Uz klasične metode koje redarstvene vlasti u praksi često koriste, svakako bi trebalo inicirati opremanje policijskih odjela posebno obučanim psima za detekciju skrivenih grobova i kemijskim sensorima (uređaj LABRADOR) čija je primjena jednostavna, učinkovita, ne zahtijeva posebna stručna znanja, a financijski su dostupni.

## 6. LITERATURA

1. Iorliam A. History of Forensic Science. U: Fundamental Computing Forensics for Africa: A Case Study of the Science in Nigeria. Cham: Springer International Publishing Ag; 2018. str. 3–16. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000538689800004>
2. Mennell J. The future of forensic and crime scene science - Part II. A UK perspective on forensic science education. *Forensic Sci Int.* 2006. 157:S13–20. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000236709800003>
3. Wilson-Wilde L. The international development of forensic science standards - A review. *Forensic Sci Int* 2018. 288:1–9. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000437281200008>
4. Rakocevic V, Ivanovic A, Maver D. Forensic Accreditation in European Countries: Current Situation. *Rev Za Kriminalistiko Kriminol* 2017. 68(3):298–307. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000418632300009>
5. Crispino F. Nature and place of crime scene management within forensic sciences. *Sci Justice* 2008. 48(1):24–8. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000254306700005>
6. Blau S, Sterenberg J, Weeden P, Urzedo F, Wright R, Watson C. Exploring non-invasive approaches to assist in the detection of clandestine human burials: developing a way forward. *Forensic Sci Res* 2018. 3(4):320–42. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000526126000005>
7. Ferguson C, Pooley K. Australian no-body homicides: Exploring common features of solved cases. *J Forensic Leg Med* 2019. 66:70–8. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000477943900011>
8. Beauregard E, Martineau M. No body, no crime? The role of forensic awareness in avoiding police detection in cases of sexual homicide. *J Crim Justice* 2014. 42(2):213–20. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047235213000469>
9. Peccerelli F, Henderson E. Forensics and Maya ceremonies: The long journey for truth in Guatemala. U: *The Routledge Handbook of Religion, Mass Atrocity, and Genocide.* Routledge; 2021.
10. Pringle JK, Stimpson IG, Wisniewski KD, Heaton V, Davenward B, Mirosch N, i ostali. Geophysical monitoring of simulated homicide burials for forensic investigations. *Sci Rep* 2020. 10(1):7544. Dostupno na: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-64262-3>
11. Alexander MB. The Forensic Application of Soil: Clandestine Graves and Human Remains Detection Dogs 2014. Dostupno na: <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/154181>

12. Unmarked grave Definition. Law Insider. [citirano 05. rujan 2022.]. Dostupno na: <https://www.lawinsider.com/dictionary/unmarked-grave>
13. Ekštajn H, Kružić I, Bašić Ž. Forensic investigation of a mass grave at Ovčara, near Vukovar, of victims killed by the Serbian army in 1991. ST-OPEN 2021. 2:1–26. Dostupno na: <http://st-open.unist.hr/index.php/st-open/article/view/40>
14. Haglund WD, Connor M, Scott DD. The Archaeology of Contemporary Mass Graves. Hist Archaeol 2001. 35(1):57–69. Dostupno na: <https://www.jstor.org/stable/25616893>
15. Meštrović N. Forenzična arheologija. Polic Sigur 2016.;25(2/2016):205–13. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/clanak/243263>
16. Raguž J. Masovne grobnice u hrvatskom Pounju iz Domovinskog rata – prinos viktimološkim studijama. Rad Zavoda Za Hrvat Povij Filoz Fak Sveučilišta U Zagrebu 2016. 47:737–84. Dostupno na: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=226796](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=226796)
17. Grujić I, Bilić V. Zatočeni, nestali i masovne grobnice: žrtve i dokazi zločina 2009. Dostupno na: [https://www.pilar.hr/wp-content/images/stories/dokumenti/demografski\\_kontekst/demo\\_kontekst\\_029.pdf](https://www.pilar.hr/wp-content/images/stories/dokumenti/demografski_kontekst/demo_kontekst_029.pdf)
18. Geiger V. Ljudski gubici Hrvatske u Drugom svjetskom ratu koje su prouzročili “okupatori i njihovi pomagači” Brojidbeni pokazatelji (procjene, izračuni, popisi). Časopis Za Suvremenu Povij 2011. 43(3):699–749. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/76758>
19. Sabor Republike Hrvatske. Ukaz o proglašenju Zakona o utvrđivanju ratnih i poratnih žrtava II. svjetskog rata 1991. Dostupno na: <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/360929.htm>
20. Komisija za utvrđivanje ratnih i poratnih žrtava. Poslovník Komisije za utvrđivanje ratnih i poratnih žrtava [citirano 30. ožujak 2022.]. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/1992\\_02\\_8\\_137.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/1992_02_8_137.html)
21. Hrvatski Sabor. Zakon o pronalaženju, obilježavanju i održavanju grobova komunističkih zločina nakon drugog svjetskog rata - Zakon.hr 2011. Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/454/Zakon-o-pronala%C5%BEenju%2C-obilje%C5%BEavanju-i-odr%C5%BEavanju-grobova-komunisti%C4%8Dkih-zlo%C4%8Dina-nakon-drugog-svjetskog-rata>
22. Hrvatski Sabor. Zakon o istraživanju, uređenju i održavanju vojnih groblja, groblja žrtava Drugog svjetskog rata i poslijeratnog razdoblja - Zakon.hr 2012. Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/553/Zakon-o-istra%C5%BEivanju%2C-ure%C4%91enju-i-odr%C5%BEavanju-vojnih-groblja%2C-groblja-%C5%BErtava-Drugog-svjetskog-rata-i-poslijeratnog-razdoblja>
23. Ekshumirani posmrtni ostaci najmanje 130 osoba; branitelji.gov.hr. [citirano 05. rujan 2022.]. Dostupno na: <https://branitelji.gov.hr/vijesti/ekshumirani-posmrtni-ostaci-najmanje-130-osoba/3683>

