

Hrvatski centar za razminiranje - Centar za
testiranje, razvoj i obuku

10 GODINA RADA HRVATSKIH ZNANSTVENIKA NA PROBLEMIMA RAZMINIRANJA

HR
CENTAR ZA TESTIRANJE,
RAZVOJ I OBUKU d.o.o.



Zagreb, 2008.

10 godina rada hrvatskih znanstvenika na problemima razminiranja

HCR-CTRO d.o.o.

Zagreb, 2008.

**Hrvatski centar za razminiranje -
Centar za testiranje, razvoj i obuku d.o.o.**

Za izdavača
Nikola Pavković

Urednik
Vladimir Knapp

Urednički savjet
Milan Bajić, Dinko Mikulić, Nedjeljko Perić,
Hrvoje Gold, Nikola Kezić, Nikola Pavković

Tehnički urednik
Sanja Vakula

Tisak
Tipomat d.o.o., Staro Čiče

Katalogizacija
CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Nacionalne i sveučilišne
knjižnice u Zagrebu pod brojem 666953
ISBN 978-953-99879-4-5

Potpore
Ovo je izdanje tiskano uz financijsku potporu sljedećih organizacija:

- Fakultet elektrotehnike i računarstva
Sveučilišta u Zagrebu
- HCR
- Ministarstvo obrane Republike Hrvatske
- Ministarstvo vanjskih poslova SAD-a preko ITF-a

Napomena
Autori tekstova u potpunosti odgovaraju za sadržaj i za sve podatke iznesene
u tekstu, kao i za jezičnu strukturu.

SADRŽAJ

V. Knapp	
Predgovor urednika	4
D. Goršeta, O. Jungwirth, N. Pavković	
Predgovor	6
V. Knapp	
Problem protupješačkih mina - Odziv javnosti i znanosti	9
D. Mikulić	
Doprinos mehaničkog razminiranja	27
M. Bajić, H. Gold, K. Božičković	
Primjena metoda zrakoplovnih daljinskih istraživanja u humanitarnom protuminskom djelovanju	41
V. Knapp	
Otkrivanje tragova eksploziva metodom MEDDS i uređajem FIDO	89
V. Knapp, D. Hrupec, R. Ječmenica, B. Sučić	
Rad na razvoju sustava za otkrivanje mina brzim i sporim neutronima	105
V. Knapp, M. Bajić, V. Delić	
Mogućnosti otkrivanja mina i eksplozivnih sredstava pomoću mikroorganizama	117
V. Knapp	
Testiranje uređaja ELF u Hrvatskoj	123
M. Bauer	
Pronalaženje minskoeksplozivnih naprava pomoću pasa	129
B. Somek	
Načini akustičkog otkrivanja mina	137
N. Kezić, S. Kemline, N. Pavković, R. Noske, H. Gold, M. Bajić	
Korištenje pčela pri otkrivanju eksploziva	143
N. Perić	
Napredni globalni sustav za eliminaciju protupješačkih mina - ANGEL	151
D. Antičić	
IPPTC projekt ispitivanja detektora metala	159
Z. Šipuš, J. Bartolić	
Mjerenje dielektričnih parametara tla	165
S. Husnjak	
Pedologija razminiranja	171

Predgovor urednika

Stvaranje vlastite države rezultat je sveukupne mobilizacije građana Hrvatske koji su ukupnošću djelovanja na političkom, diplomatskom, ekonomskom, organizacijskom i vojnom polju ostvarili svoju suverenost. U toj izuzetnoj mobilizaciji ogromnog dijela građana Hrvatske svih dobi, muškaraca i žena, oni su doprinosili prema svojim fizičkim i intelektualnim mogućnostima, prema mjestima i položajima na kojima su se nalazili, bilo to na bojištu, u bolnicama, u transportu ili proizvodnji, u diplomaciji, u nabavci oružja i lijekova ili mnogim drugim, možda manje uočljivim, ali svejedno važnim aktivnostima. U tome nisu izostali ni naši znanstvenici u domovini i u svijetu.

U ovom zborniku prikazano je djelovanje naših znanstvenika na problemu mina koji se javio kao posljedica aktivnosti na bojišnicama, a koji je postao ozbiljna prijetnja sigurnosti i kočnica razvoju nakon obustave vojnih sukoba.

Problem sigurnog i djelotvornog humanitarnog razminiranja znanstveni je izazov kojim se godinama bave mnogi istraživački centri u svijetu, uključujući i brojne zemlje koje same nisu ugrožene minama. Jasno je da se znanost u Hrvatskoj, suočena s velikom opasnošću od mina, morala uključiti. Ona je to učinila potpuno spontano, bez ikakvih financijskih zahtjeva ili preduvjeta. Početna aktivnost, pokrenuta u okvirima HAZU, prepoznata u nizu svjetskih organizacija koje se bave problemom mina, vremenom je rezultirala u opsežnoj međunarodnoj suradnji i međunarodnim projektima u okvirima Hrvatskog Centra za Razminiranje. Njihov kratki prikaz čini temeljni sadržaj zbornika.

Vladimir Knapp

Foreword by the Editor

The creation of our state was brought about by the overall mobilization of Croatian citizens, who achieved their sovereignty through their action in the political, diplomatic, economic organizational and military fields. In this extraordinary mobilization of a huge part of Croatian citizens of all ages, both women and men, they have contributed in accordance with their physical and intellectual capacities, in accordance with their positions and locations, either on the battlefield, in hospitals, in transportation, in production, in diplomacy, in provision of weapons and medicines or with many other, maybe less visible, but equally important activities. Our scientists, both in Croatia and abroad, have not fallen behind.

This Publication presents the activities of our scientists in solving the landmine problem which occurred as a consequence of battlefield activities, and has become a serious threat to safety and hindered development after military confrontations had ended.

The problem of safe and efficient humanitarian demining has been a scientific challenge for many research centers around the world, including numerous countries which are not mine contaminated themselves. It was only logical that the scientific community in Croatia, faced with immense danger posed by landmines, became involved. It became involved completely spontaneously, without any financial requirements or preconditions. Initial activities, started in the framework of the Croatian Academy of Sciences and Arts, recognized by numerous world organizations which deal with the landmine problem, have, in time, resulted in extensive international collaboration and international projects in the framework of the Croatian Mine Action Center. This publication consists of the overview of these projects.

Vladimir Knapp

Predgovor

U trenucima odluke o tome kako riješiti minski problem u Republici Hrvatskoj, koje snage angažirati, te koje modele primijeniti, Vi, hrvatski znanstvenici - članovi Znanstvenog vijeća, uzimate značajnu ulogu i aktivno sudjelujete u pronalasku rješenja. Vaša uloga putem angažiranja kroz konkretne projekte, kao i vaša uloga u upoznavanju svijeta o minskom problemu u Republici Hrvatskoj u počecima razvoja protuminskog djelovanja, nemjerljiva je.

Razvojem sustava protuminskog djelovanja, kojemu ste i Vi pridonijeli, danas se Republika Hrvatska svrstava u najorganiziranije sustave i njezin sustav postaje uzor većini zemalja svijeta zagađenih minama. Tehnologije i tehnike koje se koriste u Republici Hrvatskoj jedne su od najboljih u svijetu.

Nemjerljiv je Vaš doprinos u razvoju metoda i tehnika strojnog razminiranja, zrakoplovnog izviđanja u cilju redukcije minsko sumnjivih površina, te upotrebe novih metoda i tehnologija.

U nezahvalnoj situaciji, nakon teških iskustava iz domovinskog rata, Vaš angažman i djelovanje pokazalo je novu dimenziju kako se u određenim trenucima može spojiti znanost i operativno rješavanje problema na terenu. Isto tako, „imali ste privilegiju“ u potpunosti upoznati problematiku s kojom ste se odlučili baviti i u tom kontekstu s pravom možemo konstatirati da naša znanost o protuminskom djelovanju nije samo znanost nego i praksa. Rješenja koje ste ponudili hrvatskoj i međunarodnoj protuminskoj zajednici su nemjerljiva.

Nakon deset godina Vaš posao nije završen. Detekcija-otkrivanje mina nije otišla puno dalje nego što je bila na kraju Drugog svjetskog rata, a strojno razminiranje ulazi u završnu fazu razvoja. Opće zrakoplovno izviđanje ima potencijala, kao i upotreba pčela. Otvaraju se nova područja, upotreba magneta, nuklearna znanost, biotehnologije itd. Pred Vama stoji još puno izazova. Vjerujemo da ćete iste uspješno rješavati kao i do sad.

I na kraju ovog Predgovora, poslužiti ćemo se rečenicom jednog od Vas:

***“Bila je privilegija surađivati sa svima vama i sa svakim od vas,
to je najvrednije što ostaje iza projekta.”***

Dolje potpisani, u određenim vremenskim razdobljima, uspješno su surađivali ili surađuju s Vama. Isto tako želimo Vam puno uspjeha u Vašim nastojanjima rješavanja minskog problema Republike Hrvatske i svjetskog problema mina.

*Nikola Pavković
Oto Jungwirth
Damir Goršeta*

Foreword

When a decision was to be made of how to solve the landmine problem in the Republic of Croatia, what resources should be engaged and what models should be applied, you - Croatian scientists, members of the Scientific Council, took a significant role and actively participated in finding solutions. Your engagement in concrete projects and your role in informing the international community about the landmine problem in the Republic of Croatia in the very beginning of the development of mine action, was invaluable.

Thanks to the developed mine action system, to the development of which you have also contributed, the Republic of Croatia is included among the best organized systems and the system used in Croatia becomes a role model for most mine affected countries in the world. Technologies and techniques used in the Republic of Croatia are among the best in the world.

You have contributed immensely to the development of methods and techniques of mechanical demining, of airborne survey for the purpose of mine suspected area reduction and of the use of new methods and technologies.

In a demanding situation, after difficult experiences from the Homeland war, your engagement and operations have shown a new dimension of combining science and operational problem solving in the field. „Your were privileged“ to fully learn about the problems your decided to tackle, and in this context we can rightly conclude that our mine action science is not only a science but a practice as well. The solutions you have offered to Croatian and international mine action community are priceless.

After ten years your job has not finished. Mine detection has not progressed a lot since the World War II, and mechanical demining is beginning with its final stage of development. General airborne survey is promising, as well as the use of honeybees. New fields are being investigated: the use of magnets, nuclear science, biotechnologies, etc. You face new challenges. We believe that you will solve them as successfully as to date.

I would like to conclude this Foreword using the sentence one of you has said:

***“It was a privilege to work with all of you and with each of you,
that is the most valuable result of every project.”***

The bellow signed have, in different periods, successfully cooperated with you. We wish you a lot of success in your efforts to solve the landmine problem in the Republic of Croatia and worldwide.

*Nikola Pavković
Oto Jungwirth
Damir Goršeta*

PROBLEM PROTUPJEŠAČKIH MINA - ODZIV JAVNOSTI I ZNANOSTI

THE ANTI-PERSONNEL LANDMINE PROBLEM - REACTION OF THE PUBLIC AND THE SCIENCE

Vladimir Knapp

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
vladimir.knapp@fer.hr

Abstract

According to UN estimates each year 10 000 to 15 000 innocent people, many of whom are children, are killed or severely injured by mines. As the mines in their tens of millions are mainly distributed in poor regions of Africa and Asia they pose a humanitarian and economic problems beyond the means and possibilities of afflicted countries.

Removal of mines is difficult as the existing methods of demining are expensive or unable to detect mines that contain little or no metal components. To develop better and cheaper method of landmine and explosive detection has become one of major scientific challenges. Scientists in many countries have responded and are trying to solve the problem. Presented are the efforts of Croatian scientist in the period 1997-2007, initially within the Croatian Academy of Science and Art and then within the Scientific council of Croatian Mine Action Centre (CROMAC) and the CROMAC-Centre for Testing, Development and Training (CROMAC-CTDT).

Sažetak

Prema procjenama UN-a svake godine od mina pogine ili je teško ozlijeđeno od 10.000 do 15.000 osoba, među kojima i mnogo djece. Na konferenciji UN-a o minama 1996. godine tadašnji glavni tajnik UN-a Boutros Ghali izjavljuje: "Prema našim procjenama do 2001. godine još će 50.000 osoba poginuti, a 80.000 osoba bit će ozlijeđeno". Obzirom na ratne aktivnosti u Iraku i Afganistanu i dijelovima Afrike ni u 2007. situacija nije bolja. Kako je najveći broj mina u nerazvijenim područjima Azije i Afrike, teške ozljede izazvane minama golem su humanitarni problem iznad mogućnosti pogođenih zemalja. Dimenzije problema određene su i time što su konvencionalne metode razminiranja skupe ili ne mogu otkriti danas rasprostranjene mine s vrlo malo metalnih sastojaka. Razviti bolje i jeftinije metode otkrivanja mina i eksploziva postao je stoga

jedan od krupnih izazova znanosti. Tom humanom izazovu odazvali su se znanstvenici u svijetu i kod nas. Prikazan je rad hrvatskih znanstvenika u razdoblju 1997-2007, koji su djelovali najprije u okviru Hrvatske Akademije Znanosti i Umjetnosti, a zatim u okviru Znanstvenog vijeća Hrvatskog Centra za Razminiranje (HCR), te HCR-Centra za Testiranje, Razvoj i Obuku (HCR-CTRO).

1. Mine kao globalni humanitarni problem

Eksplzivne naprave, odnosno protupješačke mine, masovno su se počele upotrebljavati u razdoblju hladnog rata na ratištima Koreje, Vijetnama, Angole i mnogima drugima. Za razliku od protutenkovskih mina koje sadržavaju nekoliko kilograma eksploziva, protupješačke mine mogu sadržavati samo 30 grama eksploziva, što je dovoljno da raznese stopalo nesretniku koji stane na takvu napravu. Malena težina omogućila je skladištenje i upotrebu protupješačkih mina u golemim količinama i na teško dostupnom području. Razvoj i jednostavna tehnologija omogućavaju njihovu jeftinu masovnu proizvodnju, a sve teže otkrivanje. Dok se konvencionalne protutenkovske mine relativno lako otkrivaju detektorima metala, protupješačke mine mogu biti nevidljive za te detektore kad je eksploziv smješten u plastičnu kutiju. One, naime, sadržavaju vrlo malo metala ili ga uopće ne sadržavaju. Dok je upotreba protutenkovskih mina za zaprečavanje prolaza, zaštitu objekata i slično bila popraćena i evidencijama i kartama polaganja, i radi sigurnosti strane koja je položila minsko polje i zbog vrijednosti mina i mogućnosti njihove ponovne upotrebe, praksa upotrebe protupješačkih mina bila je drukčija. Zbog malene proizvodne cijene, ispod 10 dolara, što je jeftinije od troškova vađenja i ponovnog skladištenja čak i kada je položaj mine poznat, ponovna upotreba postala je nezanimljiva. To je vodilo polaganju bez detaljnih, pa i bilo kakvih planova i evidencija, osim o općoj lokaciji. Pojedini tipovi mina mogu se bacati iz aviona ili helikoptera. Takva upotreba protupješačkih mina u Aziji, Africi, a zatim i u Europi pokazala je kako teške posljedice snosi civilno stanovništvo nakon prekida ratnih operacija. Mine mogu ostati aktivne godinama, pa i desetljećima. Nakon završetka ratnih operacija njihova je žrtva civilno stanovništvo. Da tako mora biti, unaprijed je jasno jer to proizlazi iz tehničkih značajki mine. Prema tome, svaka strana koja protupješačke mine upotrebljava na taj način čini zločin protiv civilnog stanovništva.

2. Pokušaji kontrole upotrebe mina

Svojom dugotrajnom prijetnjom civilnom stanovništvu mine znatno nadmašuju učinke bojnih otrova upotrijebljenih u Prvom svjetskom ratu. Haš-

ka konvencija iz 1907. godine i Ženevska konvencija iz 1949. godine obvezuju na razlikovanje civilnog stanovništva i vojnog osoblja te zabranjuju napade na civilno stanovništvo i upotrebu oružja koje ne razlikuje i ne može razlikovati civilno stanovništvo i vojno osoblje. Zabranjuje se, nadalje, upotreba oružja koje izaziva nepotrebne i pretjerane patnje. Svatko tko je vidio makar snimke žrtava protupješačkih mina zna da to oružje izaziva pretjerane patnje. Žrtve, ako prežive, ostaju trajni teški invalidi. Svojim djelovanjem protiv civilnoga stanovništva nakon završetka sukoba protupješačke mine povređuju i sve ostale odredbe tih konvencija. Nažalost, ratne operacije u Drugom svjetskom ratu temeljito su kompromitirale njihove humane principe.

Pokušaj uspostavljanja kontrole upotrebe protupješačkih mina, ali prije pranje ruku od odgovornosti, predstavljao je Protokol UN-a iz 1980. godine (UN Convention on Certain Conventional Weapons - CCW). Protokol traži vođenje evidencije i karata o polaganjima te uklanjanje mina nakon završetka vojnih operacija. Zabranjuje upotrebu malih mina koje se polažu bez evidencije, osim ako imaju ugrađen uređaj za samouništenje nakon isteka određenog vremena. Taj se protokol pokazao potpuno neuspješnim. Nije ga poštovala ni 31 zemlja potpisnica. Naime, zbog načina upotrebe i masovnosti zahtjev za evidenciju polaganja protupješačkih mina bio je sasvim nerealan. Ta odredba Protokola služila je kao pokriće nesavjesnim proizvođačima protupješačkih mina za nastavak proizvodnje mina bez uređaja za samouništenje. Odgovornost je prebačena na korisnike na bojištu. Zbog nezahtjevne tehnologije proizvodnje mnoge su zemlje postale proizvođači i izvoznici mina, na primjer bivši SSSR, bivša Jugoslavija, Egipat, Kina, Indija, Izrael. U jakoj međunarodnoj konkurenciji trgovaca oružjem proizvodnja skupljih mina s uređajem za samouništenje nije imala izgleda. Kod naručitelja oružja pak je kratkoročno razmatranje povoljnosti cijene prevladalo nad ostalim. U krvavim sukobima na život i smrt u Aziji i Africi dugoročna razmatranja, kao što su učinci na civilno stanovništvo, nisu imala nikakvu težinu. Prioritet je imala pobjeda nad suparnikom pod svaku cijenu, jer u tim okrutnim sukobima za poraženu stranu nema budućnosti, pogotovo dugoročne. U takvim surovim uvjetima množila se upotreba protupješačkih mina do razine koja se danas može označiti kao nedvojbeno najgore i najopasnije zagađenje okoliša po čovjeku. Kako će se, na primjer, 3 milijuna izbjeglica iz Afganistana vratiti u svoju zemlju ako ondje 9 do 10 milijuna mina čeka žrtve? Jasno je da je upotreba protupješačkih mina suprotna Protokolu UN-a i povreda osnovnih ljudskih

prava. Polja i šume, kao osnova za život, oduzeti su stanovništvu u idućim desetljećima. Spoznaja o trajnim posljedicama upotrebe protupješačkih mina potaknula je 80-ih godina brojne međunarodne organizacije na traženje zabrane upotrebe i proizvodnje takvih mina. Uz Tajništvo UN-a, vodeću ulogu u javnoj kampanji protiv mina imali su UNICEF i Međunarodni Crveni križ, uz sudjelovanje više stotina nevladinih organizacija. Njihovo je djelovanje sjedinjeno u Međunarodnom pokretu za zabranu mina (International Campaign to Ban Landmines - ICBL). Pokret je bio vrlo učinkovit u obavještavanju i poticanju javnosti te u uvjeravanju vodećih svjetskih političara u nužnost revizije nedjelotvorne Konvencije UN-a iz 1980. godine (UN - CCW). Nakon dvogodišnjih priprema u rujnu 1995. godine sazvana je Konferencija UN-a za reviziju UN-ove konvencije o određenim konvencionalnim oružjima iz 1980. godine (UN Convention on Certain Conventional Weapons - CCCW). Nakon triju zasjedanja (u rujnu 1995. te siječnju i travnju 1996.) u svibnju 1996. godine postignut je dogovor o reviziji. Dugotrajnost dogovaranja nije, međutim, rezultirala kvalitetnim sporazumom, već je, naprotiv, samo odražavala suprotnost gledišta. Iz različitih razloga postizanje sporazuma o zabrani naišlo je na otpor važnih sudionika poput SAD-a, Kine, zemalja bivšeg SSSR-a i Velike Britanije. Kina je, na primjer, jedan od najvećih proizvođača protupješačkih mina, a posjeduje i velike količine takvih mina bez uređaja za samouništenje u skladištima. Međunarodni komitet Crvenoga križa i tadašnji glavni tajnik UN-a Boutros Ghali vrlo su brzo izrazili svoje razočaranje. Sporazum nije zabranio proizvodnju i trgovinu minama, čime je izostala najvažnija mjera za zaustavljanje daljnjeg rasta broja položениh mina. Mjere koje bi trebale olakšati otkrivanje plastičnih mina i obveza ugradnje uređaja za samouništenje za primjenu su dobile rok od devet godina nakon sklapanja sporazuma. Neadekvatnost sporazuma postaje jasnija u svjetlu UN-ove procjene prema kojoj je 1995. godine uklonjeno 80.000 mina, a položeno 2,500.000 novih.

3. Razvoj nakon Konferencije UN-a iz 1996. i sporazum u Ottawi 1997. godine

Reagirajući na porast svijesti javnosti o nužnosti bržeg rješavanja problema mina nakon nezadovoljavajuće UN-ove konvencije iz svibnja 1996. godine, kanadska vlada preuzima inicijativu i saziva konferenciju zainteresiranih zemalja u listopadu 1996. godine u Ottawi. Namjera je bila ubrzati proces zabrane mina prema onome iz UN-ove konvencije. Više od 50 zemalja, među kojima i Hrvatska, time je započelo ono što se naziva Ottawskim

procesom s ciljem da se do kraja 1997. godine postigne sporazum o zabrani protupješačkih mina. Najveće izvoznice mina, Rusija i Kina, odbile su sudjelovati u Ottawskom procesu, ali to nije zaustavilo pregovore i sve veći pritisak na zemlje koje su iz komercijalnih razloga i dalje proizvodile i prodavale takve mine. Nakon konferencije u Ottawi održani su sastanci stručnjaka u Beču i Bonnu te konferencija u Bruxellesu u lipnju 1997. godine. Tada je prihvaćena Deklaracija kojom se od međunarodne zajednice traži da donese međunarodno i pravno obvezujuću zabranu upotrebe, skladištenja, proizvodnje i prijenosa protupješačkih mina. Zemlje potpisnice Deklaracije postale su punopravne članice konferencije u Oslu, održane od 1. do 18. rujna. Zadaća tih zemalja bila je izrada i prihvaćanje teksta *Konvencije o zabrani upotrebe, skladištenja, proizvodnje i prijenosa protupješačkih mina*. Prijedlog je Konvencije pripremljen, no SAD nije podupro zabranu, u čemu mu se pridružilo nekoliko zemalja. Zajedno sa zemljama koje se nisu ni uključile u Ottawski proces, glavni proizvođači i korisnici protupješačkih mina, SAD, Kina, Ruska Federacija, Indija, Pakistan, Irak i Iran, ostali su izvan režima Konvencije. U tim zemljama procjenjuje se da ima do 160 milijuna uskladištenih mina. Konvencija je svečano potpisana na ministarskoj razini u Ottawi 3. i 4. prosinca 1997. godine. Na snagu je stupila u ožujku 1999. kada ju je ratificiralo 40 zemalja. Početkom 2007. ona je bila na snazi u 151 zemlji. Konvencija obvezuje zemlje potpisnice na uklanjanje mina na svom teritoriju u roku od deset godina po potpisu. Za Hrvatsku koja je konvenciju ratificirala 1. ožujka 1999. godine obveza je završiti razminiranje do 1. ožujka 2009. godine. U otežanim uvjetima rok se može produžiti. Bez obzira na svoju neuniverzalnost, Konvencija odražava želju i volju većine članica UN-a i time vrši snažan moralni i politički pritisak i na one zemlje koje još nisu prihvatile zabranu protupješačkih mina. Velika uloga koju je odigrao *Međunarodni pokret za zabranu mina* (*International Campaign to Ban Landmines - ICBL*), djelujući na javnost i političare, nije promaknula Nobelovu odboru, pa je tom pokretu i njegovoj koordinatorici gospođi Jody Williams dodijeljena Nobelova nagrada za mir 1997. godine. Sporazum iz Ottawe ne treba precijeniti; jer on tek treba postati univerzalan. No napredak je vidljiv i važan. U razdoblju od 1999. do 2006. uništeno je 38 milijuna mina iz vojnih skladišta. Broj žrtava je značajno smanjen. Broj zemalja u kojima se koriste protupješačke mine smanjio se sa 19 (u 1997.) na do 4 (u 2005.). No i dalje je nužna djelatnost svih onih organizacija koje su i dosad djelovale na javnost i stvarale klimu za univerzalnu zabranu mina. Sa sve realnijom perspektivom da će upotreba i proizvodnja protupješačkih mina biti zabranjena svim članicama UN, kao što je zabranjena upotreba

i proizvodnja kemijskoga i biološkog oružja, u prvi plan sada dolazi problem uklanjanja već položenih mina i briga za žrtve mina u područjima zagađenima minama. Žrtvama mina već desetljećima pomažu organizacije kao što su UNMAS (United Nations Mine Action Service), Međunarodni Crveni križ, UNICEF i druge. Problemi koji se javljaju u spašavanju žrtava na često teško dostupnim područjima i u rehabilitaciji spašenih golemi su i često ograničeni financijskim sredstvima. Nakon SAD najveći donator sredstava za razminiranje i pomoć žrtvama bila je Europska zajednica s 1,2 milijarde eura od 1997. do 2005. Sporazum iz Ottawe, uz pomoć u provođenju Konvencije, predviđa i pomoć žrtvama. Što se tiče Hrvatske, ona je već u travnju 1996. godine proglasila moratorij na upotrebu, proizvodnju, uvoz, izvoz i skladištenje protupješačkih mina te zatim poduprla Ottawski proces i surađivala u izradi Konvencije. Hrvatska je učinila znatne napore u provođenju obveze uništavanja protupješačkih mina. Do kraja 2000. godine uništeno je preko 200 000 mina i njihov broj sveden na oko 7 000.

4. Problem razminiranja i znanost

Uklanjanje već položene goleme količine mina problem je čije se dimenzije mogu bolje shvatiti ako se broj godišnje uklonjenih mina, oko 80.000 u 1995. godini, usporedi s ukupnim brojem položenih mina koji se procjenjuje od 60 do 100 milijuna mina. Razlozi su tako katastrofalnog nerazmjera dvojaki: nedovoljna financijska sredstva i neadekvatna tehnologija detekcije i uklanjanja mina. Unatoč naporima metode otkrivanja mina nisu bitno napredovale od onih iz Drugog svjetskog rata. Upotreba detektora metala, pasa tragača i probnog štapa bile su glavne metode, sve prespore za ogroman broj položenih mina. Za nemetalne protupješačke mine ostaju psi i probni štap, tzv. pipalica. Dobra su ilustracija tempa razminiranja na taj način podaci za Kambodžu, gdje na površini od oko 180.000 km² leži do 10 milijuna mina. Tijekom 1995. godine bilo je 5.000 žrtava. Iste godine uklonjeno je oko 50.000 mina s 12 km² uz troškove od 8 milijuna dolara i gubitak života 8 razminirača. Premda se radi o najuspješnijem primjeru, razminiranje ovim tempom moglo bi trajati desetljećima. Za Hrvatsku procjene miniranosti u broju mina i minski sumnjivoj površini mijenjale su se razvojem izviđanja od ranih procjena koje su navodile 1 500 000 mina i preko 10 000 km² minsko sumnjive površine do sadašnjih procjena od oko 300 000 mina i oko 1200 km², detaljnije u posebnom tekstu. Prema UN-ovim procjenama za uklanjanje već položenih mina konvencionalnom tehnologijom trebalo bi više od 30 milijardi američkih dolara jer u svjetskom prosjeku uklanjanje

jedne mine stoji oko 300 američkih dolara. M. McDow, ravnatelj Odbora za znanost i tehnologiju za međunarodni razvoj Američke akademije (NAS) i Nacionalnog istraživačkog savjeta (NRC), smatra: *"Zemlje donatori i međunarodne agencije za pomoć ne mogu povećati sredstva za uklanjanje mina do razine nužne za uklanjanje milijuna mina sadašnjim metodama. Odgovor se mora naći u bitnim poboljšanjima produktivnosti sadašnjih pristupa i u razvoju novih tehnologija."* Razvoj novih i boljih tehnologija za otkrivanje mina prvorazredan je problem pred znanosti i znanstvenicima. Tom izazovu odazvale su se brojne ugledne nacionalne i internacionalne znanstvene institucije i velik broj znanstvenika, među kojima i vrlo poznata imena. Razvila se i intenzivna međunarodna suradnja na ovom problemu, što je i razumljivo s obzirom na njegovu globalnu dimenziju. U Europskoj uniji na otkrivanju mina radi se u istraživačkom centru Europske unije (Joint Research Centre) u Ispri te u nizu nacionalnih istraživačkih centara. Vodeći europski informacijski centar je u Ženevi, (Geneve International Centre for Humanitarian Demining, GICHD, www.gichd.org). U SAD-u je vrlo aktivna Nacionalna akademija znanosti (NAS), a istraživanja se provode i u mnogim nacionalnim laboratorijima kao što su Oak Ridge National Laboratory, Los Alamos National Laboratory i drugi. Važan doprinos dolazi i iz vojnih razvojnih institucija u više zemalja.

5. Uključenje hrvatskih znanstvenika

Hrvatski znanstvenici su se počeli baviti problemima vezanima za mine već u toku Domovinskog rata. Sredinom 1994. godine potaknuli su raspravu o problemu protupješačkih mina (V.Knapp, zajedno s M. Kaplanom) u Međunarodnom pagvaškom pokretu na Konferenciji u Kolymbariju u Grčkoj, upozoravajući i na zloupotrebe mina u agresiji na Hrvatsku. I u našoj su se zemlji znanstvenici vodećih znanstvenih institucija, kao što su Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Institut Ruđer Bošković i nekoliko fakulteta, uključili u rad na ovom problemu, najprije u sklopu HAZU-a. Kao član suradnik HAZU prof. V.Knapp pozvao je na suradnju nekoliko članova HAZU koji su po svojoj znanstvenoj aktivnosti bili bliski nekim metodama detekcije mina u razvoju, kao i neke znanstvenike izvan Akademije. Odaziv je bio izuzetno ohrabrujući, iako nikakva financijska ili materijalna sredstva tada nisu bila na raspolaganju ni na vidiku. Uz podršku predsjednika Akademije Ivana Supeka kao i tajnika njenog Odbora za međunarodne odnose krajem 1996. godine došlo je do prvog organizacijskog objedinjavanja u obliku Posebne radne grupe pri Odboru za me-

đunarodne odnose HAZU. U toj fazi grupa je uspostavljala međunarodne kontakte s institucijama koje su radile na razvoju novih metoda otkrivanja mina. Tako je u svibnju 1997. godine u HAZU-u održano Savjetovanje o ulozi znanosti u razvoju djelotvornih metoda detekcije i uklanjanja mina (1). Uvodne riječi održali su predsjednik HAZU Ivan Supek i akademik Ivo Šlaus prikazom dimenzije i karaktera problema te mogućom ulogom HAZU u rješavanju. Članovi Posebne radne grupe izlagali su znanstveni status i potencijal pojedinih metoda za uklanjanje mina. Zaključci Savjetovanja sadržavali su konkretne prijedloge aktivnosti koje bi trebala poduzeti HAZU kroz projekte, znanstvene kontakte i poticaje.

U tom periodu su članovi grupe ostvarili prvi uvid u bazu podataka o miniranosti koje je prikupio UN centar za protuminsko djelovanje u Hrvatskoj (UN MAC Croatia). Prema prvoj (konzervativnoj) procjeni UN MAC Croatia iz 1997. godine, minski sumnjiva površina je iznosila oko 13000 km² (ili 23 % od površine kopna s otocima 56488 km²), a u 1999. godini je procijenjena na 6000 km² (ili 10.6 %). Ovako velik postotak minski sumnjive površine Hrvatske je dopunski motivirao članove Posebne radne grupe HAZU i dao im vrlo jake argumente za predstavljanje problema miniranosti RH na znanstvenim skupovima i za traženje rješenja. Ostvaren je i kontakt s tadašnjim državnim dužnosnikom ovlaštenim za probleme razminiranja (general S. Barić). No, ubrzo nakon Savjetovanja u HAZU pojavile su se nove organizacijske mogućnosti za doprinos znanstvenika uklanjanju mina. Nakon što je u ožujku 1998. godine odlukom Vlade Republike Hrvatske osnovan Hrvatski centar za razminiranje (HCR), već je u travnju Posebna radna grupa za razminiranje HAZU ponudila suradnju. Sastanak Posebne radne grupe i uprave HCR-a 7. svibnja 1998. rezultirao je prerastanjem Posebne radne grupe pri HAZU-u u Znanstveno vijeće Hrvatskog centra za razminiranje. Vijeće je konstituirano prvom sjednicom 10. rujna 1998. Sljedećih godina razvila se obostrano izuzetno korisna suradnja znanstvenika i nove državne organizacije odgovorne za razminiranje.

Nakon više godina djelovanja u okviru HCR-a, u 2004. iz Hrvatskog centra za razminiranje izdvojen je dio kojemu je zadatak testiranje i razvoj novih metoda, te obuka, Hrvatski centar za razminiranje - Centar za testiranje, razvoj i obuku (HCR-CTRO), a Znanstveno vijeće pridruženo tom centru. Tako se rad hrvatskih znanstvenika na problemima razminiranja formalno-organizacijski može podijeliti u tri perioda, najprije na rad u okviru HAZU, do 1998. godine, zatim od 1998. do 2004. godine u HCR-u, a od 2004. godine u HCR-CTRO-u.

6. Aktivnosti Znanstvenog vijeća HCR-a

Nakon što je Vlada Republike Hrvatske svojim ukazom od ožujka 1998. osnovala Hrvatski Centar za Razminiranje, HCR, članovi Posebne grupe HAZU odlučili su se priključiti toj organizaciji u uvjerenju da njihov rad na uvođenju novih tehnologija razminiranja može biti puno djelotvorniji i svrsishodniji u suradnji s organizacijom čiji je zadatak razminiranje, ali u konkretnim terenskim uvjetima miniranosti, sa svim praktičnim ljudskim, tehničkim i fiskalnim ograničenjima. Želja je bila upoznavanje s primjenom i radom na terenu i kriterijima koji iz njega proizlaze. Imenovani upravitelj HCR-a prihvatio je ponudu te su članovi Posebne radne grupe postali članovi Znanstvenog vijeća HCR-a, zajedno s još nekoliko članova koje je imenovao Savjet HCR-a. Od početka rada Znanstveno vijeće insistiralo je na savjetodavnoj ulozi u odnosu na HCR i na autonomiji u svojem znanstvenom i stručnom radu. Za formalne odnose u radu Vijeća članovi Vijeća izradili su sami svoj Poslovnik i definirali svoje ciljeve rada.

S jasno definiranim odnosima suradnja s djelatnicima i upravom HCR-a odvijala se bez ikakvih teškoća u duhu zajedničkog nastojanja da se što više doprinese uklanjanju minske opasnosti. U prvim godinama rada (od 1998. do 2004.) Znanstveno vijeće održavalo je svoje sjednice u prostorijama Fakulteta elektrotehnike i računarstva, gdje je dobilo i prostoriju za trajni smještaj dokumentacije i računala (u Zavodu za primijenjenu fiziku).

Prvi predsjednik Znanstvenog vijeća bio je prof.dr.sc V. Knapp (1998.-2001.), a sljedeći predsjednici bili su prof.dr.sc. M. Bajić (2001.-2003.), prof.dr.sc. N. Perić (2003.-2004.), dr.sc. D. Mikulić (2004.-2005.), prof.dr.sc. H. Gold (2005.-2006.), te prof.dr.sc. N. Kezić (2006.-).

Vezom s Hrvatskim centrom za razminiranje, kojemu je Znanstveno vijeće postalo savjetodavno tijelo, osiguravao se dvosmjernan protok informacija između znanstvenika s jedne strane i djelatnika HCR-a s organizacijskim, operativnim i terenskim iskustvom u razminiranju s druge strane. Djelotvornost te veze izuzetno je važna za smislen rad znanstvenika i odabir realnih opcija iz širokog spektra korisnih ideja ali i nekorisnih spekulacija, jer tek iz stvarnog terenskog iskustva u konkretnom području proizlaze kriteriji i zahtjevi kojima nove tehnologije moraju udovoljiti. One prije svega moraju biti sigurnije i brže, a zatim i ekonomski dostupne. Kroz tu suradnju razvijale su se i predodžbe o kriterijima u humanitarnom razminiranju definirane u međunarodnim organizacijama i njihovoj realnosti i primjenjivosti obzirom na raspoložive metode razminiranja. Zahtjevi

humanitarnog razminiranja kreću od otkrivanja mina, otkrivanja minskih polja, redukcije minski sumnjive površine i procjene opasnosti. Ovaj evolutivni proces je počeo zahtjevima humanitarnog razminiranja da se otkrivaju protupješačke mine (vrlo malih dimenzija, od kojih su preko 50% u pravilu nemetalne) i minska polja, s vjerojatnošću od 99,6% i s visokom pouzdanošću (čak 98,1%). Kasnije je ovakav nerealističan i neostvariv zahtjev promijenjen u zahtjev da se reducira minski sumnjiva površina ako stvarno nije minirana. Znanost i industrija u svijetu su prepoznali ove izazove. Državne institucije i Europska komisija su financirale niz većih civilnih znanstvenih i tehnoloških razvojnih projekata, koji premda nisu uspjeli zadovoljiti ove zahtjeve kontinuirano su unaprijeđivali shvaćanje problema i davali niz djelomičnih rješenja, metodoloških, tehničkih i tehnoloških novina. Osim toga dobiven je i niz vrijednih neplaniranih (spin-off) rezultata ovih projekata. Industrija i znanost razvijenih zemalja, prepoznale su nove potrebe, znanstvene i tehnološke izazove, koji su definirani visokim humanim motivima i podržani bogatim financiranjem od strane njihovih državnih institucija i Europske komisije. U stanju stalnog smanjenja financiranja obrane (što je posebno izraženo u Europi) otvorio se za njih nov i izazovan prostor potreba humanitarnog razminiranja. Iz tog interesa izvedeni su zahtjevi da treba istražiti metode, razviti tehniku i tehnologiju za otkrivanje malih protupješačkih (poglavito nemetalnih) mina. Uz to je uveden i zahtjev da se za sva nova rješenja treba osigurati vjerojatnost otkrivanja 99.6 % i vrlo visoka pouzdanost otkrivanja osim kod uporabe detektora metala. Treba uočiti apsurd, da za detektore metala koji se rabe za razminiranje još od drugog svjetskog rata, sve do 2005. godine¹ nisu bili javno dostupni podatci o vjerojatnosti i pouzdanosti otkrivanja mina, dubini otkrivanja, zavisnost o tlu, operatoru itd. Hrvatski centar za razminiranje sa svojim Znanstvenim vijećem dobio je kvalitetu iznad sličnih organizacija u svijetu. Komunikacije s međunarodnim organizacijama koje su radile na razvoju novih metoda razminiranja mogle su se voditi na visokoj stručnoj i znanstvenoj razini, ali s podlogom operativnih zahtjeva i iskustava. Kada se radilo o primjeni ili procjeni novih metoda ili opreme istaknuta kvaliteta Hrvatskog centra za razminiranja bila je u znanstvenoj podršci koju je imao od Znanstvenog vijeća. Hrvatska se je u godinama iza 1998. afirmi-

¹ C. Mueller, M. Gaal, D. Guelle, A. Lewis, et. al., 2005, Proposal for demonstration and modular reliability assessment for humanitarian demining, Proceedings of the Int. Conf. Requirements and Technologies for Detection, Removal and Neutralization of Landmines and UXO, 15-18 September 2003, VUB, Brussels, Belgium, Vol. 2, pp. 233-241.

rala u svijetu kao zemlja u kojoj se nove metode i nova oprema mogu ispiti-
vati djelotvorno i stručno, u uvjetima daleko povoljnijim od većine drugih
zemalja s miniranim površinama. Članovi Znanstvenog vijeća razmatrali su
niz novih metoda razminiranja, ali i radili na unapređenju postojećih, kao
što su detektori metala, psi tragači i mehaničko razminiranje. Inicirali su niz
međunarodnih istraživačko-razvojnih projekata ispitivanja novih metoda.
Kroz te projekte financirane iz inozemstva stekla su se dragocjena saznanja
kako o samim metodama tako i o procedurama uklapanja u međunarodne
projekte. S obzirom na znatan opseg poslova koji su proizlazili iz projekata
koje su inicirali i vodili članovi Znanstvenog vijeća, pokazala se vremenom
potreba da se poslovi razvoja i testiranja odvoje od ostalih djelatnosti HCR-a,
pa je u 2004. izdvojena iz HCR-a i formirana posebna organizacija sa djelo-
krugom razvoja, testiranja opreme i obuke, Hrvatski centar za razminiranje
- Centar za testiranje, razvoj i obuku d.o.o. (HCR-CTRO d.o.o.). Po prirodi
stvari Znanstveno vijeće HCR-a priključilo se od 2004. godine novo nastaloj
organizaciji, HCR-CTRO.

Pregled iznimno kreativne i raznovrsne aktivnosti Znanstvenog vijeća dan
je u odvojenim tekstovima s prikazom aktivnosti na onim metodama na
kojima su radili članovi Znanstvenog vijeća. Navedeni su argumenti za iz-
bor tih metoda, aktivnosti u pokretanju rada odnosno procjene, te opisani
realizirani projekti, ali bez ulaženja u tehničke detalje samih projekata. Oni
su izneseni u popratnim publikacijama i izvještajima. Ti opširniji izvještaji
o radu na projektima navedeni su u popisu na kraju prikaza rada na po-
jedinoj metodi, a sami izvještaji nalaze se u arhivi CTRO. Rane aktivnosti
članova Znanstvenog vijeća mogu se vidjeti u izdanim brojevima časopisa
«Humanitarno razminiranje». Premda zbog financijskih ograničenja časo-
pis nije dugo izlazio, njegova dva broja svjedoče o širokoj aktivnosti i o
mnogo uloženog entuzijazma u želji da se doprinese rješavanju problema
mina u Hrvatskoj. Aktivnosti na razminiranju i sudjelovanju znanstvenika
vide se nadalje u savjetovanjima i konferencijama, počam sa prvim savje-
tovanjem održanim u Hrvatskoj akademiji znanosti i umjetnosti 1997.

7. Sjednice i rad u Znanstvenom vijeću

Mišljenja, zaključci ili prijedlozi iz domene rada Znanstvenog vijeća koji
trebaju biti upućeni HCR-u ili nekoj drugoj organizaciji u ime ZV-a raz-
matraju se i prihvaćaju na sjednicama ZV-a. To vrijedi i za ostale aktivno-
sti predviđene Poslovníkom Znanstvenog vijeća. Od 1998. do kraja 2006.

održane su 23 sjednice Znanstvenog vijeća. Projekti i druge aktivnosti članova Znanstvenog vijeća polazili su od odluka i zaključaka donesenih na Znanstvenom vijeću i realizirani uz pomoć i suradnju djelatnika HCR-a, odnosno CTRO-a. Pripadnošću HCR-u, odnosno CTRO-u članovi Znanstvenog vijeća imali su bitno šire mogućnosti komuniciranja s međunarodnim organizacijama aktivnim u razminiranju. Putem HCR-a, odnosno CTRO članovi Znanstvenog vijeća kontaktirali su s brojnim međunarodnim organizacijama kao što su International Center for Humanitarian Demining iz Ženeve, Međunarodni istraživački centar Europske zajednice JRC iz Ispre, WEUDAM, Međunarodna Agencija za Atomsku Energiju iz Beča. Suradivali su i s nizom nacionalnih istraživačkih i razvojnih organizacija kao što su Western Kentucky University, Night Vision Electronic Sensors Directorate, DoD, iz SAD-a, FOA iz Švedske, Europski konzorcij za zrakoplovno otkrivanje mina, Konzorcij projekta ANGEL, s kompanijama Quantum Magnetics, SAIC i NOMADICS iz SAD-a, Mechem iz Južnoafričke Republike i niz drugih.

8. Članovi grupe pri HAZU i Znanstvenog vijeća HCR-a

Sastav grupe znanstvenika koja se bavila problemom razminiranja mijenjao se i rastao od početne inicijativne grupe pri Akademiji. Kada je formirano Znanstveno vijeće pri HCR-u pridobili su i novi članovi koje je imenovao Savjet HCR-a. Tokom svojeg rada Znanstveno vijeće kooptiralo je nove članove koji su željeli doprinositi rješavanju problema razminiranja i posjedovali relevantno znanje. Pri tom je doktorat znanosti bio preduvjet. Članovima nisu mogle postati osobe s poslovnim interesima u razminiranju.

Posebna radna grupa za razminiranje HAZU iz 1997. godine:

Akademici H. Babić, B. Kamenar, Ž. Kućan, I. Šlaus, član suradnik HAZU V. Knapp, dr.sc. M. Bajić, prof.dr.sc. M. Bauer, dr.sc. K. Humski, stožerni brigadir J. Petrović

Sastav Znanstvenog vijeća po formiranju krajem 1998.:

Ak. Hrvoje Babić, dr.sc. Mile Baće, dr.sc. Milan Bajić, prof. dr.sc. Tomislav Bašić, prof.dr.sc. Mario Bauer, prof.dr.sc. Teodor Fiedler, prof.dr.sc. Marin Hraste, dr.sc. Nenad Javornik, prof.dr.sc. Stjepan Jecić, prof.dr.sc. Krešimir Jelić, ak. Boris Kamenar, prof.dr.sc. Vladimir Knapp, prof.dr.sc. Vjera Krstelj, ak. Željko Kućan, doc.dr.sc. Sven Lončarić, dr.sc. Dinko Mikulić, prof. dr.sc. Nedjeljko Perić, dr.sc. Vladimir Srb, dr.sc. Petar Strohal, ak. Ivo Šlaus, dr.sc. Branko Tomažić, dr.sc. Vladivoj Valković, prof.dr.sc. Ozren Žunec.

Sastav Znanstvenog vijeća krajem 2006. godine:

Dr.sc. Marijan Andrašec, doc.dr.sc. Davor Antonić, ak. Hrvoje Babić, prof. dr.sc. Mile Baće, prof.dr.sc. Milan Bajić, prof.dr.sc. Tomislav Bašić, prof.dr.sc. Mario Bauer, prof.dr.sc. Matko Bogunović, prof.dr.sc. Teodor Fiedler, dr.sc. Nikola Gambiroža, prof.dr.sc. Hrvoje Gold, prof.dr.sc. Nenad Gucunski, prof.dr.sc. Marin Hraste, prof.dr.sc. Nenad Javornik, prof.dr.sc. Božidar Javorović, prof.dr.sc. Stjepan Jecić, prof.dr.sc. Krešimir Jelić, ak. Željko Kućan, prof.dr.sc. Nikola Kezić, prof.dr.sc. Vladimir Knapp, dr.sc. Vladimir Korman, prof.dr.sc. Vjera Krstelj, doc.dr.sc. Sven Lončarić, dr.sc. Dario Matika, dr.sc. Dinko Mikulić, prof.dr.sc. Nedjeljko Perić, prof.dr.sc. Dijana Pleština, prof.dr.sc. Stanislav Sever, prof.dr.sc. Branko Somek, prof.dr.sc. Vladimir Srb, prof.dr.sc. Petar Strohal, dr.sc. Stjepko Šesnić, ak. Ivo Šlaus, dr.sc. Branko Tomažić, dr.sc. Jakša Topić, dr.sc. Stjepan Udović, prof.dr.sc. Ozren Žunec.

Napomena

Ovaj pregled rada hrvatskih znanstvenika na razvoju i unapređivanju metoda razminiranja prikazuje rad znanstvenika u okvirima HAZU, Znanstvenog vijeća HCR i Znanstvenog vijeća HCR-CTRO. Prema našim saznanjima postojala je izvan navedenih okvira aktivnost u još dva segmenta. Paralelno s radom Posebne grupe HAZU, u 1997. g. je u Zagrebu održana međunarodna radionica o održivom humanitarnom razminiranju² na kojoj su nazočili najpoznatiji europski i ostali znanstvenici i operativci angažirani na problemima humanitarnog razminiranja. U okviru Centra za transfer tehnologije Fakulteta strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu istraživane su mogućnosti metoda nedestruktivnih ispitivanja materijala za otkrivanje protupješačkih mina; osnovana je sekcija za otkrivanje protupješačkih mina u okviru europske udruge nedestruktivnog ispitivanja materijala, organizirana je sekcija o otkrivanju protupješačkih mina na jednom međunarodnom simpoziju. Ipak i uz navedeno ograničenje prikaza, vjerujemo da je ovim pregledom obuhvaćen najveći dio rada hrvatskog dijela znanstvenika usmjerenog na konkretne probleme razminiranja u Hrvatskoj, jer bez tijesne suradnje s organizacijama odgovornim za nadzor i praksu razminiranja, tj. HCR-om i CTRO-om, znanstveni rad u ovom području nije mogao imati pravog smisla.

² SuS DeM '97, 1997, International Workshop on Sustainable Humanitarian Demining, Zagreb. Organizator iz Hrvatske je bio dr.sc. Davor Antonić. KoREMA

9. Opći tekstovi iz početne faze rada na razminiranju, sudjelovanje na konferencijama i u međunarodnim radnim grupama

1. Vladimir Knapp, A problem of antipersonnel mines deserves Pugwash attention, 44th Pugwash Conference of Science and World Affairs, Kolymbari, Grčka, June 30 / July 6, 1994.
2. SuS DeM '97, 1997, International Workshop on Sustainable Humanitarian Demining, Zagreb.
3. T. Fiedler, M. Bajić, D. Goršeta, 1998., GIS for demining activities in Croatia, zbornik radova, Joint Research Centre - European Commission, Proceedings De-mining Technologies International, Exhibition, Workshops and Training Seminars, 29.09. – 1.10.1998, Ispra, Italija, str.187-19
4. Second International Conference on the Detection of Abandoned Mines, Edinburg, 12. - 14. 10. 1998, prof. dr. V. Knapp.
5. Consultants Meeting on Nuclear Methods for Identification of Antipersonnel Landmines, IAEA, Beč, 8. - 10. 12. 1998, referat dr. sc. V. Valkovića.
6. V. Knapp: Demining: A Challenge to Science and to International Community, Proceedings of the Forty-ninth Pugwash conference on science and world affairs, Rustenburg, South African Republic, 7-13 September 1999, World Scientific 2001.
7. M. Bajić, D. Goršeta, D. Antonić, 1999, Humanitarian demining in the Republic of Croatia – demining efforts, tools, technologies, possible improvements of current technologies, new technologies that could improve the situation, Deminer Requirements Workshop, Rosslyn - Washington, 30.3 -1.04.1999.g., Department of Defense, SO/LIC and Night Vision and Electronic Sensors Directorate, VA, USA.
8. Workshop - Refinement the requirements on demining technology, pozivni rad, Rosslyn, SAD, ožujak 1999, referat dr. sc. M. Bajića.
9. Workshop on mine signature, JRC, Ispra, ARIS, lipanj 1999, referat D. Antonića, člana istraživačkog tima ZV-a.
10. 6th International Conference on Application of Nuclear Techniques, Nuclear technology for safety, security and industrial development, Kreta, 20. - 26. 6. 1999, referat dr. sc. V. Valkovića.
11. 5th International Explosive Ordnance Disposal Conference, Ljubljana, 30. 9. / 1.10. 1999, referat dr. sc. V. Valkovića, prof. dr. V. Knappa i dr. sc. M. Bajića.
12. Workshop Ground Survey, Brest, 27. 10. 1999, ARIS, referat dr. sc. M.

Bajića.

13. V. Knapp, Activities in introduction of new technologies for humanitarian demining, Donors Conference, Humanitarian demining - Support to the national mine action program in the Republic of Croatia, Zagreb 24 September 2001.
14. IAEA Research Coordination Meeting on Application of Nuclear Techniques to Antipersonnel Landmines Identification, Zagreb, 23. - 26. 11., referat dr. sc. V. Valkovića, izlaganja o metodama redukcije sumnjivih površina prof. dr. V. Knappa i dr. sc. M. Bajića.

