

STROJNI NAČINI RAZMINIRANJA IN NJIHOVA UPORABA PRI HUMANITARNEM RAZMINIRANJU

Mechanical applications and their use in humanitarian mine clearance

Matjaž Bizjak * UDK 623.365

Povzetek
V svetu prevladujejo tri tehnike razminiranja, poleg ročnega in za to usposobljenih psov ima posebni pomen strojno razminiranje. Strojno razminiranje ima velike prednosti, predvsem je hitrejše in cenejše, ne zagotavlja pa doseganja standardov humanitarnega razminiranja (99,6 %), zaradi česar je treba za strojnim razminiranjem dodatno preveriti njegovo učinkovitost. Stroji se v okviru razminiranja uporabljajo za širok spekter del, od tehničnega izvidovanja, priprave zemljišča in čiščenja vegetacije do reševanja z minskih polj. Stroji morajo za delo izpolnjevati nekatere standarde, še posebej glede varnosti operaterja, čistosti tal, delovnega učinka stroja, mobilnosti in vzdržljivosti stroja ter operativni logistiki. Danes se v svetu uporabljata predvsem dva načina strojnega razminiranja: mlatenje in freziranje. Uporabljajo se tudi druge metode, na primer valjanje in odstranjevanje ter sejanje zemlje, ki pa so manj uporabne. Mlatenje ima tri slabe lastnosti: izmet min, kopičenje zemlje in mrtve prostore, freziranje pa kopičenje zemlje, izmet min, potisk min globlje, potiskanje zemlje izpred rotorja in ustvarjanje rahle plasti zemlje pod rotorjem. V Sloveniji izdelani stroji se širše ne uporabljajo.

Abstract

Three techniques for mine clearance prevail in the world; in addition to manual demining and the use of specially trained dogs, mechanical mining has a special role. Mechanical mine clearance has major advantages, primarily in being faster and cheaper, but it does not achieve the standards of humanitarian mine clearance (99.6%) because of which additional verification of success is required for mechanical mine clearance. Machines are used in de-mining for a wide spectrum of work, from technical reconnaissance, land preparation and clearing vegetation, and rescue from minefields. Machines must meet certain standards for work, with a stress on: operator safety, cleanliness of the soil, working effect of the machine, mobility and endurance of the machine and operative logistics. Two methods of mechanical mine clearance are mainly used in the world today: flailing and grading. Other methods are also used, such as rolling and removing and planting the land, but they are less used. Flailing has three weaknesses; ejection of mines, piling up the earth and the death of the space, and grading the piling up of earth, ejection of mines, pushing the mines deeper, compressing the earth in front of the rotor and creating a loose layer of earth under the rotor. Machines made in Slovenia have not achieved wider use.

Uvod

Ocenjeno je, da je danes v svetu položenih med 40 in 60 milijoni min. Mine v svetu predstavljajo velik problem, saj v mnogih, predvsem najrevnejših delih sveta,

onemogočajo povojno obnovo, povratek beguncev in ob vsem tem po statistiki OZN vsak dan zaradi min izgubi življenje 30 ljudi¹. Podobno kakor za minsko orožje je tudi za razminiranje in tehniko in tehnologijo v zvezi z njim značilen hiter razvoj.

* Mag., Ministrstvo za obrambo, Generalštab SV, Vojkova c. 55, Ljubljana, matjaz.bizjak@mors.si

¹ Portofolio of Mine-Related Projects 2003, New York, October 2003, str. 293.

² V angleščini se za taktično razminiranje uporablja izraz »Minefield Breaching«, za razliko od humanitarnega razminiranja, kjer se dosledno uporablja naziv »Humanitarian Mine Clearance«.

V svetu se danes v okviru humanitarnega razminiranja uporabljajo tri glavne metode: ob ročnem razminiranju in uporabi za to posebej izšolanih psov (MDD) se hitro razvija strojno razminiranje. Medtem ko je bil do zaključka hladne vojne razvoj strojnih sredstev skoraj izključno vojaška zadeva in so vsi ti pristopi večinoma omogočili le taktično razminiranje² ter doseganje do 90 % uspešnost, zdaj razvoj teh sredstev poteka predvsem v okviru humanitarnega razminiranja in stremi k doseganju standardov humanitarnega razminiranja (IMAS), t. j.

k 99,6 % uspešnosti. Razvoj teh sredstev pospešujejo tudi nekatere armade, saj se večina med njimi z minami srečuje predvsem v operacijah za podporo miru, kjer pa je mine treba obravnavati celovito in ne zgolj delno. Mehanična sredstva razminiranja so zelo raznovrstna sredstva in tehnične inovacije, ki pa so večinoma šele v fazi uvajanja v uporabo in mnoga niso niti potrjena in v deminerski skupnosti nimajo soglasja za uporabo. Zato se tudi članek omejuje predvsem na tista sredstva, ki te pogoje izpolnjujejo in se množično uporabljajo. Tu gre predvsem za strojna sredstva za t. i. fino obdelavo zemljišča, ki zagotavljajo visok odstotek uspešnosti razminiranja.

Mesto strojnega razminiranja glede na ročno razminiranje in MDD

Po splošni oceni lahko uporaba strojev dokaj uspešno skrajša razminiranje in zmanjša stroške, po drugi strani se lahko pogostokrat uporabi tam, kjer se MDD in ročno razminiranje izvajata le s težavo. Predvsem gre za območja z gostim rastlinjem, med katerim je položenih veliko žic protipehotnih poteznih min (PPPM), pretrda zemlja za uporabo pipalke, pogoste mine presenečenja in veliko kovinskih delcev v zemlji. Statistično je pri ročni detekciji na vsako odkrito mino do 1000 napačnih signalov, kar zelo omejuje hitrost ročnega razminiranja. Tako bi lahko skupina 30 deminerjev dnevno pregledala med 1000 in 3000 m² zemljišča. Ta skupina bi lahko na idealnem terenu brez rastlinja pregledala do 3000 m², na povprečnem terenu do 2000 m², na težkem terenu do 1500 m² in na zelo težkem terenu le okoli 1000 m². V enem delovnem dnevu (6 operativnih ur + 2 uri vzdrževanja) lahko srednje težka mlatilka pogojno očisti do 50.000 m². Pri tem je treba upoštevati, da stroji ne zagotavljajo 99,6 % uspešnosti, ampak zgolj do 90 %, zaradi česar je njihovo delo treba še preveriti, bodisi ročno ali pa z uporabo MDD. Kombinacija metod je precej hitrejša in cenejša, saj naj bi po hrvaških ocenah skupina 30 deminerjev na zemljišču, kjer so predhodno že bili uporabljeni stroji, očistila dnevno do 4200 m², kar je precej več kakor brez strojev. Primerjava je mogoča tudi na podlagi dostopnih podatkov iz Kambodže. V tej državi so primerjali delo 40 deminerskih skupin (40 x 30 deminerjev = 1200 deminerjev), ki so izvajale ročno razminiranje, in prav tolikšno število skupin, ki so jim pomagali pri delu štirje stroji (mlatilke). V enem letu je prva skupina očistila okoli 10 km² minirane površine, cena dela je znašala okoli 7 milijonov ameriških dolarjev, (v nadaljevanju: \$), kar pomeni, da je očiščenje enega km² stalo približno 700.000 \$, 100 km² pa bi stalo 70 milijonov \$ in takšna površina bi bila očiščena v 10 letih.

