

# Radijska tehnična oprema in reševanje v gorah

## PRIPOMOČKI ZA LOCIRANJE, principi delovanja

Mijo Kovačevič, S51KQ, #27102011  
<http://atv.hamradio.si>

Za lociranje zasutih v plazuz ali ponesrečencev so v današnjem času na voljo različni tehnični pripomočki. Če so iz istih varnostnih razlogov nekoč masovno uporabljali barvne vrvice, so v današnjem času prav tako, ali še bolj "popularne" plazovne žolne. A te v resnici niso edini tehnični pripomoček, ki bi nam lahko omogočil lociranje zasutih oseb. Pasivni odzivniki in harmonski radarji sistema RECCO, tudi GSM lociranje s pomočjo prenosnega ali mobilnega (v helikopterju letečega) simulatorja bazne postaje, ter osebni satelitski PLB svetilniki, so pri organiziranem reševanju neke vrste "konkurenca" in uporabno dopolnilo plazovnim žolnam. Vendar pa navedeni sistemi za detekcijo običajno potrebujejo drago in veliko opremo, ki pa vedno ni primerna za osebno nošenje v hribe. Namenjena je predvsem organiziranemu helikopterskemu iskanju in reševanju.



Pri reševanju izpod plazov stremimo k temu, da zasutega najdemo čim hitreje, po možnosti še preden pridejo na kraj pravi reševalci. Pri tem nam je v veliko pomoč tako imenovan trojček sestavljen iz plazovne žolne, sonde in lopate. Seveda pa oprema sama po sebi ne nudi varnosti. Z delujočo žolno morajo biti opremljeni vsi zasuti, vendar nam kakršna koli oprema za radio lociranje prav nič ne koristi, če je ne znamo uporabljati. A tudi to še ni dovolj, če ne poznamo vsaj nekaj zakonitosti razprostiranja radijskih valov, bomo zasutega lahko iskali dlje časa kot bi ga sicer. Nadalje, če uporabljamo moderne, a na sprejemu gluhe žolne, nam bo to v določenih situacijah prav tako podaljšalo čas iskanja, v najslabšem primeru pa bomo v obsežnem plazišču zaradi lastne utrujenosti omagali še preden bomo sploh zaznali signal zasutega.

Plazišča v visokogorju so lahko velikih razsežnosti, zato pri plazovnih žolnah stremimo k čim večjemu dometu. Prva ovira ki nam to narekuje je morebitna razdalja do zasutega, druga mnogo hujša ovira za razprostiranje radijskega signala pa je zbit in moker sneg, kamenje v njemu, ter morda neugodna lega plazovne žolne na zasutemu. Radijski signal se namreč idealno širi le v praznem prostoru (vesolju), znotraj zemeljske atmosfere polnem nesnage pa je njegovo razprostiranje dušeno, pogosto tudi

lomljeno. Še posebej prihaja do dušenja radijskega signala pri prehodu skozi molekule vlage - višji je odstotek vlage, več bo dušenja. Če odmislimo prehod signala skozi kovinske predmete ter skalo, ki je nemogoč, oziroma skoraj nemogoč, bi bila najslabša možna kombinacija detekcija signala skozi vodo. Seveda se različne frekvence glede na valovno dolžino obnašajo različno pri prehodu skozi vlažno atmosfero ali predmete. Pri tem imajo zelo nizke frekvence (dolga valovna dolžina) lastnost, da lažje prodirajo skozi tako okolje. Zaradi tega je bila kot svetovni standard za plazovne žolne izbrana frekvenca 457 kHz. Ta se nahaja tik pod srednjevalovnim (SV/MW) radiodifuznim frekvenčnim pasom. Pri tem nas naj ne zavedejo prve plazovne žolne, ki so delovale na frekvenci 2,275 kHz. Take žolne v današnjem času niso več uporabne! Prvo žolno je izdelal 1968. leta Cornell Aeronautical laboratorij pod vodstvom Lawton John-a. Imenovala se je SKADI.

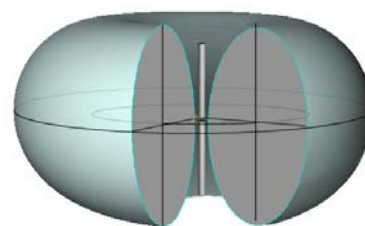
Problematika radijskih zvez je dokaj kompleksna, za boljše razumevanje si v posplošenem opisu pogledjmo s čim imamo opravka pri rokovanju s tovrstnimi radijskimi napravami.