10. Savjetovanja organizirana od strane članova Znanstvenog vijeća i HCR-a

1. Savjetovanje o ulozi znanosti u razvoju djelotvornih metoda detekcije i uklanjanja mina, HAZU, Zagreb, 12. 5. 1997. Zaključci i prijedlozi Savjetovanja HAZU.
2. O novim metodama otkrivanja mina, Sisak, 17. studenoga 1998.
3. Mehaničko razminiranje, Sisak, 26. svibnja 1999.
Savjetovanja su održana u prostorijama Gospodarske komore Sisačko-moslavačke županije.
4. Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space - and airborne surveys, Workshop, Zagreb, 30.11.2005. Održano u prostorijama Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Zagreb. CD s 10 prezentacija i tonskim zapisima izlaganja i diskusije.
5. IAEA Expert Meeting RER/1005, Field Testing and Use of Pulsed Neutron Generator for Demining, Zagreb, 26-28. January 2004. Održano u prostorijama Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Zagreb.

11. Neki opći zaključci, postignuća i iskustva iz razdoblja 1997.-2007.

- a) Ostvaren je doprinos boljem upoznavanju operativnih karakteristika detektora metala, unapređenju načina odgoja i provjere pasa minotragача, tehnologije mehaničkog razminiranja i zračnog osmatranja minski sumnjivih područja
- b) Ostvaren je doprinos upoznavanju mogućnosti i statusa novih tehnologija razminiranja i procjeni njihove primjenjivosti u našoj zemlji i u našim uvjetima (posebno metode MEDDS i FIDO, te neutronske uređaje za otkrivanje mina).

- c) Hrvatska je u suradnji s nizom međunarodnih organizacija prepoznata kao partner koji posjeduje znanstvenu, stručnu pa i organizacijsku infrastrukturu za primjenu novih tehnologija razminiranja, odnosno, kao zemlja u kojoj se mogu pouzdano provjeriti i vrednovati nove metode, odnosno usavršeni konvencionalni uređaji na terenu, u stvarnim uvjetima. Iako se pokazalo da je razvoj novih metoda razminiranja prespor da bi bio od primarnog interesa za Hrvatsku, razminiranje ostaje svjetski problem u kojem i naše iskustvo može i treba biti iskorišteno za opću korist.
- d) Definicija redukcije minski sumnjive površine je 1999.-2000. razrađena i ojačana priložima iz Hrvatske (ZV HCR, HCR), te prihvaćena kao sadržaj humanitarnog protuminskog djelovanja. U Hrvatskoj je redukcija postala bitan i najznačajniji dio smanjenja minski sumnjive površine.
- e) Povezano s d), u desetgodišnjem razdoblju od 1998. godine površina minski sumnjivih površina smanjena sa 6000 km² na manje od petine. Godišnji broj žrtava od mina smanjen je za još veći faktor (10 u 2006.). Daleko najveći doprinos smanjenju minski sumnjivih površina dali su terenski izvidi. Pocetkom 2008. godine minski sumnjive površine procjenjene su na 997 km² Preostale minski sumnjive površine su terenski teže dostupne mehaničkom razminiranjem (šume, kamenjari).
- f) Važnu ulogu u stvaranju uvjeta za ispitivanje novih metoda odigrali su ispitni poligoni izgrađeni sredstvima projekata, odnosno međunarodne suradnje pokrenute od članova Znanstvenog vijeća. Za istraživanje senzora para eksploziva pripremljen je kod Siska, Rakovo polje, specijalan poligon s velikim razmacima između mina. Također na inicijativu i prema konceptu ZV HCR izrađen je prvi ispitni minski poligon Benkovac, uvedena je metodologija ispitivanja koja osigurava statistički značajne rezultate. Na temelju inicijalne kvalitete, uporaba ovog poligona i drugih izrađenih naknadno (CTRO) se pretvorila u trajnu suradnju sa svjetskim proizvođačima senzora za protuminsko djelovanje.
- g) Rad na novim metodama kao što su MEDDS i PELAN pokazao je da se bez financijskih sredstava i opreme za vlastita istraživanja ne mogu ostvariti optimalni rezultati. Uz vrlo veliki trud ostvarena su sudjelovanja u međunarodnim projektima i dobivena sredstva za istraživanje tih metoda (MEDDS, PELAN). Dobiveni su sigurno značajni rezultati, ali ne i sve ono što je objektivno trebalo postići. Ti projekti u kojima smo sudjelovali bili su opterećeni složenim procesom dogovaranja između

više partnera, administrativno neadekvatno vremenski limitirani od krajnjeg financijera, potpuno neovisno o rezultatima koji su dobivani i koji su tražili daljnji rad do nekog logičnog zaokruženja. Zbog odsustva vlastitih mogućnosti to se nije moglo korigirati. Dodatno, komercijalni interesi stranih partnera odrazili su se u nekim slučajevima na program i sadržaj istraživanja.

- h) Povoljnija situacija bila je u okviru znanstvenih projekata koje je bez komercijalnih interesa sufinancirala Europska komisija (ARC, SMART), kada je nabavljena moderna senzorska oprema, programi, razvijen sustav za multisenzorska zrakoplovna daljinska istraživanja, ovladane metode snimanja, terenske verifikacije, operativne validacije, osposobljen tim operatora zrakoplovnog snimanja, te interpretatora minske scene. Ovi resursi su poslužili za dva nova projekta primjene zrakoplovnih daljinskih istraživanja (ITEP Projekt 1.2.5, Tehnologijski projekt TP-06/0007-01 MZOŠ RH).
- i) Izrazito pozitivan primjer djelovanja Znanstvenog vijeća vidi se kod mehaničkog razminiranja gdje je stvorena sinergija znanstvenika iz Znanstvenog vijeća i stručnjaka iz HCR-a kao i sa izuzetno sposobnom razvojnom grupom inženjera iz poduzeća Dok-ing. Posjedovanje vlastitih sredstava i mogućnosti za razvoj i istraživanje bilo je odlučno za unaprjeđenje mehaničkog razminiranja. Bez razvoja strojeva za razminiranje u opremljenom i kvalitetnom poduzeću Dok-ing u suradnji s članovima Znanstvenog vijeća i stručnjacima HCR-a, mehaničko razminiranje ne bi moglo ostvariti terenske rezultate koje je postiglo. Članovi Znanstvenog vijeća zajedno sa stručnjacima iz HCR-a i DOK-ING d.o.o-a doveli su strojno razminiranje na svjetsku razinu u razvoju i primjeni.
- j) Znanstveno vijeće je u kontaktima s međunarodnim organizacijama izazvalo pozornost, te se može reći da je ono danas posebna kvaliteta hrvatskog sustava razminiranja. Premda se u svijetu problemom humanitarnog razminiranja bave mnogo snažnije i opremljenije grupe i organizacije nego što je to Znanstveno vijeće, one su najčešće profitne ili akademske. Za profitne tržišne organizacije rješenja su podređena poslovnim kriterijima. Akademska istraživanja pak, bez neposrednog radnog kontakt s terenskim problemima humanitarnog razminiranja, pokazala su se često jalovima i sporima, a katkad su bila i pogrešno usmjerena. Znanstveno vijeće insistira na znanstvenoj i stručnoj autonomiji, ali i trajnom praćenju problema na terenu. To se pokazalo i

prepoznalo kao koristan i uspješan način uključivanja znanosti u unapređenje humanitarnog razminiranja.

Ove spoznaje ugrađene su u HCR-CTRO-u, koji je osnovan 2004. godine iz dijela HCR-a koji se primarno bavio razvojem novih metoda i testiranjem opreme i uređaja za razminiranje.

12. Zahvale

Znanstvenici koji su se u proteklih 10 godina odazvali izazovu potrebe pronalaženja boljih i djelotvornijih metoda i načina uklanjanja mina zahvaljuju institucijama i pojedincima koji su im u tome pomagali. To je u prvom redu uprava HCR-a na čelu s ravnateljima D. Goršetom i O. Jungwirthom i HCR-CTRO-a na čelu s direktorom N. Pavkovićem, te ostalo osoblje HCR-a i HCR-CTRO-a. Bez njihove svestrane administrativne, organizacijske i tehničke pomoći aktivnosti opisane u ovom izvješćaju ne bi bile moguće.

U ranoj su fazi te aktivnosti bile vezane za Hrvatsku akademiju znanosti i umjetnosti, posebno za Odbor za međunarodne odnose Akademije, i nalazile tamo puno razumijevanje i potporu. Zahvala Hrvatskoj akademiji znanosti i umjetnosti.

Dugujemo veliku zahvalnost Fakultetu elektrotehnike i računarstva koji je Znanstvenom vijeću dodijelio stalni radni prostor, te u svojim prostorijama kroz više godina omogućavao održavanje sastanaka i radionica Znanstvenog vijeća HCR-a, međunarodnih sastanaka stručnjaka iz razminiranja i rad projektnih timova.

Zahvaljujemo Glavnom stožeru OS RH na suglasnosti, a posebno ističemo potporu Hrvatskog ratnog zrakoplovstva, koje je dodijelilo tri djelatnika na višegodišnji rad na projektima daljinskih istraživanja minskih polja, omogućilo uporabu helikoptera Mi-8 i Bell-206 u multisenzorskom izviđanju minskih polja od 2001. do 2004. g.

Odaje se zahvalnost poduzeću za razvoj i razminiranje DOK-ING d.o.o. na čelu sa inženjerom Vjekoslavom Majetićem za izuzetno vrijednu suradnju u testiranju i razvoju strojeva za razminiranje.

Zahvaljujemo prof. dr.sc. Dijani Pleština na pomoći u uspostavljanju međunarodne suradnje u istraživanju akustičkih metoda otkrivanja mina na kopnu i u vodi.

Osim članovima Znanstvenog vijeća koji su svojim priložima u ovom pregledu prikazali svoj rad na razvoju novih metoda razminiranja zahvalnost ide svim ostalim članovima Znanstvenog vijeća koji su u pojedinim periodima sudjelovali u njegovom radu i doprinosili svojim znanjem i iskustvom.

DOPRINOS MEHANIČKOG RAZMINIRANJA CONTRIBUTION OF MECHANICAL DEMINING

Dinko Mikulić

Veleučilište Velika Gorica

dinko.mikulic@vvg.hr

Sažetak

Prirodno je da se zapitamo u kojoj mjeri se strojevi mogu koristiti u humanitarnom razminiranju, imajući na umu pitanje cijene, kapaciteta i nepotrebnog gubitka života. Odgovor je izuzetno važan. Ovdje se govori o doprinosu strojnog razminiranja u Republici Hrvatskoj. Nakon rata oko 10% površine Republike Hrvatske proglašeno je područjem zagađenim minama. 2005. godine postotak strojnog razminiranja u Hrvatskoj iznosio je vrlo visokih 85% obrađenog područja, pri čemu nije bilo žrtava. To ukazuje na činjenicu da postoji malen postotak minski sumnjive površine na kojemu se strojevi ne mogu koristiti. Ta područja nisu bila prikladna za strojno razminiranje (kamenita područja, tlo niskih nosivih karakteristika poput močvare, šumovitih predjela, itd.). Strojevi su pridonijeli povećanju kapaciteta, poboljšanju sigurnosti i kvalitete rada, kao i smanjenju cijene razminiranja. To je posljedica razumijevanja njihove uloge i razvoja za stvarne uvjete razminiranja.

Sukladno raznolikosti zadaća razminiranja, dizajnirano je nekoliko kategorija strojeva: laki, srednji i teški. U većini slučajeva strojevi s mlatilicom bolje razminiraju od strojeva s frezom. Lake i srednje mlatilice imaju svoje prednosti u veoma zahtjevnim ispresijecanim područjima, u lakšem pristupu području, u šumama i oko uništenih kuća. Na temelju teorije o obradi tla, učinka eksplozije mina na ljudsku sigurnost i performansi strojeva, konstruirani su originalni modeli strojeva, što omogućava održiva tehnička rješenja. Također, kriteriji ispitivanja strojeva, sigurnost operatera, razminiranje, učinkovitost, manevarske sposobnosti definirane su sukladno CEN sporazumu CWA 15044:2004.

Teški stroj za razminiranje je namijenjen za strojno razminiranje većih minski sumnjivih područja. Razvijana su dva tipa alata: varijanta radnog alata s dvije mlatilice, kao i varijanta s jednom mlatilicom i jednom frezom. Prije nekog vremena bilo je nezamislivo kombinirati mlatilicu i frezu, uglavnom zbog toga što je to dvoje zahtijevalo preveliku snagu. Međutim, raspodjelom snage na radni alat konstruirana je realna

opcija koja omogućava održiva rješenja čak i za manje strojeve. U uništavanju PP i PO mina primarnu ulogu ima mlatilica većeg promjera, a sekundarnu freza dva puta manjeg promjera, što osigurava dobru dubinu kopanja i time omogućuje visoku kvalitetu razminiranja. Tako je osigurana visoka pouzdanost uništavanja mina, jer s ta dva neovisna i različita alata gustoća udaraca čekića neposredno se prilagođava uvjetima gustoće mina. Neovisnost prilagodbe alata, kao i daljinsko upravljanje povećavaju brzinu razminiranja. Utvrđena je snaga kojom čekići moraju udarati u tlo kako bi svladali otpor tla pri kopanju. Rezultati ispitivanja strojeva pokazuju visoku kvalitetu razminiranja.

Ključne riječi: mehaničko razminiranje, strojno razminiranje, strojevi za razminiranje, doprinos mehaničkog razminiranja

Abstract

It is natural to ask ourselves to what extent can machines be used in humanitarian demining, having in mind the issues of costs, performance and unnecessary life loss. The answer is of paramount importance as well. Here is given the contribution of machine demining in the Republic of Croatia. After the war around 10% of Croatia's surface area was declared mine-polluted territory. In the year 2005. the percentage of machine demining in Croatia amounted to a very high 85% of treated area, while there were no casualties. This points out that there is only a very small percentage of the mine suspected areas where machines could not have been used. These areas were not suitable for machine demining (rocky areas, soil of low bearing characteristics such as marsh land, forest areas etc.). Machines have contributed to higher performance, improved safety and quality of work as well as lower price of demining. This is the result of understanding their role and development for the actual demining conditions.

According to the diversity of the ground clearing tasks, machines are designed in several categories: light, medium and heavy. In most cases machines with flails perform demining better than machines with a tiller. Especially light and medium flails have advantages in very demanding intersected regions, in easier access to the areas, in forests and around demolished houses. Based on the theory of soil treating, effects of mine explosions on human safety and machine performance, the original machine models are designed, allowing feasible technical solutions. Also, machine testing criteria, operator's safety, field clearance, efficiency, cross country capability are defined according to 15044:2004.

The heavy demining machine is intended for machine demining of larger mine-suspected areas in humanitarian mine clearing. What was considered for tools were two variants: a variant of working tool with two flails, as well as a variant with one flail and one tiller, having in mind the functions of these variants. Some time ago, it was unimaginable to combine flail and tiller, mostly because power demands for this were too high. Nonetheless, by allocating the power to working tools a realistic option was designed, which would allow feasible solutions even for smaller sized machines. In order to destroy AP and AT mines, the primary role is on flail of high diameter, and secondary on tiller with a two times lower diameter which ensures that digging depth

is good enough, thus enabling high quality of mine clearance. A high reliability of mine destruction is thereby ensured, because with these two independent and different tools the density of hammer strikes is immediately adapting to the conditions of mine density. The independence of tool adaptation together with remote control is improving the speed of mine clearing. The required force of the hammer impulse has been determined in order to be able to overcome the resistance from digging the soil resistance. The results of machine testing show high graded performance regarding mine clearance quality.

Ključne riječi: mechanical demining, machine demining, demining machines, contribution of mechanical demining

1. Uvod

Doprinos mehaničkog razminiranja u Republici Hrvatskoj se najbolje može prepoznati na temelju rezultata strojnog razminiranja, koje je preuzelo primarnu ulogu u humanitarnom razminiranju. Bez stvarne mehaničke obrade tla, praktički nema sigurnog razminiranja. Zbog toga, komercijalne tvrtke koje su uključene u projekte razminiranja, razvijaju ili kupuju strojeve. Nakon shvaćanja i uvođenja strojnog razminiranja nema stradalih pirotehničara, a sa gledišta učinka to znači sigurnost ljudi i dobiti. Najviša efikasnost strojnog razminiranja se ostvaruje sa mlatilicama za razminiranje. Lake i srednje mlatilice imaju prednosti na vrlo zahtjevnim terenima, šumama, i urbanom području. Konstrukcija takvih strojeva u Republici Hrvatskoj i njihova uporaba je postala prepoznatljiva u svijetu humanitarnog razminiranja.

Vrednovanje mehaničkog razminiranja u Republici Hrvatskoj se procjenjuje na temelju postignutih rezultata i aktivnosti grupe za mehaničko razminiranje u okviru Znanstvenog vijeća hrvatskog centra za razminiranje. Nakon 10 godina aktivnosti znanstvenika koji se bave mehaničkim razminiranjem, postignuti su visoki rezultati mehaničkog razminiranja u Republici Hrvatskoj. To se dokazuje povezanošću znanstvenika sa poduzetništvom na realizaciji projekata, prikazom znanstvenih radova na međunarodnim i domaćim simpozijima, brojem proizvedenih strojeva za razminiranje i njihova korištenja u razminiranju

Grupu za mehaničko razminiranje čine slijedeći znanstvenici: dr.sc. Dinko Mikulić - koordinator, dr.sc. Vladimir Koroman, i dr.sc. Stanislav Sever. Povremeno su bili uključeni, mr. Ivan Šteker, Vjekoslav Majetić, dr.sc. Nikola Gambiroža, i drugi.

Savjetovanje o mehaničkom razminiranju

Prvo i ključno savjetovanje o mehaničkom razminiranju u Republici Hrvatskoj je održano 26. svibnja 1999. u Sisku u organizaciji Znanstvenog vijeća HCR i HCR. Voditelj savjetovanja i koordinator grupe za mehaničko razminiranje dr.sc. Dinko Mikulić je upoznao širu javnost (glasilo *Velebit, Hrvatski vojnik, i drugo*) o mišljenjima i prijedlozima znanstvenika i stručnjaka o zaključcima toga savjetovanja. Tada se donesene smjernice razvoja mehaničkog razminiranja, koje će zatim slijediti uspješnim projektima koje će ručno razminiranje zamijeniti strojnim i tako spriječiti stradanje deminera / pirotehničara. Odziv naše znanosti, struke i poduzetništva je prezentiran kvalitetnim radovima dvadesetak znanstvenika. Razmotreni su raznoliki tehnički uređaji i strojevi za mehaničko razminiranje te njihova prikladnost za hrvatske uvjete razminiranja. Na savjetovanju je zaključeno, da se mehaničkim metodama može skratiti vrijeme i smanjiti troškovi razminiranja. Predloženo je da se ubrza razvoj strojeva za razminiranje, te da se definiraju kriteriji ispitivanja valjanosti strojeva. Zaključeno je da se strojevi tipa mlatila i freze mogu uspješno koristiti u mehaničkoj obradi tla i pritom uništavati mine. Iza toga je potrebno detektorima prekontrolirati obrađeno tlo. Razmotren je međunarodni standard (IMAS) o dubini kopanja tla 200 mm i očišćenosti od 99,6%. Zaključeno je da je dubina kopanja tla od 200 mm vrlo zahtjevana, a čistoća tla zbog nemogućnosti mjerenja teško ostvariva, zato treba preispitati toliku dubinu kopanja tla u Hrvatskoj.

Predloženo je da se izradi *Studija izvodljivosti mehanizacije razminiranja Republike Hrvatske*, za koju se kandidira Brodarski institut. Studija je trebala iznijeti potrebna rješenja mehaničkog razminiranja iza koje stoji struka i znanost. Trebalo je odgovoriti na pitanje kolika je stvarna površina koja se strojno može razminirati, kojom vrstom strojeva, koliko će trebati takvih strojeva, tko će razviti te strojeve, koliko će sve to koštati, te realno vrijeme strojnog razminiranja. Na savjetovanju je prvi puta iznesena vizija strojnog razminiranja, te dano u Zborniku radova ovog savjetovanja. Nakon toga, postalo je jasno kojim putem treba razvijati mehanizaciju mehaničkog razminiranja.

2. Doprinos grupe za mehaničko razminiranje

- Usmjeravanje razvoja i proizvodnje strojeva kod domaćih proizvođača, DOK-ING d.o.o., Đ.Đaković- Specijalna vozila d.d., te njihovo testiranje na poligonima i minski sumnjivim površinama. Najveća suradnja na razvoju je postignuta sa tvrtkom DOK-ING d.o.o. Domaći strojevi MV-4, MV 10 i MV-20 se

proizvode za domaće i strano tržište. Prepoznata kvaliteta strojeva je rezultirala prodajom strojeva i vojnim snagama (hrvatska vojska, američka vojska, švedska vojska, itd.).

- Prezentirani su projekti razvoja strojeva za razminiranje na međunarodnim znanstvenim i stručnim skupovima te međunarodnoj i domaćoj javnosti, na kojima je dobiveno prestižno priznanje.
- Razvoj prototipa dizel električnog stroja za razminiranje MV-5D kroz formu tehnologijskog projekta «Primjena elektromotora s permanentnim magnetima na stroju za razminiranje», između Brodarskog instituta i tvrtke DOK-ING, kojeg je financiralo MZOS RH.
- Sudjelovanje u izradi CEN norme za testiranje strojeva za razminiranje, CWA 15044:2004. ***Test and evaluation of demining machines***,
- Stručna pomoć pri definiranju i određivanju poligona Cerovac za testiranje strojeva i opreme, te načela provođenja testiranja, kroz evaluaciju strojeva za razminiranje domaćih i stranih, na temelju testiranja u realnim uvjetima,
- Koordinacija i suradnja na razvoju projekata sa Centrom za testiranje, razvoj i obuku (HCR-CTRO), te proizvođačima opreme za mehaničko razminiranje.
- Dr.sc. Dinko Mikulić i dr.sc. Vladimir Koroman su kao članovi Hrvatske akademije tehničkih znanosti (HATZ), upoznali kolege akademije i dobili pohvale za svoj rad.

3. Znanstveni rad objavljen u CC časopisu

1. D. Mikulić, V. Koroman: **Development of a heavy demining machine**, *Journal of Terramechanics* (0022-4898) 44 (2007), 5; 365-369

4. Znanstveni i stručni radovi objavljeni u zbornicima međunarodnih skupova

1. D. Mikulić, I. Toth, V. Stojković: **Protuminska kriza – iskorištena šansa razvoja**, Međunarodna konferencija „Dani kriznog upravljanja“, Veleučilište Velika Gorica, 7-9.05.2008.
2. D. Mikulić, V. Koroman, D. Ambrus, V. Majetić: **Concept of Light Autonomous Machines for Dual Use**, Proceedings of the Joint North America, Asia-Pacific ISTVS Conference and Annual Meeting of Japanese Society for Terramechanics, University of Alaska Fairbanks, Alaska, USA, June 23-26, 2007.
3. D. Mikulić, V. Koroman, I. Šteker: **Evaluation of Using Demining Machines in Relation to Soil Trafficability**, Humanitarian Demining 2007 „Machine Demining“ April 24.-25. 2007. Šibenik.

4. D. Mikulić, V. Koroman, V. Majetić: **Machine Demining Features**. The 7th International symposium on technology and mine problem, Naval Postgraduate School Monterey, California, 2006.
5. D. Mikulić, V. Koroman, Z. Marušić, N. Vinković: **Design of Flail for Soil Treatment and Demining**, 10th European Conference of the International Society for Terrain-Vehicle Systems, Proceedings, ISBN 963 06 08 324, Budapest, Hungary, 2006.
6. D. Mikulić, V. Koroman: **Development of Heavy Demining Machine**, ISTVS, 15th International Conference International Society for Terrain-Vehicle Systems, Integration of Technologies 25-29 September 2005, Hayama, Japan.
7. D. Mikulić, V. Koroman, V. Stojković: **Development of Machine for Humanitarian Mineclearance**, ISTVS, 9th European Conference, Harper Adams University College, Newport Shropshire, 2003., UK.
8. N. Vinković, V. Stojković, D. Mikulić: **Design of Flail for Soil Treatment**, 5th DAAAM International Conference "Advanced Technologies for Developing Countries", June 28-30, 2006. Rijeka, Croatia.
9. D. Mikulić, V. Stojković, T. Gasparić: **Modelling of All-Protected vehicle**, Slavonski Brod 2005. 4rd DAAAM International Conference "Advanced Technologies for Developing Countries", September 21-24, 2005. Slavonski Brod, Croatia.
10. D. Mikulić, Dj. Šilić: **Mechanic of flail for Soil Digging and Demining**, Slavonski Brod, 4rd DAAAM International Conference "Advanced Technologies for Developing Countries", September 21-24, 2005. Slavonski Brod, Croatia.
11. D. Mikulić, V. Koroman, B. Ruzojčić: **Development of Diesel-Electric Demining Machine**, 3rd DAAAM International Conference "Advanced Technologies for Developing Countries", June 23-26, 2004. Split, Croatia.
12. D. Mikulić, I. Šeker: **New System and Technology for Humanitarian Mineclearance**, MATEST 2001, Non-Destructive Testing in Environmental Protection, Cavtat-Dubrovnik, 2001.
13. D. Mikulić, N. Pavković, V. Koroman, I. Šteker: **International Standards for Demining Machine Testing and evaluation**, CROMAC – CTRO Ltd VIEW, Book of Papers, International Symposium Humanitarian Demining, April 2004, Šibenik, Croatia.
14. D. Grbac, D. Mikulić, I. Šteker: **Development and Production of Medium Category Humanitarian Demining Machines**, Book of Papers, International Symposium Humanitarian Demining, April 2004, Šibenik, Croatia.

15. P. Schoeck, D. Mikulić, V. Koroman: **Project Spider – Development of Special Demining Machines**, Book of Papers, International Symposium Humanitarian Demining, April 2004, Šibenik, Croatia.

5. Razvojni projekti / vođenje, savjetovanje, knjige

1. Međunarodna norma za ispitivanje i vrednovanje strojeva za razminiranje, CEN, CWA 15044:2004, Europski odbor za normizaciju, Bruxelles, 2004.
2. Razvoj strojeva za razminiranje MV-4, MV-10, MV-20, 1998-2007.
3. Razvoj Diesel-električnog stroja za razminiranje MV-5DE, MZOŠ, 2003-2005.

Knjige

- a) D. Mikulić: **Tehnika za razminiranje**, suvremene metode i oprema, Strojevi za razminiranje, Hrvatski centar za razminiranje, ISBN 953-97317-1-2, Sisak-Zagreb, 1999.

Knjiga *Tehnika za razminiranje* opisuje suvremenu tehniku za razminiranje, metode i opremu za razminiranje, tehničke značajke i način primjene. Sadrži četiri cjeline: identifikacija minske opasnosti, tehnika za humanitarno razminiranje, tehnika za vojno razminiranje, te razvojne tehnologije otkrivanja i uklanjanja mina. Opisana je oprema koja svojim značajkama privlači pozornost, čijom se uporabom mogu pronaći krajnja rješenja za problem miniranih površina. Težište je dano na strojevima za razminiranje sa svrhom njihove primarne uloge u mehaničkom razminiranju. Dane su osnove proračuna strojeva za razminiranje način vrednovanje opreme za razminiranje.

- b) D. Mikulić: **Design & Testing of Demining Machines**, Knjiga ugovorena za GICHD (Geneva International Centre for Humanitarian Demining), Izdanje u 2008/09. godini.

Knjiga *Design & Testing of Demining Machines* opisuje razvoj i testiranje suvremenih strojeva za humanitarno razminiranje. Strojevi i ostala oprema čine mehanizirani proces razminiranja smanjujući ljudski rizik minske opasnosti i troškove razminiranja. Kako u svijetu ne postoji razvijena teorija proračuna, u knjizi su prvi puta dane relevantne znanstveno-stručne postavke i metodologija proračuna strojeva za razminiranje. Prikazama su suvremena praktična i inspirativna rješenja strojeva na bazi mlatila, freze, diskova i njihove kombinacije. Također,

razrađena je metodologija testiranja strojeva za razminiranje, koja je poslužila za razvoj nacrt standarda za testiranje strojeva (CWA). Knjiga se temelji na hrvatskom identitetu razvoja strojeva za razminiranje, koji se pokazao uspješan u primjeni mehaničke tehnologije i postignutim rezultatima čišćenja minski sumnjivog prostora. Na temelju toga razvijeni su hrvatski strojevi za razminiranje koji se proizvode u R. Hrvatskoj za izvoz u visokorazvijene zemlje. GICHD publicira knjigu u svrhu razvoja strojeva u svijetu.

6. Međunarodna prepoznatljivost mehaničkog razminiranja

Strojno razminiranje

Ulaganje u razvoj i proizvodnju strojeva rezultirao je strojnim razminiranjem minski sumnjivih površina. Znanstveno-stručni radovi i projekti su otvorili put uspješnom razvoju strojnog razminiranja u Republici Hrvatskoj. To je argumentirano znanstvenim radom *Machine Demining Features* na 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGY AND MINE PROBLEM, NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL MONTEREY, CALIFORNIA, May 2-5, 2006. Dani su rezultati razvoja strojeva i strojnog razminiranja u Republici Hrvatskoj.

Uloga i značaj strojnog razminiranja

Važno je pitanje omjera kojim strojno razminiranje sudjeluje u ukupnim aktivnostima razminiranja. Postotak strojnog razminiranja u Hrvatskoj doseže 85% obrađivanog područja. To također znači i korištenje kontrolnih metoda prema tehnologiji humanitarnog razminiranja (detektori, psi, pipalice). To pokazuje da postoji vrlo mali postotak minski sumnjivih područja gdje se strojevi nisu mogli koristiti. Ta područja nisu bila prikladna za strojno razminiranje (kamenita područja, tla niske nosivosti, šumska područja, visoka drveća i strmi tereni), ili komercijalne tvrtke nisu nabavile strojeve pa razminiranje moralo biti obavljeno ručno. Oko 20-30 tvrtki su bile angažirane u razminiranju, koje su različito opremljene za razminiranje.

Hrvatska je bila u rangu minski najzagađenijih zemalja u svijetu. Procijenjeno je više od milijun mina i neeksplozivnih ubojnih naprava (UXO) koje zagađuje područje od otprilike 4500 četvornih kilometara / 1998, Razminiranje je bila pretpostavka povratka izbjeglica, budući da razminiranje pomaže oživljavanju gospodarstva. Stoga je otklanjanje miniranih područ-

ja od strateškog, ekonomskog i kulturnog značaja. Većina minski zagađenih područja je procijenjeno kao minski sumnjivo područje – MSP. Nacionalnim programom je planiralo smanjiti broj minski sumnjivih područja koristeći moderne metode izviđanja i strojnog razminiranja, te smanjiti troškove razminiranja.

Nakon 10 godina primjene različitih metoda razminiranja ukupna površina minski sumnjivih površina je smanjena na 1100 četvornih kilometara. Prema izračunima, područje minski sumnjivih područja koje treba strojno razminirati doseže do približno 325 četvornih kilometara. Ako je godišnja sposobnost približno 20 strojeva oko 10 km², to znači da bi godišnje trebalo biti tri puta više strojeva da bi se omogućila trostruka učinkovitost. Zbog intenzivnog korištenja i istrošenosti strojeva, opremu stalno treba obnavljati i usavršavati, što znači potrebu daljnjeg razvoja i proizvodnje strojeva u Republici Hrvatskoj.

Primjena strojeva za razminiranje

Strojno razminiranje se izvodi samo sa testiranim strojevima u kombinaciji sa ostalim metodama razminiranja. Prednosti strojnog razminiranja se vide najprije u otklanjanju rizika za pirotehničare i smanjenju njihova broja. Stalan napredak u strojnoj tehnologiji što se tiče sigurnosti rada i veće učinkovitosti u čišćenju najmanjih ostataka mina osiguravaju budućnost tehnologije za razminiranje. Postavljaju se strogi zahtjevi povećanja učinkovitosti i ekonomičnosti strojeva. Koriste se nova rješenja uređaja za razminiranje se testiraju. Takvi uređaji uključuju moderne mlatilice i sitnilice kao osnovni uređaju u humanitarnom minskom čišćenju. Tvrtke za razminiranje preferiraju mlatilice, kao jednostavnije i jeftinije rješenje, zbog toga što su učinkovitije i osiguravaju veću dobit.

Iskorištena šansa razvoja

Prirodno je postaviti pitanje da li je iskorištena teška nepogoda minske zagađenosti kao šanse razvoja, ponajprije gospodarstva na proizvodnji opreme za razminiranje. Prema tome, osim primarne svrhe razminiranja zagađenog područja i otklanjanja utjecaja tog problema na ljude, u konačnosti treba biti iskorištenje protuminske krize najprije na gospodarski način, tj. izlazak na svjetsko tržište specijalnih proizvoda i davanja usluga na ovom području.

Gospodarski učinak u ovom slučaju se može procjenjivati prema broju zaposlenih, otvaranju novih radnih mjesta u proizvodnji opreme, kroz njihove doprinose državi, posebice kroz značaj izvoza opreme i nastupe na svjetskom tržištu, te ukupno vraćenu gospodarsku površinu. Sudeći prema veličini proizvodnje strojeva za izvoz (40-50 godišnje), davanja usluga, povećanja poljoprivrednih i šumarskih djelatnosti na razminiranim prostorima, povećava se izravna i neizravna zaposlenost.

Tablica 1. Postotak strojnog razminiranja

Kategorija	2001	2002	2003	2004	2005
Laki, do 5 t	10	18	22	25	29
Srednji, 5-20 t	3	3	4	9	8
Teški, > 20 t	4	4	4	8	7
Bageri, >15 t	5	8	10	12	15
Ukupno	22	33	40	54	59
% postotak strojnog razminiranja	72	80	85	86	85

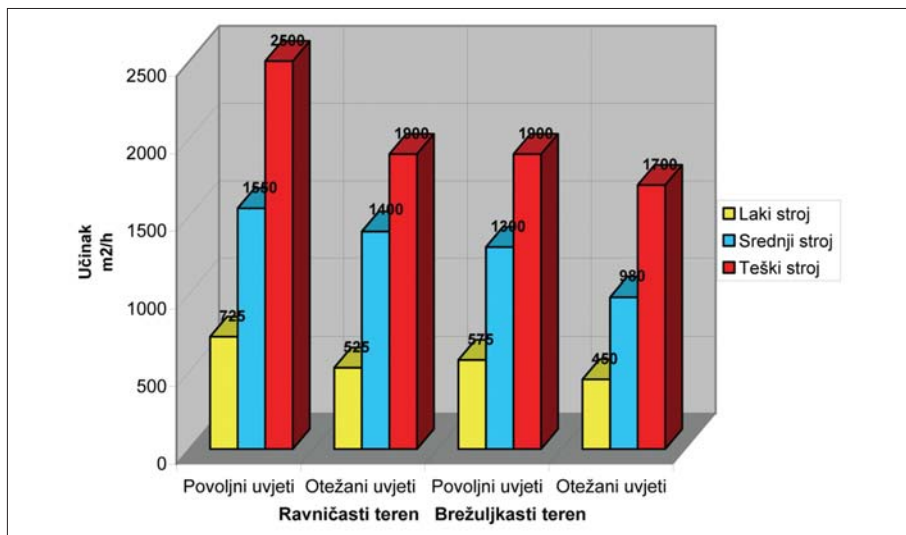
Učinkovitost strojnog razminiranja

U odnosu na ručno razminiranje, mehanizacija razminiranja značajno smanjuje vrijeme razminiranja. Veća radna efikasnost stroja smanjuje prijetnju od mina, ali povećava nabavne troškove za strojeve za razminiranje i ostalu mehanizaciju. Međutim, zbog značajno smanjenog vremena za razminiranje, povećane sigurnosti pirotehničara i amortizacije opreme, korištenje mehanizacije smanjuje ukupni trošak razminiranja.

Očito je da strojno razminiranje omogućuje najbolju učinkovitost u humanitarnom razminiranju. Ovisеći o kategoriji stroja i radnim uvjetima, laki strojevi trebaju ostvariti učinkovitost 500-100 m²/h, srednje teški strojevi 1000-2000 m²/h, i teški strojevi 1500-2500 m²/h. Učinkovitost pirotehničara je najmanje dvaput veća ako se najprije koristi strojno razminiranje - 450 m²/dan. Učinkovitost tima vodiča pasa, nakon korištenja stroja, je pet puta veća nego pirotehničara - 1500 m²/dan.

Dizajn strojeva za razminiranje

Opremanje tvrtki za razminiranje se bazira na sve tri kategorije strojeva, i pomoćnih strojeva. Laki strojevi za razminiranje sa širinom obrade tla oko



Sl. 1. Učinak strojeva za razminiranje (2005)

2 m su vrlo efikasni za razminiranje manjih površina, različite konfiguracije terena. Teški strojevi, sa širinom tretiranja oko 3.5 m, omogućuju veću učinkovitost kad se razminiraju velika i otvorena područja, na različitim tlima i tipovima vegetacije. Postoji značajna razlika u širini alata (oko 1,5 m) za ove dvije kategorije strojeva, u veličini tretiranog područja gdje lagani i teški strojevi nisu efikasni. Ta veličina područja bi se mogla nazvati projekti srednje veličine. Temeljeno na iskustvu razminiranja i povećanju učinkovitosti, ukazala se potreba za adekvatnim srednjim strojem oko 15 tona težine, širinom čišćenja od 2,5 m. Strojevi se mogu opremiti za dvojno upravljanje, sa rukovateljem stroja i na daljinsko upravljanje. Daljinsko upravljanje se obavlja iz pratećeg oklopnog vozila, koji ujedno zaštićuje rukovatelja stroja. Hidraulički bageri sa dugom granom i radnim alatom mlatilice omogućavaju razminiranje na neprikladnom terenu za strojeve. Širina obrade tla s mlatilicom bagera je manja od širine lakih strojeva.

Dizajn lakog gusjeničnog stroja za razminiranje ima visoku prohodnosti tla. Radni alat za kopanje i uništavanje mina je mlatilica montirana sprijeda, koja uništava najmanje protupješačke mine i najopasnije protupješačke odskočne mine. Usklađena je tehnološka brzina stroja i alata, koja određuje gustoću obrade tla. Razvijena je izvorna hidrostatička transmisija za kretanje vozila i obradu tla. Stroj ima niski centar gravitacije, niski profil stroja i aerodinamični oblik stroja koji je okrenut prema frontu eksploziji. To je potpuno autentični pristup razvoju dizajna strojeva za razminiranje.

Rezultati testiranja strojeva u realnim i kontroliranim uvjetima su potvrđeni na realnim projektima razminiranja, pokazujući visoke performanse kvalitete minskog čišćenja. Srednji strojevi za razminiranje pouzdano uništavaju AP i AT mine. Iskustvo je pokazalo da su srednji strojevi za razminiranje vrlo prikladni za realne uvjete razminiranja.



Sl. 2. Laki stroj za razminiranje, MV-4

Teški gusjenični strojevi za razminiranje su namijenjeni za strojno razminiranje većih minski sumnjivih područja. Dva tipa alata su razvijena: radni alat sa dvije mlatilice, i verzija sa jednom mlatilicom i jednom frezom. Prije nekog vremena, bilo je nezamislivo kombinirati mlatilicu sa sitnilicom, uglavnom zato što su zahtjevi za snagom bili preveliki. Svejedno, distribucijom snage na radne alate dizajnirana se realna opcija mlatilice i reze, koja omogućava rješenje i za srednje strojeve. Cilj razvoja teških strojeva za razminiranje je ostvariti bolju efikasnost stroja u operacijama razminiranja. Najmanje, dvostruka učinkovitost je zahtijevana u usporedbi sa srednjim strojevima za razminiranje. Korištenje dva šira radna alata za obradu tla (npr. do 3,5 m) omogućava veću brzinu rada. Prvi puta u svijetu, razvijena je i primijenjena kombinacija mlatilice i sitnilice na hrvatskom stroju za razminiranje MV-10 i MV-20. Radni alat sa nezavisnim pozicionirane mla-

tilice i sitnilice je inovativan koncept, gdje je moguće imati različite tehnološke brzine za mlatilicu i za sitnilicu, kao i različite dubine obrade tla. Za uništavanje minskih prijetnji glavnu ulogu ima prvi alat – mlatilica.

HCR-CTRO d.o.o. je osnovan s ciljem testiranja opreme za razminiranje, istraživanja i obrazovnih aktivnosti u protuminskom djelovanju. Osnovne zadaće centra su testiranje metoda, tehnologija i opreme za humanitarno razminiranje (procedure, standardi, detektori, psi, strojevi za razminiranje, itd.), održavanje postojećih i osnivanje novih test-poligona, razvoj standarda za razminiranje, znanstvena i stručna suradnja sa nacionalnim i međunarodnim institucijama. U skladu s humanitarnim standardima razminiranja, strojevi i ostala oprema se najprije testira na test poligonima u Hrvatskoj. Poligon Cerovac je prikladan i za dvojno korištenje (vojno i humanitarno) testiranja ostala opreme za razminiranje.



Sl. 3. Mlatilo i sitnilica, srednji stroj za razminiranje, MV-10

Humanitarno i vojno razminiranje

Slabosti klasične vojne opreme za razminiranje koje su primijećene tijekom operacija čišćenja MSP u urbanim područjima, specifičnim antiterorističkim operacijama i odstranjenju UXO-a, nagnale su vojne stručnjake da prihvate i koriste dokazanu tehnologiju humanitarnog razminiranja. Rješenje je nađeno u korištenju već razvijenih humanitarnih tehnika razminiranja, pogotovo u korištenju laganih i srednjih daljinski upravljanih strojeva, koji mogu udovoljiti vojnim zahtjevima, koristeći u isto vrijeme ostalu opremu za kontrolu očišćenosti. Inženjerske jedinice Oružanih Snaga Republike Hrvatske su za mirovne misije opremljene strojevima za razminiranje.

Nove vojne zadaće zahtijevaju razminiranje MSP u nesigurnim urbanim

područjima, pogotovo tijekom mirovnih operacija. Kategorizacija strojeva za humanitarno razminiranje se prihvća kao vojna kategorizacija: lagani, srednji i teški. Dok laki strojevi mogu bi prenošeni helikopterima, srednji se mogu prenositi velikim zrakoplovima. U skladu s novim zahtjevima vojnih sposobnosti, laki i srednji strojevi prolaze faze testiranja i procjenjivanja, primjerice sukladnost sa standardima prenosivosti i troškovima transporta. Argument za inženjersku opremu je prednost brzog istovara snaga i sposobnost protuminskog djelovanja. Iskustva iz Afganistana, Iraka, Kosova i Bosne motiviralo je američku vojsku da zahtjeva veću protuminsku zaštitu od AP-a i AT-a mina. Zračna prenosivost MV-4 stroja je ostvarena sa američkim Chinook CH-47 helikopterom (7 tona).



Sl. 4. Razminiranje u ruševinama urbanog prostora, prienos MV-4 sa Chinook CH 47 helikopterom

7. Prestižna nagrada u Japanu

Na 15. međunarodnoj konferenciji za specijalna vozila ISTVS (International Society for Terrain-Vehicle Systems) u sekciji razvoja novih proizvoda, rad članova Znanstvenog vijeća HCR je izabran kao najbolji i dobio prestižnu nagradu.

Development of a Heavy Demining Machine

Dinko Mikulic, Ph.D., MoD - Directorate for development and modernization, Bauerova 33, HR-10000 Zagreb, e-mail: dinko.mikulic@vvg.hr, dinko.mikulic2@zg.t-com.hr

Vladimir Koroman, Ph.D., Brodarski institut d.o.o. V. Holjevca 20., HR-10000 Zagreb, e-mail: koroman@hrbi.hr

BEST SESSION PAPER AWARDS
The 15th International Conference of the ISTVS
Hayama, Japan, September 25 to 29, 2005



PRIMJENA METODA ZRAKOPLOVNIH DALJINSKIH ISTRAŽIVANJA U HUMANITARNOM PROTUMINSKOM DJELOVANJU

APPLICATION OF THE AIRBORNE REMOTE SENSING METHODS IN THE HUMANITARIAN COUNTERMINE ACTION

Milan Bajić¹, Hrvoje Gold², Krešimir Božićković³

Sažetak

U Hrvatskoj je prije deset godina započela intenzivna znanstveno istraživačka i razvojna aktivnost s ciljem da se uvedu metode zrakoplovnih i satelitskih daljinskih istraživanja u operativnu uporabu za potrebe humanitarnog protuminskog djelovanja. Opisan je udio hrvatskih timova okupljenih od strane Znanstvenog vijeća Hrvatskog centra za razminiranje (HCR) u europskim projektima ARC i SMART koji su bili ukupno financirani s 1.036.326 Euro od strane Europske komisije, ITF-a i HCR-a (kroz razminiranje), karakteristike i dobitci iz projekata. Razmotreni su odnosi prema drugim projektima, nastavak istraživanja i razvoja u 2007. i 2008. g. kroz tehnologijski projekt TP-06/0007-01 Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH. Desetogodišnja aktivnost se zaključuje 2008. g. kroz projekt "Deployment of the Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction", financiran od strane ITF-a.

Ključne riječi: Humanitarno razminiranje, protuminsko djelovanje, izviđanje, protupješačke mine, minsko polje, minski sumnjiva površina, Hrvatska, zrakoplovna daljinska istraživanja, E-SAR, Daedalus, RMK, KVR, MS-3100, THV-1000, SMART, ARC, matrica konfuzije, Znanstveno vijeće HCR, HCR, ITF, Europska komisija, program IST

¹ Geodetski fakultet, Zagreb; milan.bajic@zg.t-com.hr

² Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; hrvoje.gold@fpz.hr

³ kresimir.bozickovic@zg.t-com.hr

Abstract

Ten years ago intensive scientific research and development activity started in Croatia, aimed to implement the airborne and satellite borne remote sensing into operations for the needs of humanitarian mine action. This paper describes the contribution of the Croatian teams, mobilised by the Scientific Council of the Croatian Mine Action Centre (CROMAC) in the European projects ARC and SMART that were funded by 1.036.326 Euro by the European Commission, ITF and CROMAC (by demining); as well as characteristics and benefits obtained through these projects. Relationships to other projects are considered too, as well as continuation of the research and development in the years 2007, 2008, by the technological project TP-06/0007-01 supported by the Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia. The ten years of activity concludes in 2008 with the project "Deployment of the Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction", funded by ITF.

Key words: Humanitarian demining, countermine action, survey, antipersonnel landmines, minefield, mines suspicious area, Croatia, airborne remote sensing, E-SAR, Daedalus, RMK, KVR, MS-3100, THV-1000, SMART, ARC, confusion matrix, Scientific Council HCR, CROMAC, ITF, European Commission, IST program

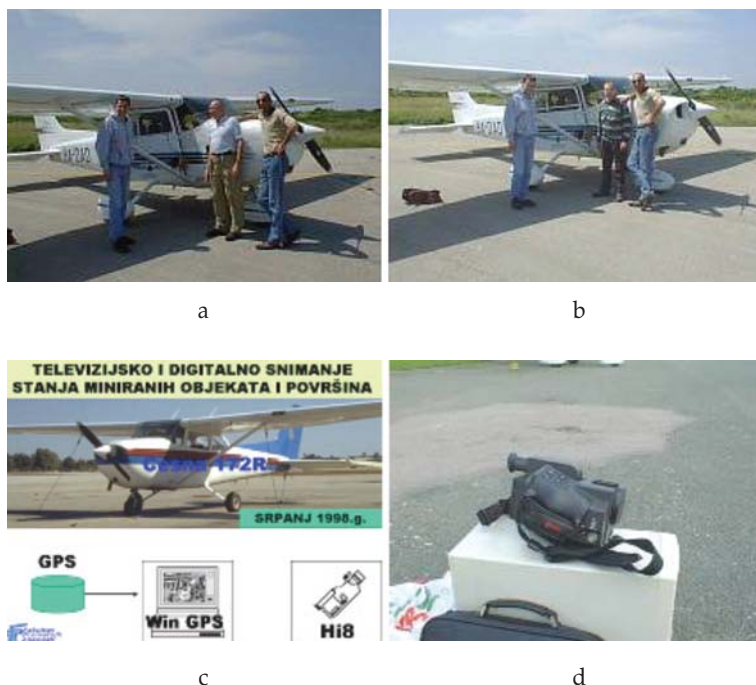
1. Uvod

Jedna od najtežih posljedica agresije na Hrvatsku je velika minski sumnjiva površina, koja je u 1999. procijenjena⁴ na 6000 km² a prema prema prvoj procjeni United Nations Mine Action Centre Croatia (UN MACC) iz 1996. g. čak 13000 km². Prema ranijim iskustvima UN u drugim zemljama, bilo je poznato da je manje od 30 % minski sumnjive površine stvarno minirano. Izuzetno kompleksan i teško rješiv problem je način kojim bi se otkrile mine, otkrila minska polja i utvrdili dijelovi sumnjive površine koji u stvari nisu minirani i koji bi se mogli vratiti na prvobitnu uporabu. Za tu namjenu je realizirano u Europi i svijetu više civilnih projekata koji koriste metode daljinskih istraživanja⁵, kako s zemlje, tako i iz zraka i svemira.

⁴ "A total of about 10.5% of Croatian national territory – that is 6,000 square kilometers – is considered potentially dangerous because of mines. The U.S. State Department reports that more than one-half of the affected area is in Slavonia; other heavily mined areas are in the former Serb-controlled Krajina as well as along the coast, north of Split". (Landmine Monitor Report 1999)

⁵ Daljinska istraživanja (DI) su znanost i tehnologija uporabe senzora elektromagnetskih zračenja za registriranje bez direktnog – neposrednog kontakta, slika ili drugih vrsta podataka o objektima i površini Zemlje, koji se mogu interpretirati i tako pridobiti korisne informacije o Zemlji ili objektima. U RH Daljinska istraživanja spadaju u znanstveno područje tehničkih znanosti, polje geodezija, grana fotogrametrija i daljinska istraživanja (Pravilnik o znanstvenim i umjetničkim područjima, poljima i granama, Nacionalno vijeće za znanost RH, 3. svibnja 2005.).

Početak takve djelatnosti u Hrvatskoj je zabilježen 1998. g., sl. 1.1, a ista je nastavljena sve do 2008. g. kroz niz različitih aktivnosti i projekata.



Slika 1.1. Prvo zrakoplovno snimanje minskih polja u Hrvatskoj ostvario je 1998. g. kod Vranskog jezera, Fakultet prometnih znanosti (FPZ) Sveučilišta u Zagrebu, uz potporu tvrtke Kostelgrad d.o.o. i Laboratorija za daljinska istraživanja MO RH. a) Cessna 172-R FPZ, S. Šemanjski, M. Bajić, N. Hoti. b) H. Gold, u sredini. c) Navigacijski sustav čine GPS, prijenosnik s programom WinGPS i pomični digitalni zemljovid), d) termovizijska kamera.

Temelj za to su bila iskustva, reference i ljudski potencijal razvijen tijekom domovinskog rata (PUB21, PUB11).

Karakteristike i odvijanje tog procesa prikazani su u nastavku kroz nekoliko različitih aspekata. Razmotren je razvoj zahtjeva humanitarnog razminiranja glede otkrivanja mina (Janzon 1994), (DoD 1997), (Dow 1996), (SuS DEM 1997), otkrivanja minskih polja, redukcije minski sumnjive površine i procjene opasnosti. Ovaj evolutivni proces je počeo zahtjevima humanitarnog razminiranja da se otkrivaju protupješačke mine (vrlo malih dimenzija, od kojih su preko 50% u pravilu nemetalne) i minska polja, s vjerojatnošću od 99,6%, i s visokom pouzdanošću (čak 98,1%) (PROJ_47), (Angel 1999), (SuS DEM 1997). Kasnije je taj nerealističan i neostvariv za-

htjev promjenjen u zahtjev da se reducira minski sumnjiva površina ako stvarno nije minirana (Blagden 1998), (JRC 2000), (PUB_17). Znanost i industrija u svijetu su prepoznali ove izazove. Državne institucije i Europska komisija su financirale niz većih civilnih znanstvenih i tehnologijskih razvojnih projekata, koji premda nisu uspjeli zadovoljiti ove zahtjeve kontinuirano su unaprjeđivali shvaćanje problema i davali niz djelomičnih rješenja, metodoloških, tehničkih i tehnoloških novina. Osim toga dobiven je i niz vrijednih neplaniranih (spin-off) rezultata ovih projekata.