³ Leta 2000 je to znašalo 75 %, leto pozneje pa je 22 strojev opravilo 72 % razminiranja.



Slika 1. Slovaški stroj Božena je dokaj uporaben za razminiranje gosto naseljenih predelov, Kosovo, vas Streoce (foto: M. Bizjak)

Figure 1. The Slovak Božena machine is very useful for demining densely populated areas, Kosovo, village of Streoce (photo: M. Bizjak)

Druga skupina je skupaj s stroji v enem letu očistila 35 km² minirane površine, kar pomeni, da bi bilo 100 km² očiščeno manj kakor v treh letih. K izračunu stroškov je treba dodati ceno stroja, ki znaša okoli 1,5 milijona \$, letno vzdrževanje pa še dodatnih 0,5 milijona \$. Cena dela 1200 deminerjev za tri leta je 21 milijonov \$, skupna cena dela ljudi in strojev pa bi znašala okoli 28,5 milijona \$. Ob trikratnem hitrejšem delu bi privarčevali 41,5 milijona \$, kar pomeni, da na zemljišču, ki omogoča uporabo strojev, uporaba le-teh zmanjšuje stroške do 50 % ali več in poveča hitrost razminiranja za trikrat. Prav hitrost in nizki stroški ob relativno dobri varnosti operaterjev so glavne prednosti uporabe strojnega razminiranja. Tako se samo na Hrvaškem od skupaj opravljenega razminiranja približno 70 % izvede s stroji³.



Slika 2. Sadovnjak po uporabi Božene, sledil je še pregled s psi (foto: M. Bizjak)

Figure 2. Orchard after Božena was used; it requires an additional MDD check (photo: M. Bizjak)



Slika 3. Danska mlatika Hydrema MVC 910, pred strojem je viden t. i. redem – kopičenje zemlje, Kosovo, 1999 (foto: arhiv MACC)

Figure 3. Danish flail Hydrema MVC 910, the bulking effect can be seen in front of the machine (photo: archive MACC)



Slika 4. Finska mlatilka Patria RA-140 DS med preskušanjem za pridobitev akreditacije za delo na Kosovu, Belo polje, 1999 (foto: M. Bizjak)

Figure 4. Finnish Patria RA-140 DS flail during an accreditation test in Kosovo, Belo polje, 1999 (photo: M. Bizjak)

Strojno razminiranje je ena izmed treh vrst razminiranja, ki jih opredeljujejo tudi mednarodni standardi za humanitarno razminiranje, vendar je ta definicija strojnega razminiranja le delno točna. Kljub hitremu tehnološkemu razvoju danes še ne obstaja stroj, ki bi dosegal 99,6 % uspešnost, ki jo zahteva IMAS, zato bi bilo pravilneje strojno razminiranje opredeliti kot podporno dejavnost ostalima dvema oblikama, ki znatno olajša delo ter skrajša čas in stroške razminiranja. V svetu se namreč stroji vedno uporabljajo kombinirano s psi oziroma ročnim razminiranjem, šele ta kombinacija zagotavlja doseganje zahtevane uspešnosti. Znale so sicer nekatere kombinacije strojev, ki v idealnih razmerah zagotavljajo in dosegajo zahtevane standarde, vendar je območij, ki to omogočajo, zelo malo.

Uporaba strojnih sredstev za razminiranje

Različni stroji se uporabljajo predvsem za t. i. pripravo zemljišča (Mechanical Ground Preparation) za razminiranje. Namen priprave zemljišča je omogočiti hitrejše in varnejše delo MDD in deminirjev, predvsem gre za čiščenje rastlinja in uničenje vseh žic PPPM, šele nato pride do izraza število uničenih min.

Poleg tega so stroji idealni za izvajanje tehničnega izvidovanja,⁴ o večini miniranih površin namreč natančni

podatki o lokaciji ali mejah miniranega področja ne obstajajo. Zato je treba ob širši lokaciji področja določiti tudi dejanske meje miniranega področja. Ta postopek skrajša razminiranje, za njegovo izvedbo pa so najboljši stroji, saj so meje miniranih površin z njihovo pomočjo zelo hitro določene. Stroji so idealna rešitev pri reševanju poškodovancev in človeških ostankov z minskih polj, ker lahko s njimi hitro naredimo prehod, ki ga pregledamo še ročno ali z MDD.

S stroji se pogostokrat preverja tudi kakovost opravljenega dela, ko pooblaščen osebe preverijo celotno razminirano področje ali njegov del, in potrdijo, da je bilo razminiranje izvedeno kakovostno, območje pa je nato proglašeno za varno. Velika vloga strojev je tudi v t. i. »učinku prepričevanja« lokalnih prebivalcev. Površine ostanejo neobdelane, ker so prebivalci prepričani, da so bile minirane. Z ustrezno uporabo strojev je te ljudi enostavno prepričati v nasprotna dejstva in dokazati, da je območje varno.

V večini projektov razminiranja, ki jih v različnih deželah vodi in izvaja OZN, je proces uporabe strojev v razminiranju razdeljen na dve fazi. V prvi začetni fazi, ki lahko traja različno dolgo, je treba najprej dobiti dovoljenje organa, ki vodi razminiranje⁵, nato prepeljati stroje v deželo, oblikovati potrebno logistično bazo, kjer se bo izvajalo vzdrževanje in popravilo strojev, nabor in usposabljanje lokalnega prebivalstva za delo s strojem in akreditacija stroja skupaj s posadko. V različnih deželah imajo našteje naloge različno stopnjo težavnosti. Velikokrat je težko dobiti lokalno osebje z minimalnim tehničnim znanjem, težavo pa mnogokrat predstavlja tudi akreditacija, ki med drugim zahteva tudi pripravo posebnih standardnih operativnih postopkov (SOP) za vsako vrsto stroja. Druga faza je t. i. operativna faza, v kateri se s strojem začnejo izvajati dejavnosti, za katere je akreditiran.