## Plazovne ŽOLNE



foto: Beth Lopez / BLACKCOUNTRY BEACON

Pri plazovni žolni govorimo o napravi z ozkopasovnim SSB sprejemnikom in oddajnikom, s feritno anteno. Gre za radiogoniometersko radijsko postajo, torej napravo za odkrivanje oddajnikov.



Presek snopa vert. DIPOL antene

Plazovna žolna je v resnici ozkopasovna **radijska postaja**, je naprava, ki vsebuje sprejemnik in oddajnik. Za sprejem in oddajo uporablja dolge valove, točno določeno frekvenco 457 kHz. Izbrana frekvenca ima to lastnost, da deloma prodira tudi skozi nekatere ovire (sneg, vlažni predmeti, zemlja) ter, da se valovi na teh frekvencah bolj krivijo pri prehodu okoli ovire kakor na višjih frekvencah. Sled tega je izbrana frekvenca ena primernejših za namen iskanja zasutih v snegu.

**Kaj je domet?** Če zanemarimo izgube v zemeljski atmosferi, ter izgube zaradi hudih ovir (vlaga, sneg, zemlja, voda, beton, kovinski predmeti), je domet razdalja na kateri je nek signal oddajnika še slišen, oziroma je to razdalja na kateri je nek sprejemnik še sposoben slišati oddan signal.

**Kaj določa domet?** Domet katere koli radijske naprave (če zanemarimo dušenje pri prehodu skozi/mimo ovir) določajo: izhodna (izsevana) moč oddajnika, vhodna občutljivost sprejemnika, ojačanje obeh anten, ter smerna diagrama obeh anten. Ob tem igrajo pomembno vlogo lastnosti tako sprejemne, kot tudi oddajne antene, ter smeri njunih snopov.

**Izhodna moč oddajnika** je količina visokofrekvenčne energije, ki jo je nek oddajnik sposoben proizvesti. Izhodno moč merimo v Watt-ih, milivatih ali drugih merskih enotah (dB, dBm, itd). Izhodna (izsevana) moč plazovnih žoln je ekstremno nizka in znaša običajno okoli 10 mW (0.01 W ali +10 dBm). Za primerjavo, naš mali GSM telefon lahko oddaja z močjo tudi do 5000 mW ali 5W (1 mW = 0.001W).

**Občutljivost sprejemnika** je lastnost, ki pove koliko nizek signal lahko sprejemnik še sprejme (sliši). Občutljivost sprejemnikov lahko merimo v mikrovoltih "µV" (mikrovolt). Za sprejemnik, ki ima recimo občutljivost 2 µV pravimo, da je nekoliko naglušen, tisti z 10µV pa da je gluh. To poenostavljeno pomeni, če bo sprejemnik z vhodno občutljivostjo 0.18 µV še slišal nek signal recimo na razdalji 100 m od vira, ga preostala dva zanesljivo ne bosta. Kar pomeni, da se bo sprejemnik z 2 µV občutljivosti moral približati na naprimer 30 m, da bo zaznal oddani signal, tisti z 10 µV občutljivosti pa se bo moral približati na par metrov do izvora signala! Ker jakost signala pada približno na kvadrat z oddaljenostjo, je končni rezultat pri gluhih sprejemnikih še toliko slabši.



foto: Mijo Kovačević

Obratno bi lahko ponazorili: če je najboljčutljivejši ( $0.18 \mu\text{V}$ ) sprejemnik slišal  $1\text{mW}$  ( $0.001\text{W}$ ) oddajnik še na  $100\text{ m}$  oddaljenosti, bo potrebno pri  $2 \mu\text{V}$  sprejemniku dvigniti oddajno moč na recimo  $100\text{ mW}$ , da ga bo slišal na enaki oddaljenosti, pri  $10 \mu\text{V}$  sprejemniku pa na nekaj Watov, da ga bo sploh slišal  $100\text{ m}$  v stran. Pri občutljivosti sprejemnika je v igri (brez zunanjih dejavnikov) veliko faktorjev pogojenih s konceptom sprejemnika in elementi uporabljenimi v njemu.