Važna i najvrjednija značajka znanstvenih i tehnologijsko razvojnih projekata (pogotovo onih koje je financirala Europska komisija) je suradnja većeg broja partnera iz raznih zemalja, na pr. u projektu ARC Europske komisije (PROJ 30), čak sedam partnera iz šest država⁶, u projektu SMART sedam partnera iz pet država (PROJ 21).⁷

Zajedničko ograničenje spomenutih znanstveno istraživačkih i tehnologijsko razvojnih projekata je bila njihova usmjerenost na nalaženja rješenja, razvoj i demonstraciju funkcionalnog modela ili prototipa bez osiguranog nastavka – proizvodnje i uvođenja u operativnu uporabu. Financijeri su očekivali da će industrija i gospodarstvo prepoznati svoj interes za proizvodnju i uvođenje u uporabu razvijenih rješenja, pa su u svakom projektu osigurali sudjelovanje jakih industrijskih ili gospodarskih tvrtki, kojima su namijenili ulogu administrativnog i financijskog vođenja projekta. Najčešće su ovakvi partneri dobivali i najznačajniji dio financijskih sredstava, nažalost rijetki su primjeri u kojima su njihovi doprinosi projektu bili razmjerni očekivanjima i financijama (takav izuzetan pozitivan primjer je tvrtka Schiebel iz Beča, u projektu ARC).

Osim nekorektno definiranog problema (zahtjev da se otkrivaju male nemetalne protupješačke mine, koje su godinama u zemlji, pokrivene višegodišnjom vegetacijom, s vjerojatnosti 99.6 %), kriva je bila i pretpostavka da bi za zrakoplovne sustave za otkrivanje mina postojao komercijalni interes tržišta. Suprotno tome, za strojeve za pripremu zemljišta, za uklanjanje vegetacije i za uništavanje mina postupno se razvio interes tvrtki za razminiranje do toga da se u Hrvatskoj razvila uspješna domaća proizvodnja.

⁶ Airborne Minefield Area ReduCtion (ARC), European Commission Project IST-2000-25300, <http://www.arc.vub.ac.be>)

⁷ Space and airborne Mined Area Reduction Tools (SMART), European Commission project IST-2000-25044, <http://www.smart.rma.ac.be>

Tvrtke za razminiranje prihvatile su strojno razminiranje i postupno je u Hrvatskoj tehnologija ručnog razminiranja u najvećem postotku zamijenjena strojnom tehnologijom.

Zrakoplovne metode su poglavito usmjerene na smanjenje minski sumnjive površine i spadaju u nadležnost nacionalnih centara za protuminsko djelovanje (Mine Action Centre). Svaka redukcija minski sumnjive površine je suprotna temeljnom tržišnom interesu tvrtki za razminiranje "što više minski sumnjivih površina – to bolje", tako da za zrakoplovne metode redukcije minski sumnjive površine ne postoji tržište. Zbog toga je bilo prirodno očekivati da zemlje koje imaju veliki problem zbog minski sumnjive i stvarno minirane površine također financiraju, ako ne znanstvena istraživanja metoda, a onda barem da financiraju implementaciju razvijenih rješenja i uvođenje istih u operativnu uporabu. Zemlje u svijetu koje prednjače u razvoju tehnologija humanitarnog razminiranja, a posebno Europska unija, su prepoznale potrebu da se znanost uključi u traženje rješenja smanjenja minski kontaminiranih površina što je bilo praćeno ulaganjem značajnih financijskih sredstava (posebno u okviru šestog okvirnog programa Europske komisije, FP6, Information Society Technology – IST). Kako je već spomenuto, ovi izvori financiranja nisu osigurali implementacijsku fazu i svi znanstveni i tehnologijsko razvojni projekti su ostali bez pravog završetka. Nažalost, u RH za ovakva istraživanja u području humanitarnog razminiranja nije bilo nikakve potpore Ministarstva znanosti RH sve do 2007. g. (PUB 53).

U odnosu prema drugim državama koje imaju minski problem, Hrvatska se izdvaja svojim jedinstvenim proaktivnim odnosom u domeni znanstvenih istraživanja, što je zasluga djelovanja Znanstvenog vijeća HCR (kasnije Znanstveno vijeće HCR-CTRO) još od 1997. g. i suradnje brojnih znanstvenika iz raznih fakulteta, eksperata i operativaca iz Hrvatskog centra za razminiranje (HCR), iz Hrvatskog ratnog zrakoplovstva i drugih. Tako je Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER) Sveučilišta u Zagrebu dugi niz godina besplatno ustupio za uporabu jednu prostoriju za Znanstveno vijeće HCR i za rad timova znanstvenih projekata razmatranih u nastavku. Od 2004. g. je Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu stavio na raspolaganje jednu prostoriju za rad timova na znanstvenim projektima razmatranim u nastavku.

Zahvaljujući visokoj motiviranosti hrvatskih znanstvenika da osobno doprinesu rješavanju minskih problema, suverenom poznavanju potreba i

modernih tehnologija (GIS i drugih) kao i njihovoj izvršnoj suradnji s operativcima i ekspertima HCR za strateške probleme razminiranja na razini države, bili su posebno pozivani da kao partneri sudjeluju u definiranju i realizaciji zahtjevnih znanstvenih i tehnologijsko razvojnih projekata.⁸ Posebno je uvažavana njihova kompetencija u sustavnom definiranju potreba, u sustavnom osiguravanju istinskih terenskih podataka (engleski "ground truth") za razvoj i testiranje metoda, u kritičkoj evaluaciji pojedinih metoda, u razvoju profila "interpretator minske scene" te metodološki rigoroznoj evaluaciji i operativnoj validaciji rezultata istraživanja. Nasuprot tome u drugima državama sa sličnim i čak većim minskim problemom izostala je zamjetljiva uloga njihove znanosti. Neke minama ugrožene zemlje su postale i ostale jeftini "poligon" za nekritičko testiranje stranih rješenja bez vlastitog udjela osim logistike. Naše sudjelovanje u ovim procesima prikazano je u slijedećim poglavljima, a doprinosi su izneseni u navedenim referencama. U drugom poglavlju je opisan proces definiranja potreba humanitarnog protuminskog djelovanja glede primjene metoda i tehnologija daljinskih istraživanja. U trećem poglavlju je razmotren proces uvođenja digitalnih ortofoto zemljovida za potrebe sustava protuminskog djelovanja u RH. U četvrtom, petom i šestom poglavlju su razmotreni europski civilni projekti koji se odnose na primjenu metoda i tehnologija daljinskih istraživanja za potrebe protuminskog djelovanja s kojima su surađivali hrvatski timovi. U sedmom poglavlju je opisan tehnologijski projekt koji je u cjelini financiran iz domaćih izvora (Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH). U osmom poglavlju je opisan doprinos Hrvatskog centra za razminiranje operativnoj validaciji rezultata projekata ARC i SMART. U devetom poglavlju se nalazi popis osoba koje su sudjelovale u hrvatskim timovima projekata ARC i SMART. U desetom poglavlju su rezimirani glavni rezultati i ograničenja, zatim slijede zaključci, zahvale i reference.

2. Ciljevi i faze definiranja potreba otkrivanja mina, otkrivanja minskih polja, redukcije minski sumnjive površine, procjene opasnosti

Moguće je prepoznati nekoliko ciljeva u definiranju potreba i nekoliko faza kroz koje je taj proces prošao do današnje razine:

- cilj zemalja koje imaju minski problem,

⁸ P. Blagden, je poslao 15.07.1999. putem faksa HCR-u prijedlog "Trial of a remote airborne sensor system in Croatia, draft concept"

- ciljevi razvijenih zemalja bez minskog problema, interes njihove znanosti, industrije,
- ciljevi zemalja koje imaju vojne potrebe, ali su bez vlastitog minskog problema.

Zemlje s minskim problemom imaju najjače utemeljen i motiviran opći cilj koji glasi da treba u što kraćem roku, svim raspoloživim i budućim novim metodama i tehnologijama, uz što manji broj civilnih žrtava i stradalih pirotehničara, ukloniti mine i vratiti zemlju i objekte u prvobitnu uporabu. U slučaju Hrvatske to je značilo da treba početnu minski sumnjivu površinu, koja je u 1999. g. iznosila čak 6000 km², što prije očistiti od mina i na druge načine smanjiti ovu veliku minski sumnjivu površinu⁹. Definiranje potreba humanitarnog protuminskog djelovanja za zrakoplovne metode daljinskih istraživanja imalo je slijedeće faze:

- početna faza, u kojoj se definira potreba za otkrivanjem protupješačkih mina zrakoplovnim izviđanjem,
- druga faza, u kojoj se identificira potreba da se zrakoplovnim izviđanjem smanji minski sumnjiva površina tako da se isključe dijelovi koji nisu kontaminirani minama,
- treća zrela, faza u kojoj se minski sumnjivoj površini definira raspored mjere opasnosti, razmjerno udjelu indikatora o nazočnosti mina i obrnuto razmjerno indikatorima odsustva indikatora miniranosti, uz kartu uvjerljivosti.

Industrija i znanost razvijenih zemalja, koje su bez vlastitog minskog problema, prepoznale su nove potrebe, znanstvene i tehnološke izazove, koji su definirani visokim humanim motivima i podržane bogatim financiranjem od strane njihovih državnih institucija i Europske komisije. U stanju stalnog smanjenje financiranja obrane (što je posebno izraženo u Europi) otvorio se za njih nov izazovan prostor potreba humanitarnog razminiranja. Iz tog interesa izvedeni su zahtjevi da treba istražiti metode, razviti tehniku i tehnologiju za otkrivanje malih protupješačkih (poglavito nemetalnih) mina. Uz to je uveden i zahtjev da se za sva nova rješenja treba osigurati vjerojatnost otkrivanja 99.6 % i vrlo visoka pouzdanost otkrivanja osim kod uporabe detektora metala. Treba uočiti apsurd, da za detektore metala koji se rabe za razminiranje još od drugog svjetskog rata, sve do 2005. godine (Mueller 2005) nisu bili javno dostupni podatci o vjerojatnosti i pouzdanosti otkrivanja mina, dubini otkrivanja, zavisnost o tlu, operato-

⁹ Do 2007. g. je minski sumnjiva površina u Hrvatskoj smanjena od početnih 6000 km² na 970 km², što je izuzetno vrijedan rezultat i po svjetskim mjerilima.

ru itd. Ovako definiran zahtjev (99.6 %) koji se odnosi na otkrivanje (protupješačkih) mina primjenom metoda zrakoplovnih daljinskih istraživanja je od početka vodio do neuspjeha projekata, projekt MineSeeker (Bishop 2000), dio projekta Airborne Minefield Detection Pilot Project Mosambique (Genderen 1999). Međutim zahtjev za otkrivanjem minskih polja je kontinuiranom evaluacijom doveo do operativno dokazanih i validiranih rješenja, samo djelomično u projektu ARC (PROJ 30), a u potpunosti u projektu SMART (PROJ 21), što se razmatra u nastavku.

Vojne potrebe glede otkrivanja mina zrakoplovnim sustavima razlikuju se od potreba humanitarnog protuminskog djelovanja. Potrebe vojnog protuminskog djelovanja su usmjerene na smanjenje ljudskih gubitaka (a ne na apsolutno izbjegavanje žrtava), te je definicija potreba realistična i omogućava održivu realizaciju. Budući da razmatramo isključivo humanitarno protuminsko djelovanje u nastavku se vojni aspekti ne razmatraju.

Polazeći od jasne i vrlo velike potrebe (6000 km² minski sumnjive površine), u Hrvatskoj je vrlo rano pokrenuta inicijativa u HCR-u da se razviju i uvedu metode redukcije sumnjive površine primjenom raspoložive klasične tehnologije.¹⁰ Na prvoj u svijetu radionici o primjeni daljinskih istraživanja za humanitarno protuminsko djelovanje (Engelhardt, 1999, str. 25, 28) eksplicitno se navodi Hrvatska kao zemlja gdje bi trebalo početi s primjenom zrakoplovnih daljinskih istraživanja za humanitarno protuminsko djelovanje. Na pozivnoj radionici koju je organiziralo ministarstvo obrane SAD 2001. g., iznesen je naš zahtjev da se redukcija minski sumnjive površine stavi u prioritete protuminskog djelovanja, što je ispočetka bilo odbačeno od strane voditelja radionice. Kasnije, uz potporu Colina Kinga autora Jane's Mines and Mine Clearance Handbook, naš je prijedlog prihvaćen. To je bio direktan doprinos Hrvatske osvješćivanju i promjeni shvaćanja o potrebama humanitarnog protuminskog djelovanja. Drugi metodološki doprinos se odnosio na sporan zahtjev da nove metode (ovdje se radi poglavito o zrakoplovnim metodama daljinskih istraživanja) moraju osigurati vjerojatnost otkrivanja 99.6 % i vrlo visoku pouzdanost. Dokazano je da je praktički jedva moguće ili drukčije rečeno da je skoro nemoguće osigurati uvjete za testiranje i evaluaciju prema navedenim zahtjevima, hipotetič-

¹⁰ Damir Jakšić, pomoćnik za operativne poslove ravnatelja HCR već je u 1999. g. predstavio redukciju sumnjive površine klasičnom tehnologijom na radionici ARIS u Brestu, Francuska (Jaksic D., The reduction of suspected mined areas using existing technologies in the Republic of Croatia, ARIS Workshop on Ground Survey, Brest, France, October 1999).

kog zrakoplovnog sustava ako bi takav bio moguć za otkrivanje ukopanih mina. Analiza je provedena za primjer minski sumnjive površine u području Glinske poljane (PUB 16). Uz to su potrebe RH za zrakoplovnim metodama daljinskih istraživanja u protuminskom djelovanju predstavljene radovima na više svjetskih skupova, (PUB14), (PUB 15), (PUB 16), što je dovelo do poziva za sudjelovanje u pripremi, prijavi i realizaciji znanstvenih projekata ARC i SMART Europske komisije¹¹.

U okviru projekta (Genderen 1999), uveden je i dobro razrađen pojam *indikator minskog polja*, indicirani su ključni problemi otkrivanja minskih polja u čemu je ostvaren izvjestan uspjeh ali je izostala rigorozna kvantitativna operativna validacija i time je ostala nepotvrđena znanstvena vrijednost rezultata. Najvrjedniji doprinos ovog projekta je dokazana uloga interpretatora (man in the loop) u procesu detekcije minskih polja. U projektu SMART (PROJ 21) je uvedeno kontinuirano testiranje i evaluacija svih sadržaja i u svim fazama projekta. Osigurani su istinski referentni terenski podaci (ground truth) za razvoj pojedinih metoda. U ovom procesu su vrlo važnu ulogu odigrali hrvatski znanstvenici (ekspert za subjektivnu klasifikaciju šuma iz infracrvenih kolor snimaka, pedolog). Provedena je analiza kvalitete i razvijen je model za statističku analizu uvjerljivosti podataka iz zapisnika miniranja, formalizirano je znanje eksperata za proces miniranja, za analitičku prosudbu minske kontaminacije te iskusnih pirotehničara za identificiranje indikatora miniranosti na terenu. Na kraju su rezultate projekta SMART operativno validirali vodeći eksperti za razminiranje iz HCR i tvrtki za razminiranje, usporedbom rezultata dobivenih iz projekta s podacima o stvarnom stanju minske kontaminacije koji su dobiveni nakon završetka projekta razminiranjem minskih polja i redukcijom minski sumnjivih površina. Ovo je izvorni metodološki postupak koji je po prvi puta u svijetu primijenjen na sustav za zrakoplovna daljinska istraživanja minskih polja i minski sumnjivih površina.

Tijekom istraživanja u projektu SMART (PROJ 21) uvedeni su pojmovi *indikator minske nazočnosti* (indicator of mine presence - IMP) i *indikator minske nenazočnosti* (indicator of mine absence – IMA). Razvijen je i operativno validiran model za prikazivanje rezultata kao tematskih vektorskih karata koje prikazuju prostornu distribuciju opasnosti (Danger Map), prostornu

¹¹ Na natječaj Europske komisije iz 2000 g. za projekte vezane na potrebe humanitarnog razminiranja bilo je prijavljeno 24 projekta, 8 je prošlo prvu selekciju a Hrvatska je sudjelovala u 2 (ARC i SMART) mada čak nije imala pravo sudjelovati!

razdiobu uvjerljivosti (Confidence Map) karte opasnosti i kartu stabilnosti (Stability Map) izlaznih rezultata. Karte opasnosti, uvjerljivosti i stabilnosti namijenjene su za potporu donositelju odluka u sustavu upravljanja humanitarnog protuminskog djelovanja.

U okviru spomenuta četiri projekta, MineSeeker (Bishop 2000), Airborne Minefield Detection Pilot Project Mosambique (Genderen 1999), ARC (PROJ 30) i SMART (PROJ 21), istraživane su i različite vrste senzora, stečena su bogata iskustva pa je sužena proizvoljnost u njihovu izboru i opovrgnuta početna (i vrlo česta) tvrdnja – “što više podataka iz različitih senzora to je veće vjerojatnost uspjeha”.

3. Uvođenje zrakoplovnih, satelitskih ortofoto zemljovida za potrebe humanitarnog razminiranja

Hrvatski centar za razminiranje (HCR) je dobio 1998. g. od UN Centra za protuminsko djelovanje (UN MAC Croatia) dokumentaciju o stanju minskog problema u RH:

- bazu podataka o miniranosti izrađenu u GIS (geografski informacijski sustav) programu MapInfo (UN MAC 1997),
- skenirane karte mjerila 1:600000, 1:100000, dio karata mjerila 1:25000, sve u UTM projekciji.

Točnost ovih izvora podataka je bila dovoljna za opći uvid u stanje miniranosti RH, za globalne planove i poslove općeg planiranja protuminskog djelovanja. Naravno, za poslove razminiranja i nadzora potrebna je veća točnost te je HCR uveo u uporabu skenirane karte mjerila 1:25000 i hrvatske osnovne karte mjerila 1:5000, u Gauss Kruegerovoj projekciji u 5. i 6. zoni. Točnost podataka dobivenih od UN MACC i točnost skeniranih karata mjerila 1:25000 i 1:5000 nisu dovoljne za normalan i pouzdan rad u poslovima razminiranja i nadzora. Ove skenirane karte sadrže podatke prikupljene 1979. g. i ranije, tako da su njihovi sadržaji zastarjeli a isto tako su deformirane tijekom skladištenja. Nažalost Hrvatska ne raspolaže izvornicima za izradu tih karata. Ukupni rezultat je povećana netočnost i neažurnost karata i podataka o minskoj zagađenosti dobivenih od UN MACC.

Već 1998. g. prof. dr. sc. T. Fiedler predlaže da se pristupi izradi novih digitalnih ortofoto (slikovnih) karata, u mjerilu 1:5000, čime bi se osigurala vremenska ažurnost i potrebna prostorna točnost (PUB54). Znanstveno vi-

jeće HCR podržava tu inicijativu (PROJ 31), (PROJ 38) i već 1999. dobiven je prvi digitalni orto foto zemljovid za minski sumnjivo područje Glinska poljana. Predstavnici vojne misije Europske unije u Hrvatskoj (WEUDAM) podržavaju inicijativu da se za potrebe humanitarnog protuminskog djelovanja u Hrvatskoj uvedu ažurni ortofoto zemljovidi ali inzistiraju da se koriste satelitski snimci raspoloživi u to vrijeme (indijski IRS1b). WEUDAM polazi od satelitskih ortofoto karata Kosova koje je NATO koristio za vrijeme bojnih djelovanja 1999 g. a koje su izrađene na temelju satelitskih snimaka koji imaju slabu prostornu razlučivost, a najbolju su omogućavali snimci indijskog satelita IRS-1b, koji ima prostorno razlučivanje 5m. WEUDAM je nastavio razradu ovog prijedloga, te su stručnjaci HCR posjetili vojni Satelitski centar Europske Unije u Španjolskoj. Za potrebe bojnih djelovanja NATO ove su karte bile vrlo vrijedne ali je njihova točnost bila nedovoljna za potrebe humanitarnog razminiranja. Članovi ZV HCR su imali kritična osobna iskustva iz domovinskog rata o uporabnoj vrijednosti satelitskih snimaka kao izvora ažurnih prostornih podataka. Stoga je Znanstveno vijeće HCR inzistiralo da se za potrebe humanitarnog razminiranja u Hrvatskoj satelitske karte koriste samo za generalni uvid u stanje miniranosti (u stvari za to su dovoljne postojeće karte sitnijeg mjerila) ali da za poslove planiranja, projektiranja, razminiranja i nadzora treba osigurati ortofoto zemljovide u mjerilu 1:5000 i tome odgovarajuće točnosti. Osim toga za izradu ortofoto karata mjerila 1:5000 Hrvatska raspolaže vlastitim vrlo kompetentnim resursima. Ovaj proces je bio dugotrajan ali je na koncu HCR dobio potporu za izradu digitalnih ortofoto zemljovida od međunarodnog fonda za potporu razminiranja (International Trust Fund – ITF), što su sufinancirale države EU, SAD i druge. Nakon ovih inicijativnih aktivnosti, ZV HCR je prestalo pratiti opisanu problematiku, koju vrlo uspješno i kvalitetno realizira HCR u suradnji s Državnom geodetskom upravom RH. Izrada digitalnih orto foto karata za potrebe humanitarnog protuminskog djelovanja se razvila u značajnom obimu i novim vrstama (osim mjerila 1:5000, rade se digitalne ortofoto karte u boji mjerila 1:2000), dobiveno je sufinanciranje Norveške vlade za skeniranje papirnatih karata.

4. Europski civilni projekti za otkrivanje minskih polja iz zraka

U Europi je krajem '90 tih i početkom 2000 g. bilo inicirano čak pet projekata za potrebe humanitarnog protuminskog djelovanja od kojih je jedan djelomično (Angel 1999) a ostala četiri u cjelini temeljilo na zrakoplovnim

daljinskim istraživanjima. To su MineSeeker (Bishop 2000), Pilot Project on Airborne Mine-field Detection in Mozambique (Genderen 1999), ARC (PROJ 30) i SMART (PROJ 21), sl.1.

Raspon ciljeva ovih projekata je varirao, stariji su projekti deklarirali kao glavni cilj otkrivanje protupješačkih mina a kasniji redukciju minski sumnjive površine. U nastavku su date osnovne karakteristike projekata ANGEL, Pilot Project for Airborne Mine-field Detection in Mozambique i MineSeeker s kojima je Znanstveno vijeće HCR komuniciralo, vođeni su pregovori, čak je i Europska komisija posredovala da se ostvari suradnja. Nažalost s ovim projektima nije ostvarena suradnja osim na deklarativnoj razini ili na razini pregovora.



Slika 4.1. Realizirani europski projekti za potrebe humanitarnog protuminskog djelovanja temeljeni na zrakoplovnim daljinskim istraživanjima.

U projektu SMART je Znanstveno vijeće HCR sudjelovalo već u početnoj fazi koncipiranja projekta a u projektima ARC i SMRT je Znanstveno vijeće HCR uz maksimalnu potporu Hrvatskog centra za razminiranje surađivalo od faze prijave, trostepene procedure usaglašavanja i obrane prijave u Europskoj komisiji, do sudjelovanja u realizaciji. Stoga se ARC i SMART posebno predstavljaju u poglavljima 5. i 6.

4.1 AdvaNced Global system to Eliminate antipersonnel Landmines (ANGEL), EUREKA

Najambiciozniji je bio projekt AdvaNced Global system to Eliminate antipersonnel Landmines (ANGEL), u okviru Europskog programa EUREKA

(Angel 1999), u kojem je predložen integralni sustavni pristup za humanitarno rješavanje minskog problema. Polazi s najviše razine otkrivanja ugroze i završava neutraliziranjem ili uništenjem ugroze.

Koncept projekta ANGEL je predviđao slijedeće razine: 1 – planiranje misije, korištenjem detaljnih geografskih podataka na temelju satelitskih snimaka, povijesnih podataka o razvoju konflikta, zabilježenim civilnim žrtvama mina, tekućim aktivnostima razminiranja itd., 2 – redukcija minski sumnjive površine (korištenjem multisenzorske zrakoplovne platforme), 3 – otkrivanje i lociranje pojedinačnih protupješačkih mina, neeksplodiranih ubojnih sredstava, protuoklopnih mina (multisenzorska zemaljska vozila), 4 – neutralizacija mina i neeksplodiranih ubojnih sredstava. Inicijatori projekta ANGEL su najavili da stvaraju “pogonski motor” i okvir za početak razvoja novih tehnologija razminiranja koje bi realizirali međunarodni radni timovi korisnika, proizvođača te eksperata. Za ovu namjenu predviđali su ulaganje od 40 milijuna Eura, uključivanje više od 15 europskih tvrtki i znanstvenih organizacija. Budući se je program EUREKA temeljio isključivo na nacionalnom financiranju, izostalo je financiranje korisnika iz zemalja koje imaju minski problem. Umjesto toga su pojedine države proglasile svoje vojne inženjerijske postrojbe (ili neke svoje tvrtke za razminiranje) krajnjim korisnicima. To je bio jedan od ključnih uzroka da projekt ANGEL nije realizirao planirane ciljeve i postupno se ugasio. Ipak je ANGEL odigrao značajnu ulogu u sagledavanju kompleksnosti problema humanitarnog protuminskog djelovanja, stečeno je iskustvo glede nužnog sudjelovanja subjekata koji su stvarni nositelji potreba protuminskog djelovanja, pa su slijedeći projekti to uvažili. Znanstveno vijeće HCR je ostvarilo početni kontakt s konzorcijem projekta ANGEL, na razini promatrača ali bez posebnog rezultata.

4.2 Pilot Project for Airborne Mine-field Detection in Mozambique

Europski projekt pod nazivom Pilot Project for Airborne Mine-field Detection in Mozambique je financirala Europska komisija, pojedine države i kompanije a realizirao konzorcij od čak 15 partnera (Genderen 1999). Vođeci partner je bio ITC¹² iz Enschede-a iz Holandije. Zbog ratnih operacija u Angoli dio projekta je realiziran u Mozambiku umjesto u Angoli kako je prvotno bilo planirano. Glavne značajke projekta su prikazane u Tab. 1.

¹² ITC – International institute for aerospace and Earth sciences, Enschede, Holandija

Tablica 4.1. Karakteristike Pilot Project for Airborne Mine-field Detection in Mozambique

Ciljevi	Demonstrirati ostvarivost predložene metodologije. Potvrditi sposobnost sustava da detektira minska polja. Ispitati djelotvornost multisenzorske fuzije – točnost nalaženja minskih polja. Proizvesti detaljnu kartu koja precizno pokazuje lokaciju 4 vrste minskih polja na terenu Angole (Mozambika).
Paradigma	Detekcija minskih polja u Mozambiku. Detekcija mina u Belgiji.
Najavljeno - ostvareno	U Belgiji su otkrivene površinske mine na kolor i termalnim infracrvenim snimcima, ali nisu na radarskim. U Mozambiku nisu korišteni radar i infracrveni termalni senzor. Bila su detektirana četiri minska polja u Mozambiku.
Glavni doprinosi	Indikatori minskih polja. Piramidalna interpretacija.
Metode evaluacije	Unutarnja evaluacija, definirana projektom.
Operativna validacija	Nije bila provedena.
Interpretator u procesu	Interpretacija je bila glavna aktivnost u projektu u kojem dominiraju doprinosi interpretatora.
Senzori	Korišteni samo u Belgiji: radar sa sintetičkom antenom (SAR) u X, P valnim područjima; infracrveni dugovalni i kratkovalni termalni linijski skener. Korišteni u Mozambiku : aerofotografija (u boji, infracrvena u boji, pankromatska, infracrvena pankromatska), digitalna fotografija; satelitski snimci Landsat.
Spin-off rezultati	Projekt je inicirao istraživanje mnoštva problema iz daljinskih istraživanja koji su vezani na potrebe humanitarnog protuminskog djelovanja. To se pozitivno odrazilo u projektima ARC i SMART.
Utjecaj na humanitarno protuminsko djelovanje	Znanstveno vijeće HCR i HCR su pokušali s ITC dogovoriti primjenu njihove metodologije u RH, razrađen je koncept, predstavnici projekta su upoznali tipičnu minsku scenu u RH, bio je pripremljen memorandum o razumijevanju. Međutim ITC nije mogao prihvatiti nikakvu kvantitativnu evaluaciju i operativnu validaciju, zato inicijativa nije realizirana.
Slabosti	Izostanak rigorozne kvantitativne pouzdane operativne validacije prema unaprijed definiranim metodama, kriterijima i postupcima.
Preporuka	Iz ovog projekta preuzeti i dalje razvijati indikatore minskih polja, ulogu interpretatora u interpretaciju i to uključiti u preporuke i standarde. Na završnoj radionici projekta u Bruxellesu, 1999. g. više puta je isticano da bi metodologiju projekta trebalo verificirati i operativno validirati u Hrvatskoj.

U projektu nije bila predviđena niti je ostvarena nezavisna kvantitativna verifikacija pa su rezultati ostali nedokazani. Najvrjedniji doprinosi su definiranje indikatora miniranosti i uloga čovjeka u procesu interpretacije podataka što je doživjelo razradu u projektu SMART a djelomično u projektu ARC.

Znanstveno vijeće HCR i HCR su proveli pripremu suradnje s timom proisteklim iz ovoga projekta, obavljeno je upoznavanje minske situacije na odabranim područjima u Hrvatskoj, bio je pripremljen koncept projekta i dokumenti za formaliziranje suradnje. Naše zahtjeve da osiguraju metodologiju i procedure za znanstveno utemeljenu kvantitativnu verifikaciju i operativnu validaciju rezultata ITC nije mogao prihvatiti i suradnja se ugasila.

4.3 MineSeeker

Ovaj projekt je imao svoju verifikaciju na Kosovu, gdje su uspješno otkrivani ostatci kazetnih bombi, površinske mine i objekti za zaprečavanje (Bishop 2000). Znanstveno vijeće HCR je pokušalo sudjelovati u ispitivanju MineSeekera na Kosovu ali organizator nije prihvatio naš zahtjev. Kasnije, kada su zaživjeli projekti SMART i ARC, Europska komisija je inzistirala na stvaranju klastera između ova tri projekta, SMART, ARC i MineSeeker¹³. Znanstveno vijeće HCR radno je podržalo ovu inicijativu Europske komisije, polazeći od potreba RH za zrakoplovnim izviđanjem minski sumnjivih površina i minskih polja s ciljem redukcije. Međutim konzorcij MineSeeker projekta nije bio spreman prihvatiti zahtjeve glede kvantitativne verifikacije i operativne validacije rezultata tako da klaster nije zaživio. Projekt MineSeeker je realizirao britanski privatno – javni konzorcij, glavni tehnološki rezultat je bio zrakoplovni ultra širokopojasni radar sa sintetičkom antenom razvijen za vojne potrebe¹⁴. Najveći uspjeh ovog projekta je izuzetno jak marketing.

¹³ Čak je održan namjenski skup predstavnika projekata ARC, SMART i MineSeeker u International Trust Fund (ITF) u Igu kod Ljubljane.

¹⁴ Možda je to i bio razlog nedostupnosti podataka i nespremnosti za suradnju.

Tablica 4.2. Karakteristike projekta MineSeeker

Ciljevi	Promocija protuminskog djelovanja pomoću tekućeg razvojnog sustava za detekciju mina koji je instaliran na zračni brod.
Paradigma	Zahtjev UN Centra za protuminsko djelovanje na Kosovu (UN MACK) bio je jednostavan – potrebna je zrakoplovna platforma koja će omogućiti zračno motrenje i fotografiranje površina na Kosovu koje do tada nisu bile izvidane sa zemlje ili zemaljsko izvidanje nije osiguralo potrebne informacije. Od informacija se poglavito tražilo lociranje područja na kojima su djelovale kazetne bombe ili potvrda i izvidanje minskih polja s ciljem nalaženja vidljivih indikatora, te za potrebe logističkog planiranja.
Najavljeno - ostvareno	Zračno izvidanje područja koja su nedavno bila bombardirana kazetnim bombama i minskih polja koja su bila nedostupna sa zemlje.
Glavni doprinosi	Doprinos osvješćivanju o minskoj opasnosti i potpora razvoja MineSeeker senzorskog sustava. Ostvareno 103 sata leta, izvidano 30 lokacija, poglavito s neeksplodiranim ubojnim sredstvima, snimljeno 30 sati video traka, 500 fotografija. Radar je demonstrirao mogućnost snimanja površinskih i zakopanih mina i neeksplodiranih ubojnih sredstava.
Metode evaluacije	Interna, predviđena metodologijom projekta. Realizirana je uglavnom kao demonstracija funkcija sustava, bez nezavisne evaluacije i verifikacije.
Operativna validacija	Nije bila provedena. Operativni časnik UN MACK je definirao zadaće zračnog snimanja. Prikupljeni snimci su isporučeni UN MACK s vrlo uspješno realiziranim publicitetom. Nisu dostupna izvješća o validacijskoj analizi.
Interpretator u procesu	Jednostavnu subjektivnu interpretaciju slika obavili su korisnici iz UN MACK a radarske snimke su interpretirane u DERA*.
Senzori	Kolor televizijska kamera. Infracrvena termalna kamera. Ultra široko pojasni radar sa sintetičkom antenom i radar za otkrivanje objekata u tlu (UWB SAR & GPR), s vv polarizacijom.
Spin-off rezultati	Perfektno određene lokacije zračnih udara kazetnim bombama, dobro određene lokacije minskih polja i opasnih površina (bez verifikacije i validacije).
Utjecaj na humanitarno protuminsko djelovanje	Nakon misije na Kosovu nije bilo drugih izvješća o uporabi. U 2005. g. je kratko spomenuto pregovaranje s Libijom.
Slabosti	Izostanak rigorozne kvantitativne pouzdane operativne validacije prema unaprijed definiranim metodama, kriterijima i postupcima.
Preporuka	Preporuke Europske komisije da MineSeeker ostvari suradnju kroz klaster s projektima ARC i SMART nisu uspjele. Vjerojatni razlozi su nespремnost za rigoroznu verifikaciju i operativnu validaciju, vojni karakter sustava (UWB SAR GPR) namjenjenog za otkrivanje površinskih neeksplodiranih ubojnih sredstava, kazetnih bombi.

* DERA je bio vojni institut Velike Britanije koji je od 2001. g. transformiran u jedan znanstveno tehnološki laboratorij britanskog ministarstva obrane [DST] i nezavisnu znanstveno tehnološku kompaniju QuinetiQ.

5. SMART - svemirski i zrakoplovni alati za redukciju sumnjive površine - istraživački projekt potpomognut od Europske komisije

Space and airborne Mined Area Reduction Tools - SMART, (PROJ 21)

European Commission project IST-2000-25044

Početak 1.05.2001. završetak 30.10.2004, (trajanje 42 mjeseca, produžen za 6 mjeseci).

Javne informacije: <http://www.smart.rma.ac.be>

Financiranje: 555.652 Euro od čega Europska komisija 257.696 Euro, ITF 99.620 Euro, HCR više od 198.335 Euro kroz razminiranje za potrebe operativne validacije.

Uloženi rad hrvatskog tima: 18.382 sata.

Partneri u projektu:

ZEPPELIN LUFTSCHIFFTECHNIK GMBH	GERMANY
RST RAUMFAHRT SYSTEMTECHNIK GMBH	GERMANY
GROUPE DES ECOLES DES TELECOMMUNICATIONS - ENST	FRANCE
IXL SATELLITENINFORMATIONEN-AKTIENGESELLSCHAFT	GERMANY
CROATIAN MINE ACTION CENTER - HCR	CROATIA
UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES - ULB	BELGIUM
DEUTSCHES ZENTRUM FUER LUFT - UND RAUM - DLR	GERMANY
L'ECOLE ROYALE MILITAIRE - RMA	BELGIUM

Tablica 5.1. Karakteristike projekta Space and airborne Mined Area Reduction Tools (SMART)

Ciljevi	Razviti, rigorozno tehnički verificirati i operativno validirati programske alate i procedure za potporu donositelju odluke kod redukcije minski sumnjive površine.
Paradigma	Poči od zrakoplovnih multisenzorskih snimaka (radarskih - višefrekvencijskih, polarimetrijskih, interferometrijskih), multispektralnih elektroničko optičkih, aerofoto, satelitskih), fuzije s podacima iz minskog informacijskog sustava (MIS) HCR-a, s formaliziranim znanjima eksperta za miniranje, s povijesnim podacima o sukobu, s kontekstualnim informacijama. Provesti detekciju promjena. Uključiti interpretatora minske scene u proces. Integrirati rješenja u GIS okruženje.

Najavljeno - ostvareno	Ostvareni ciljevi projekta osim integracije svih programskih modula u jedinstven GIS sustav (integriran je samo dio programskih modula).
Glavni doprinosi	Jedini projekt u kojem je uspješno ostvarena i na temelju podataka naknadnog razminiranja operativno dokazana redukcija minski sumnjive površine primjenom metoda zrakoplovnih daljinskih istraživanja. Potvrđena djelotvornost indikatora minske nazočnosti i indikatora minske nenazočnosti. Razvijena i potvrđena uloga interpretatora minske scene.
Metode evaluacije	Hrvatski tim je provodio kontinuiranu evaluaciju razvijenih rješenja (programskih modula, rezultata) a na kraju projekta je posebno evaluirao završne rezultate i programe.
Operativna validacija	Nezavisna operativna validacija rezultata SMART na 48 km ² minskih polja i sumnjivih površina od strane eksperata HCR, tvrtki za razminiranje i HCR-CTRO. Rezultati koje je dao SMART su uspoređeni s podacima koje je osigurao HCR razminiranjem i drugim konvencionalnim metodama. Rezultati su kvantitativno opisani matricom konfuzije (grješaka), grješkama proizvođača i grješkama korisnika, grješkama propuštanja i grješkama dodavanja.
Interpretator u procesu	Dva interpretatora minske scene su djelovala su u hrvatskom timu. Oni su osigurali takozvane jake indikatore, sudjelovali su u parcijalnoj validaciji programa, podataka, informacija, ekspertnih znanja.
Senzori	Multispektralni skener, razlučivanje 1x1 m, Daedalus (5 vidljivih, 5 bliskih infracrvenih, 2 infracrvena dugovalna termalna kanala); višefrekvencijski, polarimetrijski i interferometrijski radar sa sintetičkom antenom (SAR), razlučivanje 2x2 i 4x4 m kanali P, L, C, X; kolor infracrvena aerofotokamera, razlučivanje 3x3 cm i 10x10 cm; satelitski pankromatski snimci KVR, razlučivanje 2x2 m.
Spin-off rezultati	Sustav za potporu odlučivanja u uvjetima neodređenosti temeljen na generičkoj metodologiji projekta SMART, nezavisno o vrsti snimaka, (ITEP 2006), (PUB 53).
Utjecaj na humanitarno protuminsko djelovanje	HCR je izrazio spremnost za primjenu sustava za potporu odlučivanja u uvjetima neodređenosti temeljenom na metodologiji projekta SMART.
Slabosti	Samo dio programa je integriran na GIS plaformu. Detekcija promjena, klasifikacija po područjima su realizirani samo na multispektralnim a ne i na radarskim podacima. Razvijeni programi nisu integrirani u sustav SMART. Kolor infracrvene fotografije nisu korištene osim od strane interpretatora minske scene. Metode fuzije nisu također integrirane a niti su isporučene kao samostalni programi.
Preporuka	Integrirati riješena uz uporabu gotovih COTS programa. Predvidjeti uporabu koja ne zavisi o vrsti senzorskih snimaka.

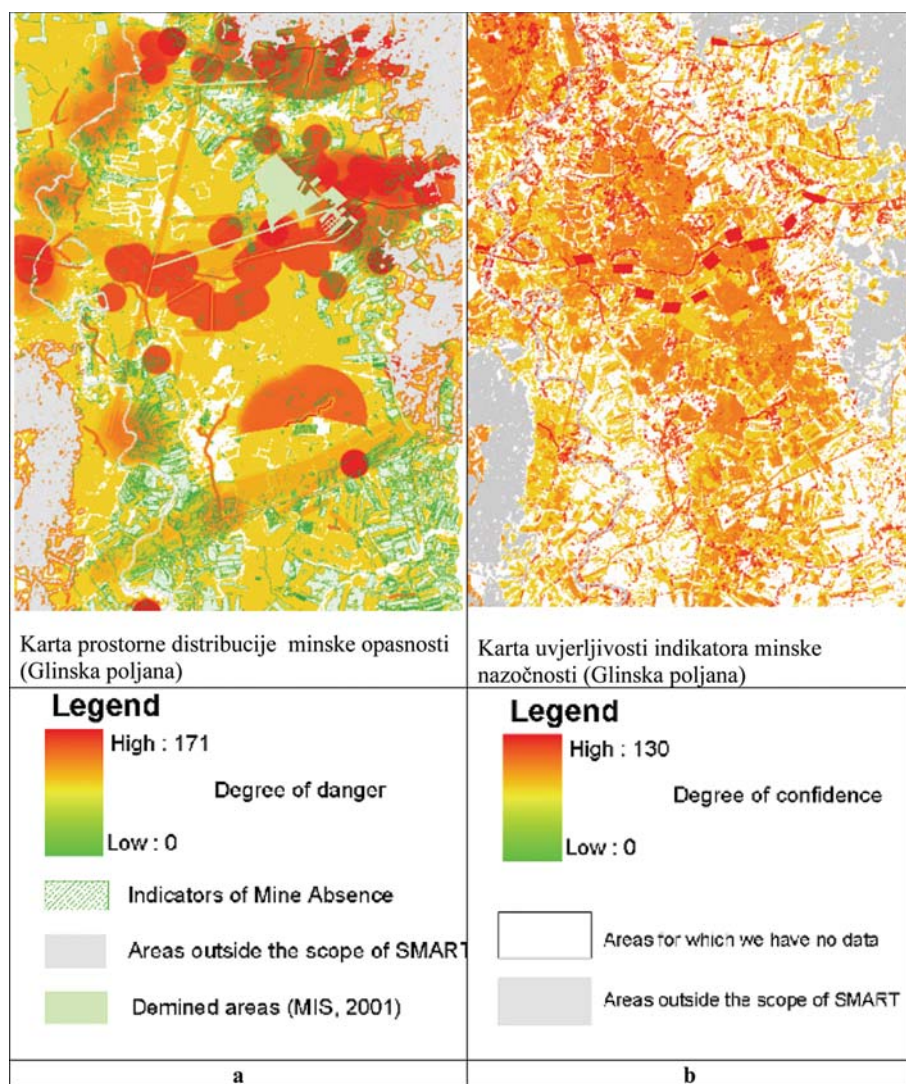
SMART okruženje je kompleksan sustav koji se sastoji iz:

- SMART sustava (program) i integriranih potprograma koji su implementirani na osobnom računalu u ARC View okruženju,
- samostalnih alata koji nisu integrirani u SMART sustav,
- samostalnih podsustava (karta opasnosti, karta uvjerljivosti, karta stabilnosti) koji nisu integrirani u SMART sustav,
- metodologija klasifikacije na razini regija, detekcije promjena, fuzije, koje su razvijene uporabom COTS programa (eCognition, PCI),
- interaktivne interpretacije senzorskih snimaka RMK, E-SAR, DAEDALUS, minskih zapisnika, kontekstualnih informacija i podataka, formalizacije ekspertnih znanja, što ostvaruju interpretatori minske scene uporabom COTS programa (TNTmips, ErMapper, MapInfo, ARC View).

Istražene su metode i razvijeni programi (alati) koji su kontinuirano ispitivani tijekom projekta a zatim evaluirani i validirani. Ispitivanje, evaluacija i validacija alata su rađeni pomoću COTS programa a metoda i integriranih alata pomoću SMART sustava. Temeljna metodologija projekta SMART polazi od indikatora minske nazočnosti (indicators of mine presence) i indikatora minske nenazočnosti (indicators of mine absence), njihove detekcije preko klasifikacije korištenja zemlje (land use), specijaliziranih alata (programa) detekcije specifičnih klasa, detekcije promjena. Sve je to kombinirano s drugim raspoloživim informacijama i podatcima, iz minskog informacijskog sustava (MIS) centra za protuminsko djelovanje (u konkretnom slučaju Hrvatskog centra za razminiranje), povijesnim podatcima, rezultatima interpretacije raspoloživih senzorskih snimaka koje su uradili interpretatori minske scene, u kartu prostorne raspodjele vjerojatnosti opasnosti (karta opasnosti) koja sumira sve raspoložive podatke i informacije i njihovu relevantnost, Sl. 5.1. Uz kartu opasnosti Sl. 5.1a dobiju se karta uvjerljivosti Sl. 5.1b i karta stabilnosti tvrdnji o opasnosti. Ovaj komplet (karte vjerojatnosti opasnosti, uvjerljivosti i stabilnosti) su originalan i najvrjedniji znanstveni i operativno vrijedan rezultat po kojem se projekt SMART izdvaja u odnosu prema svim poznatim metodama uporabe zrakoplovnih daljinskih istraživanja za humanitarno protuminsko djelovanje.

Panel operativnih eksperata iz Hrvatskog centra za razminiranje, tvrtki za razminiranje i HCR Centra za testiranje, razvoj i obuku d.o.o. je evaluirao rezultate projekta i potvrdio njegovu metodološku vrijednost za redukciju

minski sumnjive površine, a posebno je istakao vrijednost za kvantitativno utvrđivanje rizika. Podloga za to je znanstveno utemeljena i metodološki vrlo rigorozno provedena operativna validacija rezultata projekta na tri ispitna minski sumnjiva područja. To su područja Glinska poljana, Pristeg i Čeretinci. Osim toga je značajan dio pripremnog posla obavljen i za četvrto područje Blinjski kut (rad interpretatora minske scene, razminiranje).



Slika 5.1. Primjer izlaznih rezultata za područje Glinska poljana: a) karta prostorne distribucije minske opasnosti, b) karta uvjerljivosti indikatora minske nazočnosti

Za potrebe istraživanja, razvoja i validacije projekta snimljena je iz zrakoplova u kolovozu 2001. g. površina od 48 km² u četiri spomenuta različita minski kontaminirana područja, koja sadrže značajan postotak minskih polja i minski sumnjivih površina. Dio snimljene površine nije bio minski sumnjiv pa je za analizu preostalo 33.032.450 m². Hrvatski centar za razminiranje je prema projektu bio obavezan osigurati 240.000 m² za validaciju rezultata (za toliku površinu su bila osigurana financijska sredstva od strane Europske komisije i ITF-a), ali je osigurao 47 puta veću površinu od čak 11.421.514 m². Tako su rezultati projekta operativno validirani na uzorku od 34.5 % analizirane površine (u projektu je bilo financijski osigurano samo 0,72 %). Nakon završetka istraživanja i razvoja svi alati i sustav SMART su primijenjeni na senzorske snimke, kontekstualne i ostale informacije i podatke za 33.032.450 m² i dokazano je da se 6.642.431 m² može predložiti donositelju odluke za isključivanje s popisa minski sumnjive površine. Pri tome je važno istaknuti činjenicu da je grješka dodavanja (commission error) kontaminiranih dijelova površinama koje su deklarirane kao sigurne (to znači da SMART rezultati tvrde da je minska opasnost nula i da je uvjerljivost tvrdnje visoka) svega 976 m² ili 0,0029 % od ukupne analizirane površine 33.032.450 m².

Kroz suradnju na ovom znanstveno istraživačkom i razvojnom projektu ostvareni su i neposredni dobitci za Hrvatsku. Usvojena je kompleksna metodologija interpretacije i fuzije zrakoplovnih multispektralnih (12 kanalnih), radarskih (10 kanalnih) snimaka, kolor infracrvenih fotografija, podataka iz minskog informacijskog sustava (MIS), ekspertnih znanja, kontekstualnih podataka i informacija, primjenom metoda neizrazitih skupova (fuzzy sets). Originalno je provedena operativna validacija, na temelju podataka koje su razminiranjem osigurali pirotehničari. Dobivena su operativno vrijedna rješenja: karta prostorne razdiobe opasnosti, karta uvjerljivosti i karta stabilnosti, primjerena za potporu odlučivanja (i izvan humanitarnog razminiranja). Osposobljen je tim istraživača i nekoliko interpretatora minske scene za interpretaciju i validaciju multisenzorskih snimaka, izrađen je jedan znanstveni magisterij. Kroz projekt su nabavljeni programski sustavi ErMapper, TNTmips, ArcView 8.3. Nakon projekta su ostali vrlo vrijedni multisenzorski snimci za 48 km², GIS i MIS podatci što zajedno s nabavljenim programskim sustavima, iskusnim istraživačima omogućava nastavak znanstvenih istraživanja i predstavlja vrijednu osnovu za sudjelovanje u budućim projektima.

6. ARC - zrakoplovna redukcija sumnjive površine - istraživački projekt potpomognut od Europske komisije

Airborne Minefield Area ReduCtion – ARC, (PROJ 30)

European Commission project IST–2000-25300

Početak 1.01.2001. završetak 30.12.2003, (produžen za 6 mjeseci).

Javne informacije: <http://www.arc.vub.ac.be>

Financiranje: 480.674 Euro od čega Europska komisija 232.735 Euro, ITF 98.067 Euro, HCR više od 149.871 Euro (kroz razminiranje za potrebe operativne validacije).

Uloženi rad hrvatskog tima: 13.336 sati.

Partneri u projektu:

NETHERLANDS ORGANISATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH - TNO NETHERLANDS

SWEDISH DEFENCE RESEARCH AGENCY - FOI SWEDEN

GEOSPACE BECKEL SATELLITENBILDDATEN GMBH AUSTRIA

CROATIAN MINE ACTION CENTER -HCR CROATIA

G.T.D., INGENIERIA DE SISTEMAS Y SOFTWARE, S.A. SPAIN

INTERUNIVERSITAIR MICRO-ELECTRONICA CENTRUM VZW - VUB BELGIUM

Tablica 6.1. Airborne Minefield Area ReduCtion (ARC)

Ciljevi	Razvoj alata za potporu protuminskog djelovanja. Dizajn, implementacija i testiranja demonstratora sustava za zrakoplovno otkrivanje minskih polja. Opće utvrđivanje minskog stanja (izviđanje, mapiranje). Redukcija minski sumnjive površine. Nalaženje minskih polja (gdje je moguće).
Paradigma	Piramidalna analiza minske scene, koja polazi od satelitskih snimaka za šire okruženje. Automatsko programirano snimanje s besposadne helikopterske letjelice s dvije digitalne kamere u pet kanala (tri iz vidljivog, jedan iz bliskog infracrvenog, jedan iz dugovalnog infracrvenog termalnog spektra). Prostorno razlučivanje mjereno u centimetrima i decimetrima. Automatsko parametarsko geokodiranje za fuziju snimaka iz dva senzora. Primjena digitalnih metoda obradbe snimaka, korištenje bafera oko objekata. Evaluacija kroz spiralni razvoj sustava i primijenjena istraživanja.

Najavljeno - ostvarenje	Snažan, fleksibilan sustav – alat za prikupljanje podataka, analizu i mapiranje. Produkt ARC je trebao biti sustav za davanje usluga. Moguća višenamjenska uporaba: mapiranje, razminiranje, potpora u slučaju stradanja, monitoring okoliša.
Glavni doprinosi	Robotsko programirano snimanje s male visine u krupnom mjerilu za snimanje jakih indikatora minske nazočnosti. Operacionalizirana metoda tima iz švedskog vojnog instituta FOI za simulacijsku rekonstrukciju dnevnog ciklusa promjena termalne scene na temelju snimanja ujutro, u podne predvečer. Razvijen i operativno verificiran hrvatski multisenzorski sustav za snimanje s helikoptera i aviona, uspješno korišten u nekoliko drugih projekata.
Metode evaluacije	Interna, definirana metodologijom projekta. Evaluaciju su provodili partneri koji su razvili pojedina rješenja ali nije postojala nezavisna evaluacija i verifikacija rezultata u fazama projekta i na kraju. To je jedan od uzroka da nije ostvaren glavni cilj projekta. Tijekom razvoja je ostvareno čak pet terenskih kompleksnih aktivnosti (Trial 1, Trial 2, Trial 3, Minefield test, Continuous data acquisition) s izuzetno vrijednim iskustvima.
Operativna validacija	Nezavisna operativna validacija rezultata ARC na 323.444 m ² minskih polja i sumnjivih površina od strane eksperata HCR, tvrtki za razminiranje i HCR-CTRO. Rezultati koje je dao ARC su uspoređeni s podacima koje je osigurao HCR razminiranjem. Rezultati su kvantitativno opisani matricom konfuzije (grješaka), grješkama propuštanja i grješkama dodavanja. Rezultati operativne validacije su dokazali da projekt nije dao očekivana operativno validirana rješenja.
Interpretator u procesu	Interpretatori nisu bili sustavno uključeni u projekt, mada su korišteni pojedini prilozi interpretatora.
Senzori	Digitalna četverokanalna kamera u tri vidljiva i jednom bliskom infracrvenom valnom području. Digitalna infracrvena dugovalna (termalna) kamera. Ikonos snimak testnog područja u Glinskoj poljani.
Spin-off rezultati	Na temelju nabavljenog akvizicijskog sustava, dva senzora, razvijenih i nabavljenih programa, hrvatski tim projekta ARC je izradio je zrakoplovni sustav za multisenzorsko izviđanje i nadzor s helikoptera Bell-206, s aviona Cesna 172 R, (PUB 23), http://www.gichd.ch/1248.0.html
Utjecaj na humanitarno protuminsko djelovanje	Projekt nije direktno implementiran u humanitarnom protuminskom djelovanju.
Slabosti	Interpretator nije bio uključen u proces interpretacije. Tehnološki i tehnički aspekti razvoja sustava su potisnuli u drugi plan fundamentalne ciljeve a to su pouzdano otkrivanje i delineacija minskih polja. Fuzija snimaka iz dva senzora nije uspjela zbog nedovoljne točnosti parametarskog geokodiranja snimaka.