24. U Gračanima otkriven spomenik žrtvama iz Drugog svjetskog rata. branitelji.gov.hr. [citirano 05. rujan 2022.]. Dostupno na: <https://branitelji.gov.hr/vijesti/u-gracanima-otkriven-spomenik-zrtvama-iz-drugog-svjetskog-rata/1131>
25. Novak M. Eneolitička grobnica iz Potočana, sjeverna Hrvatska – mjesto rituala ili zločina? 2016. Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/854268>
26. Jutarnji list - Najuglednija paleoantropologinja u Republici Hrvatskoj upravo istražuje masovnu grobnicu mrtvorodenih beba na Korčuli: „Jednom mi je bilo teško, obuzele su me emocije“. 2017 [citirano 31. ožujak 2022.]. Dostupno na: <https://www.jutarnji.hr/life/zivotne-price/najuglednija-paleoantropologinja-u-rh-upravo-istrazuje-masovnu-grobnicu-mrtvorodenih-beba-na-korculi-jednom-mi-je-bilo-tesko-obuzele-su-me-emocije-6685041>
27. Larson DO, Vass AA, Wise M. Advanced Scientific Methods and Procedures in the Forensic Investigation of Clandestine Graves. *J Contemp Crim Justice* 2011. 27:149. Dostupno na: <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/jccj27&id=140&div=&collection=>
28. Vadlja D. U šumi pronađeno zakopano tijelo: Podignuta optužnica za ubojstvo. *mnovine.hr*. 2021 [citirano 30. ožujak 2022.]. Dostupno na: <https://www.mnovine.hr/medimurje/crna/u-sumi-pronadeno-zakopano-tijelo-podignuta-optuznica-za-ubojstvo/>
29. Nestanak Antonije Bilić - slučaj koji je potresao Hrvatsku. [citirano 05. rujan 2022.]. Dostupno na: <https://dnevnik.hr/vijesti/crna-kronika/antonia.html>
30. Jutarnji list - FOTO Na smetlištu kamionskog parkirališta kod Josipdola slučajno pronađene kosti. Po trapericama i dugoj kosi, to je Antonija Bilić!. [citirano 05. rujan 2022.]. Dostupno na: <https://www.jutarnji.hr/vijesti/crna-kronika/foto-na-smetlistu-kamionskog-parkiralista-kod-josipdola-slucajno-pronadene-kosti.-po-trapericama-i-dugoj-kosi-to-je-antonija-bilic-1366752>
31. Gomez CT. Social solidarity as a dimension of transitional justice: the case of Cartography and Identification of Mass Graves in post-conflict Colombia. *Int J Hum Rights* 2021. 26(1):50. Dostupno na: [https://www.academia.edu/45448473/Social\\_solidarity\\_as\\_a\\_dimension\\_of\\_transitional\\_justice\\_the\\_case\\_of\\_Cartography\\_and\\_Identification\\_of\\_Mass\\_Graves\\_in\\_post\\_conflict\\_Colombia](https://www.academia.edu/45448473/Social_solidarity_as_a_dimension_of_transitional_justice_the_case_of_Cartography_and_Identification_of_Mass_Graves_in_post_conflict_Colombia)
32. Jerković I, Bašić Ž, Bečić K, Jambrešić G, Grujić I, Alujević A, i ostali. Anthropological analysis of the Second World War skeletal remains from three karst sinkholes located in southern Croatia. *J Forensic Leg Med*. studeni 2016.;44:63–7.
33. Anđelinović Š, Definis-Gojanović M, Grujić I, Drmić-Hofman I, Marušić M, Primorac D, i ostali. Laboratorij za kliničku i sudsku genetiku. *Med Fak Sveučilišta U Splitu*. 2008.;59. Dostupno na: <https://www.draganprimorac.com/wp-content/uploads/2020/02/Monografija.pdf>



34. Wisniewski KD, Cooper N, Heaton V, Hope C, Pirrie D, Mitten AJ, i ostali. The Search for „Fred“: An Unusual Vertical Burial Case. *J Forensic Sci* 2019. 64(5):1530–9. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000486227400029>
35. Ruffell A, Donnelly C, Carver N, Murphy E, Murray E, McCambridge J. Suspect burial excavation procedure: A cautionary tale. *Forensic Sci Int* 2009. 183(1–3):E11–6. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000263392700021>
36. Baric M. Strateško obavještajna djelatnost u doba obavještajne postmoderne (Marijan Baric). *Zb Rad Dani Kriznog Upravlj* 2014. Dostupno na: [https://www.academia.edu/7132952/Strate%C5%A1ko\\_obavje%C5%A1tajna\\_djelatnost\\_u\\_doba\\_obavje%C5%A1tajne\\_postmoderne\\_Marijan\\_Baric\\_](https://www.academia.edu/7132952/Strate%C5%A1ko_obavje%C5%A1tajna_djelatnost_u_doba_obavje%C5%A1tajne_postmoderne_Marijan_Baric_)
37. Grigolet B, Wulff SP, Štrk D. Taktika policijskog postupanja. 2005. Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/1083943>
38. Pavliček J. Obrada terena kod ubojstava (organizacijski aspekti prikupljanja obavijesti od građana). *Polic Sigur* 2009. 18(2):188–201. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/79339>
39. Watson CJ, Forbes SL. An Investigation of the Vegetation Associated with Grave Sites in Southern Ontario. *Can Soc Forensic Sci J* 2008. 41(4):199–207. Dostupno na: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00085030.2008.10757177>
40. Caccianiga M, Bottacin S, Cattaneo C. Vegetation Dynamics as a Tool for Detecting Clandestine Graves: Vegetation and Clandestine Graves. *J Forensic Sci* 2012. 57(4):983–8. Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1556-4029.2012.02071.x>
41. Watson CJ, Ueland M, Schotsmans EMJ, Sterenberg J, Forbes SL, Blau S. Detecting grave sites from surface anomalies: A longitudinal study in an Australian woodland. *J Forensic Sci* 2021. 66(2):479–90. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000589868700001>
42. Kulenović N, Glavaš V, Kulenović I. Zračna arheologija kao metoda identifikacije formacije krškog kulturnog krajolika. *Archaeol Adriat* 2021. 15(1):611–43. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/clanak/394864>
43. Mazzola SM, Pirrone F, Sedda G, Gasparri R, Romano R, Spaggiari L, i ostali. Two-step investigation of lung cancer detection by sniffer dogs. *J Breath Res* 2020. 14(2):026011. Dostupno na: <https://doi.org/10.1088/1752-7163/ab716e>
44. Alexander MB, Hodges TK, Wescott DJ, Aitkenhead-Peterson JA. The Effects of Soil Texture on the Ability of Human Remains Detection Dogs to Detect Buried Human Remains. *J Forensic Sci* 2016. 61(3):649–55. Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1556-4029.13084>
45. Alexander MB, Hodges TK, Bytheway J, Aitkenhead-Peterson JA. Application of soil in Forensic Science: Residual odor and HRD dogs. *Forensic Sci Int* 2015. 249:304–13. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000351947300046>