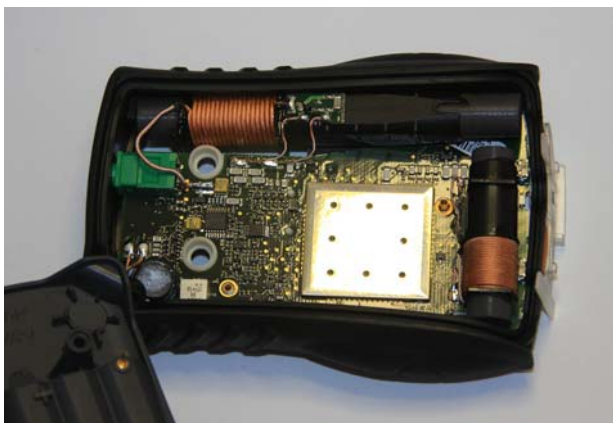
**Jakost VF signala na sprejemu** bi lahko rekli, da je količina sprejete viskofrekvenčne energije na trenutni

točki. Višja kot je jakost, bližje smo oddajniku, oziroma manj preprek je med sprejemnikom in oddajnikom. Jakost signala na plazovnih žolnah običajno prikazujejo indikatorji - LED diode (več jih gori, močnejši je signal), ali skala črtic, ali numerično število na LCD/LED prikazovalnikih žoln. Jakost signala zaznamo na žolnah tudi z ušesi - s spreminjanjem jakosti piska v sprejemniku (vse analogne žolne) ali s spremembo frekvence in/ali ritma zvoka (mikroprocesorske žolne).

**Antena** plazovne žolne je eden pomembnejših sklopov v žolni. Namen vsake antene je oddajanje (izsevanje) generiranega VF signala, in/ali njegov sprejem. Antena v žolni je feritna paličica z rezonančnim navitjem, taka antena ima smernost - je usmerjena. Običajno je na skupnem feritnem jedru navita tako oddajna kot tudi sprejemna tuljava. Novejše mikroprocesorske ("digitalne") žolne imajo po dve ali tri fazno zamaknjene antene v XYZ oseh. Smernost antene pomeni to, da antena maksimalno seva ali sprejema samo v določenih smereh, podobno, kot če bi opazovali snop ročne svetilke. Običajno je smernost enaka naprej in nazaj (signal se širi v obliki nekoliko sploščatenega kolobarja okoli feritne antene), v prečnih oseh pa sta bočna "mrtva" kota. Zaradi smernosti lahko s pomikanjem žolne levo/desno in gor/dol ciljamo - ugotavljamo smer od kje prihaja oddani signal. Ali je ta signal pred nami ali za našim hrbtom, pa določamo s premikanjem proti signalu ali oddaljevanjem od vira signala, ter istočasnim odčitavanjem (poslušanjem) spremembe jakosti sprejetega signala.



Notranjost analogne žolne



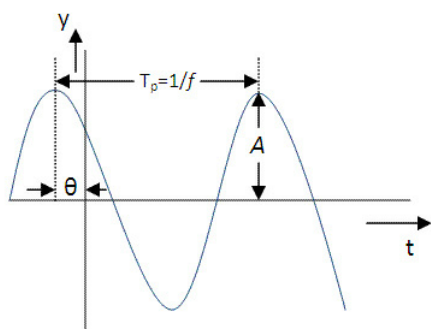
Notranjost sodobne digitalne žolne

Tako občutljivost sprejemnika, kakor izsevana moč oddajnika sta močno pogojena s kvaliteto njune antene. Za antene pravimo, da določajo 2/3 uspeha pri radijskih zvezah. Vsaka antena mora biti rezonančna na uporabljeni frekvenci, sicer je lahko povsem neuporabna - je samo razstavni eksponat brez praktične vrednosti. Pri oddajnikih neresonančna antena lahko v kratkem času uniči lasten oddajnik. Generiran oddajni signal se zaradi neresonančnosti ne izseva in se vrača nazaj proti oddajniku in ga s tem uničuje. Na sprejemu pa neresonančnost pomeni to, da če imamo naprimer sprejemnik z občutljivostjo  $0.18 \mu\text{V}$  bomo na rezonančni anteni slišali šibak oddajnik na  $100\text{ m}$  razdalje, na neresonančni ali slabo

prilagojeni anteni pa isti signal samo na par metrov oddaljenosti (kljub odlični občutljivosti sprejemnika). Se pravi, vsi sklopi v oddajni, kot tudi sprejemni verigi morajo ustrezati izbrani frekvenci.