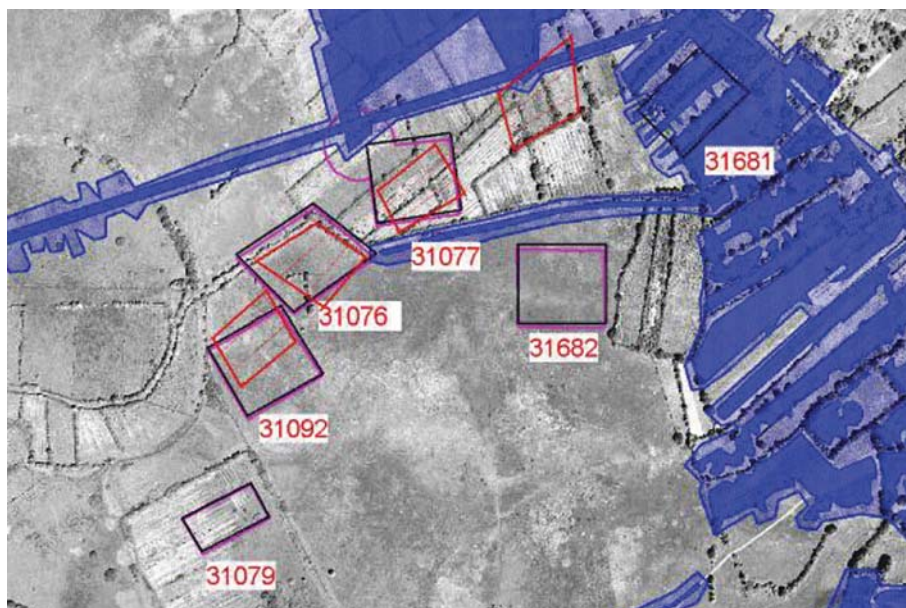
Preporuka	ARC je izvršno riješio postaju za pripremu i provedbu misija zrakoplovnog robotskog snimanja, što treba primijeniti u budućim projektima. U budućim projektima treba primijeniti metodu za simulacijsku rekonstrukciju dnevnog ciklusa promjena termalne scene na temelju snimanja ujutro, u podne i predvečer.
------------------	---

Nakon završetka razvoja sustava ARC provedeno je snimanje validacijske površine od 323.444 m² u okviru Mine Field Test (MFT) akcije u svibnju 2003. g. u dijelu Milekovići (šire područje Glinska poljana). Rezultati ARC projekta su dostavljeni Hrvatskom centru za razminiranje. Panel operativnih eksperata iz Hrvatskog centra za razminiranje, tvrtki za razminiranje i HCR Centra za testiranje, razvoj i obuku d.o.o. je validirao dobivene rezultate ARC projekta i njihovu vrijednost za redukciju minski sumnjive površine, a posebno za kvantitativno utvrđivanje rizika. Dostavljeni podatci su podijeljeni u tri kategorije: minska polja (minefields), sigurne površine (safe) i površine koje su ostale nedefinirane (undefined). HCR je osigurao podatke razminiranjem koje je ostvareno par dana nakon završetka MFT misije. Ovi referentni podatci su podijeljeni u dvije kategorije: minska polja (minefields) i sigurne površine (safe). Rezultati dobiveni od ARC konzorcija ne zadovoljavaju deklariranu namjenu, što se vidi iz Tab. 6.2. ARC je analiziranu površinu razvrstao u tri podjednake cjeline: minirano 108.752 m², sigurno 115.353 m² i nedefinirano 99.393 m² mada je u stvarnosti razdioba bila minska polja 33.828 m² i sigurne površine 289.616 m². Kao što se vidi na Sl. 6.1 velike su grješke propuštanja (minsko polje broj 31682) i dodavanja (neidentificirano minsko polje preklapa se s deklariranom sigurnom površinom). Podatci koje je dostavio ARC su tematska karta procjene miniranosti koja nije snabdjevena mjerom pouzdanosti ili uvjerljivosti. Budući da ne sužava početnu neodređenost koja postoji u podacima iz minskog informacijskog i geografskog informacijskog sustava, slijedi da ARC nije dokazao deklariranu operativnu vrijednost za potrebe humanitarnog protuminskog djelovanja.

Tablica 6.2 Matrica konfuzije rezultata dobivenih od ARC projekta i razminiranja koje je proveo HCR nakon ARC MFT misije, na površini 323.444 m²

Podatci koje je osigurao HCR razminiranjem nakon ARC MFT misije	Podatci dobiveni od projekta ARC nakon MFT misije			
		minirano	sigurno	nedefinirano
	Area m ² Area %	108.752 m ² 33,623 %	115.353 m ² 35,664 %	99.393 m ² 30,713 %
minska polja	33.828 m ² 10,459 %	24.042	116	9.670

sigurno	289.616 m ² 89,541 %	84.710	11.5237	89.669
zbroj	323.444 m ² 100 %	33,623 %	35,664 %	30,713 %



Slika 6.1 Rezultat koji je ARC dostavio HCR-u za operativnu validaciju. Legenda ARC: plavo – sigurno, ljubičasto – minirano. Legenda MIS HCR: crveno minska polja koja su razminirana nakon snimanja koja je izveo ARC. Crveni poligon bez identifikacije je minsko polje koje je otkriveno razminiranjem nakon misije ARC MFT. Ovaj poligon je u rezultatima ARC MFT deklariran kao sigurna površina što je opasna i neprihvatljiva grješka dodavanja. Poligon broj 31682 je proglašen miniranim iako u stvarnosti nije bio miniran (dokazano nakon misije ARC MFT), ali ova vrsta grješke nije kritična jer nema rizične opasnosti.

Kroz suradnju na ovom istraživačkom i razvojnom projektu ostvareni su i neposredni dobitci za Hrvatsku. Osposobljen je tim istraživača i nekoliko operatora za zrakoplovno multisenzorsko snimanje minske scene i validaciju multisenzorskih snimaka, izrađena su dva znanstvena magisterija. Kroz projekt su nabavljeni programski sustavi MapInfo, razvijen je program za digitalnu akviziciju snimaka RECORDER. Kroz projekt su nabavljena dva moderna digitalna senzora (4 kanalna digitalna matična kamera i hiperspektralni linijski skener za valno područje od 430 do 900 nm), modernizirana je termovizijska kamera THV-1000, razvijen je digitalni akvi-

zicijski sustav. Operativno je verificiran sustav, metode, standardni operativni postupci i osposobljen tim za opći zrakoplovni izvid i multisenzorska daljinska istraživanja s helikoptera Bell-206 i zrakoplova Cesna 107. Nakon projekta su ostali vrlo vrijedni multisenzorski snimci za nekoliko km², GIS i MIS podatci što zajedno s nabavljenim programskim sustavima, iskusnim istraživačima omogućava nastavak znanstvenih istraživanja i predstavlja vrijednu osnovu za sudjelovanje u budućim projektima (PUB 54), (PROJ 36), (PUB 37), (PUB 43).

7. Sustav za multisenzorsko zrakoplovno izviđanje i nadzor u izvanrednim situacijama i zaštiti okoliša - tehnologijski projekt potpomognut od Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH

Osim projekata ARC i SMART realizirano je i nekoliko manjih projekata u kojima su korištena zrakoplovna multisenzorska istraživanja (PROJ 36), (PUB 37), (PUB 43). U 2006. g. je prijavljen projekt (ITEP 2006), za međunarodni protokol o testiranju tehnologija za humanitarno protuminsko djelovanje (ITEP) te tehnologijski projekt "Sustav za multisenzorsko zrakoplovno izviđanje i nadzor u izvanrednim situacijama i zaštiti okoliša", TP-06/0007-01, (PUB 54). Tehnologijski projekt financira Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH, u njemu se razvijaju i realiziraju komercijalni i predkomercijalni sustavi namjenjeni za pružanje usluga civilnog zrakoplovnog multisenzorskog izviđanja i nadzora. To su: sustav za hiperspektralno zrakoplovno (s helikoptera ili aviona) izviđanje i nadzor minski sumnjivih površina i za otkrivanje jakih indikatora miniranosti, za izviđanje i nadzor naftnog onečišćenja mora, za verifikaciju rane satelitske radarske detekcije onečišćenja mora; za zrakoplovni hiperspektralni monitoring kakvoće otvorenih voda, za dijagnostiku stanja vegetacije duž autocesta i zdravlja šuma jele; sustav za napredno zrakoplovno izviđanje i nadzor aktivnih požara, s postojeće besposadne letjelice; sustav za potporu odlučivanja u uvjetima neodređenosti za potrebe humanitarnog razminiranja, za predikciju ponašanja aktivnog požara.

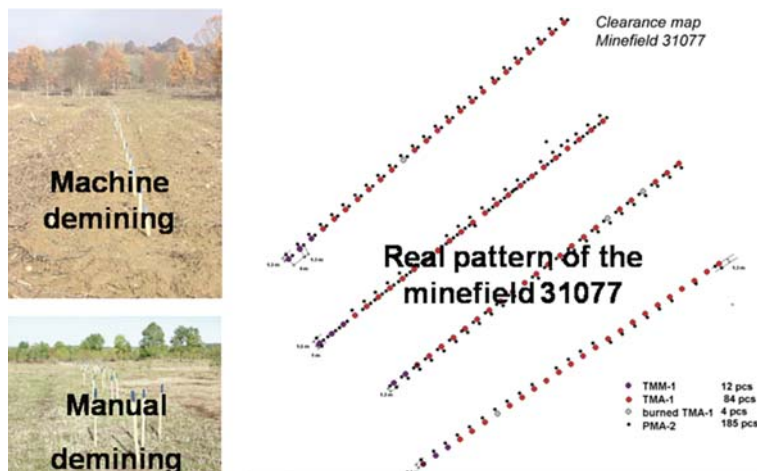
Projekt temelji na potrebama korisnika, postojećim referencama, osposobljenim istraživačima i raspoloživim resursima koje partneri donose u projekt (GICHD 2006), (PUB 21), (PUB 22), (PUB 23), (PUB 24), (PUB 37), (PUB 38). To su reference iz znanstvenih projekata SMART i ARC Europske komisije (zrakoplovno snimanje i interpretacija hiperspektralnih, termal-

nih infracrvenih zrakoplovnih snimaka, validacija), hiperspektralni skener V9, prvi i jedini u Hrvatskoj, u vlasništvu HCR Centar za testiranje, razvoj i obuku-d.o.o. (HCR CTRO d.o.o.), akvizicijski uređaji i softveri Therma-Cam Researcher, Recorder, softveri za daljinska istraživanja ErMapper, TN-Tmips, MapInfo, ARC View 8.3, ARC Spatial Analyst, ostali resursi Katedre za Fotogrametriju i daljinska istraživanja Geodetskog fakulteta i Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Sustavi osiguravaju rano upozorenje i geokodirane prostorne podatke prikazane na karti (a ne samo slike) o neposrednoj ugrozi, procjeni štete i obavještenost o situaciji. Namijenjeni su za potporu upravljanja i odlučivanja u humanitarnom protuminskom djelovanju, te u stvarnom vremenu u izvanrednim situacijama, katastrofama, požarima, operativnim onečišćenjima mora, zaštiti okoliša. U ovom okruženju se realizira integrirani sustav za potporu odlučivanja u protuminskom djelovanju na temelju generičke metodologije iz projekta SMART.

8. Uloga i doprinos Hrvatskog centra za razminiranje (HCR) u operativnoj validaciji rezultata projekata ARC i SMART

Hrvatski centar za razminiranje (HCR) je bio nositelj partnerskih obveza projekata ARC i SMART prema Europskoj komisiji i prema International Trust Fund (ITF) iz Iga, Slovenija. U sufinanciranju projekata ARC i SMART čiji su ukupni troškovi bili 1.036.326 Euro, HCR je sudjelovao kroz vrijednost razminiranja u iznosu od 348.207 Euro. Znanstveno vijeće HCR je formiralo timove koji su realizirali ove projekte uz redovitu koordinaciju s Ravnateljem HCR-a, njegovim pomoćnicima i uz punu suradnju svih sektora HCR. HCR je od početka prihvatio i dosljedno realizirao obaveze da osigura sve potrebne podatke (karte, podatke iz minskog informacijskog sustava, minske djelovodnike, kontekstualne podatke) (PROJ 46), da podržava sve terenske dijelove projekata koji se održavaju u minski sumnjivim površinama RH. Najvažniji je doprinos HCR u tome da je nakon misija snimanja minski sumnjivih površina iz zraka (SMART u kolovozu 2001.; ARC nakon misije Mine Field Test – MFT u svibnju 2003.) ove površine razminirao ili isključio iz minski sumnjivih površina standardnim metodama. Podatci koje je HCR tada prikupio u minski informacijski sustav (MIS) nisu bili poznati projektima ARC i SMART sve do konačne operativne validacije. Tako je HCR za potrebe projekta SMART osigurao za operativnu validaciju 11.421.514 m², što je 47 puta više od 240.000 m² za koliko je projekt osigurao financijska sredstva, (PROJ 8). Za ARC je HCR osigurao razmini-

ranje 323.444 m² nekoliko dana nakon završetka MFT misije projekta ARC (PROJ 18). Fizički izgled prikupljenih dokaza ilustriraju primjeri na Sl. 8.1 i Sl 8.2.



Slika 8.1. Primjer izgleda minskog polja broj 31077 iz područja Glinska poljana koje je razminirano za potrebe operativne validacije projekata ARC i SMART. Stupići označavaju mjesta gdje su pronađene i izvađene mine.



Slika 8.2 Primjer izvađenih mina iz minskih polja u području Glinska poljana koje je razminirano za potrebe operativne validacije projekata ARC i SMART.

HCR je za vrijeme terenskih aktivnosti projekata ARC i SMART uvijek davao najiskusnije operativne stručnjake i pirotehničare koji su osigurali vrlo kvalitetnu realizaciju. Tako su obavljene dvije misije prikupljanja referentnih terenskih podataka za projekt SMART (Ground truth missions) i čak pet složenih akcija projekta ARC (Trial 1, Trial 2, Trial 3, Mine Field Test, Continuous Data Acquisition). Posebno je vrijedan i prepoznat doprinos koji su učinili operativni eksperti HCR u analitičkoj prosudbi procesa miniranja i kontekstualnih informacija za 48 km² testnih područja Glinska poljana, Pristeg, Čeretinci, Blinjski kut (PROJ 4), (PROJ 5). Ovi podatci su korišteni u obadva projekta, ARC i SMART. Za potrebe projekta SMART su eksperti HCR sudjelovali u modeliranju uvjerljivosti minskih zapisnika, njihova ekspertna znanja su formalizirana u nekoliko izvještaja (PROJ 12) a posebno je istaknut doprinos u modeliranju funkcija pripadnosti (membership funkcije) i kontekstualne i terenske zavisnosti težina indikatora minske nazočnosti (PROJ 7). Stručni menadžment HCR i predstavnici nekoliko tvrtki za razminiranje su proveli nezavisnu operativnu validaciju rezultata projekata ARC (PROJ 18) i SMART (PROJ 8).

9. Hrvatski timovi u projektima ARC i SMART

Projekte ARC i SMART su realizirali konzorciji sa šest odnosno sedam partnera. Dio poslova iz ovih projekata realizirali su hrvatski timovi, u kojima su surađivale niže navedene osobe. Realizirane radne sate hrvatskih timova po projektnim godinama prikazuje Tab. 9.1.

Tablica 9.1 Radni sati ostvareni u projektima SMART i ARC. CS1, CS2, CS3 i CS4 označavaju 1., 2., 3. i 4. projektnu godinu

SMART

CS1	3382
CS2	5899
CS3	5876
CS4	3165
TOTAL	18322

ARC

CS1	4906
CS2	3472
CS3	4958
TOTAL	13336

Bajić Milan (GF), Bašić Tomislav (GF), Božić Dragutin (HV), Božičković Krešimir, Bujanović Darko (HCR), Ciceli Tomislav (GF), Čandar Zlatko (HV), Gambiroža Nikola (HCR), Gold Hrvoje (FPZ), Herceg Marko (HV), Hrabar Silvio (FER), Hucaljuk Milivoj (HV), Husnjak Stjepan (Agr. F), Javorović Wechselberger Ivana (HV), Jelenić Damir (HCR), Kovačić Đuro (HCR), Krtalić Andrija (GF), Kušan Vladimir (Šum.F), Laura Davor (HCR), Margetić Tomislav (HV), Marinov Antonela (HRZ), Markovinović Danko (GF), Matić Čedomir (HCR), Motik Boris, Novak Gordan (HCR), Obarčanin Zlatan, Pavković Nikola (CTRO), Pernar Renata (Šum.F), Peškir Branko (Doking), Pračić Željko (HRZ), Rezo Milan (GF), Stojković Damir (HCR), Šapina Rozalija (HV), Šemanjski Silvio (HRZ), Šešlek Željko (HCR), Šprajc Anđelko (Terafirma), Šteker Ivan (CTRO), Tadić Tajmin (HRZ), Viher Mladen (MORH), Vuletić Dejan (HRZ) i 34 pirotehničara HCR.

Legenda: GF – Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, HV – Hrvatska vojska, HCR – Hrvatski centar za razminiranje, FPZ – Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, FER – Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, Agr. F – Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šum. F – Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, HRZ – Hrvatsko ratno zrakoplovstvo, CTRO – HCR Centar za testiranje, razvoj i obuku d.o.o., Terafirma – Terafirma d.o.o., MORH – Ministarstvo obrane RH.

10. Rezultati, ograničenja

Na radionici (PUB 10) su uspoređene paradigme, rezultati, ograničenja i mogućnosti implementacije u operativnu uporabu rezultata projekata SMART, ARC, Airborne Minefield Detection Pilot Project Mosambique i MineSeeker, te pojedini aspekti njihove primjene u humanitarnom protuminskom djelovanju (PUB 28), (Maathuis 2005), (Acheroy 2005), (Yvinec 2005), (Uppsal 2005), (Carruthers 2005), (PUB 7), (PUB 3). Zaključeno je da je "Airborne Minefield Detection Pilot Project" bio vrlo koristan u slijedećim aspektima: uveo je interpretatora u proces interpretacije, minske indikatore kao nositelje informacije o minskoj sumnjivosti. Glavna slabost ovog projekta je izostanak kredibilne verifikacije i operativne validacije. MineSeeker je pokazao potencijale detekcije površinskih mina i ostataka kazetnih bombi te neeksploziranih ubojnih sredstava, međutim izostala je znanstvena i operativna verifikacija i validacija. U okviru projekta ARC je realiziran sustav za snimanje s besposadne helikopterske letjelice u robotskom (programiranom, automatskom) režimu i s krupnim mjerilom. Osim toga razvijena je metoda za simulacijsku interpretaciju infracrvene du-

govalne (termalne) scene unutar 24 satnog perioda na temelju tri snimka prikupljena ujutro, oko podneva i predvečer. Rezultati koje je dao projekt nemaju mjeru uvjerljivosti i nije ostvarena očekivana djelotvornost.

Od svih razmatranih projekata za zrakoplovno izviđanje i nadzor minskih polja i minski sumnjivih površina jedino je SMART ostvario verificirano i operativno validirano rješenje redukcije minski sumnjive površine i određivanje prostorne distribucije opasnosti zbog minske nazočnosti, uvjerljivosti i stabilnosti tvrdnje o opasnosti (PROJ 50), (PROJ 8), (PROJ 9), (PROJ 13), (PROJ 14), (PROJ 33). Međutim u okviru projekta SMART nisu integrirani svi razvijeni i verificirani alati i metode pa nije moguća izravna operativna uporaba generičke metodologije iz SMART-a. Prostorno razlučivanje multispektralnih snimaka (1 m) i radarskih snimaka (2m i 4 m) je pregrubo za otkrivanje, klasificiranje i identifikaciju najvažnije vrste indikatora (takozvani jaki indikatori). Već ranije je Znanstveno vijeće HCR CTRO iniciralo implementaciju i integraciju bitnih metoda iz projekta SMART koje bi se mogle koristiti nezavisno o vrstama senzorskih snimaka (ITEP 2006). Tek u 2007. i 2008. g. kroz tehnologijski projekt (PUB 53) "Sustav za zrakoplovno multisenzorsko izviđanje i nadzor u kriznim situacijama i zaštiti okoliša" je osigurano financiranje tehničkog sustava, što će biti završeno u travnju 2008. g. Još preostaje potreba da se ovaj sustav verificira i operativno validira, da se provede analiza cijena – dobitak. Za tu svrhu je u 2005. g. predviđeno područje minski sumnjivih površina u općinama Gospić, Drniš i Bilje. International Trust Fund for Demining and Mine Victims Assistance (ITF), iz Iga, Slovenija, financira projekt koji pokriva navedeni sadržaj u vremenskom periodu od 25.02.2008. do 25.01.2009. pod nazivom "Deployment of the Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction". Time je višegodišnji intenzivan rad na istraživanju i razvoju metoda zrakoplovnih daljinskih istraživanja za potrebe humanitarnog protuminskog djelovanja konačno zaključen implementacijom u operativnu uporabu.

11. Zaključci

U Hrvatskoj je prije deset godina započela intenzivna znanstveno istraživačka aktivnost s ciljem da se uvedu metode zrakoplovnih i satelitskih daljinskih istraživanja u operativnu uporabu za potrebe humanitarnog protuminskog djelovanja. Opisan je udio hrvatskih timova okupljenih od strane znanstvenog vijeća HCR-a u europskim projektima ARC i SMART koji su bili ukupno financirani s 1.036.326 Euro od strane Europske komi-

sije, ITF-a i HCR-a (kroz razminiranje), karakteristike i dobitci iz projekata. Razmotreni su odnosi prema drugim projektima, nastavak istraživanja i razvoja u 2007. i 2008. g. kroz tehnologijski projekt TP-06/0007-01 Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH. Desetogodišnja aktivnost se zaključuje 2008. g. kroz projekt "Deployment of the Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction", financiran od strane ITF-a.

12. Zahvale

Autori zahvaljuju svim suradnicima projekata ARC i SMART, svim pojedincima i institucijama s kojima su stvarani uvjeti za druga znanstvena i razvojna istraživanja, Hrvatskom ratnom zrakoplovstvu, MORH-u, HCR-u, HCR CTRO d.o.o., ITF-u i brojnim stranim prijateljima iz projekata ARC i SMART.

13. Reference

13.1 Opće reference

1. **(Carruthers 2005), A. Carruthers, 2005., Introduction of New Mine Action Technologies – General Criteria**, Workshop "Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space- and airborne surveys", Scientific Council of CROMAC Centre for testing, development, training Ltd., Zagreb, Croatia, 30 November 2005.
2. (Angel 1999), Angel, 1999., Advanced global system to eliminate antipersonnel landmines, GTD Ingenieria de sistemas y Software Industrial, S.A., Barcelona, Spain, www.gtd.es, 1999.
3. (Janzon 1994), B. Janzon, 1994, International workshop of the technical experts on ordnance recovery and disposal in the framework of international demining operations, Stockholm, FOA-R-00034-2.0-SE.
4. (Maathuis 2005), B. Maathuis, 2005., Airborne minefield detection: pilot project, Workshop "Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space- and airborne surveys", Scientific Council of CROMAC Centre for testing, development, training Ltd., Zagreb, Croatia, 30 November 2005.
5. (Mueller 2005), C. Mueller, M. Gaal, D. Guelle, A. Lewis, et. al., 2005, Proposal for demonstration and modular reliability assessment for humanitarian demining, Proceedings of the Int. Conf. Requirements and Technologies for Detection, Removal and Neutralization of Landmines and UXO, 15-18 September 2003, VUB, Brussels, Belgium, Vol. 2, pp. 233-241
6. (DoD 1997), DoD, 1997, Report to the secretary of defense on the status of DOD's implementation of the U.S. policy on anti-personnel landmines, Office of the Undersecretary of Defense for policy, USA, 16 p.

7. (Dow 1996), Dow Ph.D. M. McD, 1996, Humanitarian mine detection and clearance, Board on science and technology for international development, National Academy of Sciences - National Research Council, USA.
8. **(Engelhardt 1999), F.R. Engelhardt, 1999., Workshop on Remote Sensing of Anti-Personnel Land Mines, report, ENOVA Research applications, Ottawa, Canada, 32 p.**
9. (GICHD 2006), GICHD, 2006, Guidebook on Detection Technologies and Systems for Humanitarian Demining, Geneva 2006
10. (ITEP 2006), ITEP, 2006., Test and Evaluation of the generic SMART methodology, International Test and Evaluation Program for Humanitarian Demining – Project Nr. **1.2.5**, ITEP Work Plan 2006, 15th of March 2006, ITEP Secretariat 31 Avenue de la Renaissance B-1000 Brussels, Belgium
11. (Genderen 1999), J. van Genderen, B. Maathuis, 1999, Pilot Project for Airborne Mine-field Detection in Mozambique, EC-DG8, UK, Netherlands, Luxembourg, Sweden, United Kingdom, Portugal, BelgiumGermany, Norway, Angola project
12. (JRC 2000), JRC, 2000, Workshop on the needs of airborne and spaceborne data for minefield survey, EC Joint Research Centre, Ispra (VA), Italy, 9-10.03.2000.
13. (Acheroy 2005), M. Acheroy, 2005., Space and Airborne Mined Area Reduction Tools – SMART, Workshop “Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space- and airborne surveys”, Scientific Council of CROMAC Centre for testing, development, training Ltd., Zagreb, Croatia, 30 November 2005.
14. **(Uppsal 2005), M. Uppsal, 2005., Thermal infrared aerial survey for mine action in ARC, Workshop “Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space- and airborne surveys”, Scientific Council of CROMAC Centre for testing, development, training Ltd., Zagreb, Croatia, 30 November 2005.**
15. (Bishop 2000), P. K. Bishop, D. Partridge, 2000, MINESEEKER foundation, Kosovo trials report, DERA
16. (Blagden 1998), P.M. Blagden, 1998, The changing scene of mine clearance, Second International Conference The Detection of Abandoned Land Mines, 1998, Proceedings, Edinburgh 12-14 October, 1998., IEE, London, UK, pp. 19-22.
17. (SuS DEM 1997), SuS DeM '97, 1997, International Workshop on Sustainable Humanitarian Demining, Zagreb.
18. (UN MAC 1997), UN MAC, 1997, Croatia - Mine Contamination Map Data Base, UN Mine Action Centre Croatia, Zagreb, digital data base, 1.06.1997.
19. **(Yvinec 2005), Y. Yvinec, 2005., SMART blind tests: results and discussion, Workshop “Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space- and airborne surveys”, Scientific Council of CROMAC Centre for testing, development, training Ltd., Zagreb, Croatia, 30 November 2005.**

PRILOG 1

Projektna izvješća

Popis sadrži bibliografske podatke važnijih projektnih izvješća u kojima su autori ili koautori članovi hrvatskih ARC ili SMART timova ili timova Znanstvenog vijeća HCR CTRO. Većina izvješća je izrađena u Hrvatskoj, dio izvješća su realizirali strani partneri a hrvatski istraživači se javljaju kao koautori. Dostupnost izvješća je definirana u skladu s obvezama o poštivanju i zaštiti prava intelektualnog vlasništva i kreće se od otvorenih (public) do internih (samo za članove konzorcija i Europsku komisiju). Osim izvješća iz projekata spomenuto je i nekoliko skupova koji su realizirani od strane autora iz Hrvatske. Osim toga navedeni su i dokumenti koji su pripremljeni za Znanstveno vijeće HCR CTRO ili za druge subjekte, kao prijedlozi za projekte koji nisu realizirani.

- [PROJ 1] A. Krtalić, T. Ciceli, 2002., DEM transformations from Gauss-Krueger projection with central meridian 16°30' to 5th and 6th zone Gauss-Krueger projection, technical report, University of Zagreb Faculty for Geodesy, Department for Photogrammetry, Zagreb, January 2002.
- [PROJ 2] A. Krtalić, T. Ciceli, 2002., Re-georeferencing of maps used in Croatian mine center for ARC & SMART project for regions: Blinjski kut, Čeretinci, Glinska poljana and Pristeg, technical report, University of Zagreb Faculty for Geodesy, Department for Photogrammetry, Zagreb, January 2002.
- [PROJ 3] CROMAC ARC team, 2002., Trial II Evaluation Report, Deliverable D15, Report Version: 2.0.0, 08/05/2002, Restricted to Consortium, Airborne Minefield Area Reduction - ARC, European Commission project 2001. – 2003., IST-2000-25300.
- [PROJ 4] CROMAC ARC team, 2004., Confusion matrix of ARC MFT results, Internal Report Version: 1.0.0, Airborne Minefield Area Reduction - ARC, European Commission project 2001. – 2003., IST-2000-2530016/02/2004.
- [PROJ 5] Č. Matić, 2002., Analytic assessment of mine contamination of the area of Glinska Poljana, draft, May 2002, CROMAC, in S. Vanhysse, 2002, SMART contextual information, Deliverable D1.5, ULB Brussels, November 2002., Version 2.3
- [PROJ 6] Č. Matić, 2002., Analytic assessment of mine contamination of the area of Pristeg, draft, July 2002, CROMAC, in S. Vanhysse, 2002, SMART contextual information, Deliverable D1.5, ULB Brussels, November 2002., Version 2.3.

- [PROJ 7] Č. Matić, A. Krtalić, D. Vuletić, M. Bajić, 2004., CROMAC inputs for SMART danger map, SMART-CROMAC-TR-28092004, 28.09.2004, 23 p.
- [PROJ 8] D. Laura, Č. Matić, N. Pavković, H. Gold, M. Bajić, 2004., SMART – final operational validation, Appendix 2 of the Deliverable D7.2, Version 1.1, SMART, European Commission IST-2000-25044, 18.10.2004., 7.p
- [PROJ 9] H. Gold, M. Bajić, D. Vuletić, A. Krtalić, 2004., Validation of the Data, Software Packages, Information, EC IST–2000-25044, Deliverable D7.3, Version 1.0, 5.10.2004., 58 p.
- [PROJ 10] M. Bajić, 2002., End User Requirements, Deliverable D04, Report Version: 3.0.0, 03.05.02, Restricted to Consortium, Airborne Minefield Area Reduction - ARC, European Commission project 2001. – 2003., IST-2000-25300.
- [PROJ 11] M. Bajić, 2004, Confusion matrix of ARC MFT results, ARC Internal report, Version 1.0.0, 16.02.2004
- [PROJ 12] M. Bajić, Č. Matić, R. Pernar, D. Goršeta, 2002., SMART – Expert information report, Deliverable D 1.4, Version 1.3, 30.09.2002, project SMART, European Commission EC IST–2000-25044, 82 p.
- [PROJ 13] M. Bajić, H. Gold, D. Vuletić, A. Krtalić, Y. Yvinec, 2004., Validation of the SMART environment, project SMART, European Commission IST-2000-25044, Deliverable D7.2, Version: 1.1, Classification : Public, 5 October 2004, 77 p.
- [PROJ 14] M. Bajic, H. Gold, D. Vuletic, A. Krtalic, 2005., SMART – Addendum to D7.2, EC IST–2000-25044, Deliverable 7.2, 14.04.2005, 12 p.
- [PROJ 15] M. Bajić, K. Božičković, M. Eisl, M. Uppsal, S. Sjoekvist, P. Tetelaar, R. Šapina, R. Pernar, M. Herceg, A. Krtalić, T. Ciceli, T. Tadić, Z. Pračić, D. Bujanović, 2001., Evaluation of Trial-I in Croatia, Deliverable D07, Report Version: 2.0.0, 17 December, 2001, Restricted, Airborne Minefield Area Reduction - ARC, European Commission project 2001. – 2003., IST-2000-25300.
- [PROJ 16] M. Bajić, Ž. Pračić, D. Vuletić, A. Krtalić, H. Gold, R. Pernar, R. Šapina, 2003., Continuous Data Acquisition, Internal Technical Report Version: 2.0.0, 21.11.2003, Restricted to Consortium, Airborne Minefield Area Reduction - ARC, European Commission project 2001. – 2003., IST-2000-25300, Part I: 104 p., Part II: Appendices, 35 p.
- [PROJ 17] M. Bajić, Ž. Pračić, D. Vuletić, 2003., CDA Data Documentation, Continuous Data Acquisition Internal Technical Report - Part III, Version: 0.0.1, 24.11.2003, Restricted to Consortium, Airborne Minefield Area Reduction - ARC, European Commission project 2001. – 2003., IST-2000-25300, Part III, 89 p.
- [PROJ 18] N. Gambiroža, D. Laura, D. Jelenić, C. Matić, D. Stojković, N. Pavković, I. Šteker, A. Sprajc, 2003., End-user: Evaluation of ARC Results at Milekovici, Report Version: 1.1.0, 08.12.2003, Internal, Airborne Minefield

- Area Reduction - ARC, European Commission project 2001. – 2003., IST-2000-2530016/02/2004.
- [PROJ 19] R. Pernar, 2002., Glinska Poljana partial field validation (of the visual interpretation), June 2002, CROMAC, in S. Vanhyse, 2002, SMART contextual information, Deliverable D1.5, ULB Brussels, November 2002., Version 2.3, project SMART, European Commission EC IST-2000-25044.
- [PROJ 20] RMA, 2004, Scientific Report on Processing Algorithms, Project SMART - IST-2000-25044, Deliverable D5.1, v.1.1, Royal Military Academy (RMA) Belgium, 26.10.2004.
- [PROJ 21] Acheroy M., Bajić M., Bloch I., Fecher J., Galardini D., Suess H., Wolf E., et al., 2000, Space and airborne mined area reduction tools, European Commission Research Directorates General - project 2001. – 2003., Information society technologies programme, IST-2000-25044, Brussels, ožujak – studeni 2000. g., 74 p.
- [PROJ 22] CROMAC, group of authors, 2000., Risk reduction exercise for proposed demining – tools test facility in Croatia, feasibility study for European Commission Joint Research Center Ispra Italy, CROMAC, Sisak, klasa 030-020/00-01-04, ur.broj 530-117-01-00-04, March 2000.
- [PROJ 23] H. Gold, 2005., Partial validation and feedback of end user, presentation on CD, Workshop “Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space- and airborne surveys”, Scientific Council of CROMAC Centre for testing, development, training Ltd., Zagreb, Croatia, 30 November 2005.
- [PROJ 24] Ian Bullpitt (Team Leader), Milan Bajić, Alstair Craib, 2001., Joint Evaluation Mission To Review The United Nations Development Programme Mine Action Assistance Project In Croatia, Zagreb, 9-27 September 2001.
- [PROJ 25] M. Bajić, K. Božičković, H. Gold, M. Hucaljuk, S. Lončarić, R. Šapina, Z. Šipuš, 1999., Landmine detection and suspected area reduction by use of a multisensor system mounted on an unmanned helicopter, proposal to NVESD US DoD, separate from the feasibility study Multisensor landmine detection in the Republic of Croatia, Zagreb, July 1999., 19 p.
- [PROJ 26] M. Acheroy, 2005., Space and Airborne Mined Area Reduction Tools – SMART, Workshop “Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space- and airborne surveys”, Scientific Council of CROMAC Centre for testing, development, training Ltd., Zagreb, Croatia, 30 November 2005.
- [PROJ 27] M. Acheroy, M. Bajić, G. Gustafson, D. Laura, M. Uppsal, Workshop: Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space - and airborne surveys. Scientific Council of CROMAC, CROMAC Centre for Testing, Development Training, Zagreb, Croatia, 30.11.2005.

- [PROJ 28] M. Bajić et al., 1999., Landmine detection and suspected area reduction by use of a multisensor system mounted on an unmanned helicopter, the separate from the feasibility study Multisensor landmine detection in the Republic of Croatia, Scientific Council of the Croatian Mine Action Center, Zagreb, July, 1999.
- [PROJ 29] M. Bajić, 1998., Croatian mine and UXO contaminated areas, an intelligent polygon for the hi-tech demining technology evaluation and the system research of demining, Conference on development and reconstruction, Report and project proposal, HCR - KOR – 1998, Sisak, September 1998.
- [PROJ 30] Bajić, L. Beckel, E. Den Breejen, H. Sahli, D. Schrotmeier, M. Upsal, F.J. Varas, et al., 2000, Airborne Minefield Area Reduction, European Commission Research Directorates General project 2001. – 2003., Information society technologies programme, IST-2000-25300, Brussels, travanj – studeni 2000. g., 134 p.
- [PROJ 31] M. Bajić, D. Antonić i dr., 1999., Studija izvodljivosti prijenos tehnologije multisenzorskog otkrivanja miniranih područja i mina u RH, Znanstveno vijeće HCR, 1999.g.
- [PROJ 32] M. Bajić, gost urednik dvobroja Biltena za daljinska istraživanja i foto-interpretaciju, HAZU Zagreb, Vol. 15-16, 2000/2001 o primjeni daljinskih istraživanja u humanitarnom razminiranju.
- [PROJ 33] M.Bajić, H. Gold, D. Vuletić, A. Krtalić, Y. Yvinec, 2004, Validation of the SMART environment, project SMART, European Commission IST-2000-25044, Deliverable D7.2, Version: 1.1, Classification : Public, 5 October 2004, 77 p.
- [PROJ 34] M. Bajić, M. Bogunović, Z. Šipuš, S. Husnjak, D. Antonić, N. Pavković, I. Šteker, D. Jelenić, 2001., Benchmark landmine testfield Benkovac, report, project for CROMAC, Sisak, V1.1.3, May 2001.
- [PROJ 35] M. Bajić, organizer and chair, Special session: Airborne Remote Sensing and Remote Sensing for Humanitarian Demining, at the 4th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis ISPA 2005, September 15-17, 2005, Zagreb, Croatia
- [PROJ 36] M. Bajić, S. Šemanjski, N. Hoti, H. Gold, Termovizijsko i televizijsko zrakoplovno snimanje unistavanja mina 27.06.99g. kod Slunja, akcija za regionalnu konferenciju o razminiranju, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Kostelgrad d.o.o., Laboratorij za daljinska istraživanja HV MORH
- [PROJ 37] M. Bajić, T. Tadić, Ž. Pračić, Zrakoplovni opći izvid dalekovoda Drenov bok – Dubica, Hrvatski Centar za Razminiranje, Sisak, 2002.g.
- [PROJ 38] M. Bajić, Ž. Bačić, I. Landek, Z. Medić, D. Jelenić, R.G. Smiljanić, Z. Biljecki, 1999., Digitalni orto foto zemljovid i za potrebe humanitarnog razminiranja Republike Hrvatske, HCR Znanstveno vijeće, Separat studije izvodljivosti "Multisenzorsko otkrivanje mina", srpanj 1999.

- [PROJ 39] M. Keller, S. Vanhysse, H. Gold, M. Bajić, E. Wolf, 2002., SMART – Report on the measurement campaign (airborne and ground), Deliverable D1.2, DLR, Version 2.4, project SMART, European Commission EC IST-2000-25044, 2.12.2002., 22 p.
- [PROJ 40] N. Pavković, M. Bajić et al., 2001, Benchmark landmine testfield Benkovac, Croatian Mine Action Centre report of the project “Polygon for testing and evaluation Benkovac, May 2001, V 1.1.3.
- [PROJ 41] P. Blagden, 1999., Trial of a remote airborne sensor system in Croatia, draft concept, fax sent to Hrv. Centar za Razminiranje, 15.07.1999.
- [PROJ 42] R. Fricke, 2001., Mission report of the fieldwork in Croatia from the 20th to the 28th of August 2001, October 2001, ULB, in S. Vanhysse, 2002, SMART contextual information, Deliverable D1.5, ULB Brussels, November 2002., Version 2.3, project SMART, European Commission EC IST-2000-25044.
- [PROJ 43] S. Husnjak, 2002., Report of soil properties of testing area on Glinska Poljana with soil map and basic characteristics of agricultural production, July 2002, CROMAC, in S. Vanhysse, 2002, SMART contextual information, Deliverable D1.5, ULB Brussels, November 2002., Version 2.3, project SMART, European Commission EC IST-2000-25044.
- [PROJ 44] S. Husnjak, 2002., Report of soil properties of testing area on Pristeg with soil map and basic characteristics of agricultural production, July 2002, CROMAC, in S. Vanhysse, 2002, SMART contextual information, Deliverable D1.5, ULB Brussels, November 2002., Version 2.3
- [PROJ 45] S. Husnjak, 2002., Report of soil properties of testing area on Ceretinci with soil map and basic characteristics of agricultural production, July 2002, CROMAC, in S. Vanhysse, 2002, SMART contextual information, Deliverable D1.5, ULB Brussels, November 2002., Version 2.3, project SMART, European Commission EC IST-2000-25044.
- [PROJ 46] S. Šaban, D. Jelenić, 2002., A Brief Overview of Mine Action Geographic Information System (MAGIS) in the Croatian Mine Action Center, January, 2002, CROMAC
- [PROJ 47] SuS DeM '97, 1997, International Workshop on Sustainable Humanitarian Demining, Zagreb.
- [PROJ 48] S. Vanhysse, M. Bajić, Č. Matić, A. Krtalić, D. Vuletić, 2004., SMART – Danger maps, Deliverable D3.4, ULB, SMART-IGEAT-D-040910-1, V3.0, 29.10.2004., 48 p.
- [PROJ 49] UN MAC, 1997, Croatia - Mine Contamination Map Data Base, UN Mine Action Centre Croatia, Zagreb, digital data base, 1.06.1997.
- [PROJ 50] Y. Yvinec, M. Bajić, B. Dietrich, I. Bloch, S. Vanhuyse, E. Wolff, J. Willekens, 2005, Final Report, Space and Airborne Mined Area Reduction tools, project SMART, European Commission IST-2000-25044, V 3, Classification : Public, 20.04.2005, 46 p.

PRILOG 2

Objavljeni, priopćeni radovi

- [PUB 1] A. Krtalić, 2004., Data fusion of aerial images collected by matrix camera and line scanner of diferent resolution, Geo-imagery Bridging Continents, XXth Congress International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), 12-23 July, Istanbul, Turkey, Proceedings on DVD, Commission 4, paper 535.pdf
- [PUB 2] A. Krtalić, 2007., Analysis of the quality of fused products with corresponding referent original images, Proceedings 26th EARSeL Symposium, New developments and challenges in remote sensing, May 29 – June 2 2006, Warsaw, Poland , pp.83-90.
- [PUB 3] A. Krtalić, D. Vuletić, 2005., The role of the mined scene interpreters, presentation on CD, Workshop "Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space- and airborne surveys", Scientific Council of CROMAC Centre for testing, development, training Ltd., Zagreb, Croatia, 30 November 2005.
- [PUB 4] A. Krtalić, M. Bajić, 2004., Influence of the radiometric features of VNIR and TIR images on the automated detection and interpretation of objects, Proceedings of the 24th EARSeL Symposium, New Strategies for European Remote Sensing, Dubrovnik, Croatia, 25 – 27 May 2004, Millpress, Rotterdam, 2005, pp. 635-642.
- [PUB 5] A. Krtalić, M. Stojčić, M. Bajić, 2007., Criteria for a fusion of the long wave thermal infrared and the visible and near infrared aerial images, 27th EARSeL Symposium, Geoinformation in Europe, Bolzano, Italy, 4-7 June, 2007.
- [PUB 6] A. Krtalić, T. Fiedler, 2003., Spatial and radiometric quality of the mosaic of images acquired by airborne digital VNIR matrix camera and TIR line scanner, Geoinformation for practice, International Society of Photogrammetri and Remote Sensing (ISPRS), Proceedings, Zagreb, 2003, pp. 143-148
- [PUB 7] Č. Matić, 2005., Analysis of mine contamination as a basis for aerial general survey, confidence of minefield records and other information, presentation on CD, Workshop "Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space- and airborne surveys", Scientific Council of CROMAC Centre for testing, development, training Ltd., Zagreb, Croatia, 30 November 2005.
- [PUB 8] I. Pišmiš, M. Bajić, 2001., Identifikacija TV kamere za zrakoplovna daljinska istraživanja, HAZU Zagreb, Bilt. Dalj. Istr. Fotoint., Vol. 15-16, 2001, str. 11-26.
- [PUB 9] K. Shutte, H. Sahli, D. Schrotmeier, M. Eisl, F.J. Varas, M. Bajić, M. Uppsal, E. den Breejen, 2001., ARC: a CAMCOPTER based mine field detec-

- tion system, Proceedings, Fiftths International Airborne Remote Sensing Conference, San Francisco, 17-20 September 2001., 8 p.
- [PUB 10] M. Acheroy, M. Bajić, G. Gustafson, D. Laura, M. Uppsal, 2005., Workshop: Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space - and airborne surveys, presentations on CD, Scientific Council of CROMAC, CROMAC Centre for Testing, Development Training, Zagreb, Croatia, 30.11.2005.
- [PUB 11] M. Bajić, 1998.a, Restoration of an image of the artificial object obtained by the airborne FLIR, Znanstveni skup 100 godina fotogrametrije u Hrvatskoj, zbornik, HAZU, Znanstveno vijeće za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju, pp. 359-365.
- [PUB 12] M. Bajić, 1998.b, Zrakoplovna daljinska istraživanja i radarska daljinska istraživanja, pozvano predavanje, International scientific conference, 100 years of photogrammetry in Croatia, Croatian Academy of sciences and arts, Zagreb 1998, Proceedings, pp. 131-151.
- [PUB 13] M. Bajić, 1999.a, Aktivnosti oko uvođenja multisenzorskog otkrivanja mina u RH, zbornik radova, Savjetovanje – mehaničko razminiranje, Hrvatski centar za razminiranje – Znanstveno vijeće, 26.05.1999.g., Sisak, Hrvatska, str. 169 - 173.
- [PUB 14] M. Bajić, 1999.b, Impact of mine polluted area characteristics on the suitability of the airborne multisensor mine field detection: the case of Croatia, zbornik radova, Fourth International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition/21st Canadian Symposium on Remote Sensing, Ottawa, Ontario, Canada, 21-24 June, 1999., pp. I779 – I786.
- [PUB 15] M. Bajić, 1999.c, Variability of the landmine fields in Croatia, a challenge for the airborne multisensor mine detection, 2nd International Symposium on Operationalization of Remote Sensing, Enschede, The Netherlands, 16-20 August, 1999, zbornik radova na CD, 11 p.
- [PUB 16] M. Bajić, 1999.d, Statistical model of the spatial distribution the landmines, basis for the airborne wide area survey system testing, 1999 ARIS Technical workshop on Ground Survey for Humanitarian Demining, ENSIETA, Brest, France, 26-27 October 1999.
- [PUB 17] M. Bajić, 2000.a, Redefinition the objectives of the airborne remote sensing for humanitarian demining: exponential growth of the remediated area, zbornik na ARIS stranici, Workshop on the needs of airborne and spaceborne data for minefield survey, Ispra (VA), Italy, 9-10.03.2000, 16 p.
- [PUB 18] M. Bajić, 2000.b, Offer by Croatia for test areas, an approach to the operational testing and evaluation, pozvano predavanje, inauguracija International Testing and Evaluation Protocol (ITEP) i Executive Committee za tehnologiju humanitarnog razminiranja, Ispra, Italija, 23.10.2000.g.
- [PUB 19] M. Bajić, 2001., Multisensor data collected on mined and suspected area from sky lift, helicopter, airplane, armored vehicle during trial I in Croa-

- tia and interpretation plan, ARC workshop, 14.05.2001, Zagreb, ppt.
- [PUB 20] M. Bajić, 2002., Transformation from the projects of humanitarian demining users of donation to the partners that are adding value to scientific and technology implementation, Proceedings on CD of the Seminar on humanitarian mine action progress under the mine ban treaties, achievements and lessons learned in South Eastern Europe, Republic of Croatia, Ministry for foreign affairs, Dubrovnik, 24-25 October 2002.
- [PUB 21] M. Bajić, 2003.a, Humanitarian demining initiated and stimulates transfer of the advanced technologies of geo-information, Proceedings of the ISPRS WG VI/3 Workshop, International Society Photogrammetry and Remote Sensing, Geo-information for practice, Zagreb, Croatia, 15-18 October 2003, pp. 20-25.
- [PUB 22] M. Bajić, 2003.b, Survey of suspected mined areas from a helicopter, Journal of Mine Action, James Madison University, Issue 7.3, 2003, pp. 54-58.
- [PUB 23] M. Bajić, 2004.a, Aerial data acquisition and interpretation support system for risk assessment and disaster management, presentation, TI-EMS workshop: Risk Assessment and Disaster Management at Regional Level, Divulje, Croatia, 21-22.09.2004.
- [PUB 24] M. Bajić, 2004.b, Fusing aerial multispectral imagery and high-resolution photography, Journal of Mine Action, James Madison University, Issue 8.2, 2004, pp. 97-99.
- [PUB 25] M. Bajić, 2004.c, General aerial survey for mine suspected area reduction, presentation on CD at BAM - HCR CTD Ltd. – Colloquy, December 3, 2004, BAM Berlin
- [PUB 26] M. Bajić, 2004.d, Recent methods of landmine detection, Proceedings, Course on Radio communications 2004, Ljubljana 2-4.06.2004, pp. XIX/1-XIX/16.
- [PUB 27] M. Bajić, 2004.e, The point of view of the end-user, presentation, Workshop proceeding Workshop SMART: Lessons learnt and experience sharing on airborne area reduction, project SMART, European Commission IST-2000-25044, D10.3, 26 October 2004.
- [PUB 28] M. Bajić, 2005.a, Aerial survey for mine action: the paradigm, validation, recommendations for standardization, Workshop Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space - and airborne surveys, Scientific Council HCR and CTRO Ltd., Zagreb, Croatia, presentation on CD, 30 November 2005.
- [PUB 29] M. Bajić, 2005.b, Explosive detection using honeybees and UAV systems, presentation, CD on UV Europe Conference & Exhibition, 9-10 June 2005, Paris Expo, Paris, France
- [PUB 30] M. Bajić, 2006., Prostorne informacije i uporaba senzora u borbi protiv terorizma, Znanstveno-stručni skup, Ljudski resursi u suzbijanju tero-

- rizma, Policijska akademija, MUP RH, Zagreb, 7. i 8. rujna 2006., Zbornik radova, str. 61-70.
- [PUB 31] M. Bajić, 2007., Assessment of the operational parameters of the aerial electro - optical surveillance and reconnaissance systems aimed to support the crisis management, presentation on CD at International Conference UAV technology: Present and Future, Maribor, Slovenia, June 1-3, 2007.
- [PUB 32] M. Bajić, D. Goršeta, 2000., Croatian Mine Action Centre – filling the toolbox in 2000, pozvani rad, Deminer Requirements Workshop, Rosslyn – Washington, Department of Defense, SO/LIC and Night Vision and Electronic Sensors Directorate, VA, USA, 25-27.07.2000., 21 p.
- [PUB 33] M. Bajić, D. Goršeta, D. Antonić, 1999., Humanitarian demining in the Republic of Croatia – demining efforts, tools, technologies, possible improvements of current technologies, new technologies that could improve the situation, pozvani rad, Deminer Requirements Workshop, Rosslyn - Washington, 30.3 -1.04.1999.g., Department of Defense, SO/LIC and Night Vision and Electronic Sensors Directorate, VA, USA, 32 p.
- [PUB 34] M. Bajić, H. Babić, 1998., Uvođenje tehnologije multisenzorskog otkrivanja miniranih površina u Hrvatskoj, savjetovanje "Nove metode otkrivanja mina", HCR, Sisak 17.11.1998., zbornik priloga, str. 32-51.
- [PUB 35] M. Bajić, H. Gold, 1998., Application of the airborne remote sensing for the urban traffic research, Proceedings Workshop on Intelligent Transport Systems, *SoftCOM'98*, Split, Dubrovnik, Bari, October 1998, pp.115-125.
- [PUB 36] M. Bajić, H. Gold, 2002., Contribution of the airborne remote sensing to demining of the mountains, case study Tulove Grede Velebit, Proceedings of the GIS ODYSSEY 2002, Internat. Conf., Split, Croatia, 2-6 September 2002, pp. 217-223.
- [PUB 37] M. Bajić, H. Gold, Z. Pračić, D. Vuletić, 2004., Airborne sampling of the reflectivity by the hyper spectral line scanner in a visible and near infrared bands, Proceedings of the 24th EARSeL Symposium, New Strategies for European Remote Sensing, Dubrovnik, Croatia, 25 – 27 May 2004, Millpress, Rotterdam, 2005, pp. 703-710.
- [PUB 38] M. Bajić, M. Krainović, A. Krtalić, 2006., Airborne hyperspectral detection and geographical mapping of oil slicks in the sea, presentation on CD, TIEMS Workshop Croatia 2006, Improvement of Disaster Management Systems - local and global trends, Trogir Croatia, 26 -27 September 2006.
- [PUB 39] M. Bajić, R. Pernar, R. Šapina, Č. Matic, A. Marinov, D. Vuletić, H. Gold, 2004., Applications of the minefield indicators and signatures of their electromagnetic fields for reliable planning of the mine action, Book of papers, International Symposium «Humanitarian demining 2004», 21-24 April 2004, Šibenik, Croatia, CROMAC – Centre for testing, develo-

- pment and training Ltd., pp.109-112.
- [PUB 40] M. Bajić, R. Sambunjak, 2003., Empirical statistical model of the density distribution of landmines and UXO, Proceedings of the Int. Conf. Requirements and Technologies for Detection, Removal and Neutralization of Landmines and UXO, VUB, Brussels, Belgium, 15-18 September 2003, Vol. 1, pp. 249-254.
- [PUB 41] M. Bajić, S. Ćosović Bajić, 1998., Airborne SAR route with minimum loss by the shadows in the mountainous terrain, ISPRS Symposium: Resource and environmental monitoring, Budapest 1998, Proceedings Vol. XXXII, Part 7, pp. 510-516.
- [PUB 42] M. Bajić, T. Ciceli, A. Krtalić, 2002., Primjena daljinskih istraživanja, fotogrametrije i GIS-a u razminiranju RH, Zbornik Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu povodom 40. obljetnice samostalnog djelovanja 1962.-2002., Zagreb, rujan 2002., str. 25-34
- [PUB 43] M. Bajić, T. Tadić, 2002., Airborne remote sensing for the general survey of damaged and mined high voltage network, Proceedings of the GIS Odyssey 2002, Internat. Conf., Split, Croatia, 2-6 September 2002, pp. 210-216.
- [PUB 44] M. Kalajžić, M. Bajić, 2004., Identification of an airborne remote sensing system in the visible and near infrared bands, Proceedings of the 24th EARSeL Symposium, New Strategies for European Remote Sensing, Dubrovnik, Croatia, 25 – 27 May 2004, Millpress, Rotterdam, 2005, pp. 741-748.
- [PUB 45] R. Pernar, M. Bajić, M. Ančić, A. Seletković, M. Idžojić, 2007., Detection of mistletoe in digital colour infrared images of infested fir trees, Periodicum biologorum, VOL. 109, No 1, pp. 67-75, 2007
- [PUB 46] R. Pernar, R. Šapina, A. Marinov, C. Matić, D. Vuletić, M. Bajić, 2004., The relevance, strength and likelihood of occurrence of the minefield indicators and signatures used in the airborne and spaceborne remote sensing of mine contaminated areas, Proceedings of the 24th EARSeL Symposium, New Strategies for European Remote Sensing, Dubrovnik, Croatia, 25 – 27 May 2004, Millpress, Rotterdam, 2005, pp.619-628.
- [PUB 47] S. Ćosović Bajić, 2006., Image processing techniques for hybrid remote sensing using honeybees as multitude of acquisition sensors, Proceedings 26th EARSeL Symposium, New developments and challenges in remote sensing, May 29 – June 2 2006, Warsaw, Poland, pp. 203-214.
- [PUB 48] S. Ćosović Bajić, M. Bajić, 2004., Hyper-temporal remote sensing in the biometrics, Proceedings of the 24th EARSeL Symposium, New Strategies for European Remote Sensing, Dubrovnik, Croatia, 25 – 27 May 2004, Millpress, Rotterdam, 2005, pp. 729-736.
- [PUB 49] S. Ćosović Bajić, M. Bajić, 2007., Application of a Spectral Angular Mapper on the multispectral Daedalus images improved classification qu-

- ality of the indicators of the minefields, 27th EARSeL Symposium, Geo-information in Europe, Bolzano, Italy, 4-7 June, 2007.
- [PUB 50] S. Ćosović Bajić, M. Bajić, N. Kezić, 2003., Thermal infrared signatures of the bees as potential biosensors for explosive detection, Proceedings of the Int. Conf. Requirements and Technologies for Detection, Removal and Neutralization of Landmines and UXO, 15-18 September 2003, VUB, Brussels, Belgium, Vol. 2, pp. 430-434.
- [PUB 51] S. Šemanjski S. et al., 1999., Preparation for the airborne TV and FLIR imaging and georeferencing of the video sequences, Proceedings TTC-ITSI'99 Conference, Dubrovnik 1999.
- [PUB 52] S. Vanhuyse, E. Wolff, M. Acheroy, Y. Yvinec, D. Borghys, H. Süß, M. Keller, M. Bajić, I. Bloch, Y. Yu, O. Damanet, 2003., Space and Airborne Mined Area Reduction Tools, poster, Forum Space and Disasters Management (SSTC/ESA/ICSMD), 26 March 2003.
- [PUB 53] T. Fiedler, H. Gold, N. Pavković, D.I. Milošević, D. Gajski, M. Bajić, 2007., Sustav za multisenzorsko zrakoplovno izviđanje i nadzor", poster, II kongres hrvatskih znanstvenika iz domovine i inozemstva, Split, svibanj 2007.
- [PUB 54] T. Fiedler, M. Bajić, D. Goršeta, 1998., GIS for demining activities in Croatia, zbornik radova, Joint Research Centre - European Commission, Proceedings De-mining Technologies International Exhibition, Workshops and Training Seminars, 29.09. – 1.10.1998, Ispra, Italija, pp.187-193.
- [PUB 55] Y. Yvinec, D. Borghys, M. Acheroy, H. Süß, M. Keller, M. Bajić, E. Wolff, S. Vanhuyse, I. Bloch, Y. Yu, O. Damanet, 2003., SMART: Space and Airborne Mined Area Reduction Tools – Presentation, Proceedings of the EUDEM2-SCOT-2003 International Conference on requirements and Technologies for the Detection, Removal and neutralization of Landmines and UXO - Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium, 15-18 September 2003, pp. 595-602.