⁴ V strokovni javnosti se je dolgo uporabljal izraz »izvidovanje druge stopnje«.

⁵ Najpogosteje to dovoljenje dajo OZN minski centri (Mine Action Centre), v nekaterih primerih, kjer državna oblast deluje, pa tudi državni organi.



Slika 5. Nemška težka mlatilka Keiller med izvajanjem razminiranja pri Vrbničkem jezu, Kosovo, 2000 (foto: M. Bizjak)

Figure 5. German Keiller heavy flail during demining at Vrbnički dem, Kosovo, 2000 (photo: M. Bizjak)



Slika 6. Težki stroji imajo kar precej omejitev gibljivosti, mlatilka Keiller v blatu Vrbničkega jeza, Kosovo 2000 (foto: M. Bizjak)

Figure 6. Heavy machines have many restrictions in terms of their mobility, Keiller flail in the mud of Vrbnički dem, Kosovo, 2000 (photo: M. Bizjak)

Uporabo strojev omejujejo poleg vrste minskih ovir in zemljišča predvsem vrsta zemlje in rastlinje. Stroji naj bi se praviloma brez težav uporabljali v zemlji prve in druge kategorije, tretja kategorija zemlje ponavadi dopušča omejeno globino dela (le od 10–15 cm), zemlja četrte kategorije strojnega dela ne dopušča⁶.

Prav tako so stroji uporabni v kategoriji nizkega in srednjega rastlinja, precej manj pa pri visokem rastlinju. V izjemnih razmerah rastlinje sploh ne dopušča uporabe strojev⁷.

Osnovni standardi strojev za razminiranje

Čeprav je zelo težko govoriti o nekih splošno veljavnih standardih, je mogoče na podlagi praktičnih zahtev, ki jih

ponudniku strojnega razminiranja postavljajo deminerske avtoritete, omeniti nekaj zahtev, ki se na vseh kriznih žariščih preverjajo na bolj ali manj enak način.

– **Varnost operaterja** je ena najpomembnejših zahtev. Predvsem gre za zaščito s sprednje strani in od spodaj kakor tudi za zaščito pred drobci PPPM. Preverja se tudi zaščita pred hrupom, ki ga povzročajo eksplozije min. Zaščita pred PPPM se preizkuša v kontroliranih razmerah, kjer se na višini 70 cm PPPM postavi bočno na vozilo in mora zaščita zadržati vse minske drobce. Enako velja za hrup. Človeški sluh naj bi brez večjih posledic pogojno prenesel do 10 eksplozij min dnevno, če je tega več, je to obremenitev treba premosorazmerno zmanjšati.⁸ Kabina vozila mora omogočiti visoko stopnjo protihrupne zaščite in znosno delo.

⁶ Prva kategorija: humus, pesek, mehka ali srednje trda zemlja, enoletno rastlinje. Druga kategorija: zemlja in kamenje, večinoma enoletno rastlinje, lahko tudi posamezno grmovje. Tretja kategorija: relativno kamnito zemljišče, kamenje, pomešano z zemljo, tudi večletno rastlinje. Četrta kategorija: druga zelo specifična zemljišča.

⁷ Nizka vegetacija: zelena ali suha trava, ostale enoletnice, redki grmi do višine 1 m. Srednje rastlinje: trava, enoletnice, posamezni grmi, visoki od 1–2 m, zelo goste rastlinje, redka drevesa do 10 cm premera. Visoko rastlinje: trava, enoletnice, grmovje, visoko več kakor 2 m, zelo goste rastlinje, posamezna drevesa s premerom 10 cm in več. Specifični pogoji: gozd, gmajna, zelo poraščen teren.

⁸ Trajanje zvočnega nadtlaka eksplozije PTM TMA 3 znaša okoli 14 ms, največja višina hrupa eksplozije iste mine pa dosega okoli 150 dB. Slušni ščitniki v obliki čepov zmanjšujejo hrup za okoli 25 dB.



Slika 7. Mlatilka Armtrack 325 med delom, okolica Uroševca, Kosovo 2000 (foto: M. Bizjak)

Figure 7. Armtrack 325 flail during demining, Uroševac, Kosovo 2000 (photo: M. Bizjak)



Slika 8. Norveško mlatilko Minecat 230 je na Kosovu uporabil NPA, kjer pa je pokazala veliko pomanjkljivosti, Peč, Kosovo, december 1999 (foto: M. Bizjak)

Figure 8. The Norwegian Minecat flail was used by NPA in Kosovo, where it showed many weaknesses, Peč, Kosovo, December 1999 (photo: M. Bizjak).

- **Čistost tal** je opredeljena z zagotavljanjem enake globine čiščenja ne glede na drugo - ob preobremenitvi motorja mora stroj samodejno zmanjšati hitrost, vendar mora globina dela ostati enaka. Stroj mora omogočiti čiščenje vseh minskih ovir (PPM, protitankovskih min (PTM), mešanih minskih polj), za katere je predviden. Zelo pomembna je gostota udarcev, ki je odvisna predvsem od hitrosti gibanja stroja, teže in velikosti klavdivc in hitrosti obračanja rotorja.
- **Delovni učinek stroja** je v precejšni meri odvisen od ostalih pogojev (vreme, logistika, posadka), vendar je najbolj odvisen od vrste tal, v katerih stroj dela. Delovni učinek stroja mora biti čim večji in biti mora sposoben očistiti velike površine v čim krajšem času. Stroji morajo omogočati spremembo globine dela (od 20 - 50 cm) in dosegati minimalno zanesljivost 85 %.
- **Gibljivost stroja** se ocenjuje v dveh smereh, ena je splošna gibljivost, saj večina humanitarnega razminiranja poteka na območjih z zelo slabo infrastrukturo ali kjer je sploh ni. Pomembno je, da je mogoče čim hitreje in enostavneje stroj prepeljati z enega delovišča na drugo. Pomembna je tudi operativna gibljivost, saj bi morali biti stroji med izvajanjem dela sposobni premagovati do 20 stopinj nagiba in do 15 stopinj bočnega nagiba.
- **Operativna logistika** je pomemben del operativnosti stroja, kjer pride do izraza predvsem vzdrževanje stroja, nadomestni deli, gorivo. Dobra logistika pomeni hiter odgovor na spremenjene pogoje dela, nizke



Slika 9. Valjar Halo Trusta je pogojno uporaben zgolj proti PPM, Vučitrn, Kosovo, 2000 (foto: M. Bizjak)

Figure 9. Halo Trust roller can be used only against anti-personel mines, Vučitrn, Kosovo, 2000 (photo: M. Bizjak).

stroške in kratko obdobje amortizacije stroja. Stroj naj bi deloval do 10.000 delovnih ur le ob rednem vzdrževanju.