46. Glavaš V, Pintar A. Human Remains Detection Dogs as a New Prospecting Method in Archaeology. *J Archaeol Method Theory* 2019. 26(3):1106–24. Dostupno na: <https://doi.org/10.1007/s10816-018-9406-y>
47. Cablk ME, Sagebiel JC. Field Capability of Dogs to Locate Individual Human Teeth\*. *J Forensic Sci* 2011. 56(4):1018–24. Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1556-4029.2011.01785.x>
48. Hulanicki A, Glab S, Ingman F. Chemical sensors: definitions and classification. *Pure Appl Chem* 1991. 63(9):1247–50. Dostupno na: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1351/pac199163091247/html>
49. James D, Scott SM, Ali Z, O’Hare WT. Chemical Sensors for Electronic Nose Systems. *Microchim Acta* 2005. 149(1):1–17. Dostupno na: <https://doi.org/10.1007/s00604-004-0291-6>
50. Wise MB, Vass A, Thompson CV. New Forensics Tool: Development of an Advanced Sensor for Detecting Clandestine Graves, National Criminal Justice Reference Service (U.S.) 2010. Report No.: Document No. 231197. Dostupno na: <https://www.hsdl.org/?abstract&did=20267>
51. Laboratory ORN. Lightweight Analyzer for Buried Remains and Decomposition Odor Recognition 2010. Dostupno na: <https://www.flickr.com/photos/oakridgelab/4370781748/>
52. Yazdani N, Garcia EC, Riad M. Field assessment of concrete structures rehabilitated with FRP. *U: Eco-Efficient Repair and Rehabilitation of Concrete Infrastructures* 2018. str. 171–94. Dostupno na: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081021811000083>
53. Berezowski V, Mallett X, Ellis J, Moffat I. Using Ground Penetrating Radar and Resistivity Methods to Locate Unmarked Graves: A Review. *Remote Sens* 2021. 13(15):2880. Dostupno na: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/15/2880>
54. Luis Sagripanti G, Villalba D. Forensic Geology: prospecting with ground penetrating radar applied to various contexts of human burials (Cordoba, Argentina). *Rev Soc Geol Espana* 2020. 33(1):55–70. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000538831000005>
55. Doolittle JA, Bellantoni NF. The search for graves with ground-penetrating radar in Connecticut. *J Archaeol Sci* 2010. 37(5):941–9. Dostupno na: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305440309004452>
56. Pringle JK, Giubertoni M, Cassidy NJ, Wisniewski KD, Hansen JD, Linford NT, i ostali. The use of magnetic susceptibility as a forensic search tool. *Forensic Sci Int* 2015. 246:31–42. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000346423800007>
57. admin. Electrical Resistivity Tomography (ERT). Geophysical Survey Company - TerraDat (UK) Ltd. [citirano 16. lipanj 2022.]. Dostupno na: <https://www.terradat.co.uk/survey-methods/resistivity-tomography/>

58. Nero C, Aning AA, Danuor SK, Noye RM. Delineation of graves using electrical resistivity tomography. *J Appl Geophys* 2016. 126:138–47. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000371361200012>
59. Doro KO, Emmanuel ED, Adebayo MB, Bank CG, Wescott DJ, Mickleburgh HL. Time-Lapse Electrical Resistivity Tomography Imaging of Buried Human Remains in Simulated Mass and Individual Graves. *Front Environ Sci* 2022. 10:882496. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000802286100001>
60. Karavanić I, Vukosavljević N, Šošić Klindžić R, Ahern JCM, Čondić N, Becker R, i ostali. Projekt “Kasni musterijen na istočnom Jadranu – temelj za razumijevanje identiteta kasnih neandertalaca i njihovog nestanka”: sažetak 1. godine istraživanja. *Pril Instituta Za Arheol U Zagrebu* 2014. 31:139–57. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/clanak/191066>
61. Achuoth Deng E, Doro KO, Bank CG. Suitability of magnetometry to detect clandestine buried firearms from a controlled field site and numerical modeling. *Forensic Sci Int* 2020. 314:110396. Dostupno na: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073820302589>
62. Fassbinder JWE. Magnetometry for Archaeology. *Encycl Geoarchaeology* 2016. 499. Dostupno na: [https://www.academia.edu/67634466/Magnetometry\\_for\\_Archaeology](https://www.academia.edu/67634466/Magnetometry_for_Archaeology)
63. magnetometar | Hrvatska enciklopedija. [citirano 22. lipanj 2022.]. Dostupno na: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=38041>
64. Moguš A. Neke karakteristike magnetskog polja i magnetskih materijala. Karlovac University of Applied Sciences. The Department of Safety and Protection; 2018. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:207628>
65. magnetska susceptibilnost | Hrvatska enciklopedija. [citirano 22. lipanj 2022.]. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=69743>
66. Kamenski A. Magnetski susceptibilitet u Slovačkoj jami i Jamskom sustavu Kita Gaćešina-Draženova puhaljka na Velebitu. University of Zagreb. Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering. Department of Mineralogy, Petrology and Mineral Resources; 2018. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:693990>
67. Kalacska M, Bell L. Remote Sensing as a Tool for the Detection of Clandestine Mass Graves. *Can Soc Forensic Sci J* 2006. 39(1):1–13. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000211880700001>
68. Vass AA. Odor mortis. *Forensic Sci Int* 2012. 222(1–3):234–41. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000308690600039>
69. Jurčević M. Kemijske metode analize materijala. University of Zagreb. Faculty of Geotechnical Engineering; 2017. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:289633>
70. Wilson AS, Janaway RC, Holland AD, Dodson HI, Baran E, Pollard AM, i ostali. Modelling the buried human body environment in upland climes using three contrasting field sites.