PRILOG 3

Sažetci magistarskih radova

A. Marinov, 2002., *Radarsko otkrivanje mina za potrebe humanitarnog razminiranja*, magistarski rad, sveučilišni poslijediplomski studij, Sveučilište u Zagrebu

Sažetak: U ovom radu razmatraju se mogućnosti primjene postojećih radarskih tehnologija u humanitarnom razminiranju u Republici Hrvatskoj. Analizirane su i uspoređene uporabne značajke raznih inačica radarskih sustava za otkrivanje podzemnih objekata (GPR), te radarskih sustava sa sintetičkom antenom (SAR) za daljinski nadzor površina na zemlji. U skladu s općim stanjem minske zagađenosti u Republici Hrvatskoj, karakteristikama vezanim uz tlo i vegetaciju te funkcijama i procesima koji u humanitarnom razminiranju postoje, procjenjuje se da najveće izgleda za skoriju primjenu u gore spomenute svrhe imaju zrakoplovni radarski sustavi sa sintetičkom antenom. Ovi bi sustavi, posredstvom općeg izvida minski sumnjivih površina, mogli značajno doprinijeti u smanjenju ukupne minske sumnjive površine na manji iznos. Da bi se to zaista i ostvarilo, tijekom radarskog izviđanja treba prikupiti što više informacija o minski sumnjivoj sceni. Radarsko snimanje treba provesti u više različitih frekvencijskih područja (X , C , L i P), u potpuno polarimetrijskom modu u L i P frekvencijskom području, a po mogućnosti i u polarimetrijsko-interferometrijskom režimu. Prikupljanje podataka u potpuno polarimetrijskom modu naročito je važno, obzirom da postoje moćni algoritmi koji na temelju izračunatih polarimetrijskih parametara ($H/\bar{\alpha}/A$) mogu izvršiti kategorizaciju izviđane površine prema tipu uporabe terena i vrsti prisutne vegetacije. U skladu s tim u Hrvatskoj je i provedeno istraživanje o mogućnostima primjene jednog takvog sustava - njemačkog zrakoplovnog radarskog sustava *E-SAR* (projekt *SMART*). U radu je opisana praktična primjena spomenutog sustava te prezentirani i komentirani rezultati koje je isti postigao u izviđanju različitih minske sumnjivih površina u Hrvatskoj, tijekom kolovoza 2001. godine.

M. Kalajžić, 2005, *Metode određivanja operativnih mogućnosti zrakoplovnog izviđanja digitalnim elektroničko-optičkim senzorima*, magistarski rad, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Ključne riječi: Zrakoplovno izviđanje, Elektroničko-optički (E-O) senzori, identifikacija, metoda, NIIRS, IQM

Sažetak: Zrakoplovno izviđanje aktivnosti, objekata i terena stalna je potreba oružanih snaga (OS) i drugih čimbenika u sustavu Nacionalne sigurnosti, koje razvojem senzorske i informatičke tehnologije mijenja svoj sadržaj. Uvođenjem elektroničko-optičkih (E-O) senzora digitalnog tipa name-

će se potreba razvoja prikladne metodologije izviđanja koja će uvažiti njihove operativne značajke. U ovom radu naznačene su posebnosti digitalnih E-O senzora, provedena je identifikacija konkretnog sustava zrakoplovnog izviđanja koji u sebi sadrži digitalni E-O senzor za vidljivo i blisko infracrveno područje (VNIR), te je razvijen model za povezivanje subjektivne prosudbe interpretabilnosti snimaka (NIIRS) s metodom objektivnog mjerenja kvalitete (IQM). Na temelju tog modela definirana je metoda prosudbe operativnih mogućnosti E-O senzora u zrakoplovnom izviđanju koja je potvrđena na nizu snimaka kroz nekoliko različitih zadataka.

A. Krtalić, 2006., *Fuzija i interpretacija zrakoplovnih digitalnih snimaka za vidljivo, infracrveno blisko i termalno valno područje*, magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Ključne riječi: senzor, višespektralno, višerazlučivo, višesenzorko, podatak, fuzija, vrednovanje

Sažetak: Različiti digitalni senzorski sustavi za prikupljanje podataka o promatra-
noj sceni različito je preslikavaju, što rezultira drugačijim prikazom iste scene. Većina tih podataka prikuplja se satelitskim sustavima i njihova je obrada dobro definirana, međutim tema ovog rada je obrada zrakoplovnih digitalnih snimki i njihova specifičnost. Kako se daljinska istraživanja bave prikupljanjem i interpretacijom snimki uglavnom nedostupnih područja, od velike je važnosti uzeti u obzir sve pojedinačne podatke, kao i provesti njihovu kombinaciju u svrhu izrade jedinstvenog prikaza s najboljim karakteristikama (informacijama) svih dostupnih tipova i skupova podataka. U ovom radu opisana je i provedena fuzija slika (koju najbolje opisuje definicija radne grupe pod pokroviteljstvom SEE-a i EARSeL-a: fuzija podataka je formalni okvir u kojem su navedena sredstva i alati za integraciju podataka nastalih iz različitih izvora [Wald, 2002, str. 45]); koje su nastale posredstvom zrakoplovnog višesenzorskog sustava za prikupljanje slikovnih podataka, koji se sastoji od dvaju digitalnih senzora i u operativnoj je uporabi u Hrvatskoj od 2000. godine. Prvi senzor je matrična digitalna kamera DuncanTech MS3100 koja na osnovu reflektirane sunčeve svjetlosti može stvarati zapise u tri kanala vidljivog dijela elektromagnetskog spektra (plavi, zeleni i crveni: V) i jednom bliskom infra-crvenom kanalu (infracrveni: NIR). Drugi senzor radi na principu linijskog skenera koji stvara zapise o terenu (TIR) na osnovu termalnog zračenja scene, u spektralnom području od 8-12 μm . Provedena je i opisana fuzija višesenzorskih, višerazlučivih i višespektralnih digitalnih snimki i njihovih derivata, na razini piksela, u svrhu poboljšanja prostorne razlučivosti termalnih digitalnih snimki (TIR) i poboljšanja (degradacije) prostorne razlučivosti višespektralnih digitalnih snimki (VNIR). Na osnovu postojećih referentnih snimki ispitana je kvaliteta rezultata provedenih fuzija i predložen protokol o vrednovanju rezultata fuzije koji je

opisan u [Thomas, Wald, 2005]. Provedene su i automatska nenadzirana i nadzirana klasifikacija, preko čijih se parametara (parametri matrice pogrešaka) također provjerila kvaliteta rezultata fuzije. Najvažniji rezultati ovog rada ogledaju se u novinama u ovom području, a to su kvalitetni rezultati fuzije TIR snimke i VNIR kanala na kojima je uspješno provedeno poboljšanje prostorne razlučivosti TIR snimke koja je i dalje zadržala izgled i informacije specifične za tu vrstu senzora; i dopuna protokola za vrednovanje rezultata fuzije slika [Thomas, Wald, 2005] novim kriterijima u vidu parametara matrice pogrešaka (ukupna točnost klasifikacije i Kappa koeficijent) dobivene nakon provedene klasifikacije slika.

PRILOG 4

Program i popis radova radionice „**Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space - and airborne surveys**“

Workshop 30.11.2005, Inventory and analysis of operationally validated results related to mine action space - and airborne surveys. Zagreb, Faculty of Electrical engineering and Computing, Unska b.b., 10000 Zagreb, Croatia.

A. Results of the projects relevant to the works

1. Ben Maathuis: Airborne minefield detection: pilot project
2. Magnus Uppsal: Airborne Minefield Area Reduction – ARC
3. Marc Acheroy: Space and Airborne Mined Area Reduction Tools – SMART

B. Short presentations and discussion

4. Al Carruthers: Introduction of New Mine Action Technologies – General Criteria
5. Hrvoje Gold: Partial validation and feedback of end user
6. Magnus Uppsal: Thermal infrared aerial survey for mine action in ARC
7. Čedo Matić: Analysis of mine contamination as a basis for aerial general survey, confidence of minefield records and other information
8. Yann Yvinec: SMART blind tests: results and discussion
9. Andrija Krtalić, Dejan Vuletić: The role of the mined scene interpreters
10. Milan Bajić: Aerial survey for mine action: development of the paradigm, validation approaches, recommendations for standardisation

C. Discussion: lessons learned, recommendations and suggestions for standardisation

Svi predstavljeni radovi se

nalaze na ITEP stranici

<http://www.itep.ws/pdf/AirborneSurvey.pdf>

OTKRIVANJE TRAGOVA EKSPLOZIVA METODOM MEDDS I UREĐAJEM FIDO

TRACE EXPLOSIVE DETECTION USING THE MEDDS METHOD AND FIDO DEVICE

Vladimir Knapp

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
vladimir.knapp@fer.hr

Abstract

South-African demining method MEDDS (Mechem Explosive and Drug Detection System) for detection of trace amounts of explosives reputedly has shown exceptional results in African regions. Early contacts with South-African experts and scientists convinced our scientists and members of CROMAC Scientific council that a method could have similar effects in our regions. For introduction of the method into Croatia a Memorandum of Understanding was signed in December 1999. between CROMAC and South African company Mechem that is developing and applying the method. Following conclusions of the Memorandum in December 1999, a joint proposal for introduction of MEDDS to Croatia was submitted to the Office of Humanitarian Demining of the US Department of State. In the fall of 2000, a suggestion came from American side to include into testing of explosive traces also a new device FIDO developed by American company Nomadics. NVESD (Night Vision and Electronic Sensor Directorate) of US Army was prepared to finance parallel testing of two explosive trace detectors. Following the contract of July 10. 2001 by US Army NVESD-CECOM to Mechem as main contractor and to CROMAC and Nomadics as subcontractors, testing started in September 2001. at the specially prepared test site Rakovo polje. Last testing was performed in May 2003. Testing has indicated chemical and physical complexity of trace explosive transport and interactions in the wet surrounding. On the basis of the test results and experience it is possible to define research and testing programme required to utilize the potential of MEDDS in climate conditions prevalent in our region.

Sažetak

Za južnoafričku metodu MEDDS (Mechem Explosive and Drug Detection System) otkrivanja tragova eksploziva navode se izuzetni rezultati u otkrivanju mina u afričkom

području. Rani kontakti naših znanstvenika sa stručnjacima iz Južne Afrike uvjerili su naše znanstvenike i članove Znanstvenog vijeća HCR-a da bi ta metoda mogla biti interesantna i u našem području. U tom cilju sklopljen je u prosincu 1999. prethodni sporazum sa južnoafričkom kompanijom Mechem koja razvija i primjenjuje metodu.

Temeljem prethodnog sporazuma zajednički prijedlog uvođenja metode MEDDS u Hrvatsku podnesen je Uredu za humanitarno razminiranje Ministarstva vanjskih poslova SAD. U jesen 2000 taj je Ured sugerirao da se u testiranje uključi i novorazvijeni uređaj za detekciju tragova eksploziva koji je razvila američka kompanija Nomadics. Razvojni centar američke vojske NVESD (Night Vision and Electronic Sensor Directorate) preuzeo je financiranje paralelnog testiranja dviju metoda detekcije tragova eksploziva. Nakon što je 10. srpnja 2001. američka vojska putem svojih organizacija NVESD-CECOM odobrila ugovor sa Mechemom kao glavnim ugovaračem, te sa HCR-om i Nomadicsom kao podugovaračima, testiranje je počelo u rujnu 2001. na posebno pripremljenom poligonu Rakovo polje. Zadnje testiranje bilo je u svibnju 2003. Testiranje je ukazalo na kompleksnost kemijske i fizikalne interakcije i transporta tragova eksploziva u vlažnom okolišu. Na temelju stečenog iskustva i rezultata moguće je definirati program istraživanja i testiranja nužan za iskorištenje potencijala metode MEDDS u našim klimatskim uvjetima.

1. Primjena detektora para za redukciju minski sumnjivih površina

S obzirom na karakter sukoba nakon Drugog svjetskog rata (borbe između neregularnih vojski, postavljanje mina bez zapisnika), lokacije mina najčešće nisu poznate, pa minski sumnjiva područja mogu biti mnogo veća od stvarno miniranih područja. Minski sumnjivo područje katkad sadržava samo nekoliko raštrkanih mina na velikom području. U Hrvatskoj, na primjer, minski sumnjivo područje iznosilo je 2000. godine oko 4.500 km², a prava minska polja po terenskim iskustvima vjerojatno zauzimaju samo desetinu tog područja ili manje. Mnogi svjetski stručnjaci sa širokim iskustvom u razminiranju prihvaćaju stav da je najproduktivniji i najekonomičniji pristup početi razminiranje redukcijom minski sumnjive površine na prava minska polja. Takav pristup omogućava povratak stanovništva u najveći dio područja zagađenih minama i uporabu tih područja. Redukcija se može ostvariti terenskim izvidima, a ako to nije dovoljno onda je detekcija para i tragova eksploziva obećavajuća metoda. MEDDS, na primjer, ima tehnologiju kojom se može otkriti postojanje tragova eksploziva s daljine od nekoliko metara. Iako ne može odrediti položaj mine, vrlo je vrijedna informacija da li u određenom području mine postoje ili ne. Stoga je ta metoda pogodna za brzo izviđanje područja s niskom gustoćom mina. Novu su metodu razvili južnoafrički znanstvenici iz Mechemova odjela Denel Ltd. Metoda je poznata pod kraticom MEDDS (Mechem Explosive

and Drug Detection System, Mechemov sustav za otkrivanje eksploziva i droge). MEDDS se u Africi već dvadesetak godina uspješno primjenjuje za razminiranje i u druge svrhe.

No učinkoviti detektori kojima se može odrediti položaj mine još nisu dostupni. Čak i kad postanu dostupni, možda kombinacijom NQR-a (Nuclear Quadrupole Resonance) i detektora metala, njihova prava i učinkovita uporaba bit će u pravim minskim poljima. Učinkovit i troškovno razuman pristup potpunom humanitarnom razminiranju sagledava se u dvije faze. Prva je faza redukcija površine fizičkim, kemijskim ili biološkim metodama kojima se otkriva prisutnost mina bez određenja točnih lokacija, odnosno utvrđuje da njih u pregledanoj površini nema. Druga je faza primjena detektora kojima će se locirati mine, ali na reduciranoj površini. Od metoda redukcije površine fizičke metode (fotografije iz zraka u širokom području valnih duljina, radar, SAR) još su u razvojnoj fazi, a kemijske i biološke metode bliže su primjeni.

2. Opredjeljenje za metodu MEDDS

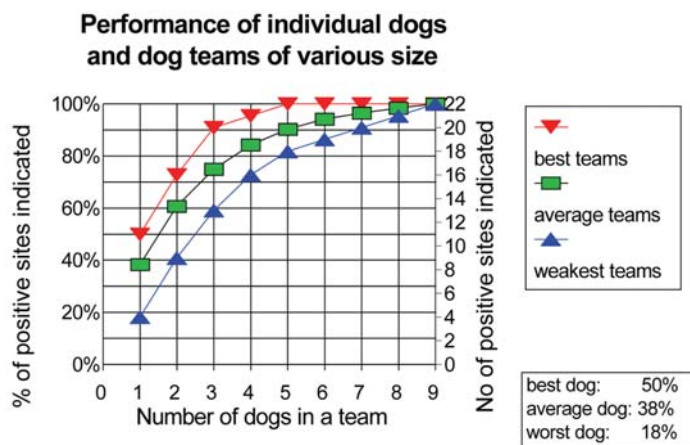
Pagvaške konferencije o znanosti i njejoj ulozi u društvu (Pugwash Conferences on Science and Public Affairs) pružile su našim sudionicima prve kontakte s južnoafričkim znanstvenicima aktivnim na razvoju metode MEDDS. Njihov je odgovor uslijedio brzo i tijekom 1997. godine prerađao u dopisivanje o pojedinostima MEDDS-a i našim interesima. Stav južnoafričke strane je odražavao nesebičnost njihova veoma kreativnoga i aktivnog znanstvenika dr. Vernona Joynta iz kompanije Mechem. On je, gledajući na problem mina kao na jedan od općih izazova za svjetsku znanost, a ne ponajprije kao na poslovni interes, mnoge godine rada posvetio razvoju protuminskih metoda i opreme. Nudile su nam se mogućnosti prijosa bitnih elemenata metode u Hrvatsku. Temeljem dobivenih informacija došlo se do uvjerenja da je za redukciju minski sumnjivih površina širokoj primjeni, pa i primjeni u Hrvatskoj, najbliža metoda MEDDS s kojom već postoje godine iskustva u Africi, što je i izneseno na savjetovanju u HAZU 12.05.1997. Potencijal MEDDS-a spoznali su i drugi naši znanstvenici iz Posebne protuminske radne grupe vezane za Hrvatsku akademiju znanosti i umjetnosti. Mogućnost djelovanja u tom smjeru postala je realnija nakon što je Vlada Republike Hrvatske osnovala Hrvatski Centar za Razminiranje, HCR, u proljeće 1998. godine, jer su znanstvenici time dobili mogućnost podrške državne ustanove kojoj je zadaća razminiranje Hrvatske. Kontakti

između Mechema i HCR-a, putem njegova novoosnovanog Znanstvenog vijeća, prerasli su u dogovore na razini tih organizacija o mogućnostima primjene i uvođenja MEDDS-a u Hrvatsku. Ti su razgovori rezultirali najprije sporazumom o suradnji (Memorandum of Understanding and Co-operation) na osnovi kojega je dogovoren zajednički projekt Mechema i HCR-a za primjenu MEDDS-a u Hrvatskoj. Konceptcija projekta slijedila je prijedlog sinergičke primjene metode MEDDS i mehaničkog razminiranja iznesen na Znanstvenom vijeću HCR-a [2], te kasnije na međunarodnoj konferenciji na Kreti [1]. U prosincu 1999. godine projekt je u svojem prvom obliku predan Uredu za humanitarno razminiranje Ministarstva vanjskih poslova SAD-a s molbom za financijsku potporu. U jesen 2000. dobiven je novi poticaj prijedlogom američke strane da se u ispitivanje uključi i uređaj za otkrivanje para eksploziva s kojim je američka firma Nomadics upravo postigla vrlo zanimljive rane rezultate. Peformulirani prijedlog rezultirao je u zajedničkom projektu četiriju partnera, HCR-a, NVESD-a (Night Vision and Electronic Sensors Directorate, US Army), Mechema i Nomadicsa koji je podnesen Ministarstvu obrane SAD. Projekt se tretirao kao razvojni te prihvaćen i financiran od Ministarstva obrane SAD putem njegovih ustanova NVESD i CECOM ugovorom od 10. srpnja 2001. Planirano trajanje projekta od 9 mjeseci produženo je dodatnim ugovorom do srpnja 2002. U projektu HCR i NVESD bili su odgovorni za infrastrukturu (HCR) i financijsko vođenje projekta (NVESD), te za nadzor provođenja projekta i analizu rezultata (HCR i NVESD). Odgovorna osoba u hrvatskom dijelu projekta bio je V. Knapp

3. Principi rada metode MEDDS

Dobro je poznato da psi imaju vrlo razvijen njuh koji se rabi u mnoge svrhe. Jedna od njih je traženje eksploziva. Zbog mnogih ratnih operacija u kojima su polagane mine u milijunskim količinama, a bez evidencije o mjestima polaganja, pronalaženje mina zadatak je u kojem su psi još uvijek nezamjenjivi. Otkriti minu pod zemljom, u kojoj se eksploziv nalazi zatvoren u metalnom ili plastičnom kućištu, težak je zadatak kojeg posebno odabrani i trenirani psi ipak rješavaju. Međutim, od uspjeha su manje poznati problemi u uzgoju i obuci pasa i njihova osjetljivost na promjene okoline. Rezultat je nedovoljna pouzdanost. Zbog tih ograničenja psi se ne mogu rabiti za razminiranje širokih razmjera, odnosno velikih površina. Kako bi uklonila utjecaj promjena u okolini i utjecaj fizičkih napora na pse, južnoafrička tvrtka Mechem (odjel tvrtke Denel, Pty, Ltd) razvila je i

po dostupnim informacijama uspješno primjenjuje laboratorijsku uporabu pasa za otkrivanje tragova eksploziva i droga, svojom tzv. MEDDS metodom. Kad se metoda MEDDS rabi za otkrivanje mina, posebnim usisivačima zraka uzimaju se uzorci s područja za koje se sumnja da je zagađeno minama. Tragovi eksplozivnih para skupljaju se na posebno pripremljenim filtrima usisivača. Filtri se nakon toga šalju u laboratorije gdje ih psi njuše i reagiraju na one koji sadržavaju tragove eksploziva. Pouzdanost rezultata uvelike se može povećati time što isti ili drugi psi, pod istovjetnim okolnostima, mogu ponoviti provjeru filtara. Na slici 1. niže, su rezultati testiranja u ovisnosti o broju pasa koji provjeravaju minske lokacije, njih 22 u prikazu. Vjerojatnosti otkrivanja za pojedinačnog psa su u ovisnosti o kvaliteti psa dane sa 50% za najbolje pse, sa 38% za prosječne pse i sa 18% za najlošije pse. Ako se pretraga vrši sa nekoliko pasa, ovisno o njihovom broju vjerojatnost otkrivanja raste i za tri kategorije pasa prikazana je na dijagramu 1. Time što se u metodi MEDDS uzimaju uzorci para na terenu i sakupljaju na posebnim filtrima moguće ih je provjeravati na pogodnoj lokaciji sa više pasa u kontroliranim i jednakim uvjetima, te ostvariti povećanje vjerojatnosti detekcije pokazano na slici. Ako se na primjer provjerava miniranost neke prometnice, filtri se mijenjaju svakih 100 do 200 m kretanja niz prometnicu i spremaju uz oznaku lokacije. Psi testiraju grupe od dvadesetak filtara (slika 2). Ako grupa pasa u ponavljanju pregleda ne nađe trag eksploziva, tada se dionice sa kojih su uzeti filtri proglašavaju sigurnima. Ukoliko bi se dobio pozitivan rezultat za neku grupu filtara, tada se ta grupa dijeli u manje da bi se identificirala dionica ili dionice koje



Slika 1. Vjerojatnost detekcije u ovisnosti o broju pasa koji pretražuju



Slika 2. Jedan pas iz grupe provjerava grupe filtara

pokazuju prisutnost eksploziva. No, kao što je već istaknuto, osnovna je namjena i prednost metode u izdvajanju dionica koje ne sadrže eksploziv, reducirajući time minski sumnjivo područje.

Kada nekoliko pasa reagira na uzorak na isti način, vjerojatnost pogreške bitno je manja nego kod reakcije pojedinačnog psa na terenu. Od psa u laboratoriju se ne traži da odredi poziciju mine; pas samo otkriva postojanje ili nepostojanje eksplozivnih para u ponuđenom uzorku. Ovaj pojednostavljeni zadatak omogućava najbolju uporabu sposobnosti pasa. Da bi se neosporne načelne prednosti metode mogle iskoristiti potrebno je na minski sumnjivom terenu posebnim usisivačima uhvatiti eventualne tragove eksplozivnih para ili čestica na filtre razvijene u laboratorijima Mechema. Vrlo je važno poznavanje kemije hvatanja para ili čestica u filtrima te emisije iz filtara pri analizi u laboratoriju sa psima. Prema Mechegovim ispitivanjima u laboratoriju i na terenu učinkovitost uzimanja uzoraka i osjetljivost pasa imaju za posljedicu domet otkrivanja od 10-ak metara, što znači da se mina otkriva ako je uzorak uzet s područja udaljenoga najviše 10 m.

Stoga se posao na terenu mora organizirati tako da se osigura da operateri sa usisivačima na području inspekcije ne prelaze udaljenost veću od 10 metara od moguće lokacije mine. Prema predloženoj koncepciji upotrebe metode MEDDS (Knapp 1999, Knapp- Joynt 2001) kod razminiranja velike minski sumnjive površine, ona se najprije sigurnim prolazima podijeli na trake ne šire od 20 metara. Praktičan način jest izrada sigurnih prolaza stro-



Slika 3. Prijenosni usisivač za uzimanje uzoraka pogonjen benzinskim motorom

jevima. Prolazi ne moraju biti strogo pravocrtni, što omogućava strojevima da obilaze moguće zapreke. Sljedeća operacija je poprečno presijecanje traka sigurnim prolazima na razmaku od 50 do 100 metara, čime se min-ski sumnjiva površina raspada na pravokutnike širine 20 metara i dužine 50 do 100 metara. Pirotehničari obilaze zatim svaki pravokutnik i uzimaju uzorke zraka posebnim usisivačima na čijim se filtrima nakupljaju tragovi para eksploziva. Filtri s oznakom pravokutnika kojem pripadaju šalju se u laboratorij gdje ih pregledavaju grupe pasa. Nakon što se izvrši analiza uzoraka oni pravokutnici za koje je nađen trag eksploziva razminiraju se mehaničkom ili nekom drugom metodom.

4. Princip rada uređaja FIDO firme Nomadics

Novi razvoj detekcije eksploziva ostvaren u suradnji istraživača sa MIT-ja (Massachusetts Institut of Tecnology) i američke firme Nomadics, te uz potporu DARPA-e (Defence Advanced Research Project Agency). Ključni napredak je upotreba posebnog polimera, pentiptycena, koji djeluje kao spužva za molekule eksploziva TNT. Polimer dozvoljava brzi transport po-buđenja, odnosno, ekscitona kroz tanki sloj . Ekscitoni traže mjesta na koji-ma se nalaze vezane molekule TNT i tu se deaktiviraju uz emisiju fluores-

centnog zračenja. Fluorescencija se otkriva pomoću fotomultiplikatorskih cijevi, dok se ekscitoni, to jest, pobuđenja u polimeru stvaraju obasjavanjem svjetlom iz poluvodičke diode. Princip rada omogućuje izradu prijenosnog uređaja, koji daje informaciju o prisustvu eksplozivnih para na licu mjesta. Prvo uspješno otkrivanje mine tim uređajem nazvanim FIDO datira iz proljeća 1999. Da bi se mogla procijeniti operativna vrijednost uređaja i olakšala interpretacija rezultata odlučeno je da se testiranje provodi u paraleli s još jednom metodom koja također otkriva pare eksploziva, kao što je to MEDDS, a već ima iza sebe opsežno operativno iskustvo.

5. Poligon za otkrivanje tragova eksploziva Rakovo polje

Nakon testiranja triju lokacija, Benkovac, Paljuv i Mala Gorica na ranije tragove eksploziva, za testni poligon usvojena je lokacija Rakovo polje u okuci Kupe kod Siska u neposrednoj blizini sela Staro Pračno. Kasni popis osnovnog ugovora, zbog složene američke administrativne procedure tek 10. srpnja 2001, te testiranja lokacija uvjetovali su završne radove do 11. rujna. Mine su ukopane 8. i 9. rujna, a prvo testiranje provedeno od 10. do 13. rujna 2001. Poligon je bio koncipiran za ispunjenje dviju zadaća. Kao prvo, on je trebao omogućiti određivanje radijusa osjetljivosti za dvije metode detekcije, te njegovu osjetljivost o vrsti mine, dubini na kojoj mina leži i o vremenu koje je mina provela u zemlji. Kao drugo, poligon je trebao omogućiti kvantitativnu procjenu pouzdanosti dviju metoda detekcije tragova eksploziva u redukciji minski sumnjivih površina sa malim gustoćama mina. Kako bi se ispunila oba zadatka ispitni poligon podijeljen je u dva različita dijela. Na dijelu za određivanje radijusa osjetljivosti mine su se nalazile na poznatim lokacijama, a na dijelu koji je simulirao uvjete pri redukciji sumnjivih površina mine su bile skrivene. Poligon na kojem se trebaju detektirati pare eksploziva morao je udovoljiti zahtjevu da razmaci među minama budu dovoljno veliki da ne dođe do miješanja isparavanja najbližih mina. Zbog toga je ispitni poligon morao biti velik u odnosu na uobičajene poligone na kojima se testiraju detektori pozicije mina. Poligon je imao pravokutni oblik dimenzija 460 x 120 m, odnosno 55 200 m². U tome je dio za određivanje dometa detekcije pokrivao površinu od 90 x 110 m, a dio sa skrivenim minama površinu od 344 x 112 m. Dva dijela bila su odvojena slobodnim područjem širine 15 m. Dio poligona za određivanje dometa osjetljivosti bio je podijeljen u 12 pravokutnika veličine 20 x 27,5 m u čijim su se središtima nalazile mine. Položaji mina označeni su štapovima, ali operater nije znao ni vrstu ni dubinu ukapanja mina na određenoj

lokaciji. Na 12 lokacija bile su ukopane četiri vrste mina na tri dubine, 10, 15 i 20 cm.

U dijelu koji je simulirao minski sumnjivu površinu male gustoće miniranosti nalazilo se na skrivenim pozicijama ukupno 12 mina, četiri različite mine na tri dubine ukapanja. Mine su bile međusobno udaljene barem 40 m. Gustoća mina po jedinici površine od približno 300 mina po km² nije bila daleko od procijenjene prosječne gustoće na minski sumnjivim površinama u Hrvatskoj.

Ograničeno područje ispitnog poligona i zahtjev na velikom razmaku između pojedinih mina rezultiralo je u relativno malom broju pozicija mina, po 12 u svakom od dva dijela poligona. Sa tri dubine ukapanja to je ograničilo mogućnost izbora četiriju različitih mina iz spektra mina koje se nalaze u Hrvatskoj. Izabrana je jedna protutenkovska i tri protupješačke mine. Dvije male protupješačke mine PMA-2 i PMA-3 izabrane su da bi predstavljale ozbiljan test za detektore para. Protupješačka odskočna mina PROM-1 odabrana je kao jedna od najopasnijih i najsmrtonosnijih mina u regiji. Protutenkovska mina TMM-1 izabrana je zbog manje propusnog metalnog tijela. Sve su mine bile deaktivirane od strane ovlaštenog osoblja, s tim što su ostale jednake aktivnim minama osim što je bilo uklonjeno inicijalno punjenje iz upaljača. Osim za testiranje detekcije metodom MEDDS i uređajem FIDO, poligon je bio upotrebljiv za testiranje biosenzora i za provjeru metoda zračne inspekcije [3].

6. Planirani funkcionalni testovi dviju metoda, MEDDS i Nomadics

Testovi koji bi dali informacije potrebne za pouzdanu primjenu dviju metoda detekcije tragova eksploziva u različitim terenskim i vremenskim uvjetima mogu se navesti:

- Određivanje dosega osjetljivosti R dviju metoda u određenim vremenskim i terenskim uvjetima
- Ispitivanje ovisnosti dosega osjetljivost o promjeni terenskih i vremenskih uvjeta, s naglaskom na ovisnost o vlažnosti, temperaturi i konfiguraciji zemljišta.
- Ispitivanje utjecaja vegetacije na vjerojatnost otkrivanja mina i doseg osjetljivosti.
- Ispitivanje ovisnosti dosega osjetljivosti o tipu mina.

- Ispitivanje dosega osjetljivosti o dubini na kojoj se nalazi mina.
- Ispitivanje ovisnosti dosega osjetljivosti o vremenu ležanja mine u tlu.
- MEDDS, ispitivanje ovisnosti dosega osjetljivosti o postupku uzimanja uzoraka.
- Nomadics, ispitivanje mogućnosti relativnog kvantitativnog određivanja gustoće para u okolišu ukopane minske naprave.

Iz niza razloga kao što su tehničke teškoće (FIDO), vlažnost tla, a primarno nedovoljno vremena dobivenog, odnosno iskorištenog za provođenje testiranja, program nije mogao biti ostvaren.

7. Priprema i provođenje testiranja na poligonu Rakovo Polje

Iz objektivnih razloga rad na projektu nije započeo već rano u 2001., kao što je bilo dogovarano u jesen 2000., ali je ipak krenuo, na temelju Pisma namjere, prije potpisa konačnog ugovora između partnera. To je bilo važno da bi se iskoristili povoljni vremenski uvjeti u toku 2001. godine. Ugovor kojim su regulirani odnosi između HCR-a i Mechem-a potpisan je 14.09.2001. Voditelj cijelog projekta bila je Karin Breiter, iz NVESD-a, a voditelji po odnosnim dijelovima projekta, za Mechem Braam Rosouw, za Nomadics Dennis Reust i za HCR Vladimir Knapp. Priprema posebnog ispitnog poligona za detektore para bio je prvi zadatak projekta, a naravno, primarno hrvatske strane koja je odigrala i ključnu ulogu u izradi koncepcije poligona. Kao formalan početak rada na provedbi projekta može se uzeti sastanak čitave radne grupe projekta u Zagrebu 16. srpnja 2001., te zatim inspekcija i uzimanje uzoraka na ponuđenim lokacijama poligona Benkovac, Paljiv i Mala Gorica 17. i 18. srpnja 2001. Pri odabiru lokacije bilo je potrebno utvrditi da li postoji zagađenje eksplozivnim tvarima.

Nakon pregleda lokacija Paljiv i Benkovac koje nisu prošle testiranje zatražena je rezervna lokacija. Kao četvrta rezervna lokacija ponuđeno je Rakovo polje kod Siska, na kojem je terenu do kraja mjeseca srpnja izvršeno testiranje na moguću zagađenost eksplozivima. Analize uzoraka provedene u Pretoriji, Južna Afrika (Mechem) i u Stillwateru, SAD, (Nomadics), pokazale su jedino lokaciju Rakovo polje nezagađenom, pa je ta lokacija odabrana za postavljanje poligona. Vrijeme potrebno za razjašnjenje imovinsko-pravnih odnosa i za uređenje lokacije pokazalo je da je prvotni termin za početnu operaciju polaganja mina i prvo uzimanje uzoraka 23.08.2001. neostvariv, pa je termin pomaknut na 6. i 7.09.2001 za polaganje mina, a na 10.09. za početak uzimanja uzoraka. Uz znatne napore mine su položene 7.



Slika 4. Provjera potencijale lokacije poligona kod Paljuva

i 8.09.2001, dok su posljednji radovi na poligonu završeni 11.09.2001. Bilo ih je ipak moguće organizirati tako, da je neometano uzimanje uzoraka moglo početi prema planu 10.09.2001. Testiranja na poligonu Rakovo polje vršena su 10. do 13. rujna 2001, od 6. do 10. studenog 2001, 15. do 19. srpnja 2002, od 31. ožujka do 5. travnja 2003, te od 26. do 30. svibnja 2003. Zbog loših terenskih i vremenskih uvjeta nisu izvršena testiranja planirana za 14. do 26. travnja i 3. do 8. lipnja 2002.



Slika 5. Rad na posebnom poligonu male gustoće mina Rakovo polje

8. Izvještaji o postignutim rezultatima

Parcijalni rezultati objavljujivani su nakon svakog testiranja te analize uzoraka u Pretoriji, u službenom izvještaju firme Mechem [4]. Svi izvještaji su

podnašani NVESD-u (Night Vision and Electronic Sensors Directorate, US Army). Konačni rezultati prezentirani su i diskutirani na sastanku u Washingtonu 4. do 6. srpnja 2003, a konačni izvještaj o radu na projektu završen je 15. rujna 2003 [5]. Svi izvještaji nalaze se u arhivi CTRO u Zagrebu. Za prezentaciju u Washingtonu prof. Knapp pripremio je dodatnu analizu rezultata na dijelu poligona s poznatim lokacijama u ovisnosti o vremenskim uvjetima. Dobiven je niz indikacija za moguće uzroke odstupanja u rezultatima u dva dijela poligona i između analize filtera koju su provodili neovisno Mechem i Nomadics.

9. Komentar o postignutim rezultatima testiranja

U provedenim testovima metoda nije dala očekivane rezultate, na osnovu kojih bi se bez rezerve mogla preporučiti za širu primjenu kod nas ili u drugim miniranim područjima sa sličnim klimatskim uvjetima. Za takav ishod moguće je navesti nekoliko razloga, ali da bi se doista sa sigurnošću moglo objasniti nepovoljne rezultate metode koja načelno treba imati prednost pred konvencionalnom upotrebom pasa, bila bi nužna daljnja ispitivanja. Ona se nisu mogla obaviti u okviru projekta kojeg je financirala američka strana u razdoblju od 10. srpnja 2001 do kolovoza 2003., u ukupno 24 dana testiranja, što se pokazalo nedovoljnim. Istraživanje je tako ostalo bez konačnog zaključka i bez objašnjenja nepovoljnih rezultata. Jedan otežavajući faktor bila je komplicirana logistika južnoafričkih i američkih partnera koja je tražila da se termini testiranja odrede daleko unaprijed. To je rezultiralo da je dio testova obavljen u nepovoljnim vremenskim uvjetima, a neki su i morali biti otkazani. Moguća, ali bez daljnjih testova samo spekulativna objašnjenja nekonzistentnih rezultata, su sljedeća:

a) Konceptija provođenja testiranja, odnosno uzimanja uzoraka

Na prijedlog voditelja Južno-Afričkog dijela projekta i uz suglasnost američke voditeljice čitavog projekta usvojen je postupak uzimanja uzoraka prelazom preko cijelog testnog poligona, a ne obilaskom oko pravokutnika veličine 20x20 m, ili nešto manjima u ovisnosti o procjeni dosega osjetljivosti detekcije para R. Time je napuštena konceptija koju su Joynt i Knapp predložili na Kretskoj konferenciji za rad u minski sumnjivim područjima, a Knapp zagovarao i za provođenje testiranja. Ta prvobitna konceptija simulira rad u stvarno miniranom području, jer se operateri kreću samo po sigurnim stazama oko pravokutnika. Usvojeni i primijenjen postupak, najprije, nije provediv na stvarno miniranom području, a osim toga

kretanje po čitavom području ne isključuje mogućnost širenja i prijenosa tragova eksploziva na obuču i odjeći operatera. Upravo time su suradnici firme Nomadics po isteku mjerenja objašnjavali nekonzistentne rezultate i razliku između rezultata MEDDS-a i onih s uređajem FIDO. Iako je FIDO bio nespreman za testiranje i za vjerodostojna mjerenja, ipak je taj pokušaj objašnjavanja loših rezultata potvrdio, nažalost prekasno, da je odabrana pogrešna koncepcija testiranja. Koncepcija Knapp-Joynt nije prošla i zato jer je u vrijeme početka testiranja njena matična kompanija DENEL od firme MECHEM tražila smanjenje istraživanja i komercijalnu orijentaciju na zaradu terenskim radom. Vodeći istraživači zaslužni za razvoj metode MEDDS napustili su Mechchem, a na čelo Mechchema došla je osoba sa samo vojnim iskustvom.

- b) Znatno veća vlažnost tokom dijela godine nego što je to u područjima Afrike (Angola, Mozambik) i Azije (Afganistan).u kojima je metoda korištena s dobrim rezultatima.

Dio poligona Rakovo polje se u kišno doba godine nalazi pod vodom. Detaljno istraživanje u Sandia Laboratorijima u SAD (Status Report on the Environmental Factors Affecting the Chemical Signature of Buried Landmines, Jim Phelan, Sandia National Laboratories) pokazuje da je kretanje i kemijska interakcija tragova eksploziva u vlažnom tlu vrlo složen proces. Vлага razgrađuje eksploziv, TNT, a proces može biti brz ovisno o uvjetima. Radi se o danima, a ne o mjesecima ili godinama. To može značiti da je treniranje pasa svježim eksplozivom, umjesto produktima raspada koji se nalaze na terenu, promašeno. Nažalost potpora Mechchemu od strane vršnih kemičara koji su metodu uzimanja uzoraka i razvili nije više postojala u vrijeme testiranja jer je Mechchem po traženju matične firme DENEL morao reducirati istraživanja. U posljednjoj fazi testiranja voditelj hrvatskog dijela projekta Knapp je predložio da se uzmu uzorci tla u okolišu mina na poznatim lokacijama i pokuša utvrditi koliko i kakovih tragova eksploziva ima u tlu oko mine. Uzeto je oko 400 uzoraka na različitim udaljenostima od mine i poslano u laboratorije Nomadics-a u SAD, ali oni nisu obavili dogovorenu analizu jer nisu dobili dodatna sredstva. Tako je, nažalost, propao pokušaj kvantitativnog određivanja količine i kemijske prirode tragova eksploziva, što bi sigurno pomoglo interpretaciji rezultata testiranja.

- c) Složena logistika

Dolaženje timova i transport opreme iz Južne Afrike i SAD, te slanje filtara na analizu u laboratorije u Pretoriju i Stillwater otežavalo je iskorištenje

povoljnih vremenskih uvjeta za testiranje. Logistika je određivala termine. To je naravno rezultiralo i u neracionalnom trošenju sredstava u kojima je udio transportnih troškova bio prevelik.

10. Daljnji rad na utvrđivanju dosega i mogućnosti MEDDS-a

Nakon iskustava testiranja u Hrvatskoj odgovor na pitanje što bi trebali biti daljnji postupci u utvrđivanju stvarnog dosega metode u uvjetima koji su klimatski drugačiji od afričkih, proizlazi iz gornjih komentara. Očito da je u uvjetima obilne vlage potrebno bitno bolje upoznavanje kemijskog ponašanja i difuzije tragova eksploziva odnosno produkata raspada u okolišu ukopane mine. Propuštenu analizu uzoraka tla oko ukopanih mina bilo bi svakako poželjno provesti, obzirom da od firme Nomadics navedene granične osjetljivosti analize u području od nanograma eksploziva po gramu tla daju opravdanu nadu da se kvantitativni podaci o raspodjeli tragova eksploziva oko mina mogu izmjeriti. Podaci o kemijskim oblicima tragova eksploziva mogli bi biti relevantni za trening pasa koji analiziraju filtre. Nakon ove faze razjašnjavanja stanja na tlu imalo bi smisla ponoviti poligon-sko testiranje, ali na prvotno predložen način koji isključuje mogućnost raznošenja tragova eksploziva kretanjem operatera po poligonu. Obzirom da je primarni potencijal MEDDS-a redukcija sumnjivih površina male gustoće miniranosti to sve za Hrvatsku danas više nije tako aktualno kao što je to bilo 2000. godine kada je minski sumnjiva površina bila četiri puta veća. No, ako se gleda šire na mnoga područja u svijetu koja sadrže mnoge desetke milijune mina, onda valja zaključiti da se na bazi naučenog u testiranju u Hrvatskoj treba nastaviti kako bi se odredio i realizirao potencijal ove metode. Obzirom na stečena iskustva u suradnji povoljno bi bilo da to bude u Hrvatskoj, ali na manje vlažnom terenu. U načelu MEDDS je jednostavna metoda koja unapređuje rad pasa i uz bolje poznavanje kemijskih procesa u tlu i u filtrima ona mora dati rezultate. Protekle godine razvoja u svijetu nisu ponudile neku drugu metodu koja može povoljno ili povoljnije, u sinergičnoj kombinaciji sa strojnim razminiranjem, reducirati velike površine minski sumnjivih površina. To govori za nastavak rada na metodi MEDDS, jer su testovi navedeni pod točkom 6., a nužni za pouzdana utemeljenje metode najvećim dijelom ostali neizvršeni. Ne treba zaboraviti da MEDDS ima veliki potencijal za kontrolu prijenosa eksploziva i droga na cestama i u lukama.

Što se uređaja FIDO firme Nomadics tiče pokazalo se da još nije bio u stanju tehničke pripremljenosti za terensko testiranje. Došlo se do spoznaja o

određenim nužnim izmjenama pa bi iskustva ovih testova trebala rezultirati u poboljšanom uređaju.

11. Zaključak

Zajedničko južnoafričko, američko, hrvatsko testiranje metode detekcije tragova eksploziva MEDDS provedeno na poligonu Rakovo polje u 2001, 2002. i 2003. godini dalo je doprinos uočavanju i definiranju pitanja, znanstvenih i tehnoloških, koja je još potrebno riješiti da bi se potencijal metode iskoristio za redukciju minski sumnjivih površina u europskim klimatskim uvjetima. Treba istaći da metoda ima i mnogo šire mogućnosti primjene u detekciji eksploziva i droga.

Conclusion

Joint South African, American, Croatian testing of the method of trace explosive detection MEDDS on the test site Rakovo polje in the years 2001, 2002 and 2003

contributed to identification and definition of the scientific and technological questions to be resolved in order to utilize potential of the method for reduction of suspected mined areas in the European climate conditions. It should be pointed out that in addition to demining the method has wide possibilities in detection of explosives and drugs.

Suradnici na projektu

Stručnjaci i operateri firme Mechem, JA, Dr. Vernon Joynt, Johan van Zyl, A.J.(Braam) Rossouw (direktor), Fred Oelschig, Theo van Dyk, Ashley Williams, Rocky van Blerk, Errol de Montille, Žarko Sekulić, H. van der Linde, J. Kasinda, u sastavu koji se mijenjao u pojedinim testovima

Stručnjaci firme Nomadics ,US, John.Sikes, Dr. Marc Fisher, C. Cummings, M. Prather

US Army CECOM-NVESD: Karin Breiter, Dr.Denis M. Reidy

HCR : V. Knapp, N. Pavković, djelatnici HCR-a po potrebi, honorarni pomoćni radnici

Objavljeni tekstovi i izvještaji:

1. V.Knapp, V. Joynt : Synergistic use of vapour detectors («yes or no») and position detectors for fast and cost effective demining, Proceedings 7th International Conference on Application of Nuclear Techniques, Crete, Greece, June 17-23, 2001
2. V. Knapp, Sinergička upotreba «Da» i «Ne» detektora i detektora položaja mine Humanitarno razminiranje, No.1, 2001, str. 35-39.
3. V. Knapp, Testiranje dviju metoda za detekciju para eksploziva je u tijeku, Humanitarno razminiranje, No.2, 2002, str. 28-29
4. V. Knapp, N. Pavković, Poligon za ispitivanje para «Rakovo polje», Humanitarno razminiranje, No.2, 2002, str 30-32
5. Parcijalni izvještaji po testovima od 10. do 11.09.2001, od 6-10.11.2001, od 3.06.2002, od 15-19.07.2002, od 31.03.-5.04.2003 te od 26.-30.05.2003. Firma Mechem kao glavni kontraktor na ugovoru DAAB 15-01-C-0017 načinila je 14 Progress Reporta koji su dostavljeni NVESD-u, kao i HCR-u. Nalaze se u arhivi HCR-a, odnosno CTRO-a.
6. Konačni izvještaj od 15.09.2003, A. Williams : Trace Chemical Mine Detection Data Collection- Final Scientific and Technical Report (Comparative testing of MECHEMs MEDDS System and Nomadics FIDO System in Croatia), Contract DAAB 15-01-C-0017, for US Army CE-COM-NVESD, September 2003. Dostavljen NVESD-u i HCR-u.