- Pri **vzdržljivosti stroja** pride do izraza predvsem njegova trdoživost ob eksplozijah min in zmožnost hitrega popravila stroja na samem delovišču. Ponavadi se vsi stroji v nadzorovanih razmerah preverjajo glede na PPPM, ki ima zelo močno prebojno delovanje, velja pa tudi, da lažji stroj izpolnjuje pogoje vzdržljivosti, če po eksploziji PTM ni trajno uničen. Srednje težki in težki stroji bi morali brez generalnega popravila vzdržati t. i. »9 x 9 učinek«⁹.



Slika 10. Elementi valjanja pred valjarjem Halo Trusta, Vučitrn, Kosovo, 2000 (foto: M. Bizjak)

Figure 10. Rolling elements in front of the Halo Trust roller, Vučitrn, Kosovo, 2000 (photo: M. Bizjak).

⁹ 9 eksplozij PTM ali skupaj do 9 kg eksploziva.

Različni tehnični pristopi

Za strojno razminiranje se v svetu uporablja več tehničnih rešitev, glavna značilnost vseh pa je neposredni stik s kontaminirano ali sumljivo površino. Predvsem zaradi intenzivnega sodelovanja vojaških enot v mirovnih operacijah, se iščejo različne tehnične izboljšave minske detekcije in novi strojni načini njenega izvajanja. Te tehnične rešitve z lahkimi terenskimi in zračnimi vozili še niso v splošni uporabi.¹⁰ Danes se v humanitarnem razminiranju uporabljajo predvsem naslednji pristopi: mlatenje, frezanje, valjanje in odstranjevanje zemlje.

Mlatenje (Flails)

Način mlatenja so začeli razvijati v Sovjetski zvezi že med drugo svetovno vojno, vendar je bil zaradi slabih rezultatov pozneje opuščen. Danes je način mlatenja najbolj razširjen strojni način v humanitarnem razminiranju. Pri njem gre za metodo impulzivnih udarcev oz. mlatenja tal z verigo, obteženo s kladivci različnih oblik. Oblika je odvisna od vrste zemlje, v kateri se izvaja mlatenje. Če je površina mehka in zemlja vlažna, se zemlja »reže« in mora oblika kladivca omogočiti rezanje tal (ostri robovi, oblika slonove



Slika 11. Drobilec kamenja Halo Trusta z detektorjem kovine pri uporabi na Kosovu, Dečani, Kosovo, 2000 (foto: Steve Saunders)

Figure 11. Halo Trust rock crusher with metal detector in it, used in Kosovo, Dečani, Kosovo, 2000 (photo: Steve Saunders)

¹⁰ Znana sta projekta firme Vallon; VMV 4 in VMV 16, ko je na lahko vozilo nameščena iskalna glava, z 4, 8 ali 16 klasičnimi detektorji, ki detektirajo skoraj vse mine. Blizu uvedbe v operativno uporabo. (preizkušal naj bi se v Iraku) naj bi bil tudi projekt ameriške vojske VMMD, pri katerem naj bi detekcijo izvajali trije različni podsistemi, nameščeni na lahko vojaško vozilo. Zelo obetajoč je projekt Camcopter, pri katerem naj bi se detekcija min izvajala iz zraka na majhnih višinah. Podoben projekt je potekal leta 2000 na Kosovu, ko se je praktično preizkušala zračna ladja »MINESEEKER«. Zračna ladja je bila opremljena s posebnimi kamerami in prototipom detektorja za penetracijo površine, projekt je veliko obetal in raziskave še potekajo, praktični rezultati pa so bili v letu 2000 zelo slabi.

noge), če pa je površina trda, jo je treba »razbijati« in so primernejše bolj pravokotne oblike kladivca. Verige in kladivca na verigah zdržijo od 50 do 300 delovnih ur, odvisno od vrste tal, kamenja, števila min ipd. Zelo pomembna so kladivca, predvsem material, iz katerega so narejena, trdota le-tega mora vzdržati pritisk eksplozije, po drugi strani pa pri udarcu ob kamenje ne sme priti do loma materiala.

Zaradi povezave z verigo rotor mlatilke ni obremenjen z neposrednim uporom (kakor je to pri frezah), zato je potrebna precej manjša sila za pogon mlatilk kakor frez. Tako je za pogon srednje mlatilke potreben pogon okoli 150 KS ali 75 KS na meter rotorja.

Ta metoda je načeloma uporabna pri vseh vrstah tal, vendar kljub temu ne dosega zahtevanih IMAS (99,6 %). Narejeno je bilo že nekaj raziskav, ki naj bi prispevale k izboljšanju te učinkovitosti, in so preučile predvsem učinek udarca kladivca (angleško flail strike) na površino, oziroma sile, ki pri tem nastajajo. Pri mlatenju naj bi prihajalo do treh tipov udarcev, in sicer:

- **Razdiralni udarec**, katerega posledica so predvsem fizične poškodbe min ali njihovo fizično uničenje. Ta udarec mino najpogosteje razbije ali fizično tako poškoduje, da ne deluje več. Včasih je poškodba mine taka, da je ne le še zmeraj delujoča, ampak zaradi porušenega ravnotežja predstavlja še večjo nevarnost za deminerje ali MDD, ki dopolnjujejo razminiranje s strojem. To nevarnost se zmanjšuje z večkratnim mlatenjem istega področja.
- **Eksplzivni udarec** mino aktivira, vendar izkušnje kažejo, da pogostokrat pride le do delne detonacije (t. i. partials), kar pomeni, da se aktivira samo žigalnik, telo mine pa ostane nepoškodovano. Vzroki so različni, vendar gre večinoma za slabo kakovost min ali za posledice dolgega ležanja v zemlji.
- **Premikalni udarec** mino premakne ali izvrže iz ležišča (t. i. throw-out). V teh primerih udarec mine niti ne poškoduje niti je ne aktivira, ampak jo zgolj izvrže. Če mina odleti na sumljivo območje, je velika verjetnost da bo uničena z naslednjim mlatenjem, problem pa nastane, če mina odleti na čisto območje.

Raziskave so pokazale, da pri mlatenju na površino delujeta dve sili. Najpomembnejša je navpična sila (F1), ki predstavlja silo kladivca, ki udari ob površino. Ta sila je različna, odvisna predvsem od oblike in teže kladivca (pri srednje težkih mlatilkah je kladivce težko do 1 kg), dolžine verige, na katerih je pripeto kladivce, in hitrosti, s katero se vrtilni os rotorja mlatilke. F1 je pozitivna sila mlatenja, saj deluje na mino in povzroči njeno aktiviranje oziroma uničenje. Vodoravna sila (F2) začne delovati, ko preneha delovati F1. Os rotorja mlatilke še zmeraj deluje z enako silo, vendar sila ni več usmerjena neposredno na površino, ampak je usmerjena vodoravno in predstavlja vlečenje kladivca po površini. Za razliko od F1 je to negativna sila mlatenja in je vzrok za vse tri glavne negativne elemente mlatilnih sistemov; kopičenje zemlje, izmet min in mrtve prostore.