- Forensic Sci Int 2007. 169(1):6–18. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/3212bb60-21de-47e6-8514-1403de09df75-44762336/relevance/1>
71. Skoog AD, West MD, Holler JF. Osnove analitičke kemije. Prvo hrvatsko izdanje. Zagreb: Školska knjiga; 1999.
  72. eurolab. Plinska kromatografija-masena spektrometrija. [citirano 09. travanj 2022.]. Dostupno na: <https://www.labaratuar.com/hr>
  73. Forbes SL, Keegan J, Stuart BH, Dent BB. A gas chromatography-mass spectrometry method for the detection of adipocere in grave soils. *Eur J Lipid Sci Technol* 2003. 105(12):761–8. Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ejlt.200300819>
  74. Isporuka-i-montaža-aparata-plinski-kromatograf-s-mikro-ECD-detektorom-GC-uECD.pdf. [citirano 10. travanj 2022.]. Dostupno na: <https://www.hzjz.hr/wp-content/uploads/2018/07/Isporuka-i-monta%C5%BEa-aparata-plinski-kromatograf-s-mikro-ECD-detektorom-GC-uECD.pdf>
  75. Odén S, Hofsten BV. Detection of Fingerprints by the Ninhydrin Reaction. *Nature* 1954. 173(4401):449–50. Dostupno na: <https://www.nature.com/articles/173449a0>
  76. Carter DO, Yellowlees D, Tibbett M. Using Ninhydrin to Detect Gravesoil. *J Forensic Sci* 2008. 53(2):397–400. Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1556-4029.2008.00681.x>
  77. Van Belle LE, Carter DO, Forbes SL. Measurement of ninhydrin reactive nitrogen influx into gravesoil during aboveground and belowground carcass (*Sus domesticus*) decomposition. *Forensic Sci Int* 2009. 193(1–3):37–41. Dostupno na: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073809003570>
  78. Spicka A, Johnson R, Bushing J, Higley LG, Carter DO. Carcass mass can influence rate of decomposition and release of ninhydrin-reactive nitrogen into gravesoil. *Forensic Sci Int* 2011. 209(1–3):80–5. Dostupno na: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073811000065>
  79. Anderson B, Meyer J, Carter DO. Dynamics of Ninhydrin-Reactive Nitrogen and pH in Gravesoil During the Extended Postmortem Interval. *J Forensic Sci* 2013. 58(5):1348–52. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000323894200035>
  80. Graumans MHF, van der Heijden TCW, Kosinska A, Blom MJ, de Rooij BM. Filter Paper Adsorption and Ninhydrin Reagent as Presumptive Test for Gravesoil. U: Kars H, van den Eijkel L, urednici. *Soil in Criminal and Environmental Forensics*. Cham: Springer International Publishing; 2016. str. 229–40. (o forenzici tla).

81. Leblanc G, Kalacska M, Soffer R. Detection of single graves by airborne hyperspectral imaging. *Forensic Sci Int* 2014. 245:17–23. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000345628100014>
82. Kotris D. Analiza hiperspektralnih satelitskih snimki. Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek. Department of Software Engineering. Chair of Visual Computing; 2020. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:629487>
83. Edelman GJ, Gaston E, van Leeuwen TG, Cullen PJ, Aalders MCG. Hyperspectral imaging for non-contact analysis of forensic traces. *Forensic Sci Int* 2012. 223(1–3):28–39. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000311432100021>
84. Gagnon MA, Lagueux P, Gagnon JP, Savary S, Tremblay P, Farley V, i ostali. Airborne Thermal Infrared Hyperspectral Imaging of Buried Objects. U: Kamerman G, Steinvall O, Lewis KL, Gonglewski JD, urednici. *Electro-Optical Remote Sensing, Photonic Technologies, and Applications IX*. Bellingham: Spie-Int Soc Optical Engineering; 2015. str. 96490T. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000367451000025>
85. Ruotsala AH. Detecting clandestine graves; 2020. Dostupno na: <https://aaltodoc.aalto.fi:443/handle/123456789/47182>
86. Luis Silvan-Cardenas J, Corona-Romero N, Manuel Madrigal-Gomez J, Saavedra-Guerrero A, Cortes-Villafranco T, Coronado-Juarez E. On the Detectability of Buried Remains with Hyperspectral Measurements. U: CarrascoOchoa JA, MartinezTrinidad JF, OlveraLopez JA, urednici. *Pattern Recognition (mcpr 2017)* Cham: Springer International Publishing Ag; 2017. str. 201–12. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000432094300020>
87. Primjena\_laserskih\_uredaja.pdf. [citirano 25. svibanj 2022.]. Dostupno na: [http://www2.geof.unizg.hr/~zlastic/Primjena\\_laserskih\\_uredaja.pdf](http://www2.geof.unizg.hr/~zlastic/Primjena_laserskih_uredaja.pdf)
88. lidar | Hrvatska enciklopedija. [citirano 25. svibanj 2022.]. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=36412>
89. Bhandarkar AR, Bhandarkar S, Jarrah RM, Rosenman D, Bydon M. Smartphone-Based Light Detection and Ranging for Remote Patient Evaluation and Monitoring. *Cureus* 2021. Dostupno na: <https://www.cureus.com/articles/63847-smartphone-based-light-detection-and-ranging-for-remote-patient-evaluation-and-monitoring>
90. Osnove LiDAR-a - Otkrivanje i raspon svjetlosti - daljinsko istraživanje | NSF NEON | Otvoreni podaci za razumijevanje naših ekosustava; [citirano 11. lipanj 2022.]. Dostupno na: <https://www.neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/lidar-basics>
91. Corcoran KA, Mundorff AZ, White DA, Emch WL. A novel application of terrestrial LIDAR to characterize elevation change at human grave surfaces in support of narrowing down

possible unmarked grave locations. *Forensic Sci Int* 2018. 289:320–8. Dostupno na: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073818302901>