RAD NA RAZVOJU SUSTAVA ZA OTKRIVANJE MINA BRZIM I SPORIM NEUTRONIMA

DEVELOPMENT OF A MINE DETECTION SYSTEM USING FAST AND SLOW NEUTRONS

Vladimir Knapp¹, Dario Hrupec², Radomir Ječmenica³, Boris Sučić⁴

Abstract

Nuclear methods of detecting bulk explosive have been investigated for many years. They were given prominence by International Atomic Energy Agency (IAEA), that established a coordinated research project to select the most promising one for humanitarian demining. Their judgment was that neutron interrogation method offers the best perspective for a useful field device and that US developed PELAN device was the most advanced in development. In response to the IAEA public invitation for testing and development of PELAN for mine detection in 2001, scientists from CROMAC submitted a proposal to test PELAN and in the same time proposed a concept for use of PELAN as a confirmation device in combination with South African developed VAMID mine resistant vehicle pulling a battery of sensitive metal detectors and marking locations where suspicious signals are registered. Proposal was accepted by IAEA and testing of the PELAN as the first phase of the development started in 2002. PELAN (the initials of Pulsed Elemental Analysis with Neutrons) is a device that has been developed by G.Vourvopoulos and his group at the University of Western Kentucky, US, (ref 1,2,3) to identify a landmine through the elemental constituents of its explosive. PELAN uses neutrons as the probing particles. The incident neutrons interact with the nuclei of the various chemical elements in the mine, emitting characteristic gamma rays that act as the fingerprints of the various chemical elements. With sponsorship of IAEA PELAN was evaluated in Croatia as a mine confirmation sensor, using both AT and AP buried mines. The results of the evaluation in Croatia as well as results of the evaluation of PELAN at other sites show that multi-elemental analysis is a strong point of PELAN, as was demonstrated in the case of TMM-1 and PMA-1 mines. IAEA expert meeting

¹ Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb; vladimir.knapp@fer.hr

² Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb; dario.hrupec@fer.hr

³ Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb; radomir.jecmenica@fer.hr

⁴ Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb; boris.sucic@fer.hr

in Zagreb 26/28.02.2004 discussed the results of 2002 and 2003 tests in Croatia and recommended further tests with improved version of PELAN in development at Science Application International Corporation (SAIC) from San Diego, US. Conclusions of the final report to IAEA are reproduced in Section 8.

Sažetak

Nuklearne metode otkrivanja eksploziva istražuju se već više godina. Međunarodna Agencija za Atomska Energija procijenila ih je najperspektivnijim te osnovala koordinirani istraživački projekt s ciljem izbora najizglednije od njih. Izbor je pao na neutronsku interrogaciju brzim i sporim neutronima, a pritom je kao uređaj najbliži primjeni odabran PELAN, neutronska uređaj razvijen u SAD. Znanstvenici iz HCR-a prijavili su se na javni poziv MAAE za prijedloge ispitivanja i prilagodbe PELAN-a za otkrivanje mina (2001). Prijedlog HCR-a sadržavao je i koncept upotrebe PELAN-a, kao uređaja za provjeru sumnjivih lokacija, u kombinaciji s južnoafričkim oklopnim vozilom VAMID koje opremljeno baterijom osjetljivih detektora metala nalazi i označava sumnjiva mjesta. Prijedlog je prihvaćen od MAAE i ispitivanja su počela 2002. godine. PELAN (akronim od *Pulsed Elemental Analysis with Neutrons*) je uređaj kojeg je razvio G. Vourvopoulos sa svojom grupom na Sveučilištu Western Kentucky, SAD. Uređaj prepoznaje eksploziv neutronsom elementarnom interogacijom. Neutroni iz uređaja djeluju na atomske jezgre kemijskih elemenata eksploziva, a karakteristične gama zrake iz izazvanih reakcija služe za prepoznavanje elementarnih sastojaka. Podrškom Međunarodne Agencije za Atomska Energija PELAN je bio ispitivan u Hrvatskoj kao senzor za identifikaciju protutenvkovskih i protupješačkih mina. Rezultati ispitivanja PELAN-a u Hrvatskoj, kao i na drugim lokacijama, pokazuju da je multi-elementalna analiza prednost PELAN-a, kao što se pokazalo pri identifikaciji mina TMM-1 i PMA-1. Sastanak stručnjaka MAAE u Zagrebu 26/28.02.2004. razmatrao je rezultate testova u Hrvatskoj iz 200. i 2003. te preporučio daljnje ispitivanje sa poboljšanim modelom PELAN-a, u razvoju kod američke kompanije Science Application International Corporation iz San Diega. Sekcija 8 reproducira zaključak konačnog izvještaja podnesenog MAAE.

1. Neutronske metode detekcije mina i IAEA

Nuklearne metode za otkrivanje eksploziva, odnosno mina, komplementarne su standardnim detektorima metala s obzirom na to da te metode otkrivaju sam eksploziv, a ne kutiju ili upaljač mine. One prema tome nemaju problema s plastičnim minama, kada detektori metala zakazuju. Nuklearne metode koje se u znanstvenim i stručnim krugovima ocjenjuju kao perspektivne su nuklearna kvadrupolna rezonancija, raspršenje gama zračenja, te neutronska ozračavanje eksploziva. Sve tri metode bile su predmetom razvoja i istraživanja u nizu laboratorija u svijetu. Princip rada neutronske metode je detekcija i analiza gama zračenja nastalog u nuklearnim reakcijama izazvanim neutronima na jezgrama eksploziva. Gama zrake

imaju karakteristične energije ovisno o jezgri na kojoj se odigrava reakcija. Energijском analizom neutronima izazvanog gama zračenja može se prema tome odrediti elementni sastav ozračene tvari. Savjetodavna stručna grupa u Međunarodnoj Agenciji za Atomsku Energiju, (MAAE) na svom je sastanku 9. prosinca 1997. istakla nuklearne metode kao najprikladnije za otkrivanje eksploziva sadržanog u eksplozivnom uređaju, te preporučila koordinirani istraživački projekt, CRP „Application of Nuclear Techniques to Antipersonnel Mine Identification“, s ciljem izbora najpovoljnije od takvih metode. Projekt je pokrenut u studenom 1999. Na osnovu rada na projektu u rujnu 2001. zaključeno je da su dvije neutronske metode koje koriste brze, odnosno spore neutrone najbliže terenskoj upotrebi. Jedna od tih metoda koristi neutronske generator u pulsnom režimu (Pulsed Fast and Thermal Neutrons Analysis, PFTNA), a druga koristi neutrone proizvedene reakcijama alfa čestica iz radioaktivnih izvora, kao što su američij ili kalifornij. Korištenje radioaktivnih izvora neutrona ima prednost u jednostavnijem uređaju, ali nema mogućnost isključenja neutronskeg ozračavanja radi djelotvornije registracije samo izazvanog gama zračenja. Projektom IAEA izdvojen je kao najbliži primjeni američki uređaj PELAN, razvijen od prof. Vourvopoulosa sa Sveučilišta Western Kentucky koji koristi metodu PFTNA. Savjetodavna grupa predložila je nadalje testiranje tog uređaja u okviru regionalnog projekta IAEA RER/1005 “Field Testing and Use of Pulsed Neutron Generator for Demining”. U tu svrhu IAEA nabavila je dva uređaja PELAN. U laboratoriju MAAE u Seibersdorfu moglo se upoznati s osnovnim karakteristikama i radom uređaja PELAN.

2. Uključenje u projekt IAEA

Kada je u prosincu 2001. Međunarodna Agencija za Atomsku Energiju svojim raspisom (RER 1005-003-003B od 4.12.2001) pozvala da se podnesu prijedlozi za prilagodbu PELANA za otkrivanje mina, u okviru tog projekta, Agenciji je od HCR-a, putem i uz preporuku Ministarstva gospodarstva, podnesen prijedlog u tom smislu. Prijedlog (pripremio Prof. V. Knapp), je bio širi od samog testiranja PELAN-a. S obzirom na fizikalno ograničenje uređaja PELAN, koji može identificirati eksploziv, ali nije pogodan za traženje lokacije eksploziva, prijedlog je sadržavao zamisao čitavog procesa testiranja i razvoja, kojim bi se ipak moglo doći do korisnog uređaja za razminiranje. U prvoj fazi, koju bi financirala IAEA raspisanim projektom, provelo bi se testiranje i poboljšanje PELAN-a. Ukoliko bi rezultati ove faze bili zadovoljavajući, tada bi, prema prijedlogu i uz preporuku IAEA,

bilo utemeljeno ići u sljedeću mnogo zahtjevniju fazu izgradnje platforme za PELAN, te zatim u testiranje VAMID-PELAN kombiniranog sustava predviđenog u prijedlogu HCR-a. IAEA je odabrala prijedlog podnesen od HCR-a uvažavajući i postojanje pogodnog poligona, te postojanje snažne znanstvene i stručne grupe pri HCR-u.

3. Konceptcija sustava za razminiranje s PELAN-om; prijedlog HCR-a

Dosadašnje iskustvo s pokušajima razvoja neutronskeg detektora eksploziva pokazuje da neutronska metoda može dobro poslužiti za prepoznavanje sumnjivih predmeta ili mjesta, ali da nije pogodna za traženje mina, zbog predugog vremena, nekoliko minuta, koje je nužno za identifikaciju. Neutronske uređaje upotrebljiv je za prepoznavanje eksploziva, ali ne za traženje lokacije eksplozivne naprave. To upućuje da je realna mogućnost primjene neutronske metode u kombinaciji s nekim uređajem koji može pronaći sumnjiva mjesta, ali ostavlja da se prepozna koja su od tih sumnjivih mjesta doista mine. Jedan takav uređaj razvijen je od južnoafričke firme Mechem. Radi se o pokretnoj platformi koja vuče osjetljivi sistem od 16 detektora metala, te pri nalaženju sumnjivih mjesta ta označava bojom. Naziv uređaja je VAMID. Prilikom radne posjete Južnoj Africi (Knapp) u vezi s projektom MEDDS, firma Mechem je uz aktivnosti na projektu MEDDS organizirala i demonstraciju VAMID-a. VAMID je oklopno vozilo opremljeno baterijom od 16 detektora metala. Tijekom diskusija sa stručnjacima Mechema o mogućim načinima provjere sumnjivih mjesta, predloženo je (Knapp) da se za provjeru sumnjivih mjesta nađenih uređajem VAMID iskoristi uređaj PELAN. Ideja o kombinaciji VAMID-PELAN prihvaćena je od Mechema, a zatim i od Prof. Vourvopoulosa koji je razvio PELAN. Osim u prijedlogu Agenciji u ranoj fazi (White paper), prijedlog složenog sustava s PELAN-om kao identifikacijskom komponentom iznesen je na radnom sastanku u Washingtonu 2003. (3), na radnom sastanku IAEA u Zagrebu 2004. (6) i na međunarodnom savjetovanju u Šibeniku 2004. (7). Razvoj sustava VAMID-PELAN zahtijevao bi znatno veća sredstva od onih koje se moglo očekivati od IAEA za samo razvoj neutronskeg detektora, što je Agencija smatrala svojom domenom odgovornosti, ali bi uspješno završena prva faza uz preporuku IAEA stvorila povoljnu situaciju za nalaženje potrebnih izvora sredstava. Obzirom na to da HCR raspolaže s potrebnim poligonima za provođenje testiranja, a članovi Znanstvenog vijeća i suradnici sposobnošću za poboljšanja PELAN-a i za izradu koncep-

cije pokretne platforme za PELAN, prijedlog je podnesen s uvjerenjem da postoje vrlo realni uvjeti za njegovo provođenje u Hrvatskoj, u suradnji s firmom Mechem, američkom firmom SAIC (Science Application International Company), te domaćim poduzećem DOK-ING.

4. Uređaj PELAN

PELAN (Pulsed ELemental Analysis with Neutron) je prijenosni uređaj za identifikaciju eksploziva, kemijskih otrova i ilegalnih droga. U početnom obliku razvio ga je prof. George Vourvopoulos sa svojim suradnicima na Sveučilištu Western Kentucky. Sada je uređaj u vlasništvu i razvoju firme SAIC San Diego, SAD.



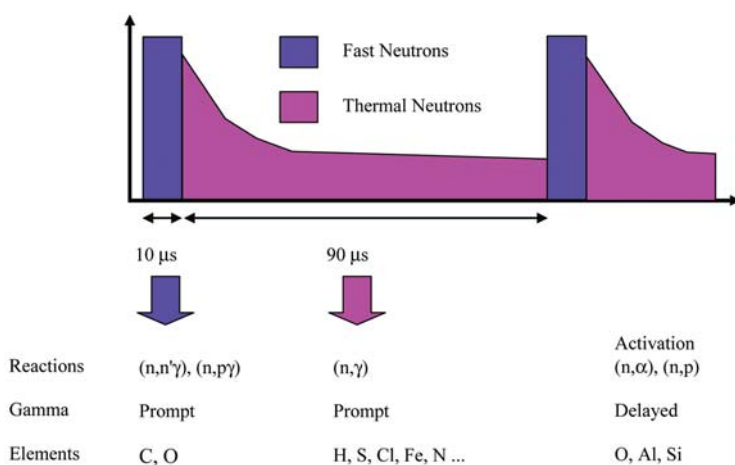
Slika 1. Uređaj PELAN III

PELAN sadrži neutronske generator i detektor gama zračenja te softver za analizu i donošenje zaključaka. Neutronske generator temelji se na nuklearnoj reakciji $T(d,n)^4He$ u kojoj jezgre deuterija ubrzane visokim naponom pogađaju jezgre tritija. Pri tome nastaju jezgre helija i brzi monoenergijski neutroni (energije 14,1 MeV) koji se izotropno zrače u prostor. DT generator daje neutronske tokove reda veličine 109 neutrona po sekundi. To naravno, nalaže poštivanje propisa o dozvoljenim dozama zračenja. Preporučena udaljenost od uključenog neutronske generatora iznosi 10 m pri čemu je

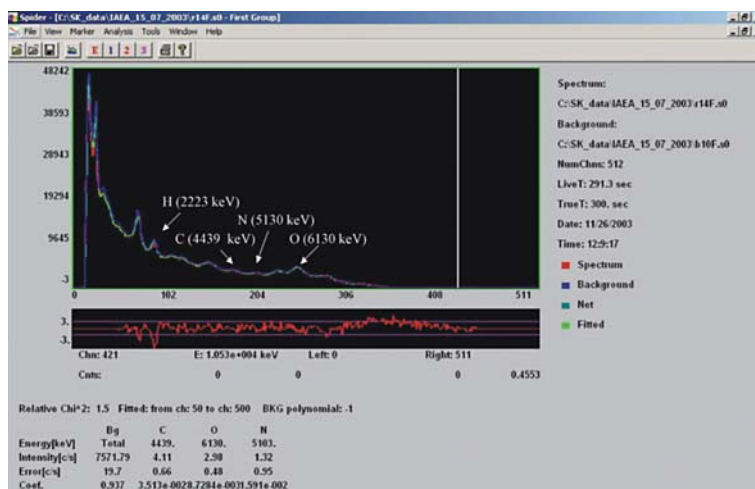
doza zračenja manja od 1 mrem/h. Detektor nuklearnog zračenja koji koristi PELAN je scintilacijski BGO-detektor (bizmut germanat). Taj anorganski kristal najpogodniji je detektor za prodorno gama zračenje iz jezgara. U energijskom području tipičnom za gama zračenje iz jezgara (oko 1 MeV) BGO-detektor ima najveću efikasnost u usporedbi s drugim scintilacijskim detektorima.

Prikupljeni gama spektri analiziraju se programom SPIDER (SPectrum Interpolation DEconvolution Routine) Spektri se analiziraju matematičkom metodom dekonvolucije. Ulaz u program je prikupljeni gama spektar (raspodjela intenziteta gama zračenja po energijama), a izlaz su relativni udjeli traženih elemenata. Program koristi biblioteku odziva različitih elemenata. Osim programa SPIDER, potpuno automatizirani PELAN sadrži još i algoritam za prepoznavanje (na temelju udjela elemenata) koji omogućuje da se nakon prikupljanja podataka i analize na ekranu ispiše vrsta eksploziva ili poruka da eksploziv nije nađen.

Model na raspolaganju pri testiranju bio je PELAN III.



Slika 2. Vremensko odvijanje pulsiranja i termalizacije neutrona



Slika 3. Karakterističan spektar gama zraka dobiven iz 15 cm u zemlju ukopane protutenkovske mine

5. Testiranje uređaja PELAN u 2002. i 2003.

U rujnu 2002. IAEA sklopila je ugovor s hrvatskim stručnjacima i HCR-om o testiranju uređaja PELAN. Logistički najpovoljnije bilo je testiranje na poligonu Rakovo polje, na dijelu s poznatim lokacijama mina. Samo testiranje na Rakovom polju, počelo sa zakašnjenjem zbog teškoća s carinom, provedeno je u razdoblju od 21. rujna do 1. studenog 2002. Grupu ispitivača sačinjavala su dva hrvatska (V. Knapp, D. Hrupec) i dva američka stručnjaka (G. Vourvopoulos i R. Sullivan). U jednom periodu testiranja prisustvovao je i predstavnik IAEA.

Zbog vremenskih i tehničkih problema uređaja rezultati nisu bili konačni. Vlažnost tla imala je granične vrijednosti između 25% i 29%. U vanjskim uvjetima, sa znatnim promjenama temperature i dugotrajnom pogonu uređaj nije bio dovoljno stabilan. Detaljan izvještaj podnesen je Agenciji u studenom 2002 (1). Opći zaključak testiranja bio je da uz stabilniju elektroniku PELAN neće imati teškoća u otkrivanju protutenkovskih mina na dubini ispod 15 cm. Uz tu pretpostavku i prepoznavanje malih protupješačkih mina na dubini od 5 do 10 cm postaje vjerojatno. Da je multi-elementalna analiza značajna prednost PFTNA metode pokazalo se otkrivanjem mina TMM-1 i PMA-1. Izvještaj je naglasio potrebu da se poboljša reproducibilnost rezultata, ali i da je testiranje demonstriralo potencijal metode PFTNA i uređaja PELAN za humanitarno razminiranje.



Slika 4. Ispitivanje na Rakovom polju 2002. godine – testna ekipa



Slika 5. Testna ekipa iz 2003. s predstavnicom IAEA na poligonu Rakovo polje

Testiranje ugovoreno u 2003. trebalo je učvrstiti i dopuniti zaključke, proširiti spektar mina i dalje istražiti sposobnost detekcije PELAN-a u ovisnosti o tipu mine i dubini ukapanja. Testiranje je provedeno u razdoblju od 23. lipnja do 31. rujna 2003. u terminima 23. lipanj do 17. srpnja, od 21. do 29. kolovoza, te od 16. rujna do 5. listopada. Prethodno testiranju dva hr-

vatska stručnjaka boravili su u San Diegu, SAD, pa je testiranje provodila ekipa hrvatskih stručnjaka (V. Knapp, B. Sučić, R. Ječmenica). Testiranju je u jednom dijelu prisustvovala predstavnik IAEA. Nažalost, uređaj pri ovom testiranju nije bio u nimalo boljem stanju nego u prvom testiranju. U pomoć je dolazio stručnjak firme koja je proizvela neutronske generator, ali popravak na terenu nije bio moguć. Kraće vrijeme bio je prisutan i Prof. Vorvopoulos. Testiranje je na kraju prekinuto 5.10. kada je uređaj potpuno otkazao. Izvještaj o testiranju podnesen je Agenciji u studenom 2003 (4). Uslijed tehničkih problema uređaja opći zaključak drugog testiranja nije mogao otići preko onoga što je zaključeno u testiranju 2002. godine. Američka firma SAIC koja je preuzela daljnji razvoj PELAN-a reagirala je na iskustva u testiranju 2002. s modelom PELAN III, te pripremala model PELAN IV. Uređaj međutim nije bio spreman za testiranje u 2003. godini.

6. Daljnji razvoj PELAN-a

Da bi se pro diskutirao rad svih eksperata koje je IAEA angažirala s ciljem unapređenja i procjene PELAN-a, u Zagrebu je od 26.-28. siječnja 2004. u organizaciji IAEA i uz lokalnu organizaciju hrvatskih suradnika na projektu (V. Knapp, B. Sučić, R. Ječmenica) održan međunarodni stručni sastanak oko dvadesetak stručnjaka iz niza zemalja i organizacija (IAEA Expert Meeting, RER 1005 Field Testing and Use of Pulsed Neutron Generator for Demining, Zagreb, 26-28. January 2004). Zagrebačka grupa prezentirala je rezultate izvještaja iz 2003. uz primjenu multiparametarske analize kako bi se isključila moguća subjektivnost u ocjeni rezultata. To nije promijenilo opće zaključke iznesene u izvještajima Agenciji iz 2002. i 2003.(1,4). Grupa istraživača sa Sveučilišta u Southhamptonu analizirala je geometriju gama detektora PELAN-a te upotrebu BGO detektora s NaJ detektorom. Prema njima nikakvo bitno poboljšanje u tom pogledu nije moguće. Belgijska grupa iz Groningena (Kernfysisch Versneller Institute) analizirala je prostorni raspored neutronske izvora i detektora sa zaključkom da je geometrija dobro odabrana. Osim istraživača iz tih grupa u raspravi su sudjelovali i brojni drugi stručnjaci. Hrvatska grupa je i ovom prilikom iznijela koncepciju sustava u kojem se PELAN može djelotvorno koristiti za provjeru sumnjivih lokacija (6).

Bitno pitanje koje je proizašlo iz rezultata testiranja u Hrvatskoj bilo je da li je koristan uređaj koji detektira protupješačku minu na dubini od 5 do 10 cm. Stav grupe stručnjaka bio je pozitivan. Iz toga je proizašao i zaključak o daljnjem radu na PELAN-u. Obzirom da je u vrijeme sastanka u Zagrebu

poboljšana verzija PELAN-a već bila raspoloživa, zaključeno je da bi bilo vrlo poželjno testiranje modela PELAN IV, da bi se jasnije kvantificiralo mogućnosti otkrivanja protupješačkih mina. Firma SAIC izjavila je spremnost da posudi uređaj PELAN IV za tu svrhu. Nažalost, razvoj nije išao na očekivani način. Trebalo je više mjeseci da Agencija operacionalizira daljnje testiranje prema zaključcima ekspertskeg sastanka. No tada je firma SAIC počela postavljati uvjete pod kojima bi mogla isporučiti PELAN IV. HCR je prethodno trebao ishoditi odobrenje za rad s radioaktivnim materijalima. Kada je postalo jasno da se ti uvjeti neće ispuniti dok su još povoljni uvjeti za vanjsko testiranje u 2004. godini, stigla je informacija iz Agencije da se sredstva projekta ne mogu prebaciti na 2005. godinu, pa se testiranje obustavlja. Nakon uložениh napora i sredstava to bi moglo izgledati kao apsurdna birokracija da zaključci s ekspertnog sastanka IAEA iz lipnja 2005. godine (8) nisu pokazali da je došlo do bitne promjene prioriteta u IAEA. Borba protiv terorizma dobila je prednost. Sastanak u Beču u lipnju 2005. održan je na temu upotrebe neutronske generatore za otkrivanje eksploziva i ilegalnih materijala (IAEA Technical Meeting on "Neutron Generators for the Detection of Explosives and Illicit Materials"). Zaključak sastanka bio je da se u predloženom daljnjem projektu primjene neutronske generatore isključuju primjene na otkrivanje eksploziva u količinama manjim od kilograma, bilo u minama ili u avionskoj prtljazi, jer su te primjene ograničene vremenom analize i osjetljivošću. U suprotnosti sa zaključcima ekspertnog sastanka u Zagrebu, u okviru IAEA napuštaju se napori da se razvije neutronske uređaj za otkrivanje protupješačkih mina, koje mahom sadrže manje od kilogram eksploziva. PELAN IV mogao je biti korak prema tome cilju.



Slika 6. PELAN IV uređaj

7. Zaključak

Opći zaključci na temelju testiranja u 2002. i 2003. su sljedeći: Premda su testovi bili opterećeni tehničkim problemima koji pokazuju da elektroničko upravljanje uređajem i sistem analize nisu dovoljno stabilni i pouzdani za dugotrajan rad u terenskim uvjetima, iz onih testova u kojima je PELAN radio bez teškoća može se izvesti zaključak: Ukoliko se uklone postojeći tehnički problemi koji su postojali na uređaju PELAN III, PELAN neće imati teškoća u otkrivanju protutenkovskih mina pod slojem zemlje od 15 cm. U tom slučaju vjerojatno je i prepoznavanje male protupješačke mine kao što je to PMA-3 pod pokrovom debljine 5-10 cm. Multielementalna analiza je jaka strana metode PFTNA, što je demonstrirano prepoznavanjem mina TMM-1 i PMA-1. Testovi su demonstrirali velik potencijal metode PFTNA i uređaja PELAN, ali i potrebu za značajnim tehničkim poboljšanjima u smjeru pouzdanog dugotrajnog terenskog rada u promjenljivim uvjetima.

8. Final report to IAEA, conclusions

Although tests were beset with many technical problems, which show that electronic command and analysis system is not yet adequate for long running in field conditions, from the runs when PELAN was in operating condition we can conclude:

- Providing existing technical problems are removed PELAN should have no problems in identifying of antitank mines under 15 cm of overburden. Due to increasing technical problems testing was stopped before results on antipersonnel mines could be obtained, so the conclusions cannot go beyond what was achieved in the October 2002. tests.
- In spite of technical problems which did not allow completion of planned test program, results obtained, present tests, together with the results of October 2002 tests, demonstrate the potential of PELAN in humanitarian demining. Quantification of this potential will require more testing after technical problems are removed.

9. Suradnici na projektu

1. Prof. dr. sc. Vladimir Knapp, FER - voditelj projekta,
2. mr.sc. Dario Hrupec, FER, IRB,
3. mr.sc. B. Sučić, FER,
4. mr.sc. R. Ječmenica, FER.

10. Reference

1. V. Knapp, Projekt "PELAN" predložen Međunarodnoj Agenciji za Atomsku Energiju, Humanitarno razminiranje No2, veljača 2002.
2. D. Hrupec, Uređaj za identifikaciju eksploziva PELAN, Humanitarno razminiranje No2, veljača 2002.
3. V. Knapp, D. Hrupec, Evaluation of PELAN for landmine confirmation, Croatia, October 21 - November 1, 2002, in scope of IAEA Technical Cooperation Project RER/1/005 "Field Testing and Demonstration of a Pulsed Neutron Generator for Humanitarian Demining", Report to IAEA, November 2002.
4. G. Vourvopoulos, R.A. Sullivan, V. Knapp and D. Hrupec, Evaluation of PELAN as Confirmation Sensor, EUDEM 2 SCOT Conference on Demining, September 15-18, 2003, Bruxelles.
5. V. Knapp - Croatian Mine Action Center, Proposal to develop a mine detection system using a neutron interrogation by fast and slow neutrons, US Department of Defense, 2003., Humanitarian Demining Research and Development Program Requirements Workshop, July 14-17th, 2003, Crystal City, Virginia.
6. V. Knapp, R. Jecmenica, B. Sucic, Field Testing and Demonstration of a Pulsed Neutron Generator for Humanitarian Demining, Rakovo polje, June 23-October 31.2003. Special service agreement in scope of IAEA Technical Cooperation Project RER 1005 03 01, June 23.2003. Report to the IAEA, November 2003.
7. V. Knapp, B. Sučić, R. Ječmenica, Results of the PELAN tests in Croatia in 2002-2003, IAEA Expert Meeting RER/1005 Field Testing and Use of Pulsed Neutron Generator for Demining, Zagreb, 26-28. January 2004.
8. V. Knapp, A Concept of Demining System Based on PELAN as Confirmation Device, IAEA Expert Meeting RER/1005 Field Testing and Use of Pulsed Neutron Generator for Demining, Zagreb, 26-28. January 2004.
9. V. Knapp, Neutron Explosive Detector and its Perspective in Humanitarian Demining, Međunarodno Stručno Savjetovanje "Humanitarno Razminiranje 2004", Šibenik, RH, 21-23.travnja 2004.
10. Report on IAEA Technical Meeting on "Neutron generators for the Detection of Explosives and Illicit Materials", Vienna, 13-16. June 2005.
11. Sučić, Boris; Ječmenica, Radomir: Nuclear Method for Humanitarian Demining , Transactions of the International Youth Nuclear Congress 2004. Toronto: International Youth Nuclear Congress, 2004. 208.

MOGUĆNOSTI OTKRIVANJA MINA I EKSPLOZIVNIH SREDSTAVA POMOĆU MIKROORGANIZAMA

MICROBIAL MINE DETECTION SYSTEM, MMDS

Vladimir Knapp¹, Milan Bajić², Vladimir Delić³

Abstract

It was attempted to develop international cooperation in testing and possible use of bioreporter bacteria, genetically modified strain Pseudomonas putida, which according to the preliminary American research reports (1,2,3), promised an attractive method for detection of explosive. For this a serious interest was developed from American side, whilst our side was in possession of convenient test polygon and with the knowledge required for cultivation and application of constructed bacterial strain. However, although the use of bacteria Pseudomonas putida for this purpose has obtained permission of responsible institutions in US and in several European countries also interested in this method, it was not possible to obtain permission of the Bioethical Commission of the Croatian Government. Further work on this method was therefore cancelled.

Sažetak

Pokušano je razviti međunarodnu suradnju u testiranju i eventualnoj primjeni bioreporterskih bakterija, genetski modificiranih sojeva Pseudomonas putida, koje su prema prethodnim američkim rezultatima (1,2,3) obećavale pogodnu metodu za otkrivanje eksploziva. Za to je postojao interes američke strane i dobre mogućnosti s naše strane, posjedovanje prikladnog pokusnog poligona i poznavanje tehnologije uzgoja i primjene konstruiranih sojeva bakterija. Iako je upotreba bakterija Pseudomonas putida imala odobrenje odgovornih državnih ustanova u SAD i nekoliko europskih zemalja gdje se također razmatrala ova metoda, nije bilo moguće ishoditi odobrenje Bioetičkog povjerenstva pri Vladi Hrvatske te se od daljnjeg rada na uvođenju metode moralo odustati.

¹ Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb; vladimir.knapp@fer.hr

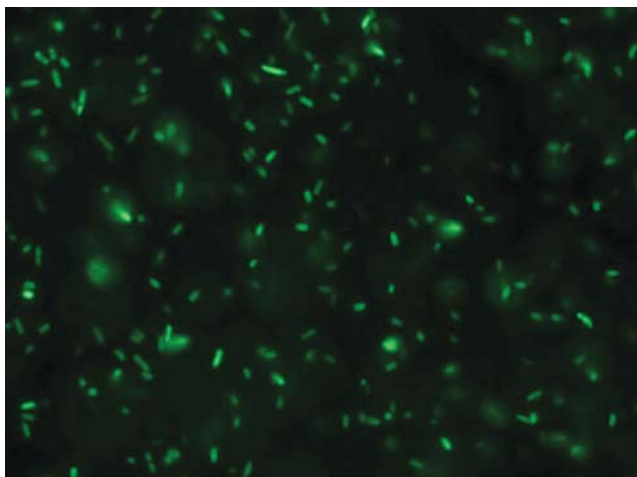
² Geodetski fakultet, Zagreb; milan.bajic@zg.t-com.hr

³ vladimir.delic@zg.htnet.hr

1. Znanstvene osnove metode i status metode 1999. godine

Prva informacija o primjeni genetski izmijenjenih bakterija za detekciju eksploziva dobivena je (profesor V. Knapp) u prosincu 1999. od američkog profesora G. Vourvopoulosa koji je poslao rad četvorice istraživača, iz Nacionalnog laboratorija Oak Ridge i još dva laboratorija u SAD-u (1,2). Američki istraživači genetski su modificirali nepatogenu bakteriju *Pseudomonas putida* koja je prirodni stanovnik u tlu tako da su u njenu DNA ugradili gen za zeleno fluorescirajući protein (GFP).

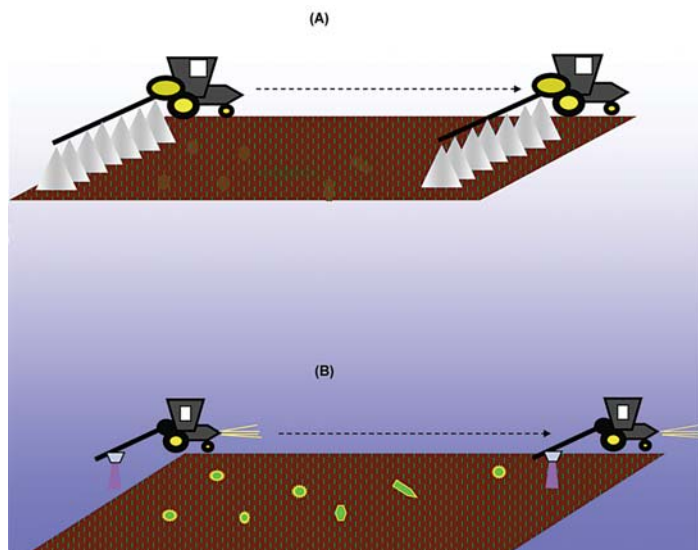
Princip metode (vidi: 4) zasniva se na spoznaji da neke bakterije tala kao npr. bakterije iz roda *Pseudomonas* imaju sposobnost razgradnje toksičnih tvari kao što su ciklički ugljikovodici (toluene, ksilen, trikloretilen, naftalen i dr.). To svojstvo omogućeno im je genetskim potencijalom nazvanim *xyl* pomoću kojega nizom reakcija te tvari razgrađuju do netoksičnih supstancija. Drugo svojstvo bitno za konstrukciju bakterija za otkrivanje mina i neeksplozivnih sredstava proizlazi iz činjenice da neka živa bića imaju sposobnost bioluminiscencije, što je također kontrolirano njihovim genetskim potencijalom. Takva bioluminiscencija poznata je kod meduze *Aequorea victoria* koja ima sposobnost sinteze zeleno fluorescirajućeg proteina koji pobuđen svjetlom jedne valne duljine emitira zeleno svjetlo. Gen odgovoran za to svojstvo (*gfp*, gen pokazatelj), kada se tehnikama genetičkog inženjerstva spoji sa svojstvom razgradnje ugljikovodika (gen *xyl*), može poslužiti kao pokazatelj mjesta gdje je zbog TNT-a koji je strukturno sličan tvarima koje razgrađuje bakterija roda *Pseudomonas* došlo do fluorescencije (Slika 1.).



Slika 1. Fluorescencija bakterije s genom za GFP osvijetljene ultraljubičastim svjetlom

U kontaktu s eksplozivom na terenima (tada još nije nađen gen za detekciju eksploziva RDX) bakterija proizvodi taj protein i emitira zeleno fluorescirajuće svjetlo. Fluorescencija se može registrirati osvjetljavanjem ultraljubičastom svjetiljkom ili laserom. Bakterije se za primjenu na terenu mogu lako uzgajati u bioreaktoru u velikim količinama na temperaturi od 30 °C, dok se početni materijal za uzgoj može čuvati na temperaturi od -70 °C do potrebe primjene. Za primjenu na terene za koje se pretpostavlja da su minirana ili sadrže neeksplodirana sredstva, uzgojene bakterije s genom za GFP mogu se nanositi na nekoliko načina. Uobičajeni načini su prskanjem iz letjelice (helikoptera), traktorima uobičajenim za prskanje poljoprivrednih površina i sl. (Slika 2).

Nakon određenog vremena poslije prskanja (oko 3 sata), poprskana površina osvjetljava se (najbolje noću), ultraljubičastim svjetlom ili laserom te registrira elektroničkom fotokamerom spojenom optičkim kablom s računalom. Mjesta na kojima je TNT-om inducirana fluorescencija očitavaju se na računalu kao dvodimenzionalni prikazi.



Slika 2. Prskanje miniranog područja bakterijom s GFP-om poljoprivrednim traktorom (A) i pregledavanje svjetiljkom spojenom na računalu u prijevoznom sredstvu (B). Strelica pokazuje smjer kretanja vozila po rubu istraživa-
ne površine.

Nakon što su dobili odobrenje Agencije za okoliš (Environmental Protection Agency, EPA) (3) za korištenje genetski modificiranih mikroorganizama,

autori su demonstrirali novu tehnologiju na terenu državnog istraživačkog centra u Južnoj Karolini (National Explosive Waste Technology and Evaluation Center- NEWTEC, Edgefield , South Carolina). Na terenu 15x20 m ukopano je pet mina tri mjeseca prije testa, na dubinu od barem 10 cm, na lokacijama poznatim samo vlasniku terena. Tijekom noći, oko tri sata nakon raspršivanja bakterija na terenu, koliko je potrebno za stvaranje fluorescentnog proteina, izvršena je detekcija obasjavanjem ultravioletnom lampom. Alternativan način bio je obasjavanje s laserom na dizalici na udaljenosti oko 5 m iznad tla, a autori su smatrali da bi i detekcija sa zračne platforme bila moguća. Mjesta svih pet mina uočena su na temelju jasno izražene fluorescencije. Uočeni su također i lažni pozitivni signali za koje su mogli postaviti tentativna objašnjenja prijenosom tragova eksploziva uslijed jake kiše mjesec dana prije testa ili kretanjem životinja.

Iako je bilo očigledno da jasna interpretacija rezultata traži daljnja istraživanja vremenskih i terenskih uvjeta u kojima dolazi do migracije tragova eksploziva od lokacije mine, te još nekih otvorenih problema, smatrali smo da je metoda dovoljno perspektivna da joj se posveti pažnja. Tim više što bi informacija o migraciji tragova eksploziva bila vrlo interesantna i za detekciju mina psima tragačima. S obzirom na razvijene načine uzgoja bakterija i rukovanja s njima, metoda je obećavala i vrlo povoljnu ekonomiju pri razminiranju velikih površina.

2. Pokušaj testiranja metode u Hrvatskoj

Ubrzo je uspostavljen kontakt s američkim istraživačima iz ORNL (Burlage, Maston) koji su bili vrlo zainteresirani za suradnju s Hrvatskim Centrom za Razminiranje (HCR) kako bi se ta nova metoda razvila do terenske operativnosti i testirala u stvarnim uvjetima. U prvoj polovini 2000. godine uslijedila je opsežna korespondencija tijekom koje su razjašnjavana stručna pitanja kao i modaliteti suradnje na ovom projektu. Projekt je imao podršku Ureda za globalno humanitarno razminiranje pri Ministarstvu vanjskih poslova SAD. (Office of Global Humanitarian Demining, Department of State). Za stručnu evaluaciju biološkog dijela metode zamoljeni su članovi Znanstvenog vijeća HCR-a, i kao naši istaknuti znanstvenici u molekularnoj biologiji, akademik Željko Kućan i profesor Vladimir Delić iz Zavoda za molekularnu biologiju PMF-a. Profesori Milan Bajić i Vladimir Knapp razmatrali su i predlagali načine operativne primjene (5,6). bioreporterskih bakterija u kombinaciji s metodama za redukciju minski sumnjivih površina. Akademik Kućan je

nakon proučavanja američkog prijedloga predložio HCR-u da od Bioetičkog povjerenstva za praćenje genetski modificiranih organizama pri Vladi Hrvatske zatraži odobrenje za istraživanje i upotrebu bioreporterskih bakterija za otkrivanje mina. Na temelju informacija i detaljnog izvještaja o projektu MMDS i pozitivnih mišljenja profesora Vladimira Delića i profesora Suleimana Redepovića, predsjednica Bioetičkog povjerenstva akademikinja Sibila Jelaska predložila je Povjerenstvu da odobri pilot-testiranje metode MMDS na područjima pod minama u Hrvatskoj (njen prilog od 19.05.2000). Na sjednici Bioetičkog povjerenstva 23.05.2000. prijedlog korištenja bioreporterskih bakterija naišao je na žestoko protivljenje dijela Povjerenstva. U nastavku rasprave 20.06.2000 Povjerenstvo je zaključilo (7) da će nakon detaljne razrade pilot-projekta prijedlog ponovo doći na mišljenje Povjerenstvu, a da treba pribaviti i mišljenja Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja i Ministarstva zdravstva. Time je Bioetičko povjerenstvo za praćenje genetski modificiranih organizama, najstručnije tijelo čije mišljenje trebaju tražiti ministarstva, a ne obratno, de facto zaustavilo rad na ovoj metodi. Na bazi takvog stava, s potpuno nepredvidljivim ishodom, nije se mogla razvijati suradnja s američkom stranom, koja je imala i druge mogućnosti. Gledišta glavnih protagonista rasprave našla su se i u javnim glasilima (Vjesnik, 12.06.2000, 21.06.2000, 28.06.2000). Iako je Znanstveno vijeće HCR-a bilo spremno sastaviti stručnu grupu i pripremiti pilot projekt (8), u tijeku dva mjeseca po odluci Bioetičkog povjerenstva, američke i španjolske istraživačke organizacije sklopile su sporazum o suradnji na razvoju metode detekcije eksploziva bioreporterskim bakterijama. Pri tom su osim pozitivnog mišljenja EPA-e imali i pozitivna mišljenja španjolske i njemačke agencije za okoliš (9):

3. Zaključak

Razmatrajući i ocjenjujući novu metodu otkrivanja mina i eksplozivnih sredstava na osnovu dobivenih podataka i vlastitih iskustava stručnjaci Znanstvenog vijeća HCR-a i njima pridruženi članovi pokušali su ocijeniti valjanost i primjenjivost metode. Kao vjerojatne pozitivne strane metode mogu se sagledati niski troškovi, brza primjena i mogućnost pretraživanja velikih površina. Važna korist bila bi informacija koja se dobiva ovom metodom o površinskoj raspodjeli tragova eksploziva oko mine u ovisnosti o terenskim i vremenskim uvjetima. Ograničenje primjene u vrijeme razmatranja metode bilo je što još nije bila razvijena bakterija osjetljiva na eksploziv RDX.

Iako članovi Znanstvenog vijeća koji su razmatrali metodu korištenja mikroorganizama nisu iz gore navedenih razloga mogli provesti terensku provjeru metode sa bakterijom *pseudomonas putida*, svejedno smatraju da je poželjno pratiti razvoj primjene genetičkim metodama promijenjenih bakterija s obzirom na to da osim detekcije eksploziva postoje široke mogućnosti otkrivanja industrijskih i drugih zagađenja okoliša.

Članovi Znanstvenog vijeća koji su radili na projektu:

Profesor Milan Bajić, profesor Vladimir Delić, profesor Vladimir Knapp, akademik Željko Kućan

4. Reference

1. Burlage, R.S., Hunt, M., Benedetto, J.D. and M. Maston: Bacteria for the Detection of Unexploded Ordnance.US DOE Research contract DE-AC05-96OR22464, (1998).
2. Burlage R.S: Microbial Mine Detection System (MMDS), Final Report, Environmental Sciences Division, DTRA IACRO HD1102-8-1490-097, (1998).
3. U.S. EPA and S.C. DHEC Application and Permitting for the Microbial Mine Detection System (MMDS). Sponsored by Defense Threat Reduction Agency in conjunction with DOE Oak Ridge National Laboratory National Security Programs, Application and Permitting dates, June 30 - October 5, 1998.
4. Vučemilović, A. i V. Delić: Mogućnost otkrivanja mina i neeksplozivnih sredstava genetički izmijenjenim bakterijama. Hrvatski vojnik, XI, 75, 28-31, (2001).
5. Knapp,V.: Large scale demining by combined MEDDS and bioreporter bacteria method. Justfication and proposal outline. HCR, 1999.
6. Hrvatski Centar za Razminiranje, Traženje suglasnosti Bioetičkog povjerenstva Vlade Hrvatske za korištenje bioreporterskih bakterija, HCR, 3.03.2000.
7. Dopis Bioetičkog povjerenstva Hrvatskom Centru za Razminiranje od 23.06.2000.
8. Dopis predsjednika Znanstvenog vijeća HCR-a M. Bajića od 7.07.2000. predsjednici Bioetičkog povjerenstva S. Jelaska
9. Dopis R. Rodrigueza iz španjolske kompanije GTD M. Bajiću od 13.07.2000.

TESTIRANJE UREĐAJA ELF U HRVATSKOJ

ELF DEVICE TESTING IN CROATIA

Vladimir Knapp

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
vladimir.knapp@fer.hr

Abstract

First information about the mine detection device developed by American company Loch Harris and named ELF came from private contacts. These resulted in a proposal by Loch Harris to demonstrate a device in Croatia. This was organized through CROMAC and took place at the Zagreb Institute Rudjer Boskovic on the 11.02.2000 and the next day, 12.02.2000, on the open ground near city of Karlovac. Solely Loch Harris people operated device. Preliminary report by the group of scientists from the CROMAC Scientific council, selected to supervise demonstration, was signed on the 28.02.2000. Report stated that the results of demonstration were too good to be accepted without objective testing by CROMAC experts. To this purpose an agreement between Loch Harris and CROMAC was signed. According to this agreement Loch Harris would have provided ELF device for testing by CROMAC scientists, while CROMAC would prepare a testing ground. While CROMAC fulfilled its part of the contract, ELF was not delivered for testing. After more then a year of excuses it was clear that Loch Harris does not want an independent testing and that they very likely used Croatian mine problems for their benefit on the US Stock Exchange. Final report on the ELF demonstration was thus prepared and signed by CROMAC scientific group on the 10.04.2001, proposing to CROMAC to break all contacts with Loch Harris Company.

Sažetak

Prve informacije o uređaju za otkrivanje mina pod nazivom ELF američke kompanije Loch Harris dobivene su osobnim kontaktima. Rezultirale su u ponudi Loch Harrisa da se uređaj demonstrira u Hrvatskoj. U djelomičnoj organizaciji HCR-a to je provedeno 11.02.2000. na Institutu Ruđer Bošković i na otvorenom terenu kod Karlovca 12.02.2000. Uređajem su pritom rukovale samo osobe iz firme Loch Harris. Prethodni izvještaj grupe znanstvenika iz Znanstvenog vijeća HCR-a potpisan je 28.02.2000. U izvještaju se navodi da su rezultati dobiveni u demonstraciji predobri da bi se mogli

prihvatiti bez objektivnog testiranja stručnjaka iz HCR-a. S tim ciljem sklopljen je ugovor između Loch Harrisa i HCR-a. Prema ugovoru Loch Harris staviti će uređaj na raspolaganje za testiranje od strane znanstvenika iz HCR-a, dok će HCR prirediti poligon za testiranje. HCR je ispunio svoj dio dogovora, ali uređaj ELF nije dostavljen na testiranje. Nakon više od godine dana izgovora postalo je jasno da Loch Harris ne želi neovisno testiranje i da su vrlo vjerojatno imali namjeru da hrvatski minski problem iskoriste za spekulacije dionicama firme. Na osnovu toga grupa znanstvenika iz HCR-a priredila je 10.04.2001. konačan izvještaj o uređaju ELF u kojem je predložila prekid svih odnosa sa firmom Loch Harris.

1. Uvod, kontakti s američkom firmom Loch Harris

Uređaj za detekciju eksploziva pod nazivom ELF (Eliminate Landmines Forever) proizvela je firma Loch Harris Inc, iz Austina, Texas, SAD. Prvi kontakt sa američkom firmom Loch Harris Inc.(Chemical Detection Technology, Inc.-Chem-Tech), osnovanoj 1985. godine, a koja je 90.-tih godina radila na razvoju uređaja za otkrivanje mina pod nazivom ELF (Eliminate Landmines Forever), ostvario je Dr. Vladivoj Valković. U svibnju 1999. godine Dr. Valković je potpisao i ugovor o suradnji s tom firmom, s naknadom u dionicama te firme. O tom se ugovoru doznalo tek kasnije, nakon demonstracije uređaja u Hrvatskoj. Kao član Znanstvenog vijeća HCR-a Valković je informirao o tom uređaju članove Vijeća. Slijedila je korespondencija članova Vijeća u kojoj se željelo doznati nešto o principima na kojima se temelji uređaj a za koji su suradnici firme Loch Harris navodili izuzetne mogućnosti detekcije eksploziva. Odgovori koji su dobivani (V. Knapp) bili su neuvjerljivi do te mjere da su izazivali nevjericu. Na međunarodnom sastanku o novim metodama razminiranja u Ljubljani 1.10.1999. (Fifth International EOD Conference 30.9/1.10.1999.) gospodin H. Blair iz firme Loch Harris koji je prema informacijama od Loch Harrisa vodio razvoj uređaja ELF, govorio je o ovom uređaju, ali ni tu nije dao zadovoljavajuće odgovore na pitanja (G. Vourvopoulos) o fizikalnim principima metode. Ostavio je loš dojam da mu je cilj bio postići referencu prezentacije na toj konferenciji. Tijekom te 1999. godine kompanija Loch Harris je došla u vezu s nekim uglednim hrvatskim građanima na radu u SAD te im predočila mogućnost da se taj uređaj koristi u Hrvatskoj. S obzirom na minsku situaciju u Hrvatskoj u to vrijeme, kad su deseci građana godišnje bili žrtve mina, takve ponude nisu se mogle odbacivati, a kako se radilo o tehničkim i stručnim pitanjima slijedila je sugestija od naših građana u SAD, kao i V. Valkovića, da se HCR uključi u provjeru uređaja ELF. Stav Znanstvenog vijeća, bez obzira na ozbiljne sumnje u uređaj pojedinih članova, bio je da je poželjno

da se uređaj vidi, da ga se vidi u radu, a da se ne odbacuje *a priori*. Tim više što za to testiranje od HCR- a nisu tražena nikakva sredstva. Upoznavanje s uređajem trebalo je omogućiti donošenje procjene o korisnosti uređaja. Prethodno tome nije postojala nikakva predodžba o stvarnom izgledu uređaja.

2. Demonstracija uređaja ELF na Institutu Ruđer Bošković

Do prikaza uređaja EFF došlo je 11.02.2000. na Institutu Ruđer Bošković, a 12.02.2000. na vanjskom terenu kod Turnja. Prijedlozi i zahtjevi Loch Harrisa (H. Blair) o načinu provođenja došli su kasno i izazvali niz ozbiljnih primjedbi. Sve se odvijalo u (vjerojatno planiranom) vremenskom tjesnacu, što je sprečavalo da se testiranje zajednički pripremi. Premda nije bilo uvjeta za pravo testiranje niti za neke mjere kontrole, ipak smo u dobroj vjeri smatrali da će to biti korak naprijed u upoznavanju uređaja o kojem smo informacije o učinku imali samo od Loch Harrisa. Naša traženja o detaljima i načinu rada su odbijana objašnjenjem da se štiti intelektualno vlasništvo. Naše mine umjesto donesenih uzoraka eksploziva upotrebile su nakon insistiranja, ali je prethodno provedena operacija «prepoznavanja odziva» tih mina u prisustvu V. Valkovića i D. Antonića. Očekivano testiranje bilo je demonstracija od strane operatera Loch Harrisa (Dr. Wade Poote od Chem Tech-a) pred publikom i novinarima. Članovi Znanstvenog vijeća nisu imali nikakve mogućnosti da sami koriste uređaj. Uređaj se nije mogao dobiti na raspolaganje ni nakon te demonstracije, jer zbog povratka grupe iz Loch Harrisa u SAD nije bilo vremena.