- **Kopičenje zemlje.** Analize kažejo, da se mlatena zemlja zaradi povečanja volumna kopiči na obeh straneh mlatilke in na sami sredini mlatenega območja. Zemljišče po obdelavi dejansko spremeni obliko in če je bila prej površina ravna, po mlatenju postane valovita, saj se oblikujejo valovi oziroma t. i. »redemi«. Redem je čim višji, čim globlje je segalo mlatenje. V redemu se lahko skrivajo nepoškodovane oziroma še delujoče mine, problem pa je redem na meji z varnim območjem, oziroma če so mine prekrite s tolikšno plastjo zemlje, da je poznejša kakovostna detekcija z MDD ali detektorjem otežena ali celo nemogoča.
- **Izmet min** je pri mlatenju zelo pogost in je izključna posledica delovanja sile F2.
- **Mrtvi prostori.** Zaradi različnih razlogov prihaja pri mlatenju do t. i. mrtvih ali "nemlatenih" prostorov, kar je predvsem povezano z načinom delovanja mlatilke, saj kladivca ne pokrijejo celotne mlatene površine. Mrtvi prostori so zelo majhni, vendar včasih dovolj veliki za protipehotne naletne mine (PPNM). Takih površin je manj, če je globina obdelave manjša od 10 cm, kar pa ni pogosto.

Glede na težo se mlatilke delijo na lahke, srednje in težke.

Lahke mlatilke ne presegajo skupne teže do 5 ton, delovna širina je do dveh metrov, hitrost obračanja rotorja je od 500–800 obratov na minuto. Te mlatilke se lahko ponavadi upravljajo tako fizično s samega vozila ali pa z daljinskim upravljanjem. Stroji te kategorije se uporabljajo skoraj izključno za PPM, morebitno aktiviranje PTM povzroči veliko škodo in zahteva večja popravila stroja.

Srednje mlatilke ne presegajo skupne teže od 5 do 20 ton, delovna širina znaša od dva do tri metre, pogonski del je ponavadi ločen od mlatilnega, tako glede pogona kakor delovanja. Tudi tu je možna dvojna oblika upravljanja vozila, so pa tudi ta vozila namenjena predvsem PPM, precej manj pa tudi delu na mešanih minskih poljih. Srednje mlatilke vzdržijo tudi eksplozijo PTM, povprečno je treba ob detonaciji PTM zamenjati do 3 verige in kladivca na rotorju.

Težke mlatilke tehtajo od 20 do 30 ton, hitrost obračanja rotorja je od 300 do 500 obratov v minuti, delovna širina je do 3,5 metra, delovna hitrost pa od 0,6 do 2,5 km/h. Tudi tu sta oba glavna dela stroja ločena, vse tovrstne stroje pa upravljajo vozniki. Stroji so zaradi svoje robustnosti uspešni tudi v boju proti PTM.

Omejitve mlatilke

Omejitve mlatilk so predvsem vezane na vrsto zemlje, teren in rastlinje. Večino tovrstnih strojev je glede na različne izkušnje mogoče uspešno uporabljati do nagiba 20 stopinj, večji nagib zmanjšuje kakovost opravljenega dela. Vrsta zemlje zelo opredeljuje sistem mlatenja,

predvsem kamenje in skalnato območje zmanjšujeta uspešnost tovrstnega stroja. Težavo lahko predstavlja že kamenje s premerom 5 cm in več, seveda v odvisnosti od vrste kamnine ter oblike in mase kladivca. Skale in kamenje namreč zaščitijo mine pred udarci kladivca, ki lahko tako ostanejo nepoškodovane. Primer je razminiranje dokaj kamnitega južnega Libanona, kjer je minski center zaradi skalnatega zemljišča z delovišč umaknil vse mlatilke in prepovedal njihovo uporabo. Deloma je to povezano tudi z globino delovanja, nekateri minski centri zahtevajo globino 20 cm ali več, medtem ko IMAS zahteva globino 13 cm ali globino, ki jo določi tehnično izvidovanje. Mlatilke najboljše rezultate dosegajo do 10 cm ali manj.

Na kakovost dela po praktičnih izkušnjah vpliva tudi hitrost vozila med izvajanjem mlatenja. Pri manjši hitrosti se mine večinoma aktivirajo, pri večjih hitrostih pa so mine ponavadi fizično uničene ali poškodovane. Enaki rezultati kažejo, da je mlatenje manj uspešno pri nekaterih vrstah min. To velja predvsem za PPPM, ki sicer izgubijo svojo potezno funkcijo, vendar jih skupaj z vžigalniki udarci pogostokrat odvržejo na nove lokacije in so lahko celo bolj nevarne kakor prej. Veliko težavo pri uporabi mlatilk sta v Libanonu predstavljali izraelski PPNM št. 4 in št. 4A, zaradi česar mlatilk niso uporabljali na območjih, kjer sta bili položeni ti dve mini. Veliko oviro za mlatilke predstavlja rastlinje in ostanki bodeče žice, ki so pogosti na nekdanjih bojiščih in ki se z lahkoto ovijejo okoli mlatilnega dela stroja.

Freze (Graders)

To je drugi sistem strojnega razminiranja, ki v zadnjem času doživlja širšo uporabo, vendar je glavna omejitev tovrstnih strojev njihova velikost in velika teža, kar



Slika 12. Strojno razminiranje ne dosega standardov humanitarnega razminiranja (99,6%), zato mora biti delo vedno pregledano ročno ali s psi, Glogovac, Kosovo, 1999 (foto: M. Bizjak)

Figure 12. Mechanical demining cannot achieve IMAS (99.6%). It has to be verified manually or via MDD, Glogovac, Kosovo, 1999 (photo: M. Bizjak)



Slika 13. S strani Božene razbita PPNM PMA 2, Streoce, Kosovo, 2000 (foto: M. Bizjak)

Figure 13. Anti-Personel Blast Mine PMA 2 physically destroyed by Božena, Streoce, Kosovo, 2000 (photo: M. Bizjak)

predstavlja težavo predvsem v nerazvitih deželah, kjer infrastrukture pogostokrat sploh ni.¹¹