92. Kanuto MA, Estrada-Belli F, Garnizon TG, Houston SD, Acuña MJ, Kováč M, i ostali. Ancient lowland Maya complexity as revealed by airborne laser scanning of northern Guatemala. *Science* 2018. 361(6409):eaau0137. Dostupno na: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aau0137>
93. Guyot A, Hubert-Moy L, Lorho T. Detecting Neolithic Burial Mounds from LiDAR-Derived Elevation Data Using a Multi-Scale Approach and Machine Learning Techniques. *Remote Sens* 2018. 10(2):225. Dostupno na: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000427542100071>
94. LIDAR System (Light Detection And Ranging) Working and Applications. *EIProCus - Electronic Projects for Engineering Students*. 2017 [citirano 25. svibanj 2022.]. Dostupno na: <https://www.elprocus.com/lidar-light-detection-and-ranging-working-application/>

## 7. PRILOZI

### Popis analiziranih radova – prilog 1.

1. Alexander MB, Hodges TK, Wescott DJ, Aitkenhead-Peterson JA. The Effects of Soil Texture on the Ability of Human Remains Detection Dogs to Detect Buried Human Remains. *Journal of Forensic Sciences*. 2016;61(3):649-55.
2. Berezowski V, Mallett X, Ellis J, Moffat I. Using Ground Penetrating Radar and Resistivity Methods to Locate Unmarked Graves: A Review. *Remote Sensing*. 2021;13(15).
3. Blau S, Sterenberg J, Weeden P, Urzedo F, Wright R, Watson C. Exploring non-invasive approaches to assist in the detection of clandestine human burials: developing a way forward. *Forensic Sciences Research*. 2018;3(4):320-42.
4. Congram DR. A clandestine burial in Costa Rica: Prospection and excavation. *Journal of Forensic Sciences*. 2008;53(4):793-6.
5. Corcoran KA, Mundorff AZ, White DA, Emch WL. A novel application of terrestrial LIDAR to characterize elevation change at human grave surfaces in support of narrowing down possible unmarked grave locations. *Forensic Science International*. 2018;289:320-8.
6. Dalva M, Moore TR, Kalacska M, Leblanc G. Nitrous oxide, methane and carbon dioxide patterns and dynamics from an experimental pig mass grave. *Forensic Science International*. 2017;277:229-40.
7. De Giorgi L, Fragala G, Leucci G, Mazzaglia A, Malfitana D, Russo S. Forensic geophysical survey to investigate illegal looting of a site of historical importance. *Archaeological Prospection*.
8. Dick HC, Pringle JK. Inorganic elemental analysis of decomposition fluids of an in situ animal burial. *Forensic Science International*. 2018;289:130-9.
9. Dick HC, Pringle JK, Wisniewski KD, Goodwin J, van der Putten R, Evans GT, et al. Determining geophysical responses from burials in graveyards and cemeteries. *Geophysics*. 2017;82(6):B245-B55.
10. Dionne CA, Schultz JJ, Murdock RA, Smith SA. Detecting buried metallic weapons in a controlled setting using a conductivity meter. *Forensic Science International*. 2011;208(1-3):18-24.
11. Doolittle JA, Bellantoni NF. The search for graves with ground-penetrating radar in Connecticut. *Journal of Archaeological Science*. 2010;37(5):941-9.
12. Dozal L, Silvan-Cardenas JL, Moctezuma D, Siordia OS, Naredo E. Evolutionary Approach for Detection of Buried Remains Using Hyperspectral Images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 2018;84(7):435-50.
13. Forbes SL, Keegan J, Stuart BH, Dent BB. A gas chromatography-mass spectrometry method for the detection of adipocere in grave soils. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2003;105(12):761-8.
14. Forbes SL, Troobnikoff AN, Ueland M, Nizio KD, Perrault KA. Profiling the decomposition odour at the grave surface before and after probing. *Forensic Science International*. 2016;259:193-9.