**Atenuator - dušilni člen** plazovne žolne je spremenljiv (nastavljiv) dušilni sklop na vhodu med anteno in sprejemnikom. Ko ni uporabljen je kratko sklenjen in prepušča ves sprejeti signal iz antene do sprejemnika - takrat ima plazovna žolna največjo občutljivost / največji domet pri iskanju, nadaljnje stopnje pa dušijo vhodni signal za določeno število dB (decibelov). Vsak sprejemnik ima nek razpon sposobnosti sprejema. Ko se preveč približamo oddajniku je ta signal poln in nadaljnje bližanje nam ne pove več ali smo še v pravi smeri. Takrat preklopimo atenuator na višjo stopnjo dušenja (oslabimo vhodni signal), s tem znižamo (poslabšamo) prag občutljivosti sprejemnika in omogočimo dinamično spreminjanje na skali in v zvočniku žolne. Posredno lahko spet odčitujemo jakost sprejetega signala in s tem ugotavljamo smer do ponesrečenca.

**Analogne ter "digitalne" plazovne žolne.** Ob teh zavajajočih nazivih gredo tehnikom lasje pokonci.



*Nosilec - signal žolne je analogen*

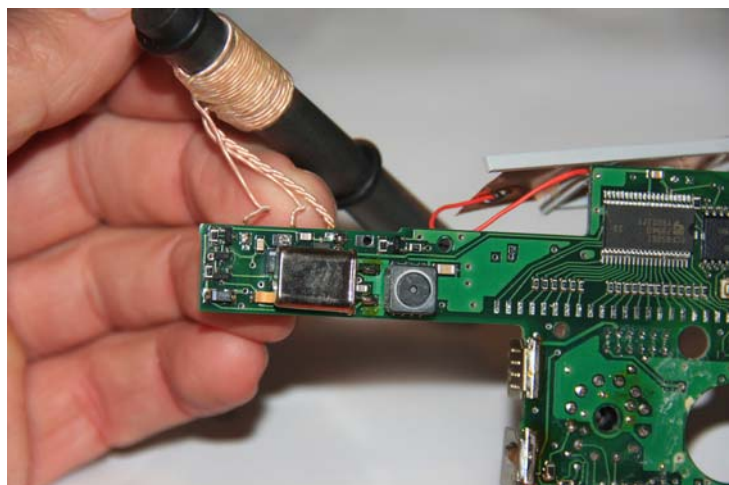
Signal katere koli žolne je na oddaji, torej je tudi na sprejemu analogen! in ne vsebuje nikakršne informacije - prisoten je samo ritmično prekinjajoč nosilni signal. Da bi lahko iztržili več, so si za nove modele umislili zvencez naziv "digitalna" žolna. V resnici gre vedno za en in isti analogen nosilec. Bolj smiselno bi bilo, če bi take žolne imenovali mikroprocesorske. Stare žolne nimajo LCD displejev, imajo eno samo anteno, nekatere par LED-ic za prikaz jakosti signala ali morda indikatorski instrument. Novejše žolne imajo LCD displej ter sto in eno funkcijo, več anten (to je morda boljše, ali pa tudi ne) - se pravi bi naj znale približno ugotoviti v kateri smeri bi naj bil zasuti. Najdražje žolne imajo DSP procesiranje VF signala, kar pomeni, da bi naj znale ločiti oddajnike, ki so malce zamaknjeni po frekvenci

med sabo (čeprav ti naj nebi bili). A v praksi se pogosto pokaže, da za uspešno iskanje v resnici zadošča povsem navadna žolna, izostren sluh in poznavanje nekaj osnov radiogoniometrije.

Ko navedenega nimamo, morda preslabo poznamo osnove iskanja oddajnikov, običajno kupimo najmodernejšo mikroprocesorsko žolno in upamo, morda celo verjamemo, da se bodo zgodili vsi čudeži, ki jih na embalaži obljublja proizvajalci. Potem pa že na prvi vaji presenečeni ugotovimo, da smerna poščica čudno preskakuje sem ter tja, včasih vztraja pri kazanju v napačno smer, razdalja ki jo "pametne" moderne žolne kažejo ni vedno prava, itd. V resnici pa tudi te sodobne žolne delujejo, a imajo neke vrste težave, katerih vzrok smo lahko tudi mi sami, oziroma naše nepoznavanje principov rokovanja z njimi. To je namreč do neke mere drugačno, kakor če bi uporabljali klasično analogno žolno, ki nima procesiranja signala.