Način uporabe strojev na principu freze temelji na razbijanju eksplozivnih teles (povečini min) z zobmi rotorja freze, ki dosegajo hitrost do 200 obratov na minuto. Slednji namreč kopljejo zemljo v smislu glodanja površine in poskušajo uničiti mine z njihovim razbijanjem na drobne kose brez detonacije, oziroma s t. i. delno detonacijo. Ker se mine v skoraj vseh primerih polagajo vodoravno na površino, zobje, ki so nameščeni na rotorju, s svojo silo in veliko hitrostjo najprej poškodujejo vžigalnike mine, nato pa jo razbijejo na dele. Ta proces mora biti hiter, da se mine ne aktivirajo ali pa da pride samo do delnih detonacij (vžigalnik, deli mine ipd). Rotor freze lahko deluje istosmerno ali v nasprotni smeri od matičnega vozila. Kateri način obračanja rotorja je za konkretni primer boljši, je odvisno od različnih elementov, od trdote površine, vrste min, potrebne globine kopanja, vrste freze. Zobje freze so narejeni iz najtrših materialov, ponavadi je to volframov karbid. Za frezanje območja s položenimi PPNM je potrebna večja gostota zob kakor na mešanem minskem polju ali pri postavljenih PTM. Nekatere konstrukcije zaradi tega omogočajo dodajanje zob na rotor, nekatere pa enostavneje samo menjavo rotorja z več ali manj zobmi.

Tudi pri frezah je, podobno kakor pri mlatilkah, mogoče govoriti o treh vrstah udarcev, vendar sta tu pomembna predvsem eksplozivni in razdiralni udarec. Premikalni udarec, katerega posledica so izmeti min izven delovnega hoda, za freze ni tako značilen. Za razliko od mlatenja, kjer kladivca na mino vplivajo neposredno in tudi posredno s

silo prek zemlje, je tu vpliv zgolj neposreden. Pri frezah pride do izraza pet negativnih elementov; kopičenje zemlje, izmet min, potisk min globlje, potiskanje zemlje izpred rotorja in prazen prostor pod rotorjem.

Pri kopičenju zemlje in izmetu min gre za enak problem kakor pri mlatilkah, le da sta obe težavi manj izraziti.

- **Prazen prostor** pod rotorjem nastane v odvisnosti od dolžine zob na rotorju in predstavlja rahlo plast zemlje med vrhom zob in trdo površino. V tej plasti so pogostokrat majhno kamenje, deli rastlinja in tudi manjše mine. Ta plast zemlje naj bi naraščala s hitrostjo delovanja freze in z gostejšim rastlinjem. Ta pojav strokovnjakom še ni povsem razumljiv.
- **Potisk min globlje** se pri uporabi frez dokazano dogaja, predvsem ker zobje včasih s svojo silo mine ne razbijejo, ampak jih zaradi različnih vzrokov (mehka, mokra zemlja itd.) potisnejo globlje, k temu pa lahko prispeva tudi velika teža vozila. To težavo je zelo težko popraviti tudi s ponovnim hodom stroja, ker so te mine ponavadi zabite globlje v zemljo kakor je delovna globina stroja. Z dolgoletno kmetijsko obdelavo zemlje (oranje, brananje) lahko te mine naknadno pridejo na dan.
- Rotor med svojim delovanjem **potiska del prefrezane zemlje** izpred sebe (učinek valov). Ponavadi ta zemlja ostaja nakopičena ob robu območja, ko pa stroj konča delo, se obrne in nadaljuje z delom. Izkušnje kažejo, da čim globlje je mina položena, manjša je verjetnost njenega »pplavanja« pred frezo.

Freze so zaradi svoje zapletenosti in velike teže zelo omejene pri svojem delu in gibljivosti. Prav tako veljajo omejitve za zemljo, v kateri je veliko kamenja, ki lahko poškoduje zobe na rotorju. Freze so omejene pri svoji uporabi tudi zaradi morebitnega rastlinja, ki ne sme presežati debeline 10 cm.



Slika 14. Še delujoča PPNM PMA 2, ki jo je poškodovala mlatilka Patria, Dečani, Kosovo, 2000 (foto: M. Bizjak)

Figure 14. Damaged by Patria but still functional Anti-Personel Blast Mine PMA 2, Dečani, Kosovo, 2000 (photo: M. Bizjak)

¹¹ Trenutno obstaja pet proizvajalcev tovrstnih strojev na svetu, teža teh strojev se giblje med 20 in 53 tonami.



Slika 15. Kladivca, pritrjena na verigah mlatilke Patria, Dečani, Kosovo, 2000 (foto: M. Bizjak)

Figure 15. Hammers of the Patria flail, Dečani, Kosovo, 2000 (photo: M. Bizjak)

Globina freziranja pri vseh strojih znaša najmanj 20 cm in več, najboljše rezultate pa so pri minah, ki so od 10–20 cm v zemlji. Nekatere freze imajo vgrajen tudi t. i. sistem za uravnavanje (nivelizacijo), ki stabilizira globino freziranja, ne glede na oviro, obremenitev motorja ipd. Freze so v primerjavi z mlatilkami enako uspešne pri vseh vrstah min, saj prihajajo z njimi v fizični stik. To pa je tudi vzrok, da so ponavadi poškodbe frez zaradi eksplozije PTM ali dveh PTM dosti hujše kakor pri mlatilkah. Nekateri proizvajalci stroje še dodatno opremijo s sistemi mlatenja.

Valjarji (Rollers)

Ta tehnika se danes uporablja predvsem pri vojaškem razminiranju, pa tudi v humanitarni različici. Princip valjanja je sicer že star, v humanitarnem razminiranju

pa so ga začele prve uporabljati nevladne organizacije (dalje NGO), predvsem Halo Trust. Valjarji ponavadi niso samostojni stroji, ampak gre za dodatek na traktorju ali delovnem stroju, poleg tega se uporabljajo skoraj izključno pri zmanjševanju površin, izvajanju tehničnega izidovanja, preverjanju kakovosti ipd. Valjarji imajo veliko vlogo pri prepričevanju ljudi, da je območje varno in ni minirano, v tej vlogi so prišli do velikega izraza na Kosovu in v Afganistanu. Valjarji imajo več pomanjklivosti, tako ne morejo biti uporabljeni na območjih, kjer se le sumi na postavitev PTM, niti ne odstranijo min, ki so zaradi različnih vzrokov prenehale biti delujoče, IMAS pa zahtevajo odstranitev tudi teh min, saj predstavljajo nevarnost pri poznejši kultivaciji kmetijskih zemljišč. Prav tako se valjarji ne uporabljajo na območjih, kjer so bile položene PPPM oziroma protipehotne potezno-odskočne mine. Valjarji za razliko od frez in mlatilnic ne aktivirajo vseh še aktivnih PPNM, ker majhne neravnine onemogočijo, da bi celoten valjar ves čas imel stik z valjano površino. Ta pomanjkljivost se poskuša izničiti s t. i. vzorcem valjanja, ki zagotavlja, da je ista površina valjana vsaj štirikrat, vendar zmeraj z različnih smeri.