3. Preliminarni izvještaj o demonstraciji uređaja ELF od 28. 02. 2000.

Postupak demonstracija opisan je u izvještaju koji je svoj konačan oblik dobio 28.02.2000. (1) te potpisan od grupe koja je sa hrvatske strane bila odgovorna za ovu operaciju (ELF test report, 28.02.2000.). Osim potpisanih članova Znanstvenog vijeća HCR M. Bajića, V. Knappa, I. Šlausa i V. Valkovića, potpisnici su još bili D. Antonić, koji je pribavio uzorke mina, i K. Nađ, tehničar kod V. Valkovića. Prethodno ovom potpisanom zajedničkom izvještaju cirkulirale su i drugačije varijante. Izvještaj opisuje uvjete i način na koji su provedene demonstracije uređaja. S obzirom na nevjerovatan 100% učinak u identificiranju mina, tj. bez ijednog promašaja, prikazan u demonstracijama 11. i 12 .02.2000., u zaključku izvještaja stoji da su dobi-

veni rezultati toliko bolji od onog što daje bilo koja od postojećih metoda otkrivanja eksploziva, da prihvati rezultata od stručnjaka za razminiranje traži daljnje i strože testiranje kojem neće biti prigovora i zamjerki. Takovo testiranje, kaže se u zaključku, treba provesti što prije, a dotle se rezultate demonstracije može smatrati samo privremenima. Prethodno ovom izvještaju, i u odstupanju od njega, s obzirom na nekvalificiranu uvodnu referencu na uspješne testove od 11. i 12.02.2000., sklopljen je između Loch Harris Inc. i HCR-a 21.02.2000. ugovor o suradnji koji predviđa pripremu testnog poligona za ispitivanje ELF-a pod koordinacijom H. Blaira i V. Valkovića (2). HCR se obvezao do sredine 2000. izgraditi testni poligon kod Obrovca, a Loch Harris dostaviti uređaj na testiranje našim stručnjacima.. Izgradnja poligona u tijeku 2000. godine ostvarena je sredstvima koja je donirao Loch Harris. Međutim Loch Harris nije dostavio uređaj na testiranje ni nakon opetovanih traženja. Ispalo je, najprije, da iznošenje ELF-a iz SAD više nije moguće bez odobrenja State Departmenta. Zatim su obje osobe odgovorne za razvoj ELF-a, H. Blair kao i W. Poteet doživjeli infarkte. V. Valković s naše strane također je otpao kao koordinator testiranja, kada se našlo, najprije od strane američkog istraživačkog novinara, da je V. Valković već prethodno demonstraciji od 11.02.2000. bio u posjedu dionica Loch Harris-a.

4. Konačni izvještaj o uređaju ELF firme Loch Harris od 10. 04. 2001. i prekid odnosa

Kada je postalo sasvim jasno da se u promijenjenim uvjetima neće dobiti ELF uređaj na naše detaljno i stručno ispitivanje na zato pripremljenom poligonu, napisan je konačni izvještaj o testiranju uređaja ELF. Konačni izvještaj potpisan je u sastavu kao i preliminarni izvještaj od 28.02.2000., osim što su zbog mogućeg sukoba interesa izostavljeni V. Valković i K. Nađ. Konačni izvještaj napisan je 10.04.2001. (3), više od godinu dana nakon demonstracije u Zagrebu. U izvještaju se kaže da je provođenje demonstracije 11. i 12.02.2000. shvaćeno kao prilika za prvo upoznavanje s uređajem. Kako su, međutim, rezultati demonstracije bili senzacionalni, to je preliminarni izvještaj od 28.02.2000. zaključio da oni ne mogu biti prihvaćeni bez objektivne provjere od naših stručnjaka. Loch Harris je takovu provjeru izbjegao. U konačnom izvještaju stoji da je vrlo nevjerovatno da uređaj, koji bi i pod objektivnim okolnostima mogao dati rezultate poput onih sa demonstracije od 11. i 12.02.2000., ne bi bio tijekom protekle godine 2000. do travnja 2001. prezentiran stručnoj svjetskoj zajednici koja se bavi razvojem

tehnologija za humanitarno razminiranje. Konačno, izvještaj zaključuje da je sve vjerojatnije da se radilo o manipulaciji od strane suradnika firme Loch Harris Inc. kojima su obavijesti o testiranju u Hrvatskoj služile za dizanje vrijednosti njihovih dionica na američkim burzama. Naš rezervirani preliminarni izvještaj od 28.02.2000. vjerojatno je bitno ograničio učinke. Na kraju, konačni izvještaj preporučio je prekid svih odnosa s firmom Loch Harris prema kojoj se ne može imati ništa više povjerenja nego prema njihovom proizvodu ELF-u. Danas, u 2007. godini, uređaj ELF ne postoji u stručnoj javnosti, pa su sumnje izražene u konačnom izvještaju iz 2001. potvrđene. Istovremeno, i pored negativnog iskustva sa ELF-om, smatramo da se nijedan predloženi uređaj ili metoda koja obećava spašavanje ljudskih života, ne može odbaciti unaprijed bez razmatranja. Drugačiji postupak bio bi suprotan humanitarnoj etici na kojoj se temelji angažman znanstvenika na razvoju novih metoda razminiranja.

5. Reference

1. ELF test report, D. Antonić, M. Bajić, V. Knapp, K. Nađ, I. Šlaus i V. Val-ković, HCR (CROMAC), 28.02.2000.
2. ChemTech, CROMAC, Memorandum of Understanding between Cro-atian Mine Action Center (CROMAC) and Loch Harris, Inc. (Chem-ical Detection Technology, Inc. -ChemTech), Zagreb, Croatia, February 2000.
3. ELF demonstration tests in Croatia, Final report, V. Knapp, I. Šlaus, M. Bajić i D. Antonić, HCR (CROMAC), 10.04.2001.

PRONALAZENJE MINSKOEKSPLOZIVNIH NAPRAVA POMOĆU PASA

LANDMINE DETECTION USING DOGS

Mario Bauer

Vetarinarski fakultet, Zagreb

mario.bauer@vef.hr

Abstract

Along with the overview of a dog capacity in detecting landmines, this paper describes the use of dogs in this region, as well as unsuccessful attempts to valorize them correctly. It also describes establishment of a Mine Detection Dogs Training Association, as well as the Association Work Plan, but also a lack of understanding of a wider community for capabilities of dogs, and, in accordance with that, lack of necessary financial support.

Existing mine clearance and suspected area reduction methodology will hardly enable keeping the deadline for demining of Croatia set by the Ottawa Convention. This especially concerns forested mine contaminated areas, where there is no other possibility than to use deminers with dogs.

CROMAC and HCR-CTRO (Croatian Mine Action Centre - Centre for Testing, Development and Training) should pay more attention to training of dogs and their handlers, to controlling their work and to their regular retraining. They should also increase the scope of work of deminers with dogs in minefields.

It is also important to provide necessary resources for implementation of this project.

Sažetak

Uz prikaz mogućnosti pasa u pronalazanju minskoeksplozivnih naprava, kritički je opisana njihova uporaba na našem području, kao i neuspjeli pokušaji njihove pravilne valorizacije. Prikazano je osnivanje udruge za školovanje pasa minotragača, plan rada Udruge, ali i nedostatak razumijevanja šire zajednice o mogućnostima pasa, te sukladno s time, pomanjkanje neophodne financijske podrške.

Metodologijom koja se danas primjenjuje u razminiranju minskih polja, ali i u redukciji sumnjivih površina, teško će se održati Ottavskom konvencijom predviđeni rok

potpunog razminiranja Hrvatske. Posebno se to odnosi na šumske minirane površine, gdje osim pirotehničara sa psom ne postoji druga mogućnost.

Nužno je da HCR, odnosno HCR-CTRO (Hrvatski centar za razminiranje - Centar za testiranje, razvoj i obuku) posveti daleko više pažnje školovanju pasa i njihovih vodiča, kontroli njihova rada i redovitoj redresuri i da proširi djelokrug rada pirotehničara sa psom na minskim poljima.

Jednako tako je nužno da se iznađu sredstva potrebna za ostvarenje ovoga projekta.

Problem zagađenosti minama u Republici Hrvatskoj prepoznat je kao globalni problem s dugoročnim posljedicama, a ujedno kao i jedna od glavnih kočnica cjelokupnog razvoja privrednih, gospodarskih i drugih resursa te zahtijeva brz i konstruktivan odgovor.

Cilj protuminskog djelovanja u Republici Hrvatskoj je do 2010. godine, različitim tehnologijama razminiranja i redukcijom sumnjive površine, vratiti miniranu površinu u raniji režim upotrebe.

Metodologijom koja se danas primjenjuje u razminiranju minskih polja, ali i u redukciji sumnjivih površina, teško će se održati Ottavskom konvencijom predviđeni rok potpunog razminiranja Hrvatske. Posebno se to odnosi na šumske minirane površine.

Sve je to bio povod, da se, na inicijativu HAZU, osnuje savjetodavno vijeće znanstvenika različitih profila, koji bi svojim radom i zalaganjem mogli poboljšavati postojeće, ali i pronalaziti nove i učinkovitije procese otkrivanja i uklanjanja minskoeksplozivnih sredstava, kojih u našoj domovini ima toliko, da ju međunarodne organizacije stavljaju među 10 najzagađenijih zemalja svijeta minskoeksplozivnim napravama u odnosu na ukupnu površinu teritorija, dok u odnosu na broj pučanstva izbijamo na sam vrh.

Metodologija otkrivanja i uništavanja minskoeksplozivnih sredstava, kojom se danas u Republici Hrvatskoj služimo, dobrim je dijelom unaprijeđena radom naših znanstvenika, a njihov istraživački rad, samostalan ili u suradnji s inozemnim znanstvenim centrima, obećava dobre rezultate.

No, iznimno važna, već davno poznata, a čini mi se i nezamjenljiva metoda pronalaženja minskoeksplozivnih naprava korištenjem psećeg njuha, ostala je posve zapostavljena. Psi u nas služe u procesima razminiranja, ali tek kao potpora strojnom razminiranju. K tome, ima ih malo, metode kojima su školovani su različite i ne uvijek dovoljno efikasne, sporazumijevanje pasa tragača i njihovih vodiča često je nedovoljno, a proces održavanja sposobnosti tih pasa je zapušten. Vodiči pasa u mnogim firmama koje

se bave razminiranjem su zapostavljeni i ne omogućavaju im se uvjeti, u kojima mogu funkcionalno održavati kondiciju svojih pasa.

Čini mi se da je to stanje posljedica općeg stanja nacije u odnosu na pse, kojima se u mnogim sredinama sužava životni prostor (vlasnici pasa ne mogu s njima ući u hotele, trgovačke radnje, poslovne prostore, mnoge parkove i šetališta, sredstva javnog prometa i sl.). Psima se općenito ne vjeruje.

Ipak, uvjeren sam da potpunog razminiranja naše domovine, poglavito šumskih površina (oko 20% naših šuma zagađeno je minama), ne može doći bez korištenja pasa.

S takvim uvjerenjem predložen je HCR-u program školovanja i primjene školovanih pasa, koje je tadašnje rukovodstvo HCR-a podržalo, ali nije našlo izvor financijskih sredstava, već predložilo osnivanje nevladine neprofitne humanitarne udruge (Pas u humanitarnom djelovanju – PHD), koja bi nastojala skupljati sredstva za postizanje svoga cilja, odnosno na preporuku HCR-a povezala se s jednom udrugom iz Kanade, čiji je rad u školovanju određenog broja pasa financirala kanadska vlada. Na žalost, metoda školovanja kanadskog instruktora nije se pokazala uspješnom, a i svaka ravnopravna suradnja s tom Udrugom bila je onemogućena.

Projekt udruge «Pas u humanitarnom djelovanju – PHD» predviđao je osnivanje jedinstvenog školskog centra za školovanje pasa minotragača i njihovih voditelja. Zadatak tog školskog centra bio bi:

- usavršavanje postojećih metoda rada pasa minotragača i njihovih vodiča i njihovo prilagođavanje geobiološkim uvjetima okoliša;
- uvođenje novih, u svijetu već provjerenih metoda detekcije minskoeksplozivnih sredstava pomoću pasa;
- iznalaženje novih metoda detekcije minskoeksplozivnih sredstava u različitim geobiološkim sredinama u kojima se može koristiti pas, sam, s vodičem, s pirotehničarom, ili uz sudjelovanje neke druge metode (MEDDS, na pr.);
- redovita godišnja redresura pasa minotragača i korekcija njihova rada po zahtjevima tijekom izvršavanja zadataka;

Metodologija kojom bi se Centar služio strogo je znanstvena, a bazira se na opažanjima tijekom školovanja i rada na terenu, o vladanju pasa pri različitim uvjetima vanjske sredine (temperatura i stupanj relativne vlažnosti tla, temperatura i stupanj relativne vlažnosti zraka na različitim nivoima iznad tla, barometarski tlak, smjer i brzina vjetera, zagađenja u zraku, zagađenja u tlu, vrsta biljnog raslinja, mineralni sastav tla, biokemijski sastav tla i raslinja i sl.), a u suradnji s odgovarajućim znanstvenicima i adekvatno

opremljenim terenskim i stacionarnim laboratorijima.

Sama metoda školovanja svodi se na čvrstu socijalizaciju školovanog psa na svog vodiča i navikavanje psa da traži nadzemnu i podzemnu zadanu mirisnu jedinicu, te da je prepoznatljivim načinom točno pozicionira. Istovremeno bi se školovali i vodiči, kako bi što bolje poznavali i razumjeli fiziologiju i psihologiju pasa, osnovne postavke o hranidbi, higijeni i preventivi bolesti, kao i prepoznavanju bolesti i pružanju prve pomoći psima, ali i ljudima u slučaju nezgode na radu u minskom polju.

Školovanje bi trebalo provoditi na poligonima s postavljenim školskim minskoeksplozivnim napravama, a zbog različite konfiguracije i klime na području Republike Hrvatske, potrebna su najmanje dva poligona. Jedan u priobalnom pojasu i njegovom zaleđu i jedan u kontinentalnom dijelu zemlje.

Obrazloženje ovog projekta bilo je slijedeće:

1. Uvod

U Hrvatskoj, kao uostalom i u drugim dijelovima svijeta, u razminiranju se služimo s tri osnovna načina. To su u prvom redu pirotehničari koji metaldetektorima i pipalicama pronalaze mine i odmah ih uklanjaju. Njihov je posao na žalost izrazito spor, naporan i rizičan. U najpovoljnijim uvjetima najbolji pirotehničari ne mogu dnevno pretražiti više od 200-400 m² površine, a u godišnjem prosjeku daleko manje (20-40 m² dnevno), dapače u nekim su područjima posve onemogućeni, kao npr. u kraškim područjima gdje se ispod nekoliko centimetara zemlje nalazi kamen. Tu pipalica ne koristi, a protupješačke nagazne plastične mine bez metalnih dijelova, metaldetektor ne može otkriti.

Način razminiranja pomoću protuminskih strojeva ima određeno značenje samo na ravničarskim zemljanim površinama i to uz niz ograničavajućih faktora, te stoga nakon prolaska stroja razminirano područje moraju dodatno prekontrolirati ili pirotehničari s pipalicom i metaldetektorom ili školovani psi. Dapače, dva psa, da bi se postigla puna sigurnost razminiranja. Jasno je da niti stroj nema učinka u šumi, pogotovo ako je podloga kamenita i brdovita.

Trenutno izgleda, da će pas školovan da njuhom pronalazi mirisne čestice eksploziva, te da nam pokaže njihov izvor - minskoeksplozivnu napravu, biti osnovna i najpouzdanija metoda uspješnog rješavanja problema razminiranja, poglavito u brdskošumskim priobalnim područjima.

2. Zašto pas?

Psu je osjetilo njuha osnovno osjetilo kojim se snalazi u svojoj okolini; nije me prima informacije i komunicira s ostalim pripadnicima iste vrste. Mnogo je bolje razvijeno nego u čovjeka, čak ih je teško usporediti. Današnja znanost smatra da čovjek može mirisno osjetiti neku aromatsku tvar razrijeđenu nekim bezmirisnim otapalom u omjeru 1:1000, odnosno 1 g neke mirisne tvari otopljene u 1 litri bezmirisnog otapala. To bezmirisno otapalo je čista voda, jer jedino ona ne otpušta mirisne čestice. Sve ih ostale tvari otpuštaju, neke u većim količinama, neke u tako malim, da ih čovjek ne može njuhom registrirati. Za razliku od čovjeka, pas će svojim njuhom moći osjetiti miris neke tvari i u tako velikom razrjeđenju, da je to nama ljudima jedva pojmljivo.

Smatra se da je pas sposoban osjetiti miris neke tvari u bezmirisnom otapalu u koncentraciji od 1×10^{-17} . Dovoljno je, dakle, otopiti 1 g neke mirisne tvari u 10 milijuna kubnih metara vode, pa da je pas može njuhom registrirati. Postoji zgodna usporedba koja olakšava shvaćanje mogućnosti njuha u pasa: istresemo li 6 boca viskija u Ženevsko jezero, pas ga može nanjušiti! Zvuči nevjerovatno, ali je znanstveno točno!

No, u prirodi postoje i druga bića koja imaju tako, a vjerovatno i još jače razvijen osjet njuha. Stoga se opet postavlja pitanje: zašto baš pas, a ne druge, sposobnije životinjske vrste? Ali i ovdje postoji jednostavan odgovor. Pas je jedina životinjska vrsta s kojom čovjek zna komunicirati i čini to već 18000 godina, a možda i dulje. Psi se, dakle, može naučiti da svoja osjetila stavi čovjeku na raspolaganje i da mu prepoznatljivim načinom pokazuje ono, što čovjek svojim osjetilima ne može dokučiti.

Psi mogu otkrivati, ima li na nekoj sumnjivoj površini postavljenih mina ili ne, mogu vršiti metodu kontrole ili nadzora, raditi iza stroja i pronalaziti neaktivirane minskoeksplozivne naprave i djeliće onih, koje stroj nije aktivirao, ali ih je razorio. Konačno, psi mogu uz pratnju pirotehničara, na minskom polju otkrivati mine koje pirotehničar odmah uklanja i pritom su u poslu znatno pouzdaniji i brži od pirotehničara s pipalicom. Pas može pregledati dnevno 1500 do 2000 m² zemljišta, dok pirotehničar s pipalicom niti u najpovoljnijim uvjetima ne može više od 400 m², dok mu je prosjek mnogo niži, svega oko 40 m².

Naravno, da i pas u radu ima neka ograničenja. Smeta mu suviše visoka trava i bodljikavo šipražje, nije pouzdan u radu ako je temperatura tla niža

od 2 °C, ako je zrak izrazito suh (ispod 30% relativne vlage), ako je vjetar jači od 15 km/h, ili ako je vanjska temperatura iznad 25 °C. Stoga on može pouzdano raditi u našim klimatskim uvjetima u prosjeku oko 100 dana , a dnevno može pretražiti 1500 – 2000 m². To znači da jedan pas može nakon školovanja u svom radnom vijeku do navršene 8. godine života pretražiti cca 1 km² površine.

3. Načini korištenja pasa u razminiranju

U procesima razminiranja pse se može koristiti na više načina. Prvi način njihove primjene jest u izviđanju sumnjivog terena. Školovani pas pusti se na sumnjivu površinu po kojoj se slobodno kreće i njuhom traži mirisne čestice eksploziva u zraku. Školovan je tako, da u trenutku kad osjeti miris eksploziva, sjeda. Vodič ga tada poziva da napusti sumnjivi teren, koji se više ne smatra sumnjivim, već stvarno miniranim i razminiranjem se pristupa metodom koja odgovara tom terenu.

Drugi način upotrebe pasa je provjera kvalitete rada stroja. Nakon prolaska stroja koji aktivira neke, ali ne i sve mine, već neke samo iskopa i odbaci u stranu, a neke zdrobi, ali ne aktivira, neaktivirane mine treba pronaći i ukloniti. Treba ukloniti i upaljače razorenih neeksploziviranih mina, kao i komade eksploziva iz razorene mine, koji također u danim okolnostima mogu biti opasni.

Treći način upotrebe pasa je ne samo pronalaženje mirisnih čestica eksploziva u zraku, već i otkrivanje njihova izvora, pokazujući ga vodiču pirotehničaru s preciznošću od nekoliko centimetara. Ti su psi školovani da njuhom pronalaze i žice poteznih mina, što je ujedno i najopasniji dio cijeloga zadatka. Naravno, psi se po minskom polju kreću sustavno, kako bi cijelo polje bilo detaljno pretraženo. Upravo i jedino ovim načinom rada mogu se razminirati šumske površine, a u Hrvatskoj za ovaj način rada još nema školovanih pasa.

Konačno, pas može otkrivati mirisne čestice eksplozivnih tvari i u laboratorijskim uvjetima, u konzerviranom zraku sa sumnjivih terena, kako to predviđa program MEDDS.

4. Cilj projekta

U Hrvatskoj trenutno radi oko 40 pasa, školovanih u različitim centrima u svijetu po različitim metodama, i manje ili više prilagođenih našim geo-

klimatskim uvjetima. Svi su oni morali proći kroz proces verifikacije koju provodi povjerenstvo HCR-a ispitom na ispitnom poligonu, da bi dobili dozvolu za rad. Pritom je uočena prilično loša opća kvaliteta tih pasa, koja nas nikako ne može zadovoljiti. Svi ti psi rade isključivo po drugom načinu rada, dakle u nadzoru kvalitete rada stroja. Unatoč prosječno lošem uspjehu na ispitima, ipak do danas je stradao samo jedan pas u incidentu kojeg je izazvao pirotehničar svojom nepažnjom. To govori da psi dobro poznaju mirisne karakteristike eksploziva, ali njihova nepouzdanost je posljedica nedovoljne sprege psa i njegova vodiča. To znači da vodič i pas moraju od početka biti zajedno školovani, te da škola za pse minotragače za potrebe razminiranja u Hrvatskoj mora biti ovdje, gdje će oni raditi.

Postoje i drugi vrlo značajni razlozi, kao npr: ujednačenost metodologije školovanja prilagođene geoklimatskim uvjetima u Hrvatskoj, mentalitet i prosječna naobrazba potencijalnih vodiča pasa minotragača te njihov općeniti odnos spram životinja, mogućnost školovanja na identičnom terenu onome koji treba razminirati, mogućnost doškolovanja pasa i njihovih vodiča na osnovi povratnih informacija sa terena. Hrvatska raspolaže s dosta kvalitetnih stručnjaka za školovanje pasa, a i s dovoljno kvalitetnih pasa za školovanje koji su već generacijama prisutni u našim specifičnim geoklimatskim i kulturološkim uvjetima i posve aklimatizirani. Konačno, ne manje značajna je i činjenica da u Hrvatskoj možemo školovati pse po znatno nižoj cijeni od svih drugih škola za pse minotragače u svijetu.

Očito je onda da zbog svih spomenutih razloga Hrvatska mora imati svoju školu za pse minotragače, gdje će se od prvog dana zajedno učiti i vodiče i pse, gdje će stjecati osjećaj partnerstva i međuovisnosti. Uzmemo li pri tome u obzir da u Hrvatskoj treba pretražiti oko 1.000 km² terena, od čega je velik dio pod šumskim raslinjem, te da jedan pas može tijekom radno sposobnog dijela života pretražiti do 1 km², onda je broj potrebnih školovanih pasa zaista velik.

Uspostava poligona, nabavka školskih mina, održavanje i nadzor poligona, nastambe za pse, transportna sredstva za pse i njihove vodiče, za instruktore, boravak na terenu, zdravstveni nadzor, veterinarski nadzor, različita oprema, i sl., dovode do relativno visoke cijene školovanja pasa. Američke i kanadske škole računaju da školovanje jednog tima vodič-pas stoji 50.000 US dolara. U našim uvjetima to je ipak mnogo jeftinije, školovanje tima vodič sa dva psa stajao bi oko 25.000 US dolara. To je 50% jeftinije, a razlika je i u tome, što bi se uz jednog vodiča školovala 2 psa, dok oni uz jednog

vodiča školuju samo jednog psa.

Hrvatska još nije osigurala sredstva za vlastito školovanje pasa, a neke međunarodne organizacije i vlade nekih zemalja koje su voljne pomoći, ne pomažu doniranjem novaca, već školovanih pasa, no njihova je kvaliteta rada u našim uvjetima uvijek do sada bila upitna. Stoga smatramo da je krajnje vrijeme da se pronađu sredstva i priđe rješavanju ovog problema.

5. Zaključak

Problem zagađenosti minama u Republici Hrvatskoj prepoznat je kao globalni problem s dugoročnim posljedicama, a ujedno kao i jedna od glavnih kočnica cjelokupnog razvoja privrednih, gospodarskih i drugih resursa te zahtijeva brz i konstruktivan odgovor.

Cilj protuminskog djelovanja u Republici Hrvatskoj je do 2010. godine, različitim tehnologijama razminiranja i redukcijom sumnjive površine, vratiti miniranu površinu u raniji režim upotrebe.

Metodologijom koja se danas primjenjuje u razminiranju minskih polja, ali i u redukciji sumnjivih površina, teško će se održati Ottavskom konvencijom predviđeni rok potpunog razminiranja Hrvatske. Posebno se to odnosi na šumske minirane površine, gdje osim pirotehničara s psom ne postoji druga mogućnost.

Nužno je da HCR, odnosno HCR-CTRO (Hrvatski centar za razminiranje - Centar za testiranje, razvoj i obuku) posveti daleko više pažnje školovanju pasa i njihovih vodiča, kontroli njihova rada i redovitoj redresuri i da proširi djelokrug rada pirotehničara s psom na minskim poljima.

Jednako tako je nužno da se u državnom proračunu iznađu sredstva potrebna za ostvarenje ovoga projekta.

NAČINI AKUSTIČKOG OTKRIVANJA MINA ACOUSTIC MINE DETECTION METHODS

Branko Somek

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
branko.somek@fer.hr

Abstract

In this paper, an overview is given of the project Acoustic mine detecting in shallow waters DRUMS-BULRUSH. It describes basic principles of working and methods of acoustic mine detecting using nonlinear acoustics, DEO and BULRUSH systems (working titles), the comparison and evaluation of each proposed system. The possibilities of such way of mine clearance are given, as well as the chronology of entering into the project, defining the activities and their carriers which are important for the developing of the project. Although the first researches pointed to the advantages of such procedure, it can be basically said that financing is the main reason why the project was cancelled.

Sažetak

U članku je iznesen osvrt na projekt Akustičkog otkrivanja mina u plitkim vodama DRUMS-BULRUSH. Opisani su osnovni principi rada postupaka akustičkog otkrivanja mina primjenom nelinearne akustike, sustava DEO i BULRUSH (radni nazivi), usporedba i vrednovanje pojedinih predloženih sustava. Navedene su mogućnosti takvog načina razminiranja. Navedena je kronologija ulaska u projekt, definirane su akcionosti i njihovi nositelji važni za izradu projekta. Iako su prva istraživanja ukazala na prednosti takvog postupka, može se u osnovi reći da je financiranje bilo glavni razlog za prekid rada na projektu.

1. Uvod

Da se podsjetimo! Prema procjeni, u domovinskom ratu u Hrvatskoj minirano je preko 30 kvadratnih kilometara plitkih voda. Od te površine otpada na rijeke 25%, na jezera 5%, na različite kanale 20% i na močvarne površine 50%.

Na osnovu toga Hrvatski je centar za razminiranje (HCR) ukazao na potrebu humanitarnog razminiranja u slatkovodnim vodama, rijekama, jezerima, kanalima, močvarama i ostalim vodenim površinama u Hrvatskoj.

Veliki, a nepoznati broj mina postavljen je u plitkim vodama oko rijeka Save i Drave, odvodnim kanalima i području zaštićenog parka prirode Kopačkog rita, te ostalim rijekama i odvodnim i drenažnim kanalima koji se nalaze na nekadašnjim područjima ratnog djelovanja. Rat Srbije protiv Hrvatske (1991.-1995.) ostavio je iza sebe više od 1,2 milijuna mina postavljenih na oko 4.500 km², i to u najvećem broju u istočnom dijelu Hrvatske oko Osijeka.

Pješačke i protutenkovske mine najčešće se postavljaju pod zemlju na strateškim područjima: ceste, pruge i sl. Također se postavljaju u plitke vode riječnih korita, odvodne i drenažne kanale, oko jezera i močvara i dr. Problem razminiravanja u takvim područjima je u tome što ne postoje djelotvorni sustavi za detekciju mina. Novi sustavi za detekciju mina moraju imati znatno bolje karakteristike. Moraju biti sigurni i pouzdaniji, a naročito zbog toga što se traži visok postotak točnosti otkrivanja, preko 99,6%. Nadalje, mora se smanjiti postotak lažnog alarma, a sustavi trebaju biti jednostavni i sigurniji za upotrebu, itd. To je dovelo do traženja pogodnih tehnologije za otkrivanja mina pod vodom. HCR je proučio nekoliko postupaka za detekciju mina pod vodom, ali nije nađen ni jedan koji bi bio prihvatljiv.

2. Tehnološke i znanstvene osnove metode Bulrush

Krajem 1999. g u organizaciji kanadske tvrtke Guignet, HCR-u je između ostalih predstavljena i DRUMS tehnologija za detekciju mina pod vodom primjenom metode nelinearne akustike visoke razlučivosti.

DRUMS (Dynamic Resolution Underwater Matrix Sonar) primjenjuje princip nelinearne akustike za detekciju objekata pod vodom. DRUMS sustav osniva se na modularnoj tehnici, kombinaciji hardvera, softvera i kodiranih algoritama. Osnovni dio DRUMS-a je BULRUSH sustav sonara, koji omogućuje dinamičke promjene akustičkih parametara emitiranja, primjeni algoritama koji se baziraju na identifikaciji i klasifikaciji mina. Rezolucija Bulrush sustava opisana je frekvencijskim područjem i prostornom rezolucijom (75 do 225 kHz, sa sredinom oko 150 kHz, prostorna razlučivost je 1,2 cm). BULRUSH sustav sastoji se od niza sonara, odnosno akustičkih

pretvarača. Svaki je pretvarač dio cjeline ali je neovisan, tako da mreža pretvarača omogućuje detaljnu analizu snimanog prostora. Na osnovu velike količine podataka moguća je detaljna klasifikacija objekata. Akustički impuls koji se emitira pod vodu reflektirat će se i od prirodnih objekata, kao što je kamenje, školjke, vegetacija i sl. Stoga treba posebno izdvojiti one refleksije koje dolaze o nepoznatih objekata, npr. mina. To se postiže mrežom pretvarača i obradom signala. Primjenom tehnike preklapanja zraka i fraktalne tehnike moguće je brzo odvojiti refleksije primarnih od sekundarnih ciljeva pod vodom.

3. Kronologija početka suradnje i planovi aktivnosti

Kraj 1999. predstavljanje tehnologije - DRUMS. HCR je 2001. organizirao znanstveno-stručni skup vezan za razminiravanje vodenih površina, a posebno Kopačkog rita kao zaštićenog parka prirode. Na tom je skupu predstavljena i sonarska tehnologija kanadske tvrtke Guignet. Osim predstavnika tvrtke Guignet (dr. Jacques Guignet i dr.), bili su prisutni i predstavnici multinacionalne kompanije Thomsom-Marconi Sonars – TMS (Keith Knight i dr.), kao njihovi potencijalni partneri u tom poslu. Nakon sastanka potpisano je pismo namjere za projekt razvoja sustava prema UN standardima za humanitarno razminiravanje pod radnim naslovom BULRUSH (visoki šaš).

Nakon predstavljanja DRUMS tehnologije za detekciju mina u veljači 2001. g. u Brestu je održan sastanak na kojem su sudjelovali svi prije navedeni, a i ostali zainteresirani za izvedbu projekta, kao i predstavnici HCR-a. Na tom su sastanku dogovorene zadaće na projektu i dani planovi aktivnosti. HCR je trebao pripremiti propozicije za uključanje u projekt BULRUSH, ali i načine financiranja, GIL definirati tehnološke zahtjeve za mine i eksplozive, TMS i HCR regulirati međusobne odnose, dok su TMS i GIL preuzeli posebni angažman u pronalaženju sponzora za financiranje projekta.

Glavne smjernice za uključanje HCR-a u dokumente Description of Work bile su da se u skladu s preporukama UN-a provede dovoljno kvalitetno razminiravanje, što znači da 99,6% mina na miniranoj površini treba biti detektirano. Taj zahtjev mora biti ispunjen, ne samo na ispitnoj površini, već se mora postići u stvarnom minskom polju. Tu treba uzeti u obzir vjerojatnost detekcije, krive alarme, itd. Nakon uspješnog ispitivanja HCR može izdati certifikat za uređaj koji će biti upotrijebljen za humanitarno razminiranje. Time je posebno naglašena uloga HCR-a u projektu BULRUSH.

Na osnovu toga HCR je dao program aktivnosti za BULRUSH projekt s definiranim zadacima i radnim planom, kao npr. podatke za određene mine i eksplozive, ulazne podatke za finalizaciju definiranog problema i kriterije za sonar, koji su vezani za pojedine vodene površine, izradu plovila i dr.

Razrađeni su ciljevi kao i predradnje za njihovo ostvarenje: izrada scenarija pristupu ostvarenja zadatka; postavljanje platformi i operativni plan; postavljanje zahtjeva za ispitivanje, kao i zahtjeve za konstrukciju ispitne stanice BULRUSH sustava.

Posebno su razrađeni operativni zahtjevi, koji su vezani za definiranje prioriteta ispitnih površina, radi testa vrednovanja tj. određivanje zona: okoline rijeka, kanala, jezera i močvara.

Potrebno je dati podatke o minama i eksplozivima koji se očekuju na minimiranim površinama.

Organizirati ispitivanje na površini ispitnog poligona od oko 1000 m² na koju treba postaviti 1000 točno određenih mina, a koje prema svojim karakteristikama odgovaraju u osnovi postavljenim minama.

HCR treba omogućiti ispitne eksperimente u Hrvatskoj i to u ispitnim bazenima i realnim uvjetima.

U tom su materijalu naznačeni problemi financiranja i načini rješavanja.

4. Odabir ispitnih poligona i načini provedbe testiranja

Stručnjaci kanadske tvrtke GIL, zajedno sa stručnjacima HCR-a, FER-a i BI obavili su radne posjete u područja u kojima je potrebno razminiranje u plitkim vodama: Kopački rit, kanale Drave i Save, kao i ribnjake u Brodskom Stupniku. Uočeni su problemi za ispitivanje u bazenima. U ribnjacima u Brodskom Stupniku odabrani su bazeni u kojima bi se provodilo testiranje sustava, kao i područja u Kopačkom ritu za ispitivanje u realnim uvjetima.

Tvrtka GIL predložila je program ispitivanja koji se trebao provesti u početku 2002. g., a taj se program ispitivanja trebao odnositi na ispitivanje mina i eksploziva u bazenu u Brodarskom institutu, te akustička ispitivanja sedimenta u bazenima u Brodskom Stupniku, Novom kanalu, te jedno opsežno ispitivanje u Kopačkom ritu. GIL je predložio vremenski plan i naveo stručnjake, koji su uz stručnjake HCR-a potrebni za provedbu ovih ispitivanja: Dave Millan - glavni inženjer; Ian Mc Demontt - glavni geofizi-

čar; Warren Miron - voditelj projekta APL-DRUMS-BULRUSH; Robert Machin - softver inženjer i specijalist za mine; Jennifer Woodrow - stručnjak za procesiranje signala.

HCR je prema traženim zahtjevima izradio troškovnik za provođenje ovog ispitivanja, odredio članove radne grupe i voditelja projekta, koji su trebali zajedno s tvrtkom GIL sudjelovati u ostvarenju projekta, te provesti navedena testiranja.

Budući da sustavi za otkrivanje mina u plitkim vodama ne postoje, a u svijetu postoje mnoga područja pokrivene minama koja imaju upravo takve površine, načinjena je regionalna podjela u kojima bi se mogao primijeniti sustav osnovan na BULRUSH metodi za otkrivanje mina, kao i nosioci tog djelovanja u pojedinim regijama u svijetu:

Afrika - Mozambik

Balkan - Hrvatska, BiH

CEI / CIS+ Centralna Azija -Turska

Srednji istok - Izrael

Južna /Centralna Amerika - Čile

Prije završetka ovog prikaza htio bih naglasiti da su članovi radne grupe koji su bili uključeni u projekt akustičkog otkrivanja mina BULRUSH analizirali i izvršili usporedbu različitih postupaka akustičkog otkrivanja mina. U članku NAČINI AKUSTIČKOG OTKRIVANJA MINA, autori Branko Somek i Ivan Đurek došli su do zaključka da je sustav DRUMS-BULRUSH prema svojim osnovnim karakteristikama pogodniji za otkrivanje manjih objekata, s tim da se provede verifikacija sustava, dok je DEO (Detection of Embedded Object) pogodniji za veće objekte, iako se oba osnivaju na primjeni nelinearne akustike.

5. Zaključak

I na kraju da zaključimo. HCR je imao značajnu ulogu u izvedbi ovog projekta, od klasifikacije područja prema zemljopisnim zonama, određivanja vremena istraživanja u pojedinim zemljopisnim područjima, postavljanja, provedbe i vrednovanja ispitivanja, logističke potpore u neophodnoj dodatnoj opremi sustava i poligonima ispitivanja, administrativnoj i komunikacijskoj opremi, programu prikupljanja podataka, postavljanja sustava testiranja, te potvrde i vrednovanje rezultata testiranja.

Članovi radne grupe koji su bili uključeni u taj projekt, pokrivali su sva interdisciplinarna područja potrebna za uspješnu realizaciju BULRUSH-a pa su prema svojim stručnim i znanstvenim potencijalima i iskustvima mogli pridonijeti u izradi i ostvarenju cijelog projekta i njegovoj verifikaciji. Razlozi za nenastavljanje rada na projektu „Akustičko otkrivanje mina pod vodom“ obrazloženi su poteškoćama u financiranju.

Kao koordinator i voditelj određenih programa na projektu, mogu sa žaljenjem naglasiti da je šteta što nije nastavljen zajednički rad na tom projektu koji je mnogo obećavao i koji je mogao imati značajnu ulogu u humanitarnom razminiravanju područja pokrivenih minama u plitkim vodama (npr. uz sve gore istaknuto i posebna sigurnost s daljinski upravljanim plovilom i platformom). Uz to treba posebno spomenuti da se s financijskim sredstvima dobivenim za taj projekt moglo znatno više učiniti, samo da je bilo više humanitarnog, a manje financijskog pristupa, odnosno razumijevanja.

6. Reference

1. M. Gensane; Physics of bottom scattering and some applications, High frequency acoustics in shallow water; Fd.N.G. et al., NATO SACLAND, Undersea Research, 1997.
2. M. Gensane et al., Detection of Embedded Objects, Symposium book of the 3rd European Marine Science and Technology Conference, Lisbon, May 1998.
3. J.C.Cook et al., Measurement of acoustics scattering by cylindrical shell using a parametric sonar, Proc. of the 4th European Conference on Underwater Acoustics, Rome, Sept. 1998.
4. A. Truco, A pattern recognition strategy for the detection of buried objects, Proc. of the 5th European Conference on Underwater Acoustics, Lyon, July 2000.
5. B. Somek, I. Đurek, Načini akustičkog otkrivanja mina, Časopis za unapređenje, razvoj i praksu protuminskog djelovanja, HCR, veljača, 2002.
6. Dopisni materijali sudionika na projektu

KORIŠTENJE PČELA PRI OTKRIVANJU EKSPLOZIVA

EXPLOSIVE DETECTION USING HONEYBEES

Nikola Kezić¹, Sabine Kemmlein², Nikola Pavković³, Reinhard Noske⁴,
Hrvoje Gold⁵ i Milan Bajić⁶

Abstract

Honeybees have good sense of spatial orientation and in order to find food they rely on their well-developed olfactory sense. If they begin to feed on a certain food, they stay faithful to that food and to its smell as long as the pasture lasts, regardless of the fact that new food sources appear in the environment. If we are familiar with the behaviour and biology of honeybees, we can control them. We can direct them to search for the smell that they associate with the food source, or to fly in the area in which we have directed them. Testing of mine detection with honeybees has been developing in two separate directions. Research was conducted of passive and active methods of detecting explosives. Honeybees passively bring into the beehive particles that stick to their hairs during the flight. These particles accumulate in the beehive and their presence can be determined. It is possible to train honeybees to detect the smell of explosive actively in 4 to 7 days. Honeybees remain interested in that particular smell for the next day or two.

Sažetak

Pčele se dobro orijentiraju u prostoru, a za pronalaženje hrane oslanjaju se na dobro razvijen osjet mirisa. Ukoliko krenu na određenu hranu, ostaju vjerne toj hrani i mirisu te hrane sve dok traje paša bez obzira što se u okolini javlja novi izvor hrane. Poznavanjem ponašanja i njihove biologije moguće je upravljati s pčelama. Možemo ih usmjeriti da traže miris koji smo im povezali s izvorom hrane, ili da se kreću u prostoru na koji smo ih usmjerili. Dosadašnja istraživanja otkrivanja mina s pčelama razvijala su se u dva odvojena pravca. Istraživanja je pasivna i aktivna metoda otkrivanja eksplo-

¹ Agronomski fakultet, Zagreb; nkezic@agr.hr

² BAM, Berlin, Savezna Republika Njemačka; sabine.kemmlein@bam.de

³ HCR-CTRO d.o.o.; nikola.pavkovic@ctro.hr

⁴ BAM, Berlin, Savezna Republika Njemačka; Reinhard.Noske@bam.de

⁵ Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; hrvoje.gold@fpz.hr

⁶ Geodetski fakultet, Zagreb; milan.bajic@zg.t-com.hr

ziva. Pčele pasivno unose u košnicu čestice koje za vrijeme leta pokupe na dlačicama tijela. U košnici se ove čestice skupljaju i moguće ih je utvrditi. Pčele je moguće naučiti da aktivno otkrivaju miris eksploziva za 4 do 7 dana. Pčele ostaju zainteresirane za naučeni miris slijedećih jedan do dva dana.

1. Uvod

Medonosne pčele rasprostranjene su danas skoro na svim prostorima gdje žive i ljudi. Brojna su istraživanja prisutnosti rezidua u pčelinjim proizvodima kao pokazatelja onečišćenja okoliša (Barišić 1992., 1994., 1999., Kezić 1996.). Pčele se dobro orijentiraju u prostoru, a za pronalaženje hrane oslanjaju se na dobro razvijen osjet mirisa (Frish 1993). U košnici uz jednu maticu, nekoliko stotina trutova snaga zajednice može iznositi od 10 000 do 80 000 pčela radilica koje obavljaju poslove u košnici i odlaze po hranu u prirodu. Radijus kretanja u pronalaženju hrane je do 3 km, što znači da svojom aktivnošću pokrivaju površinu veću od 20 km². Ukoliko krenu na određenu hranu, ostaju vjerne toj hrani i mirisu te hrane sve dok traje paša bez obzira što se u okolini javlja novi izvor hrane. Pčele su u potpunosti prilagođene biljnoj ishrani. Nektar i medna rosa su energetska hrana dok im je pelud izvor proteina, vitamina i minerala. Tekuću hranu prikupljaju i donose u košnicu u mednom mješanu. U košaricama na zadnjim nogama donose pelud, koja se hvata na dlačice kojima je pčela dobro obrasla po cijelom tijelu.

Svaka pčela u toku jednog dana izlijeće 12 pa i više puta. Poznavanjem ponašanja i njihove biologije moguće je upravljati pčelama. Možemo ih usmjeriti da traže miris koji smo im povezali s izvorom hrane, ili da se kreću u prostoru na koji smo ih usmjerili.

Dosadašnja istraživanja otkrivanja mina s pčelama razvijala su se u dva odvojena pravca. Istraživanja je pasivna i aktivna metoda otkrivanja eksploziva.

2. Aktivna metoda

U prikupljanju hrane pčele ostaju dosljedne prikupljaju hrane vezanom za jednu vrstu mirisa sve dok se ne uvjere da više ne pronalaze hranu s tim mirisom. Prilagođavanje na novi miris te time i na novi izvor hrane kod pčela traje jedan do dva dana. Za brzo usmjeravanje pčela na novi izvor hrane ili usmjeravanje pčela na voćke koje su im manje atraktivne, a za potrebe oprašivanja provodi se dresura. Na iskustvima u oprašivanju biljaka

pomoću pčela utemeljen je program dresiranja pčela na miris eksploziva. Kako je miris TNT-a vrlo diskretan, dresura pčela je kompleksnija.

Pokuse provodimo na pčelinjaku Agronomskog fakulteta u Zagrebu. U početku smo razvijali hranilice kojima možemo osigurati dostatnu količinu hrane pčelama samo u prostoru u kojem je prisutan i miris eksploziva. Kako su ova istraživanja još u eksperimentalnoj fazi, koristimo male košnice od nekoliko okvira sa malom ali zdravom i normalno razvijenom pčelinjom zajednicom. Mrežastim šatorom pokusne zajednice bismo odvojili od pčelinjih zajednica u susjedstvu, a pokusne pčele od paše u prirodi (slika 1.).



Slika 1. Šator od mreže za pokus dresure pčela na miris eksploziva

Tijekom noći pčelinja zajednica dobije hranu obogaćenu mirisom eksploziva u hranilicu unutar košnice, a tijekom dana pčelama je ponuđena hrana u hranilicama u šatoru. Pčele lako pamte osim mirisa izvora hrane (miris cvjeta), oblike hranilice (cvijet) i raspored hranilica u prostoru (kartu). U želji da pčele odviknemo od oblika u prostor šatora stavljamo osim hranilica sa mirisom i hranom, identične hranilice ali bez mirisa eksploziva i bez hrane (slika 2.).

Pčelinja zajednica se nakon unošenja u šator prvi dan orijentira u prostoru. U toku prva dva do tri dana pčele otkriju hranu i nauče prepoznavati hranilice sa mirisom i hranom. Čestim premještanjem hranilica u šatoru i šatora prisiljavamo pčele da se u potrazi za hranom oslone na miris. U posljednja



Slika 2. Hranilica za pčele sa šećernim sirupom i eksplozivom prekrivenim zemljom (desno) i kontrolna hranilica bez mirisa eksploziva i hrane (lijevo)

dva do tri dana hranilice zaklanjamo sijenom ili lišćem, kako bismo otkrivanje hrane vezali samo za osjet mirisa. Kada pčele za manje od 15 min pronađu novo raspoređenu hranu, a na kontrolama nema pčela, smatramo da su pčele povezale izvor hrane sa mirisom. Testiranje provodimo na novom prostoru gdje većer ranije donosimo košnicu sa dresiranim pčelama, a na kojem je postavljen izvor mirisa i/ili na testnom minskom polju. Kretanje pčela u prostoru pratimo vizualno i/ili pomoću kamere (Bajić 2003.).

Zaključak: Pčele je moguće naučiti da prate miris eksploziva za 4 do 7 dana. Pčele ostaju zainteresirane za naučeni miris slijedećih jedan do dva dana.

Poteškoće: U dosadašnjim pokusima je učestvovalo 30 do 50 % pčela sakupljačica u potrazi za mirisom eksploziva. Namjera nam je povećati zainteresiranost pčelinje zajednice. Rad samo s jednom malom košnicom u jednom relativno malom šatoru je dugotrajan i spor. Pokusi se mogu provoditi u dijelu godine kada su pčele aktivne, odnosno od travnja do rujna. Na pokuse utječu klimatske prilike, kao što su dugotrajne kiše, vjetrovi i obilata paša u prirodi.

3. Pasivna metoda

Pčele na svojim dlačicama (slika 3) pri povratku u košnicu donose tvari koje su prisutne u prostoru u kojemu se kreću. Na ovaj način u košnicu dospiju i čestice eksploziva. U prikupljanju čestica eksploziva pomaže i elektrostatski naboj dlačica (Bromenshenk 2002).



Slika 3. Tijelo pčele je obraslo gustim i razgranatim dlačicama.

Istraživanja su provedena na testnom minskom polju u Benkovcu i Škabrnji. Pčelinje zajednice su donesene iz područja u kojem nema mina i postavljene na testno minsko polje mjesec dana prije početka provođenja pokusa. U svibnju 2004. godine u 600 litara zraka filtriranog iz košnice preko filtra od staklenih vlakana (slika 4.) utvrđena je prisutnost DNT u Škabrnji. U Benkovcu je utvrđeno u 11 sati 0,09, a u 21 sat, kada su se sve pčele vratile u košnicu 4,24 nanograma TNT-a (tablica 1.).

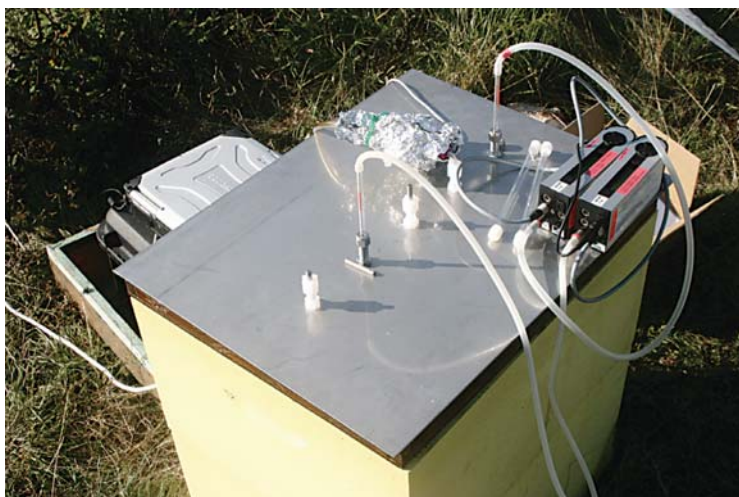


Slika 4. Uzorkovanje zraka iz košnice na filter od staklenih vlakana

Tablica 1. Utvrđeni eksploziv u nanogramima u 600 litara zraka iz košnice u svibnju 2004. godine na testnom minskom polju u Škabrnji i Benkovcu

Mjesto	Nanograma	11 a.m.	09 p.m.	vosak	pelud
Škabrnja	TNT	-	-	-	-
	DNT	-	0,1	-	-
	Tetril	-	0,2	3,2	11,6
	TNT	0,09	4,24	-	-
Benkovac	DNT	-	0,3	-	-
	Tetril	-	-	-	-

Pokus je ponovljen na testnom minskom polju u Benkovcu tijekom listopada 2005. godine, a rezultati su prikazani u tablici 2. Uzorci zraka iz košnice su prikupljeni pumpanjem 1 litre zraka na minutu na kolonu Tenaxa (slika 5).



Slika 5. Uzorkovanje zraka na Tenaxu iz košnice na testnom minskom polju (listopad 2005.)

Tablica 2. Utvrđene koncentracije eksploziva 2,3 DNT i 2,4,6 TNT u 12 L zraka iz košnice postavljene na testno minsko polje u Benkovcu 2005. godine.

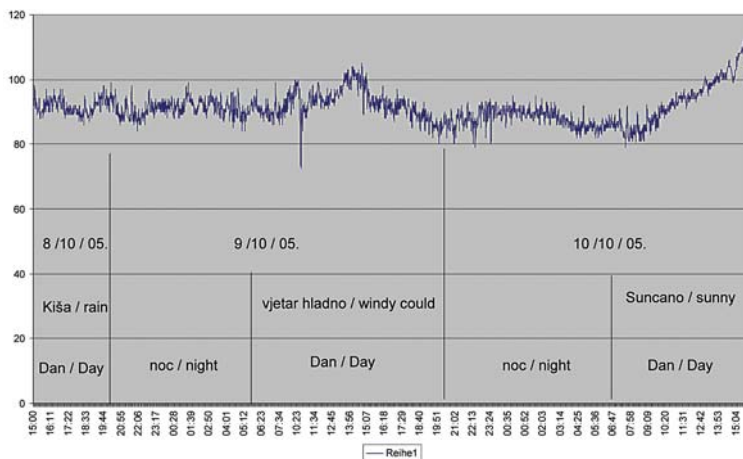
Vrijeme	Datum	Početak testa	2,3 DNT	2,4,6 TNT
Kiša	9.10.2005	9,30	5,48	n.d.
Kiša prestala	9.10.2005	17,45	11,64	n.d.
Sunčano	10.10.2005	9,15	3,95	n.d.
Sunčano	10.10.2005	16,00	48,95	n.d.

Prikupljanjem uzoraka zraka iz košnice postavljene na testno minsko polje utvrđena je prisutnost čestica 2,3 DNT-a od 3,95 do 48,95 ng u volumenu 12 litara (tablica 2.). U uzorcima prikupljenim u 8 h kada su pčele tek kretale na pašu utvrđeno je 3,45 ng, a u 16 h kad su se vratile s paše utvrđeno je 48,59 ng 2,3 DNT-a. Utvrđena prisutnost DNT-a u vrijeme kad pčele ne lete (kiša, jutro) je značajno manja.



Slika 6. Povezivanje košnice s elektroničkim nosom

U listopadu 2005. godine košnica je povezana s elektroničkim nosom i kontinuirano su praćene promjene u zraku iz košnice (slika 6.). Elektroničkim nosom utvrđena je promjena koncentracije DNT-a u košnici treći dan kad su se pčele vraćale s paše nakon što je kiša prestala padati (graf 1.), a vjetar se smirio.



Graf 1. Detekcija elektronskim nosom emisije tvari iz košnice

Zaključak: Za redukciju minsko sumnjivih površina, pasivnom metodom je moguće utvrditi prisutnost eksploziva u prostoru na kojem se pčele kreću. Predstoji utvrđivanje praga osjetljivosti ove metode, te utjecaja klimatskih i pašnih prilika za vrijeme praćenja.