## Razlike med žolnami

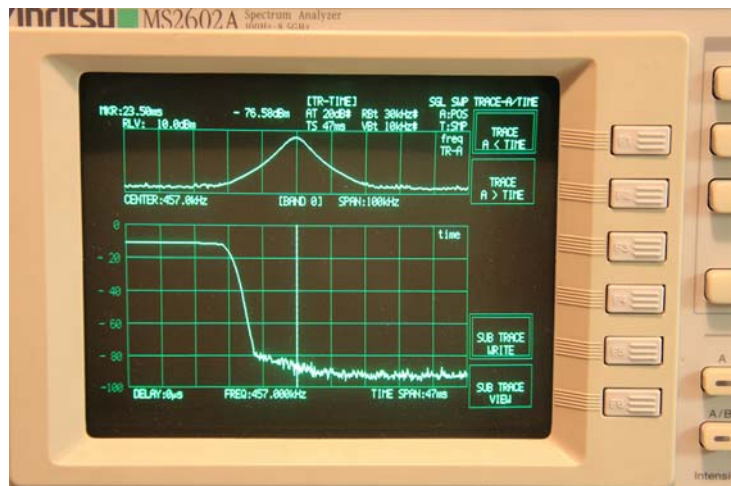
**Analogne** - klasične žolne imajo eno samo anteno. Pri njih se tisto kar slišimo v resnici tudi oddaja. Angleži bi verjetno rekli "What you hear is what you get!" ali po naše "kar slišiš, boš tudi našel". Na sprejemu ni zakasnitve signala, s približevanjem se jakost zvoka viša, pri oddaljevanju pa niža, kar je idealno za lociranje na posluš. Z analogno žolno bomo zaradi širše pasovne širine sprejemnika brez težav zaznali zasute oddajnike, ki so malce odmaknjeni od centralne frekvence. Oddajnik analogne žolne je preprost kristalni oscilator na osnovni frekvenci, relativno odvisen od temperature okolice. Običajno poleg glavnega nosilca oddaja tudi serijo neželenih harmonikov. Ker gre za radijski sistem z eno samo fiksno frekvenco, prisotnost višjih harmonikov nosilca ni kritična. Občutljivost sprejemnika analognih žoln je običajno zelo dobra (velik domet!), poraba električne



*Oddajnik tovarniške analogne žolne je preprost kristalni oscilator*

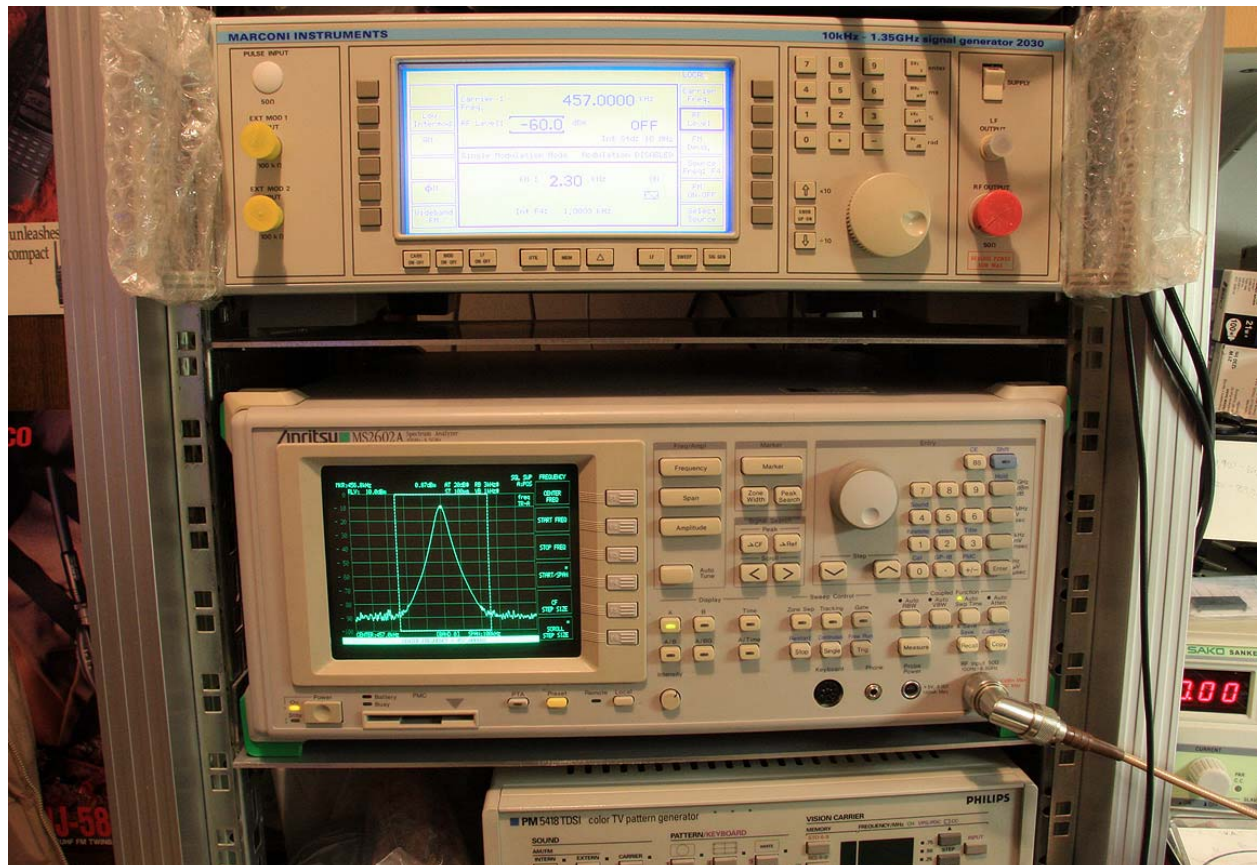
energije pa nizka. Z analogno žolno iščemo snop signala s pomikanjem roke levo-desno. Ko smo nad zasutim, za mikrolociranje usmerimo prečesavanje z žolno proti viru signala, se pravi navpično navzdol.