Mehanično izkopavanje

To je ena od metod strojnega razminiranja, ki pa se veliko ne uporablja, saj je zelo draga, porabi veliko časa, zahteva veliko različnih tehničnih rešitev in pogosto z mešanjem zemlje uničuje ustrezno kmetijsko strukturo zemlje. Zemlja do globine 30 cm ali celo več se namreč izkoplje, prepelje na drugo mesto, kjer se na različne načine (ročno ali s posebnimi stroji) pregleda in nato zopet odpelje na območje, kjer je bila izkopana. Za izkopavanje in prevoze se uporabljajo običajni delovni stroji, pregled zemlje pa se opravlja bodisi ročno (z dolgimi grabljami, sejanjem) ali pa s posebnimi sejalci oziroma drobilci.



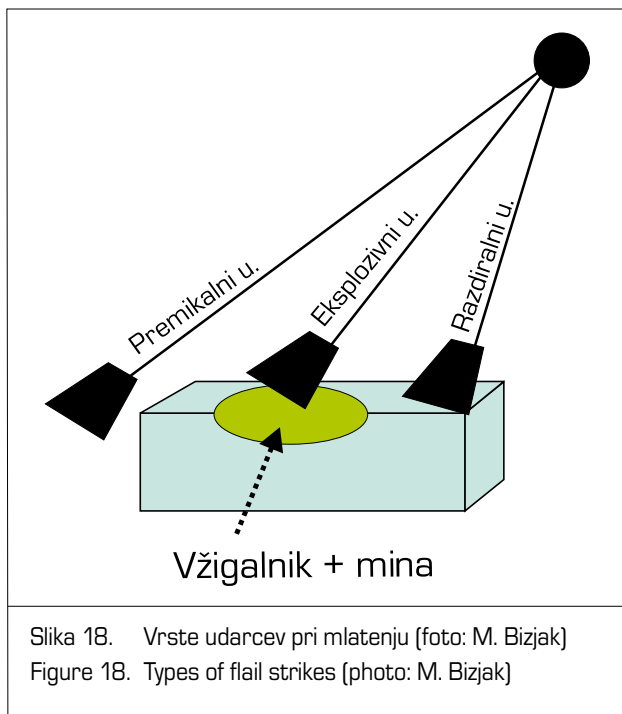
Slika 16. Konstrukcija večine strojev naj bi prenesla tudi dvojno postavitev PTM, Istok, Kosovo, 2000 (foto: Steve Saunders)

Figure 16. Most demining machines should survive even double stacked Anti-tank Mines. Istok, Kosovo, 2000 (photo: Steve Saunders)



Slika 17. Velik problem za vse stroje predstavljajo NUS velikega kalibra, Goleš, Kosovo, 2000 (foto: M. Bizjak)

Figure 17. Large caliber UXOs are a major problem for all demining machines, Goleš, Kosovo, 2000 (photo: M. Bizjak)



Metoda je uporabna predvsem pri izvajanju razminiranja popolnoma uničenih stanovanjskih objektov,¹² pri čemer je na primer Halo Trust na Kosovu, v Abhaziji, Afganistanu in na Šri lanki uporabil posebni drobilec (Rock Crusher). Gre za drobilec kamena, ki je še dodatno opremljen s senzorji za kovino in takoj zaustavi stroj, kadar zazna prisotnost kovine. Stroj je neuporaben, če je v zemlji ali v ruševinah veliko kovinskih drobcev ali gradbenega železa, poleg tega senzorji ne zaznajo antimagnetnih min in te mine lahko »zaidejo« v drobljenje. Drobilec je atestiran za morebitne eksplozije PPM, pred drobilno komoro pa sta dva opazovalca, ki naj bi zagotavljala, da v komoro ne bi zašle tudi antimagnetne mine.

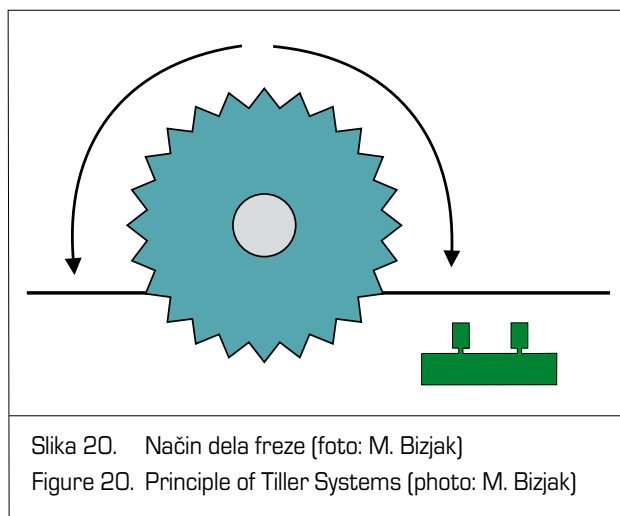
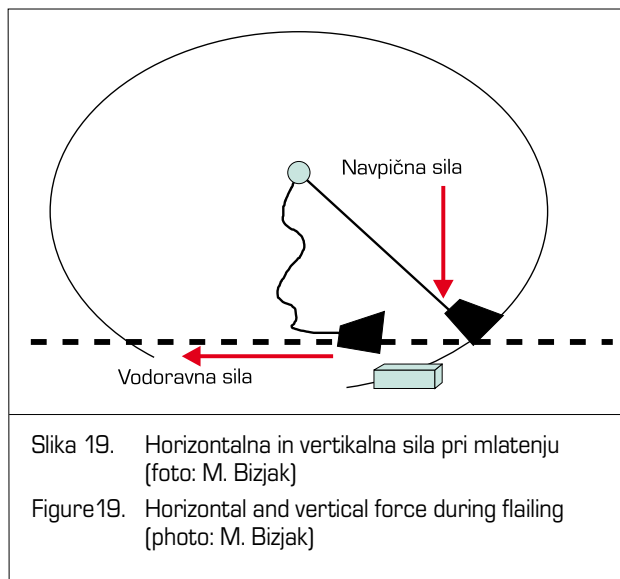
Kombinirani in drugi sistemi

Pri razvoju mnogih strojnih sredstev za razminiranje se uporablja t. i. »princip traktorskih priključkov«. To pomeni, da se posamezni sistemi glede na pričakovane elemente razminiranja (površina, zemlja, pričakovana ovira, rastlinje) na istem vozilu lahko zelo hitro zamenjajo. Namesto valja se lahko namesti plug ali drug tehnični način, kar omogoča različen pristop k razminiranju. Zavedati se je treba, da tega načina večinoma ni mogoče kombinirati z mlatenjem in frezanjem, ker ni mogoče zadovoljiti potrebe po veliki moči in hidravlični samostojnosti.