15. France DL, Griffin TJ, Swanburg JG, Lindemann JW, Davenport GC, Trammell V, et al. A Multidisciplinary Approach to the Detection of Clandestine Graves. *Journal of Forensic Sciences*. 1992;37(6):1445-58.
16. Hansen JD, Pringle JK. Comparison of magnetic, electrical and ground penetrating radar surveys to detect buried forensic objects in semi-urban and domestic patio environments. In: Pirrie D, Ruffell A, Dawson LA, editors. *Environmental and Criminal Geoforensics*. Geological Society Special Publication. 3842013. p. 229-51.
17. Hansen JD, Pringle JK, Goodwin J. GPR and bulk ground resistivity surveys in graveyards: Locating unmarked burials in contrasting soil types. *Forensic Science International*. 2014;237:E14-E29.
18. Healy CA, Schultz JJ, Parker K, Lowers B. Detecting Submerged Bodies: Controlled Research Using Side-Scan Sonar to Detect Submerged Proxy Cadavers. *Journal of Forensic Sciences*. 2015;60(3):743-52.
19. Juerges A, Pringle JK, Jarvis JR, Masters P. Comparisons of magnetic and electrical resistivity surveys over simulated clandestine graves in contrasting burial environments. *Near Surface Geophysics*. 2010;8(6):529-39.
20. Kalacska M, Bell LS. Remote Sensing as a Tool for the Detection of Clandestine Mass Graves. *Canadian Society of Forensic Science Journal*. 2006;39(1):1-13.
21. Kalacska ME, Bell LS, Sanchez-Azofeifa G, Caelli T. The Application of Remote Sensing for Detecting Mass Graves: An Experimental Animal Case Study from Costa Rica. *Journal of Forensic Sciences*. 2009;54(1):159-66.
22. Leblanc G, Kalacska M, Soffer R. Detection of single graves by airborne hyperspectral imaging. *Forensic Science International*. 2014;245:17-23.
23. Lowe AC, Beresford DV, Carter DO, Gaspari F, O'Brien RC, Forbes SL. Ground penetrating radar use in three contrasting soil textures in southern Ontario. In: Pirrie D, Ruffell A, Dawson LA, editors. *Environmental and Criminal Geoforensics*. Geological Society Special Publication. 3842013. p. 221-8.
24. Molina CM, Pringle JK. Comparison of geophysical and botanical results in simulated clandestine graves in rural and tropical environments in Colombia, South America. In: Fitzpatrick RW, Donnelly LJ, editors. *Forensic Soil Science and Geology*. Geological Society Special Publication. 4922021. p. 107-22.
25. Molina CM, Pringle JK, Saumett M, Evans GT. Geophysical and botanical monitoring of simulated graves in a tropical rainforest, Colombia, South America. *Journal of Applied Geophysics*. 2016;135:232-42.
26. Molina CM, Pringle JK, Saumett M, Evans GT. Geophysical monitoring of simulated graves with resistivity, magnetic susceptibility, conductivity and GPR in Colombia, South America. *Forensic Science International*. 2016;261:106-15.
27. Molina CM, Pringle JK, Saumett M, Hernandez O. Preliminary results of sequential monitoring of simulated clandestine graves in Colombia, South America, using ground penetrating radar and botany. *Forensic Science International*. 2015;248:61-70.
28. Molina CM, Wisniewski K, Heaton V, Pringle JK, Avila EF, Herrera LA, et al. Monitoring of simulated clandestine graves of dismembered victims using UAVs, electrical tomography, and



GPR over one year to aid investigations of human rights violations in Colombia, South America. *Journal of Forensic Sciences*.

29. Murray B, Anderson DT, Wescott DJ, Moorhead R, Anderson MF. Survey and Insights into Unmanned Aerial-Vehicle-Based Detection and Documentation of Clandestine Graves and Human Remains. *Human Biology*. 2018;90(1):45-61.
30. Novo A, Lorenzo H, Rial FI, Solla M. 3D GPR in forensics: Finding a clandestine grave in a mountainous environment. *Forensic Science International*. 2011;204(1-3):134-8.
31. Nunez-Nieto X, Solla M, Lorenzo H. Applications of GPR for Humanitarian Assistance and Security. In: Benedetto A, Pajewski L, editors. *Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar*. Springer Transactions in Civil and Environmental Engineering 2015. p. 301-26.
32. Pringle JK, Cassella JP, Jervis JR, Williams A, Cross P, Cassidy NJ. Soilwater Conductivity Analysis to Date and Locate Clandestine Graves of Homicide Victims. *Journal of Forensic Sciences*. 2015;60(4):1052-60.
33. Pringle JK, Holland C, Szkornik K, Harrison M. Establishing forensic search methodologies and geophysical surveying for the detection of clandestine graves in coastal beach environments. *Forensic Science International*. 2012;219(1-3):E29-E36.
34. Pringle JK, Ruffell A, Jervis JR, Donnelly L, McKinley J, Hansen J, et al. The use of geoscience methods for terrestrial forensic searches. *Earth-Science Reviews*. 2012;114(1-2):108-23.
35. Pringle JK, Stimpson IG, Wisniewski KD, Heaton V, Davenward B, Mirosch N, et al. Geophysical monitoring of simulated homicide burials for forensic investigations. *Scientific Reports*. 2020;10(1).
36. Rajesh, Kumar K, Mishra SK, Dwivedi P, Sumana G. Recent progress in the sensing techniques for the detection of human thyroid stimulating hormone. *Trac-Trends in Analytical Chemistry*. 2019;118:666-76.
37. Rezos MM, Schultz JJ, Murdock RA, Smith SA. Controlled research utilizing a basic all-metal detector in the search for buried firearms and miscellaneous weapons. *Forensic Science International*. 2010;195(1-3):121-7.
38. Rezos MM, Schultz JJ, Murdock RA, Smith SA. Utilizing a Magnetic Locator to Search for Buried Firearms and Miscellaneous Weapons at a Controlled Research Site. *Journal of Forensic Sciences*. 2011;56(5):1289-95.
39. Rubio-Melendi D, Gonzalez-Quiros A, Roberts D, Garcia MDG, Dominguez AC, Pringle JK, et al. GPR and ERT detection and characterization of a mass burial, Spanish Civil War, Northern Spain. *Forensic Science International*. 2018;287:E1-E9.
40. Sagripanti GL, Villalba D. Forensic Geology: prospecting with ground penetrating radar applied to various contexts of human burials (Cordoba, Argentina). *Revista De La Sociedad Geologica De Espana*. 2020;33(1):55-70.
41. Sagripanti GL, Villalba D, Aguilera D, Giaccardi A. Advances of Forensic Geology in Argentina: search with non-invasive methods for victims of enforced disappearance. *Boletin De Geologia*. 2017;39(3):55-69.
42. Salsarola D, Poppa P, Amadasi A, Mazzarelli D, Gibelli D, Zanotti E, et al. The utility of ground-penetrating radar and its time-dependence in the discovery of clandestine burials. *Forensic Science International*. 2015;253:119-24.