4. Reference

1. Bajić, M., N. Kezić, (2003) Minefield detection by airborne remote sensing of honeybees clusters, project aimed to operational system implementation, Workshop at the International Trust Fund, Ljubljana, Slovenia, 24.01.2003
2. Barišić, Delko; Vertačnik, Astrea; Bromenshenk, Jerry; Kezić, Nikola; Lulić, Stipe; Hus, Mihovil; Kraljević, Petar; Šimpraga, Miljenko; Seletković, Zvonko. (1999) Radionuclides and selected elements in soil and honey from Gorski Kotar, Croatia. // *Apidologie*. 30, 4; 277-287
3. Barišić, D., J. J. Bromenshenk, N. Kezić, A. Vertačnik, (2002) The role of honey bees in environmental monitoring in Croatia // *Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals* / Devillers, James; Pham-Delegue, Minh-Ha (ur.). London and New York : Taylor & Francis,
4. Barišić, D., K. Lazarić, S. Lulić, A. Vertačnik, M. Dražić, N. Kezić, (1994.) 40K, 134Cs and 137Cs in pollen, honey and soil surface layer in the Croatia. *Apidologie*. 25, 6; 585-595
5. Bromenshenk, J. Jerry, (2003) Can Honey Bees Assist in Area Reduction and Landmine Detection? *Journal of Mine Action* 7.3,
6. Kezić, N., M. Hus, Z. Seletković, P. Kraljević, H. Pechhacker, D. Barišić, S. Lulić, A. Vertačnik, (1997) Honey-dew honey as a long term indicator of ^{137}Cs pollution // IAEA-TECDOC-964, International Conference One Decade After Chernobyl: Summing Up the Consequences of the Accident, Vol.2. Wien : IAEA: International atomic energy agency,. 54-61
7. Von Frisch, K., (1993) *The Dance Language and Orientation of Bees*. Harvard University Press, Chambridge, Massachusetts, London, England, Translated by Leigh E. Chadwick, 557.

NAPREDNI GLOBALNI SUSTAV ZA ELIMINACIJU PROTUPJEŠAČKIH MINA – ANGEL

ADVANCED GLOBAL SYSTEM TO ELIMINATE ANTIPERSONNEL LANDMINES

Nedjeljko Perić

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
nedjeljko.peric@fer.hr



Abstract

The prime objective of the proposed project ANGEL was to create a demining system capable of detecting and neutralising or destroying mines and UXO in former war-ridden countries and regions. This project has a goal to return all the European minefields and battlefields free of mines and UXOs, to its civil population and to export this technology to any other affected country establishing Europe as the leader on humanitarian demining actions worldwide. ANGEL system was intended for land remediation in non-conflict areas affected by UXO, as for instance World War II UXO still affecting West European countries, and soils polluted by dangerous chemical waste from military or civil industrial activities or accidental flows.

Sažetak

Glavni cilj predloženog projekta ANGEL bio je razvoj sustava za detekciju, neutraliziranje ili uništenje mina zakopanih u minskim poljima, kao i svih neeksplozivnih eksplozivnih naprava na nekadašnjim bojnim poljima. Time bi se omogućilo vraćanje svih europskih minskih i bojnih polja očišćenih od mina i eksplozivnih naprava civilnom stanovništvu, te daljnji izvoz tehnologije u zemlje ugrožene minama. Na taj bi način Europa zauzela vodeće mjesto u humanitarnom razminiranju širom svijeta. Tehnologija koja se planirala razviti u sklopu projekta ANGEL mogla se korisno upotrijebiti i u sanaciji područja onečišćenih različitim eksplozivnim napravama (neeksplozirane eksplozivne naprave iz drugog svjetskog rata još onečišćuju zapadnoeuropske zemlje), kao i u sanaciji onečišćenja opasnim kemijskim ili radioaktivnim otpadom nastalim uslijed civilnog ili vojnog, industrijskog ili slučajnog djelovanja.

1. Uvod

Ovaj je projekt bio predložen kao paneuropski program za razvoj integriranog sustava za detekciju, neutraliziranje ili uništenje mina zakopanih u minskim poljima kao i svih neeksplozivnih eksplozivnih naprava na nekadašnjim bojnim poljima. Projekt je bio predložen u sklopu Okvirnih europskih projekata (FP 6) u kategoriji integralnih projekata (IP). Planirani sustav funkcionalno je podijeljen na četiri razine.

Prva razina bavi se preliminarnim definiranjem minski sumnjivih područja uz pomoć zemljopisnog informacijskog sustava (GIS), [4,5], te kreiranja baze podataka s informacijama prikupljenim iz raznih izvora, kao što su: lokalne vlasti, lokalno stanovništvo, izvješća o nesrećama koje su se dogodile i slično.

Druga se razina odnosi na detaljnije ispitivanje preliminarno definiranih minski sumnjivih područja koristeći višesenzorsku daljinski upravljanu zračnu platformu pomoću koje se obavlja reduciranje minski sumnjivog područja. Ova razina uključuje širi asortiman senzora, od radara, infracrvenih i optičkih višesenzorskih sustava do genetski modificiranih bakterija, čijom se fuzijom dolazi do pouzdanih informacija o miniranim lokacijama.

Treća razina sustava ima za cilj detaljnu detekciju i lokalizaciju svake pojedine minski sumnjive površine identificirane na prethodnoj razini, korištenjem daljinski upravljane višesenzorske površinske platforme, [1, 2].

Konačno, četvrta razina odnosi se na problem neutralizacije i uništenja mina kao i svih neeksplozivnih eksplozivnih naprava, koristeći robotske manipulatore pridružene površinskoj platformi, tj. vozilu za neutralizaciju i uništenje mina. Po svome načinu rada ovo vozilo predstavlja autonomno vozilo opremljeno daljinski upravljanim robotskim rukama sa sensorima za lokalnu detekciju mina te odgovarajućim mehaničkim napravama za uništenje mina.

Tri podsustava, inkorporirana u drugu, treću i četvrtu razinu, bila bi koordinirana pokretnim centrom za komunikaciju i upravljanje. Informacije prikupljene od triju podsustava prenosile bi se u centar gdje bi napredni programski sustav obavljao fuziju tih informacija i obavljao daljinsko upravljane podsustavima pomoću proširenog sučelja čovjek-stroj.

Ovakav složeni sustav razminiranja konceptualno je trebao biti modularan i fleksibilan s naglaskom na jednostavnu integraciju novih senzorskih teh-

nologija koje bi se mogle razviti u budućnosti. Opseg postavljenih ciljeva zahtijevao je suradnički pristup većeg broja europskih istraživačko-razvojnih i proizvodnih institucija jer bi tehnološke zahtjevi premašili mogućnosti pojedine nacije ili proizvođača.

Iz tog je razloga konzorcij za ova integralni projekt imao dvadeset partnera iz trinaest država. Popis institucija po državama, njihova područja ekspertnih znanja te uloge u projektu dan je u tablici.

PREDVIĐENI PARTNERI I NJIHOVA ULOGA

Organisation		Country	Area of Excellence	Role in Project
1	GTD	Spain	System and software engineering	Project co-ordination and management Definition of the demining system architecture Data fusion Control system for unmanned ground and air vehicles Coordination of the Test Field
2	IDS	Italy	Electromagnetic and radar systems	Ground group coordinator GPR measurement instrument equipment
3	VUB	Belgium	Image processing	Optic measurements
4	Geospace GMBH	Austria	Geographic information	Determination of mined areas by cartographic and navigational means
5	Schiebel	Austria	Metal detectors	Measurement instrument equipment
6	Marmara Research Center	Turkey	Intelligent systems and robotics	Robotic arm operation system Neutralisation of mines – tool set 2
7	SAS	Slovakia	Ground vehicle and its sensors	Ground vehicle Neutralisation of mines – tool set 3
8	CAC Systemes	France	Pilotless aircraft systems	Air vehicles Air Group Co-ordination
9	EXPAL	Spain	Mines expertises	Neutralisation of mines – tool set 1
10	Tuzla University	Bosnia and Herzegovina	Organization of mine deactivation campaigns	Human Planning and coordination of actions in Bosnia-Herzegovina

Organisation		Country	Area of Excellence	Role in Project
11	FOI	Sweden	Minefield detection	IR + Optic measurement instrument equipment (ground and air)
12	CNB-CSIC	Spain	Biotechnology	Preparation of genetically modified microorganisms
13	Biosensors	Sweden	Biological sensors	Biological sensors for explosive vapours
14	CROMAC	Croatia	Aerial survey. Deployment into minefields. Intelligent control and robotics. Sensor data fusion.	Performance evaluation of subsystems. Design and manufacturing of ground vehicles for humanitarian demining
15	TNO	The Netherlands	Sensors	Object and feature detection processing, Thermal, Infrared and Multi/Hyperspectral imaging
16	TUI	Germany	Electromagnetic measurements (GPR)	GPR electronics and calibration
17	MEODAT	Germany	Advanced Electronics	GPR electronics
18	SRSA	Sweden	Demining	Performance evaluation of subsystems
19	BAE	UK	Communication systems	System integration & Communications
20	University of Florence	Italy	Signal processing	GPR data processing

2. Predviđena uloga hrvatskog partnera u projektu ANGEL

Hrvatski partner u projektu ANGEL bio je predstavljen kroz Hrvatski centar za razminiranje. Istraživačko-razvojni i operativni tim predstavljali su stručnjaci iz triju fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Geodetskog fakulteta i Fakulteta prometnih znanosti), stručnjaci iz HCR-a, te DOK-ING, privatna hrvatska tvrtka za razminiranje.

2.1. Radni paketi u kojima je bio predviđen hrvatski partner

Radni paket 1: Otkrivanje mina pomoću pčela [3]

U ovome je radnom paketu bilo planirano istražiti metodologiju otkrivanja kemijskih supstanci sadržanih u minama, kao što su TNT, temeljenu na konceptu orijentiranja pčela na minski sumnjiva područja. Istraživanja su

imala za cilj razviti sustav uzimanja uzoraka s pčela, kao bioloških senzora, koje su se vratile s minski sumnjivih područja te razviti metodologiju analize i interpretacije tih uzoraka. Poseban je naglasak pri tome bio postupak kondicioniranja i treniranja pčela u svrhu njihova orijentiranja na minski sumnjiva područja. U tu su svrhu bili uspostavljeni kontakti s istraživačima sa Sveučilišta Montana, SAD, te agencijom Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA).

Radni paket 2: Snimanje minske scene pomoću senzorske zračne platforme i njena interpretacija

U ovome je radnom paketu bilo planirano istražiti metodologiju otkrivanja mina na širem geografskom području. Kao platforma bio je predviđen helikopter opremljen senzorskim sustavom koji bi se sastojao od digitalnih senzora kao što su: matična kamera za vidljivo i približno infracrveno područje s prikladnim sustavom za akviziciju slika te termalna infracrvena kamera. Navigacijski sustav platforme bio bi zasnovan na GPS-u i digitalnim pokretnim kartama. Ovako koncipiran sustav, temeljen i na prethodnim iskustvima, značajno bi doprinio proširivanju spoznaja i stjecanju novih iskustava u otkrivanju minskih polja.

Radni paket 3: Autonomna površinska robotska platforma za humanitarno razminiranje

U ovome je radnom paketu bilo planirano usavršavanje postojeće mini mobilne platforme i nadogradnja računalnog sustava s novim sensorima te mehanizmima za neutralizaciju / uništenje mina. Kao polazna platforma poslužila bi mobilna platforma MV-3 ili MV-4, proizvođač DOK-ING, međunarodno prepoznata hrvatska tvrtka za razminiranje. Nadogradnja se odnosila na novi terenski navigacijski sustav s različitim sensorima za osmatranje okoline čime bi se omogućio, fuzijom informacija senzora, poluautonomni i autonomni način rada platforme. U tu je svrhu bio planiran razvoj algoritama za planiranje misije koji bi se zasnivao na informacijama dobivenim iz digitalnih karata i ortho-photo zračnih snimaka. Također je bilo planirano arhiviranje putanje kretanja platforme u svrhu izvješća i verifikacije ispitanih područja. Kao krajnji cilj istraživanja u ovome radnom paketu bio je operativno ispitana i evaluirana površinska robotska platforma za humanitarno razminiranje.

Radni paket 4: Ekspertni sustav za detekciju mina

U ovome je radnom paketu bio planiran razvoj ekspertnog sustava sa spo-

sobnošću učenja koji sadrži cikluse: klasifikacija – verifikacija – prilagodba klasifikatora. Zbog malog omjera signal-šum, promjenjivih uvjeta u okolini koji utječu na mjerenja, kao što su vlaga, temperatura, sastav tla i slično, te postojanja velikog broja različitih mina, kao i ostalih prirodnih ili sintetičkih objekata koji daju slična senzorska očitavanja, interpretacija senzorskih podataka za detekciju mina je složen zadatak. Istraživanja u ovome radnom paketu trebala su se usmjeriti na analizu signala i algoritama za izdvajanje osobina za svaki pojedini senzor, kao i fuziju senzorskih informacija, te algoritme za prepoznavanje cilja.

Radni paket 5: Operativno ispitivanje i evaluacija

Kroz ovaj radni paket provodila bi se ispitivanja i evaluacije razvijenih komponenata i sustava za što bi bio zadužen Centar za testiranje, razvoj i obuku. Istodobno bi preko ovoga centra krajni krajnji korisnik rezultata bio Hrvatski centar za razminiranje. Zadaci koje je trebalo obavljati u okviru ovoga radnog paketa bili su: (i) terensko ispitivanje i operativna evaluacija novih tehnologija i metoda za: detekciju mina, smanjenje minski sumnjivih područja, te detekciju mina i neeksplozivnih eksplozivnih naprava u stvarnim minskim poljima, (ii) razvoj i unapređenje MIS-a i GIS-a, (iii) integracija naprednih metoda za donošenje odluka, (iiii) nadgledanje situacije i povećanje kvalitete prostornih podataka. Pri obavljanju ovih zadataka Centar bi usko surađivao s Hrvatskim zavodom za norme kao i sa sličnim institucijama u svijetu. Kroz poseban program osposobljavanja, Centar bi također pripremao voditelje ekipa za razminiranje i za misije u inozemstvu.

3. Zaključak

U članku je ukratko prikazana struktura istraživačkih aktivnosti koje su bile planirane u projektu „Napredni globalni sustav za eliminaciju protupješačkih mina” – ANGEL. Dan je pregled partnera u istraživačkom konzorciju te navedena njihova ekspertna znanja. Za hrvatskog partnera, Hrvatski centar za razminiranje – HCR, bilo je predviđeno sudjelovanje u pet radnih paketa. Iako predloženi projekt nije ušao u fazu realizacije, skupljene su dragocjene informacije koje su poslužile HCRu u postavljanju radnih planova i operativnih aktivnosti vezanih za razminiranje. Isto tako, kontakti ostvareni s predviđenim partnerima poslužili su za produbljivanje suradnje na međunarodnom planu.

4. Literatura

- [1]. AntoniĆ, D.: Sustav za otkrivanje ukopanih mina, doktorska disertacija, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2001.
- [2]. AntoniĆ, D., Ban, Z., Žagar, M.: *Demining robots - requirements and constraints*, MED'01 - the 9th Mediterranean Conference on Control and Automation, Dubrovnik, Croatia, 2001.
- [3]. Barisić, D., Bromenshenk, J.J., Kezić, N., Vertacnik, A.: The role of honey bees in environmental monitoring in Croatia, pp. 160-185; in J. Devillers et. Al., *Honey Bees: Estimating Environmental Impact of Chemicals*, Taylor&Francis, London, 2002.
- [4]. Bajić, M., Tadić, T.: Airborne remote sensing for the general survey of damaged and mined high voltage network. GIS forum, Croatian GIS association, International geographical information systems conference and exhibition, Split, Trogir, Korčula, Mljet and Dubrovnik, 2002.
- [5]. EC IST, Space and airborne Mined Area Reduction – SMART, project, 2000.
- [6]. International Test and Evaluation Program, Final Report, Systematic Inventory of Test & Evaluation Activities, Capabilities & Needs In South Eastern Europe, ITEP Project n° 1 Final report - November 30, 2001.

IPPTC PROJEKT ISPITIVANJA DETEKTORA METALA

IPPTC METAL DETECTOR TESTING PROJECT

Davor Antonić

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
davor.antonice@etfos.hr

Abstract

The purpose of the International Pilot Project for Technology Cooperation was to conduct a coordinated, multi-national, technical evaluation of metal detectors suitable for use in humanitarian demining. The project sought to demonstrate the mine detection capabilities of 29 commercial-off-the-shelf metal detectors from 13 producers. Besides laboratory testing, project includes field testing in Cambodia and Croatia. Test results are available in [1].

Sažetak

Cilj projekta „International Pilot Project for Technology Cooperation“ bilo je provođenje koordinirane međunarodne tehničke evaluacije detektora metala prikladnih za upotrebu u humanitarnom razminiranju. Kroz projekt je provedena demonstracija mogućnosti otkrivanja mina za 29 komercijalno dobavljivih detektora metala 13 proizvođača. Osim laboratorijskog ispitivanja projekt je obuhvaćao terenska ispitivanja u Kambodži i Hrvatskoj. Rezultati ispitivanja dostupni su u [1].

1. Uvod

U okviru projekta američkog Ministarstva obrane „International Pilot Project for Technology Cooperation“ (IPPTC) izvršeno je ispitivanje 29 komercijalno raspoloživih detektora metala 13 proizvođača, kako bi se utvrdila njihova primjenjivost za poslove humanitarnog razminiranja. Projekt je započeo u prosincu 1998. i trajao je 21 mjesec. Uz laboratorijska testiranja provedena u Nizozemskoj, projekt je obuhvaćao terenska ispitivanja u Kambodži i Hrvatskoj. Ispitivanja u Hrvatskoj proveo je Hrvatski centar za

razminiranje uz podršku Ministarstva unutarnjih poslova. Rezultati ispitivanja pokazali su da se niti jedan detektor nije pokazao dominantnim, te da niti jedan detektor nije uspio pronaći sve mine do dubine od 10 cm.

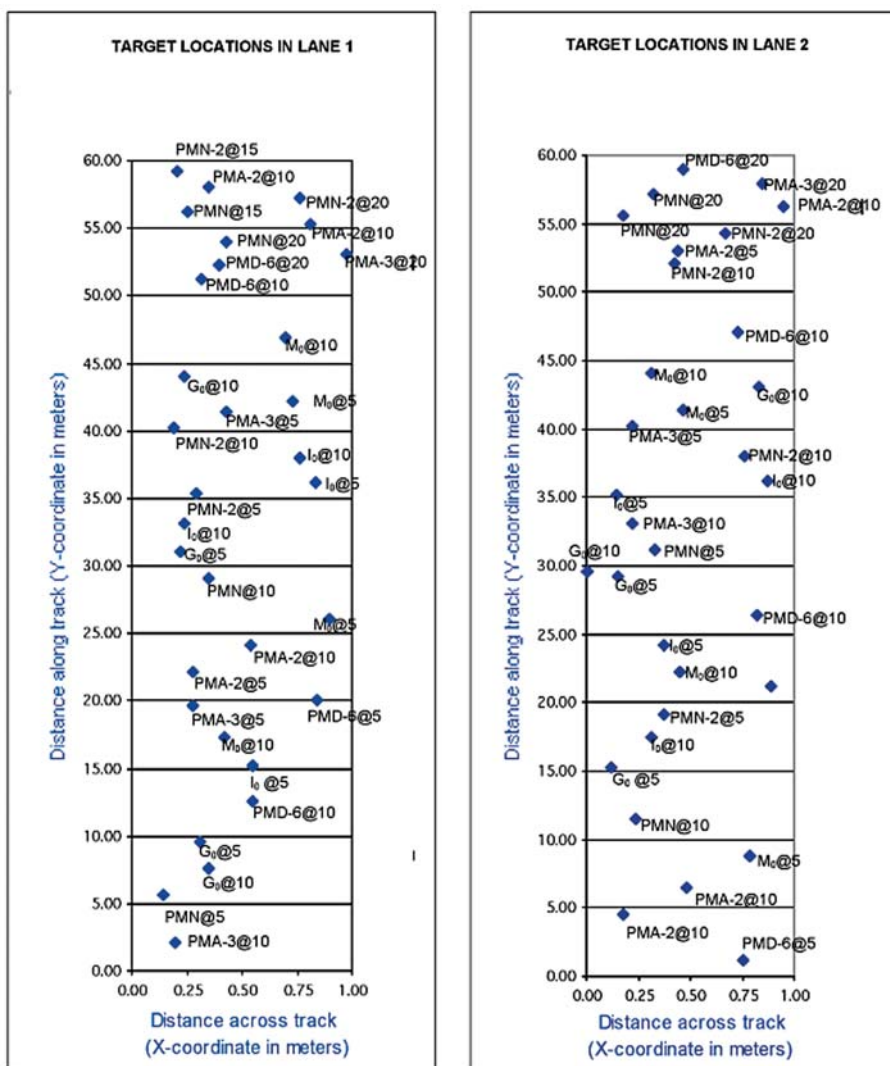
2. Ispitivanja u Republici Hrvatskoj

Ispitivanja u Hrvatskoj provedena su u suradnji Hrvatskog centra za razminiranje, koji je osigurao poligon i Ministarstva unutarnjih poslova, koje je za potrebe testiranja osiguralo pirotehničare Specijalne policije i voditelja ispitivanja (D. Antičić).

Cilj terenskih ispitivanja bila je evaluacija detektora metala u kontroliranim uvjetima bliskim stvarnim uvjetima u minskom polju. Tim ispitivanjima prethodila su laboratorijska ispitivanja detekcije u zraku i tlu. Cilj ispitivanja u zraku bilo je utvrđivanje osjetljivosti detektora i utjecaja različitih faktora koji odražavaju stvarne uvjete u minskom polju na osjetljivost (stabilnost svojstava, vlaga, brzina pomicanja glave, područje detekcije). Ispitivanja u tlu bila su provedena u strogo kontroliranim uvjetima, u tlima poznatih svojstava, uz automatizirano pomicanje glave detektora kontroliranom brzinom. Cilj ispitivanja bilo je utvrđivanje utjecaja tla na sposobnost detekcije. Terensko ispitivanje u Kambodži također je bilo provedeno u kontroliranim uvjetima (u posebno pripremljenom tlu), tako da je jedina dodatna varijabla u odnosu na prethodna ispitivanja bilo uvođenje pirotehničara.

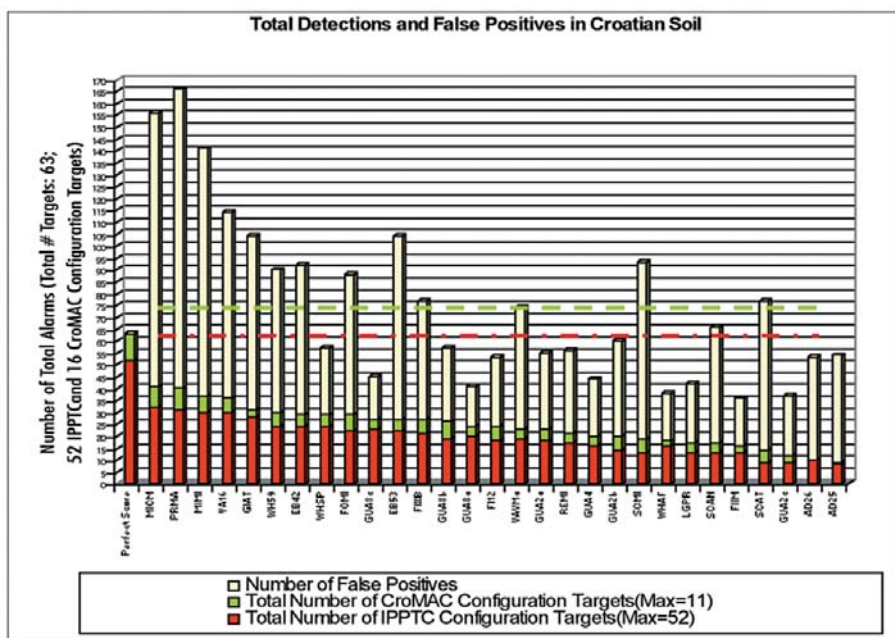
Ispitivanje u Hrvatskoj bilo je najbliže stvarnim terenskim uvjetima. Ispitni poligon uspostavljen je u Kruševu pored Obrovca. Sastojao se od dvije linije duljine 60 m i širine 1 m, međusobno razmaknute 20 m. Tlo nije posebno pripremano, nego su mete ukopane u prirodno tlo. Tlo u tom području pokazalo se vrlo zahtjevnim zbog visokog sadržaja boksita.

Priprema ispitnog područja obuhvaćala je uklanjanje vegetacije i uklanjanje metalnog otpada (za prethodni pregled korištena su dva različita detektora metala). Korištena su po dvije istovjetne mete ukopane na dubinama od 5 cm i 10 cm, a na zahtjev HCR-a u zadnjim metrima svake linije ukopano je nekoliko meta na dubinama 15 cm i 20 cm. Minimalni razmak između dvije susjedne mete bio je 1 m. Raspored meta prikazan je sljedećom slikom:



Slika 1. Raspored meta

Ispitivanje je provodilo 12 pirotehničara podijeljenih u šest grupa. Svi pirotehničari bili su pripadnici specijalne policije s približno jednakim iskustvom i stupnjem obuke. Testiran je po jedan primjerak svakog detektora uzastopno na obje linije, time da je između linija promijenjen operater. Rezultati ispitivanja prikazani su sljedećom slikom:



Slika 2. Rezultati ispitivanja

Prvi stupac prikazuje hipotetski idealni detektor koji otkriva sve mete bez lažnih dojava. Donji dio stupca označava broj detektiranih IPPTC meta, srednji dio stupca broj detektiranih HCR meta, a gornji dio stupca broj lažnih dojava. Iznenađujuće loši rezultati dijelom su pripisani vrlo zahtjevnom tlu, ali ostala je činjenica da detektori metala ne omogućuju pouzdano otkrivanje mina u svim uvjetima, što je naglasilo potrebu za korištenjem bar još jedne paralelne metode u razminiranju, te potrebu za istraživanjem i razvojem novih metoda otkrivanja mina.

Kompletno izvješće navedenog projekta dostupno je u [1].

3. Zaključak

Jedan od najznačajnijih rezultata ovog projekta je stvaranje svijesti o potrebi za sustavnim ispitivanjem detektora metala i ostale opreme koja se koristi u humanitarnom razminiranju, što je dovelo do stvaranja radne skupine Evropskog centra za normizaciju (CEN), koja je nakon višegodišnjeg rada izdala dokument CWA 14747: The CEN Workshop on Test and Evaluation of Metal Detectors [2]. Voditelj terenskog dijela ispitivanja u Hrvatskoj bio je i član navedene radne skupine CEN-a.

Kroz ovaj projekt Hrvatski centar za razminiranje, a posebno Znanstveno vijeće dokazali su se kao pouzdan suradnik, pa je idućih godina uslijedio niz primjera uspješne suradnje s međunarodnim institucijama na području vrednovanja opreme za humanitarno razminiranje.

4. Literatura

1. International Pilot Project for Technology Co-operation (Final Report), Editors: Y. Das (CA), J.T. Dean (EC), D. Lewis (UK), J.H.J. Roosenboom (NL), G. Zahaczewsky (US), 2001, <http://www.humanitarian-demining.org/demining/pubs/detection/ipptc/index.htm>
2. CEN WORKSHOP AGREEMENT CWA 14747 - Humanitarian Mine Action - Test and evaluation – Metal Detectors, CEN, 2003., www.gichd.ch/fileadmin/pdf/publications/CWA_metal_detectors1.pdf

PRILOG 1

Sustav za otkrivanje ukopanih mina – doktorska disertacija

Abstract

This thesis describes development and implementation of algorithms for signal processing, feature extraction and classification, as well as their integration into the system for buried landmine detection. Procedure for automatic generation and reduction of the initial feature set directly from signal spectrums has been developed. Novel feature extraction algorithms based on heuristic tree search and genetic algorithms, which are applicable to the wide range of problems has been proposed.

All the algorithms were tested on real mines and other objects. Application to the set of sonar samples resulted in significant reduction of classification system complexity. Algorithms were also tested on mines and other objects samples. Samples were acquired by developed detector, based on standard deminer's prodder which records vibrations produced by touching the buried object. Testing shows that proposed detection system and dedicated set of procedures make mines distinguishable from other buried objects.

Appropriate information support has been defined, which makes possible managing information created at the level of individual mines detection. It allows incorporation of the information into the humanitarian demining

information system and establishment of feedback which will make possible learning and continuous improvement of detection system features. Methods for position tracking of the detector attached to the remotely controlled or autonomous robotic platform are also described.

Sažetak

U ovoj disertaciji opisan je razvoj i implementacija postupaka obrade signala, izdvajanja značajki i klasifikacije te njihovo povezivanje u cjelovit sustav prilagođen potrebama otkrivanja ukopanih mina. Razvijen je postupak automatskog generiranja i redukcije skupa značajki iz spektara signala kao i novi postupci izdvajanja značajki temeljeni na heurističkom pretraživanju stabla i genetskim algoritmima, primjenjivi na široku klasu problema.

Svi predloženi postupci provjereni su na stvarnim minama i ostalim objektima. Primjena na skup uzoraka snimljenih sonarom rezultirala je značajnim smanjenjem složenosti klasifikacijskog sustava. Postupci su također ispitani na skupu uzoraka mina i ostalih objekata dobivenih detektorom temeljenim na standardnoj pirotehničarskoj pipalici koji bilježi vibracije nastale dodiranjem ukopanog predmeta, razvijenog u sklopu ove disertacije. Ispitivanje je pokazalo da predloženi sustav detektora i pripadnog skupa postupaka omogućuje razlikovanje mine od ostalih ukopanih predmeta.

Definirana je i odgovarajuća informacijska podrška koja omogućuje prihvatanje informacija stvorenih na razini detekcije pojedinih mina, uključivanje tih informacija u informacijski sustav humanitarnog razminiranja i ostvarivanje povratne veze koja će omogućiti učenje i kontinuirano poboljšavanje svojstava sustava detekcije. U okviru definiranog sustava također su predloženi postupci praćenja položaja detektora smještenog na daljinski upravljanoj ili autonomnoj robotskoj platformi.

Literatura

1. D. Antić, Sustav za otkrivanje ukopanih mina, doktorska disertacija, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2001., <http://www.etfos.hr/~dantonice/Publications/Thesis.pdf>

MJERENJE DIELEKTRIČNIH PARAMETARA TLA

MEASURING OF DIELECTRIC SOIL PARAMETERS

Zvonimir Šipuš, Juraj Bartolić

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
zvonimir.sipus@fer.hr, juraj.bartolic@fer.hr

Abstract

Ground penetrating radar is one of the means used for detection of buried plastic mines. In order to calibrate the radar and estimate detection probability, it is important to measure dielectric soil parameters. This paper describes a measurement method “in vivo” for establishing dielectric soil characteristics in the microwave frequency range. The probe is built from a solid Teflon-filled coaxial line, and the measurement method is based on determining the reflection coefficient due to a discontinuity on the interface between the coaxial line and the measured object. The method has been applied for determining dielectric characteristics of soil samples taken from the Benkovac test site.

Sažetak

Jedna od mogućih metoda detekcije plastičnih mina ukopanih u tlu je uporaba radara. Za procjenu vjerojatnosti otkrivanja mina, kao i za kalibraciju samih radara, važno je izmjeriti dielektrične parametre tla. U radu je dan opis mjerne metode ‘in vivo’ za određivanje dielektričnih svojstava tla u području mikrovalnih frekvencija. Mjerna sonda izvedena je od krute suosne linije ispunjene teflonom, a mjerna metoda se zasniva na određivanju koeficijenta refleksije zbog diskontinuiteta na sučelju suosne linije i mjerenog objekta. Metoda je primijenjena za određivanje dielektričnih svojstva uzoraka tala iz ispitnog poligona Benkovac.

1. Uvod

Posljednjih godina intenzivno se traže nova rješenja za pronalaženje plastičnih mina ukopanih u tlu. Za tu je problematiku Republika Hrvatska izrazito zainteresirana jer je na njezinu teritoriju zaostalo mnoštvo ukopanih mina nakon Domovinskog rata. Jedno od mogućih rješenja za detekciju mina jest uporaba radara za otkrivanje objekata u tlu (eng. *ground penetrating radar*). Rad radara zasniva se na načelu detekcije i obrade elektromagnetskih impulsa koji se reflektiraju na diskontinuitetu na sučelju između tla i ukopanog objekta (mine). Kako bi se mogla predvidjeti jakost reflektiranog impulsa, potrebno je poznavati elektromagnetska svojstva tla (permitivnost i provodnost tla) u različitim vremenskim uvjetima, tj. za različite vlažnosti tla. Također je potrebno poznavati frekvencijsku ovisnost elektromagnetskih parametara tla budući da je radarski impuls, koji se rabi u radaru za otkrivanje objekata u tlu, vremenski vrlo kratak, tj. radarski je impuls široka frekvencijskog spektra. Napomenimo da je nedavno napravljena klasifikacija tala u Republici Hrvatskoj po vrstama (M. Bogunović, S. Husnjak, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu), ali da još nije izvršena klasifikacija tala po elektromagnetskim svojstvima.

U navedenom se istraživanju najprije pristupilo definiranju elektromagnetskih parametara i utvrđivanju njihova značaja u određivanju jakosti reflektiranog radarskog impulsa. Pregled mjernih postupaka elektromagnetskih parametara dan je u trećem poglavlju. Za mjerenje elektromagnetskih parametara tla odabrana je mjerna metoda sa suosnom sondom. Metoda je prikazana u četvrtom poglavlju, gdje je podrobno opisan i postupak kalibracije mjerne sonde. Rezultati mjerenja elektromagnetskih parametara tala iz ispitnog poligona Obrovac dani su u petom poglavlju

2. Karakteriziranje elektromagnetskih svojstava tla

U mikrovalnom frekvencijskom području tlo se može karakterizirati kao dielektrični materijal s gubicima. Parametri koji opisuju takve materijale definirani su jednadžbama koje povezuju jakost električnog polja $\mathbf{E}$ i gustoću električnog toka $\mathbf{D}$, jakost magnetskog polja $\mathbf{H}$ i magnetsku indukciju $\mathbf{B}$ te jakost električnog polja $\mathbf{E}$ i gustoću struje $\mathbf{J}$. Cilj nam je okarakterizirati tlo u funkciji frekvencije, stoga će pobudni signal čiji ćemo faktor refleksije određivati imati vremensku promjenljivost oblika $\exp(j\omega t)$. Uz taj tip pobude vezu između pojedinih fizikalnih veličina možemo zapisati kao $\mathbf{D} = \epsilon(\omega)\mathbf{E}$, $\mathbf{B} = \mu(\omega)\mathbf{H}$ i $\mathbf{J} = \sigma(\omega)\mathbf{E}$, gdje je $\epsilon(\omega)$ dielektrična permitivnost sredstva, $\mu(\omega)$ magnetska permeabilnost sredstva, a $\sigma(\omega)$ provodnost

sredstva. Osim u nekim specijalnim slučajevima tlo je na mikrovalnim frekvencijama nemagnetično sredstvo, tj. permeabilnost tla na mikrovalnim frekvencijama približno je jednaka permeabilnosti vakuuma $\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$, i stoga ju nije potrebno određivati. Permitivnost i provodnost sredstva sudjeluju u Maxwellove rotorskoj jednadžbi (Faradayev zakon) koja povezuje električno i magnetsko polje: $\nabla \times \mathbf{H} = (\sigma + j\omega\epsilon)\mathbf{E}$. Budući da su permitivnost i provodnost sredstva općenito kompleksne funkcije frekvencije, nemoguće ih je razdvojiti. Njihovo razlučivanje više je filozofske prirode. Ako postoji struja koja teče zbog gibanja slobodnih naboja, onda se taj učinak pripisuje provodnosti. No, ako postoji pomaćna struja zbog naboja vezanih u materijalu, onda se taj učinak može pripisati permitivnosti. U ovom se radu određuju tri veličine, a to su realni dio relativne permitivnosti ϵ_r' , imaginarni dio relativne permitivnosti ϵ_r'' te provodnost σ . One su definirane ovom jednadžbom:

$$\nabla \times \mathbf{H} = (\sigma + j\omega\epsilon)\mathbf{E} = j\omega\epsilon_0(\epsilon_r' - j\epsilon_r'')\mathbf{E} = j\omega\epsilon_0\left(\epsilon_r' - j\frac{\sigma}{\omega\epsilon_0}\right)\mathbf{E} \quad (1)$$

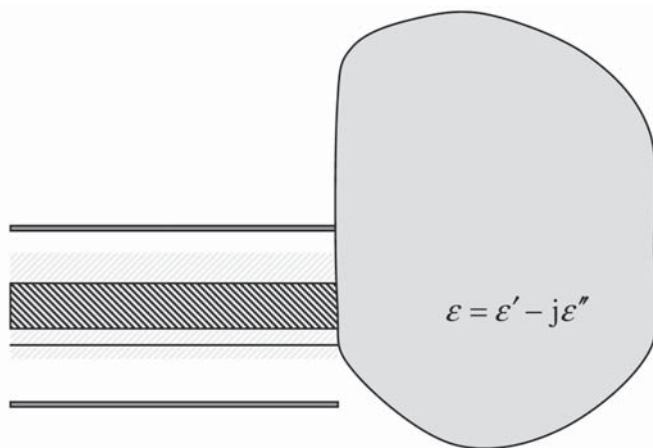
Drugim riječima, ϵ_r' može se odrediti kao realni dio izraza $(\sigma + j\omega\epsilon)/(j\omega\epsilon_0)$, ϵ_r'' kao imaginarni dio izraza $(\sigma + j\omega\epsilon)/(j\omega\epsilon_0)$, a provodnost σ kao realni dio izraza $(\sigma + j\omega\epsilon)$. Pri tome je $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ permitivnost vakuuma.

Da bi se pokazala važnost određivanja dielektričnih parametara tla kod primjene radara za detekciju objekata u tlu, upotrijebit će se približna analiza radarskog sustava. Radar za detekciju objekata u tlu odašilje vremenski kratke impulse i detektira reflektirane impulse. Prvi u vremenu reflektirani impuls nastaje na diskontinuitetu zrak-tlo i ne daje korisnu informaciju o tome je li u tlu nazočan neki nepoznati objekt ili ne. Dakle, radi se o neželjenom reflektiranom signalu. Ako je u tlu nazočan neki objekt čija je kompleksna permitivnost različita od permitivnosti tla, tada dolazi do refleksije na diskontinuitetu tlo-objekt te radar zapaža taj reflektirani signal. Uvijek se želi da amplituda tog reflektiranog signala bude što veća, no ona ponajviše ovisi o razlici permitivnosti objekta i tla. Na primjer, ako je permitivnost objekta $\epsilon_r = 2,5$ i ako se objekt nalazi u suhom pjeskovitom tlu tipične permitivnosti $\epsilon_r = 3$, onda je faktor refleksije $\Gamma = 0,091$. Stoga će se reflektirati samo otprilike 0,8% snage upadnog vala. Ako se pak objekt nalazi u vlažnom pjeskovitom tlu s $\epsilon_r' = 30$ i $\sigma = 0,1 \text{ S/m}$ na frekvenciji $f = 1 \text{ GHz}$, onda će faktor refleksije porasti na $\Gamma = 0,552$. No, u vlažnom tlu gušenje po metru prijeđenog puta iznosi oko 30 dB, pa ako je objekt dublje ukopan reflektirani će signal, koji radar mora detektirati, biti vrlo slab.

3. Postupak mjerenja elektromagnetskih parametara

Geometrija suosnog senzora (sonde) prikazana je na slici 1. Sonda se sastoji od krute suosne prijenosne linije karakteristične impedancije 50Ω . Unutarnji dio suosne linije ispunjen je teflonom. Unutarnji i vanjski radijus suosne linije iznose $0,455 \text{ mm}$, odnosno $1,499 \text{ mm}$. Nadomjesni sklop sonde sastoji se od kapaciteta C_f koji označuje dio nadomjesnog sklopa koji ne ovisi o mjernom uzorku i od kapaciteta C_0 koji označuje raspršna polja u mjernom objektu (tlu). Stoga je admitancija senzora $Y = j\omega C_f + j\omega C_0 \epsilon_r$. Pri tome je ϵ_r relativna permitivnost ispitnog objekta, $\epsilon_r = \epsilon'_r - j\epsilon''_r$. Vrijednosti C_f i C_0 za primijenjenu mjernu sondu iznose $C_0 = 0,001 \text{ pF}$ i $C_f = 0,022 \text{ pF}$ [6]. Faktor refleksije Γ koji se javlja kad se sonda prisloni na mjerni objekt iznosi:

$$\Gamma = \frac{1 - j\omega Z_0 [C_0 \epsilon_r + C_f]}{1 + j\omega Z_0 [C_0 \epsilon_r + C_f]} \quad (2)$$



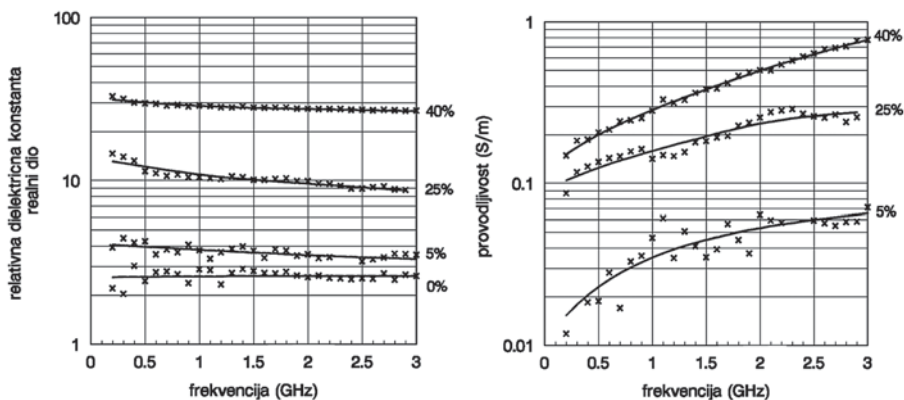
Slika 1. Geometrija suosnog senzora.

Kalibracija sonde. Prije uporabe analizatora mreža za mjerenje faktora refleksije potrebno ga je kalibrirati. Uobičajen je postupak kalibracije s pomoću triju poznatih mjernih tereta, pri kojem se mjerna sonda kalibrira u ravnini konektora sonde. Međutim, postoje uzroci pogrešaka između konektora i otvorenog kraja mjerne sonde. Kako bi uzeli u obzir i te uzroke pogrešaka potrebna su tri dodatna mjerenja poznatih tereta. Za razliku od prvih triju tereta koji se smještaju na konektor analizatora mreže, dodatna tri tereta prislanjaju se na otvor sonde. Mjerali smo kom-

pleksne koeficijente refleksije sljedeća tri tereta: kratko spojeni kraj, otvoreni kraj i destilirana voda na način opisan u radovima. Način izračunavanja permitivnosti destilirane vode dan je u dodatku. Koeficijent refleksije destilirane vode dobije se iz jednadžbe (9), ako uvrstimo relativnu permitivnost vode izračunatu s pomoću izraza (13)-(15), koeficijent refleksije kratkog spoja iznosi $\Gamma = -1$, a koeficijent refleksije otvorenog kraja dobiva se iz jednadžbe (9), ako se u nju uvrsti $\varepsilon_r = 1$.

4. Mjerni rezultati

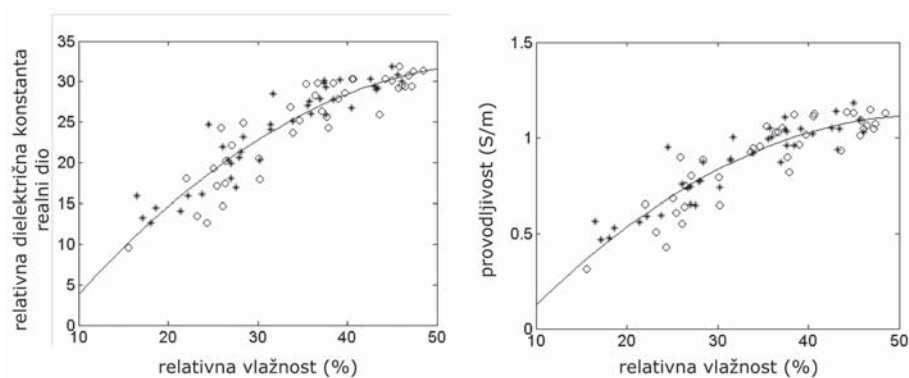
Na slikama 2 i 3 nalaze se izmjereni elektromagnetski parametri tala iz ispitnog poligona Benkovac. Ovisnost realnog dijela relativne permitivnosti i provodljivosti o frekvenciji, kao i ovisnost o vlažnosti tla, jednog tipičnog uzorka s površine zemlje dana je na slici 2. Ispitni frekvencijski interval bio je 200 MHz – 3 GHz, a vlažnost tla uzeta je kao parametar. Različita vlažnost tla postignuta je na sljedeći način. Najprije su uzorci tla posve namoćeni vodom što odgovara vlažnosti tla od približno 40%. Nakon toga su isti uzorci sušeni kroz tjedan dana i pri tome su parametri tla mjereni za različite razine vlažnosti. Nakon tjedan dana uzorci tla potpuno su osušeni u pećnici.



Slika 2. Realni dio relativne permitivnosti i provodljivost uzorka tla uzetog s površine tla. Parametar krivulja je vlažnost tla (postotna težina vode u odnosu na težinu suha tla). x označuje mjerne točke, puna crta označuje srednju vrijednost.

Slika 3 prikazuje mjerenja svih uzoraka s poligona Benkovac (njih četrdesetak) na jednoj frekvenciji (3 GHz). Uzorci su uzeti s površine zemlje (oznaka 'o') i s otprilike 20 cm dubine (oznaka '*'). Rezultati pokazuju da

nema značajne razlike u vrijednosti permitivnosti između uzoraka s površine i uzoraka s 20 cm dubine. Slike 3 daje također uvid u točnost metode mjerenja. Postoje dva bitna razloga za rasipanje mjernih rezultata. Prvo, vlažnost tla varira unutar samog uzorka (stoga varira i permitivnost tla). Drugo, izmjereni koeficijent refleksije varira zbog lokalne nehomogenosti tla na mjestu kontakta mjerne sonde i uzorka tla (posebno bitno kod suhe zemlje jer tada su prisutni mnogi mali zračni jastuci). Premda postoji stanovito rasipanje mjernih rezultata, vjerujemo da se razvijena mjerna metoda može upotrijebiti za određivanje vjerojatnosti detekcije plastičnih mina s pomoću radara za otkrivanje objekata u tlu.



Slika 3. Realni dio relativne dielektrične konstante i provodljivost raznih uzoraka. Frekvencija iznosi 3 GHz. Uzorci uzeti s površine tla označeni su znakom 'o', a oni uzeti s dubine 20 cm znakom '*'. Puna linija označuje krivulju srednje vrijednosti.

5. Zaključak

U radu je opisana mjerna metoda određivanja permitivnosti i provodnosti tla. Mjerna metoda zasniva se na određivanju faktora refleksije signala zbog diskontinuiteta na sučelju između suosne linije i mjernog objekta. Posebna pozornost posvećena je kalibraciji mjerne suosne sonde. Pritom su s pomoću triju dodatnih mjerenja faktora refleksije poznatih tereta (impedancija) određeni S-parametri nadomjesnog sklopa koji sadrži izvore pogrešaka. Izmjerena je permitivnost i provodnost tla iz ispitnog poligona Benkovac. Uočene su velike promjene permitivnosti i provodnosti tla pri promjeni vremenskih uvjeta, tj. pri promjeni vlažnosti tla. Ta se velika promjenljivost elektromagnetskih parametara mora uzeti u obzir prilikom ispitivanja funkcionalnosti radara za otkrivanje objekata u tlu, jer se time znatno mijenja i jakost reflektiranog radarskog impulsa.

**DJELATNOST ZAVODA ZA PEDOLOGIJU S
AGRONOMSKOG FAKULTETA U ZAGREBU U PROCESU
HUMANITARNOG RAZMINIRANJA U HRVATSKOJ**

*ACTIVITIES OF THE SOIL SCIENCE DEPARTMENT OF THE
FACULTY OF AGRICULTURE IN ZAGREB IN HUMANITARIAN
DEMINE MINING PROCESS IN CROATIA*

Stjepan Husnjak

Agronomski fakultet, Zagreb

shusnjak@agr.hr

Kako pored velikog broja čimbenika na otkrivanje mina uvelike utječu i značajke tla, u okviru planiranja i provođenja razminiranja na nacionalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini u Hrvatskoj, sudjelovali su i pojedini djelatnici Zavoda za pedologiju s Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Suradnja s centrom za razminiranje započela je još 1999 godine kada je izrađen rad „Svojstva tla minama ugroženog područja Hrvatske“ koji je tiskan u zborniku radova „Mehaničko razminiranje Hrvatske“. Glavna svrha ovoga rada bila je prijedlog da se najprije razminiraju kvalitetnija tla s obzirom na ogromne štete naročito u poljoprivredi te u šumarstvu koje Hrvatska trpi zbog nemogućnosti korištenja tih zemljišnih resursa. To su prije svega bila tla na području Istočne Slavonije i Baranje. Nažalost, u kasnijem procesu razminiranja naš prijedlog prioriteta nije se u potpunosti mogao prihvatiti. Osim toga, ovaj pregledni prikaz imao je za cilj da se na temelju njega izdvoje zone i mogući reprezentativni poligoni s gledišta približno sličnih svojstava, te da se zatim izaberu ispitni poligoni koji bi poslužili za daljnja terenska eksperimentiranja u svezi humanitarnog razminiranja.

Nakon toga suradnja se je nastavila na istraživanju ispitnih poligona Jasenovac, Nijemci, Kruševo, Benkovac i Škabrnja. Na navedenim ispitnim

poligonima izvedena su detaljna terenska i laboratorijska pedološka istraživanja, temeljem čega su utvrđena fizikalna i kemijska svojstva tla potrebna u procesu istraživanja različitih metoda, opreme i tehnologija za humanitarno razminiranje. S obzirom da pedolozi nisu bili uključeni u kasniju realizaciju tih projekata, nismo u mogućnosti komentirati kako su različita svojstva tala utjecala na detektiranje i otkrivanje mina daljinskim istraživanjima kao i drugim metodama koje su se primjenjivale.

Kasnija suradnja Zavoda za pedologiju i HCR odvijala se je kroz sudjelovanje djelatnika Zavoda u realizaciji „SMART“ projekta, u okviru čega su izrađeni izvještaji o značajkama tla na ispitnim poligonima Pristeg, Glinska poljana i Čeretinci. S obzirom da su navedeni poligoni bili minirani, značajke tla su bile utvrđene na temelju postojećih podataka.

Kroz suradnju Zavoda za pedologiju i Hrvatskog centra za razminiranje, izrađeni su slijedeći izvještaji i znanstveni radovi:

Bogunović, M., Husnjak, S. (1999): Svojstva tla minama ugroženog područja Hrvatske. Zbornik radova “Mehaničko razminiranje Hrvatske”, Centar za razminiranje, Sisak, str. 15-28.

Bogunović, M., Husnjak, S. (2000a): Pedološke značajke poligona za ispitivanje opreme za humanitarno razminiranje. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 16 str.

Bogunović, M., Husnjak, S. (2000b): Pedološke značajke budućeg ispitnog poligona kod Benkovca za ispitivanje opreme za humanitarno razminiranje. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 12 str.

Bogunović, M., Husnjak, S. (2000): Pedološke značajke poligona za ispitivanje opreme za humanitarno razminiranje (poligoni Obrovac-Kruševo, Jasenovac i Nijemci). Agronomski fakultet, Zagreb.

Husnjak, S., Pavković, N. (2001): Pedološke značajke područja ugroženog minama u Republici Hrvatskoj. Zbornik sažetaka IX. Kongresa Hrvatskog tloznanstvenog društva, brijuni 3-7 srpanj

Husnjak, S. (2001): Report of basic soil properties of testing area on Glinska poljana, Čeretinci and Pristeg

“ITF is pleased to have supported the printing of publication dedicated to the ten-year work of the CROMAC-CTDT Scientific Council which represents the main channel of exchange of experience and excellence in work and know-how within South Eastern Europe Mine Action Coordination Council (SEEMACC). Regional cooperation through SEEMACC facilitates positive approaches and contributes to effectiveness, transparency, better use of resources and, last but not least, to confidence building between neighboring countries. As SEEMACC activities have made a positive impact on the overall activities in the mine action field in SEE, International Trust Fund for Demining and Mine Victims Assistance (ITF) will continue to offer support to all mine affected countries in the region. “

Goran Gačnik, ITF Director