Občasno se pri humanitarnem razminiranju uporablja tudi sistem pluzenja. Vendar za razliko od taktičnega razminiranja, pri katerem se plug pogosto uporablja, v

¹² Izvajanje t. i. »house clearance« velja za enega najbolj zahtevnih in nepredvidljivih. Opisana metoda je uporabna le, če so objekti popolnoma uničeni in potrebni obnove.

¹³ Kadar je stroj voden z daljinskim upravljalcem.



humanitarnem razminiranju nima pravega mesta. Plug namreč ne rešuje ali vsaj zmanjšuje minske nevarnosti, ampak jo celo poveča. Mine se namreč odrinejo na stran in tam ostanejo, po možnosti še globlje zakopane v zemljo kakor prej. Plugi se lahko izrecno uporabijo ob potrebi izdelave nujno potrebnega prehoda skozi minirano področje, zaradi dostopa do hrane ali vode ali reševanja z minskih polj.

Splošna varnost pri delu s stroji

Pri uporabi strojev za razminiranje je zelo poudarjena varnost, ne samo operaterja, ampak tudi drugih izvajalcev. Določene so minimalne razdalje, ki jih je pri delu treba upoštevati. Tako mora biti operater¹³ v primernem zaklonišču vsaj 50 m oddaljen od stroja, če pa operater spremlja delo na prostem, mora ta razdalja znašati vsaj 200 m. Deminerji, ki izvajajo ročno razminiranje, morajo biti vsaj 250 m od stroja, medicinsko osebje in ostali izvajalci pa najmanj 300 m. Glavne nevarnosti pri delu s stroji ne predstavljajo mine, ampak leteče kamenje,

predvsem pa kovinski deli verig in klavirc, ki jih od stroja odtrgajo eksplozije min in lahko letijo celo do 300 m. Ti kovinski delci imajo enak učinek kakor drobci PPPM.

Slovenski delež pri strojnem razminiranju

Slovenski delež pri strojnem razminiranju ni zelo izrazit, več proizvajalcev je sicer razvilo več strojev, ki pa so večinoma ostali pri prototipih. Le dva stroja sta doživela praktično uporabo na sumljivih površinah Balkana. Srednje težka mlatilka Samson 260/200 je namenjena za delovanje proti PPM in proti PTM, stroj lahko vodi daljinsko upravljanje ali voznik. Obe šasiji stroja sta med seboj povezani z zglobov, ki omogoča dokaj širok razmah med obema sklopoma, vse skupaj pa pogojuje dobro premičnost in delovne značilnosti stroja. Stroj omogoča od 20 do 25 cm globine dela, mlatilka pa zemljo mlati s 56 verigami in klavirci, ki tehtajo 0,8 kg.

Drugi stroj je Minemil MC 2003, ki najboljše rezultate dosega pri pripravi zemljišča in izvajanju tehničnega izvidovanja, uporablja pa se lahko izključno proti PPM. Podobno kakor pri Samsonu sta možni dve obliki upravljanja, stroj pa je zaradi svoje majhne teže uporaben tudi na težje dostopnih območjih, zemljo mlatijo klavirci, pritrjena na od 66 do 72 verig.

Sistema se doslej nista širše uporabljala, kakor se je na primer slovaški stroj Božena, ki velja za »uspešnico« v tem poslu, saj je bilo prodanih že več kakor 50 teh strojev po vsem svetu.

Sklepne misli

Strojno razminiranje ima zelo pomembno vlogo v procesu, ki ga OZN imenuje »k svetu brez min« (angleško: »Towards Mine Free World«). Stroji zelo pospešujejo in pocenijo proces razminiranja, ki je zelo počasen in zelo drag. Za razliko od MDD, kjer so strokovna mnenja še zmeraj deljena, vsi operativni izvajalci razminiranja poudarjajo in izpostavljajo velik pomen strojev, mnogokrat to »poveličevanje« tudi presega realne okvire. To je seveda razumljivo za proizvajalce posameznih strojev, precej manj pa za njihove uporabnike, t. j. ljudi z veliko operativnimi izkušnjami, ker to pogostokrat vodi v nepotrebno tveganje na terenu in v nesporazume med nacionalnimi avtoritetami in posameznimi izvajalci razminiranja. Treba je poznati vse prednosti in pomanjkljivosti posameznega stroja in to upoštevati pri razminiranju, ki je izrazito humanitarna dejavnost, čeprav komercialni interesi velikokrat prevladajo nad človekoljubjem.

Po drugi strani se trenutno veliko finančnih sredstev vlaga v razvoj novih tehnologij, v nove tehnične rešitve, ki bodo mogoče kmalu zadovoljile zelo visoke zahteve IMAS in dosegle težko dosegljivo 99,6 % čistost dela.

Viri in literatura

1. A Study of Mechanical Application in Demining. Geneva International Centre for Humanitarian Demining, Geneva, May 2004.
2. Banks, E., 1998. Anti-Personnel Landmines: Recognising & Dismantling. London.
3. Bryden, A., 2002. Mine Action Equipment: Study of Global Operational Needs, Geneva.
4. Dirscherl J., 2004. Humanitarian Impact from Mines other than Anti-Personnel Mines, Geneva.
5. Dirscherl, J., 2004. Mechanical Demining Equipment Catalogue 2004. Geneva.
6. ITF, 2003. Mechanical Equipment For Mine – Clearance In the Region of South – East Europe. Ig.
7. McGrath, R., 2000. Landmines and Unexploded Ordnance: A Resource Book. London.
8. Mikulič, D., 1999. Tehnika za razminiranje, Suvremene metode i oprema, strojevi za razminiranje. Sisak, Zagreb.
9. Mikulič, D., Šteker, I., 2001. Strojno razminiranje u Republici Hrvatskoj. Hrvatski vojniki, broj 84, godina XII.
10. Portfolio of Mine-Related Projects 2003. New York, October 2003.
11. Radić, N. V., 2001. Minsko ratovanje. Beograd.
12. Shawn, R., Williams, J., 1995. After Guns Fall Silent: The Enduring Legacy of Landmines. Oxfam.
13. The Use of Mechanical Means for Humanitarian Demining Operations. Handicap International, May 2000.

Elektronsko dopisovanje:

John Flanagan, UNMAS – New York.

Chris Clark, Mine Action Coordination Centre Southern Lebanon-Tyre/Libanon