43. Schultz JJ. Sequential monitoring of burials containing small pig cadavers using ground penetrating radar. *Journal of Forensic Sciences*. 2008;53(2):279-87.
44. Schultz JJ. The Application of Ground-Penetrating Radar for Forensic Grave Detection. Dirksmaat DC, editor 2012. 85-100 p.
45. Schultz JJ, Martin MM. Controlled GPR grave research: Comparison of reflection profiles between 500 and 250 MHz antennae. *Forensic Science International*. 2011;209(1-3):64-9.
46. Schultz JJ, Martin MM. Monitoring controlled graves representing common burial scenarios with ground penetrating radar. *Journal of Applied Geophysics*. 2012;83:74-89.
47. Schultz JJ, Walter BS, Healy C. Long-term sequential monitoring of controlled graves representing common burial scenarios with ground penetrating radar: Years 2 and 3. *Journal of Applied Geophysics*. 2016;132:60-74.
48. Silvan-Cardenas JL, Caccavari-Garza A, Quinto-Sanchez ME, Madrigal-Gomez JM, Coronado-Juarez E, Quiroz-Suarez D. Assessing optical remote sensing for grave detection. *Forensic Science International*. 2021;329.
49. Silvan-Cardenas JL, Corona-Romero N, Madrigal-Gomez JM, Saavedra-Guerrero A, Cortes-Villafranco T, Coronado-Juarez E, editors. On the Detectability of Buried Remains with Hyperspectral Measurements. 9th Mexican Conference on Pattern Recognition (MCPR); 2017 Jun 21-24; Huatulco, MEXICO 2017.
50. Singh H, Coburn JW, Graves DB. Mass spectrometric detection of reactive neutral species: Beam-to-background ratio. *Journal of Vacuum Science & Technology a-Vacuum Surfaces and Films*. 1999;17(5):2447-55.
51. Singh H, Coburn JW, Graves DB. Appearance potential mass spectrometry: Discrimination of dissociative ionization products. *Journal of Vacuum Science & Technology a-Vacuum Surfaces and Films*. 2000;18(2):299-305.
52. Sliwka-Kaszynska M, Slebioda M, Brillowska-Dabrowska A, Mroczynska M, Karczewski J, Marzec A, et al. Multi-Technique Investigation of Grave Robes from 17th and 18th Century Crypts Using Combined Spectroscopic, Spectrometric Techniques, and New-Generation Sequencing. *Materials*. 2021;14(13).
53. Stadler S, Focant JF, Forbes SL, editors. Forensic Analysis of Volatile Organic Compounds from Decomposed Remains in a Soil Environment. 6th Triennial Conference of the European-Academy-of-Forensic-Sciences; 2012 Aug 20-24; Hague, NETHERLANDS 2016.
54. Vass AA, Smith RR, Thompson CV, Burnett MN, Dulgerian N, Eckenrode BA. Odor analysis of decomposing buried human remains. *Journal of Forensic Sciences*. 2008;53(2):384-91.
55. Yalciner CC. 2-D And 3-D Diffraction Stake Migration Method Using GPR: a Case Study in Canakkale (Turkey). *Mediterranean Archaeology & Archaeometry*. 2012;12(2):95-104.

## 8. SAŽETAK

### PRIMJENA NOVIH METODA U FORENZIČNIM ISTRAŽIVANJIMA SKRIVENIH GROBOVA

**Cilj:** istražiti nove metode u otkrivanju skrivenih grobova te na temelju toga donijeti preporuke za najbolje metode u otkrivanju skrivenih grobova ovisno o kontekstu, karakteristikama i drugim značajkama ukopa.

**Metode:** pretražene baze podataka: Web of Science, Scopus i Open Gray. Kriteriji pretraživanja bili su: „clandestine grave“ and „detection“, no limitations/ „mass grave“ and „detection“, no limitations). Rezultati pretraživanja preuzeti su u program Excel te su potom izbrisani duplikati i preostali radovi analizirani. Pregledom sažetaka isključeni su svi radovi koji nisu odgovarali temi odnosno kriterijima istraživanja.

**Rezultati:** pronađena su 173 znanstvena rada te su nakon brisanja duplikata preostala 153 rada. Detaljnom analizom radova kao relevantni za obradu odabrano je 55 radova. Objašnjene su prednosti i nedostaci klasičnih (obavještajni rad, vizualni pregled terena i promjene vegetacije kao sredstvo otkrivanja skrivenih grobnica) i novih (posebno obučeni psi, kemijski senzori, georadar, tomografija električne otpornosti, magnetometrija i mjerenje magnetskog susceptibiliteta, uzorkovanje tla, plinska kromatografija u kombinaciji s masenom spektrometrijom, metode koje se temelje na ninhidrinskoj reakciji, optička daljinska istraživanja, hiperspektralno snimanje iz zraka, prostorno lasersko skeniranje – LiDAR) metoda otkrivanja skrivenih grobnica.

**Zaključci:** Nove metode u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova daju konkretnije i preciznije podatke od klasičnih metoda, a njihova primjena ovisi o vrsti ukopa, sastavu tla i vremenu koje proteklo od ukopa odnosno smrti. Klasične metode će se i dalje primjenjivati u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova i njihova će vrijednost još više dolaziti do izražaja u sinergiji s nekim od novih metoda.

**KLJUČNE RIJEČI:** forenzična istraživanja, skriveni grobovi, klasične metode, nove metode

## **APPLICATION OF NEW METHODS IN FORENSIC INVESTIGATIONS OF HIDDEN GRAVES**

**Aim:** To investigate new methods in discovering hidden graves and based on this to bring recommendations for the best methods in discovering of hidden graves depending on context, characteristics, and other burial features.

**Methods:** Searched databases: Web of Science, Scopus and Open Gray. Search criteria were: „clandestine grave“ and „detection“, no limitations/ „mass grave“ and „detection“, no limitations). The search results were downloaded into Excel programme, after which duplicates were deleted and the remaining papers analysed. By reviewing the abstracts, all papers which did not correspond to the theme or to the research criteria were excluded.

**Results:** 173 scientific papers were found, after deleting the duplicates 153 papers remained. Through a detailed analysis 55 papers were selected as relevant for processing. Advantages and disadvantages of classical (intelligence work, visual inspection of the terrain and changes in vegetation as means of discovery of hidden graves) and new (specially trained dogs, chemical sensors, ground penetrating radar, electrical resistivity tomography, magnetometry and magnetic susceptibility measurement, soil sampling, gas chromatography combined with mass spectrometry, methods based on the ninhydrin reaction, optical remote sensing, hyperspectral aerial imaging, spatial laser scanning – LiDAR) methods of the hidden graves investigation.

**Conclusions:** New methods in forensics investigations of hidden graves give more concrete and more precise data than the classical methods, and their application depends on the type of the burial, soil composition and time elapsed since the time of the burial or death. Classical methods will continue to be used in forensic investigations of hidden graves and their value will become even more important in synergy with some of the new methods.

**KEY WORDS:** forensic investigations, hidden graves, classical methods, new methods

## 9. ŽIVOTOPIS

### **Ante Baketić**

Državljanstvo: hrvatsko

Mobitel: (+385) 998591663

Datum rođenja: 14. ožujka 1981. godine

Spol: muško

E-adresa: [ante.baketic@gmail.com](mailto:ante.baketic@gmail.com)

Adresa: Hercegovačka 106, 21000, Split (Hrvatska)

### **OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE**

#### **Osnovna škola**

OŠ Stjepan Radić, Imotski [1987. – 1995.]

Adresa: Ul. fra Stjepana Vrljića 13, 21260, Imotski (Hrvatska)

#### **Srednja škola**

Srednja tehnička škola – kemijski tehničar [1995. – 1997.]

Adresa: Ulica Bruna Bušića 59, 21260, Imotski (Hrvatska)

Srednja policijska škola u Zagrebu [ 1997.-1999.]

Adresa: Avenija Gojka Šuška 1, 10000, Zagreb (Hrvatska)

#### **Studiji**

Stručni studij kriminalistike, Visoka policijska škola u Zagrebu [ 2004. – 2009.]

Adresa: Avenija Gojka Šuška 1, 10000, Zagreb (Hrvatska)

Specijalistički diplomski stručni upravni studij, Pravni fakultet u Splitu [ 2010. – 2014.]

Adresa: Ul. Domovinskog rata 8, 21000, Split (Hrvatska)

Sveučilišni diplomski studij-Istraživanje mjesta događaja, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti, Sveučilište u Splitu [2019. – sada]

Adresa: Ulica Ruđera Boškovića 33, 21000, Split (Hrvatska)

#### **Stručna osposobljavanja**

Multiplikator za nacionalni informacijski sustav za upravljanje državnom granicom, Policijska akademija Zagreb, Služba za stručno usavršavanje i specijalizaciju [27/06/2016–01/07/2016]

Adresa: Avenija Gojka Šuška 1, 10000, Zagreb (Hrvatska)

Pedagoško-instruktivni seminar za predavače-instruktore, Policijska akademija Zagreb, Služba za stručno usavršavanje i specijalizaciju [27/06/2016–01/07/2016]

Adresa: Avenija Gojka Šuška 1, 10000, Zagreb (Hrvatska)

## **OBJAVLJENI RADOVI**

Forenzička analiza tragova krvi, Split: Slobodna Dalmacija, 2021 (monografija), Baketić, Ante; Šimić, Stipe; Ljubić, Toni; Kružić, Ivana; Anđelinović, Šimun; Bulić, Miloslav; Šimić, Stipe; Šutalo, Slaven; Bašić, Željana; Doko, Davor et al.

## **RADNO ISKUSTVO**

voditelj Odjela za unutarnju kontrolu i nadzor - Split, Ministarstvo unutarnjih poslova, Kabinet ministra, Služba za unutarnju kontrolu, Odjel za unutarnju kontrolu i nadzor – Split [04.11.2019.- sada]

Adresa: Trg Hrvatske bratske zajednice 8, 21000, Split (Hrvatska)

pomoćnik načelnika policijske postaje za policiju, Policijska uprava splitsko-dalmatinska, Postaja granične policije Imotski [01.03.2019. - 04.11.2019.]

Adresa: Ul. kralja Zvonimira 3, 21260, Imotski (Hrvatska)

pomoćnik načelnika policijske postaje za graničnu kontrolu, Policijska uprava splitsko-dalmatinska, Policijska postaja Imotski [13.12.2012. - 01.03.2019.]

Adresa: Ul. kralja Zvonimira 3, 21260, Imotski (Hrvatska)

policijski službenik za obradu kriminaliteta, Policijska uprava splitsko-dalmatinska, Policijska postaja Imotski [13.12.2010. - 13.12.2012.]

Adresa: Ul. kralja Zvonimira 3, 21260, Imotski (Hrvatska)

policijski službenik za nezakonite migracije, Policijska uprava zagrebačka, VIII. Policijska postaja Zagreb [01.03.2009. - 13.12.2010.]

Adresa: Kruge 52, 10000, Zagreb (Hrvatska)

policajac, vođa ophodnje, v.d. pomoćnik šefa smjene, v.d. šef smjene, Policijska uprava zagrebačka, VIII. Policijska postaja Zagreb [03.05.2004. - 01.03.2009.]

Adresa: Kruge 52, 10000, Zagreb (Hrvatska)

policijski službenik, Policijska uprava dubrovačko-neretvanska, Interventna jedinica policije [01.05.2001. - 03.05.2004.]

Adresa: Župa Dubrovačka, Mlini, Plat bb, 20207, Mlini (Hrvatska)

policijski službenik, Policijska uprava dubrovačko neretvanska, Policijska postaja Dubrovnik

[14.06.1999. 01.05.2001.]

Adresa: Ul. dr. Ante Starčevića 13, 20000, Dubrovnik (Hrvatska)

## 10. IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Sveučilišni odjel za forenzične znanosti

### Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Ante Baketić**, izjavljujem da je moj diplomski rad pod naslovom „ Primjena novih metoda u forenzičnim istraživanjima skrivenih grobova“ rezultat mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Nijedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan bez citiranja i ne krši ičija autorska prava.

Izjavljujem da nijedan dio ovoga rada nije iskorišten u ijednom drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mogega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Split, 12. rujan 2022.

Potpis studenta/studentice: \_\_\_\_\_