Sodobne **mikroprocesorske**, "digitalne" žolne kot jih imenujejo proizvajalci imajo večinoma vgrajeno procesiranje visokofrekvenčnega signala. Ene bolj, druge manj uspešno izkoriščajo softversko obdelavo signala, ki bi se naj odvijala v realnem času. To posledično pomeni, da pri njih vedno ne slišimo tistega kar je v resnici v etru. Tudi časovno vedno ne slišimo in ne vidimo indikacije v realnem času. Nekatere žolne generirajo na sprejemu lasten - umeten pisk, ki ni nujno da sledi ritmu in jakosti signala zasute žolne. Še huje pa je to, da pri nekaterih modelih z njimi zelo težko in z veliko zakasnitvijo zaznamo zasuto žolno, tako, ki oddaja malce zamaknjeno iz centralne frekvence. Govorimo o zelo majhnih zamikih nekje do +/-100 Hz. Pri večjih zamikih imajo mikroprocesorske žolne za razliko od analognih večinoma velike težave z detekcijo (ko gre za šibak sprejemni signal). Oddajnik mikroprocesorske žolne bi glede na DSP procesiranje lahko imel zelo čist oddajni spekter, v resnici pa je pogosto prisoten drugi harmonik, pri preizkušanih žolnah je bil v višini od -38 dB do -50 dB pod vršno vrednostjo osnovnega nosilca. Nekatere imajo na bokih ob nosilcu povišan šum.



Čistost spektra doma izdelanega oddajnika plazovne žolne

Občutljivost sprejemnikov mikroprocesorskih žoln je večinoma nižja od analognih žoln. To posledično pomeni toliko manjši domet sodobne žolne v režimu iskanja (na sprejemu). Z mikroprocesorsko žolno, ki ima vgrajeni dve ali tri antene, med iskanjem ne smemo pomikati roke levo-desno. Procesiranje signala in preklopi internih anten se izvajajo relativno počasni, s premikanjem pa bi že tako počasne procese še bolj zmedli z drugo lokacijo. Žolno držimo pri miru - ne mahamo z njo.



Del uporabljene laboratorijske merilne opreme



Smerne puščice nas bodo v določenih primerih lahko zavedle, nam prikazovale nerealno smer zasutega. S tako preprostim tipanjem faze signala (samo tri antene in še to v XYZ oseh) ni moč zagotoviti zares zanesljivega določanja smeri. Ko smo nad zasutim, za mikrolociranje usmerimo sodobno žolno prav tako proti viru signala, se pravi navpično navzdol in ne mahamo z njo. Nekateri modeli mikroprocesorskih žoln poizkušajo ugotoviti koliko zasutih je v plazišču. Vendar se jim to izide samo v primerih, ko so signali vseh zasutih dovolj časovno in/ali frekvenčno razmaknjeni med sabo. Kar pa je v praksi bolj

majhna verjetnost. Mikroprocesorske žolne imajo na sprejemu večinoma krajšo (zelo kratko) avtonomijo, ob tem večino energije potroši DSP procesiranje s požrešnim mikroprocesorjem.

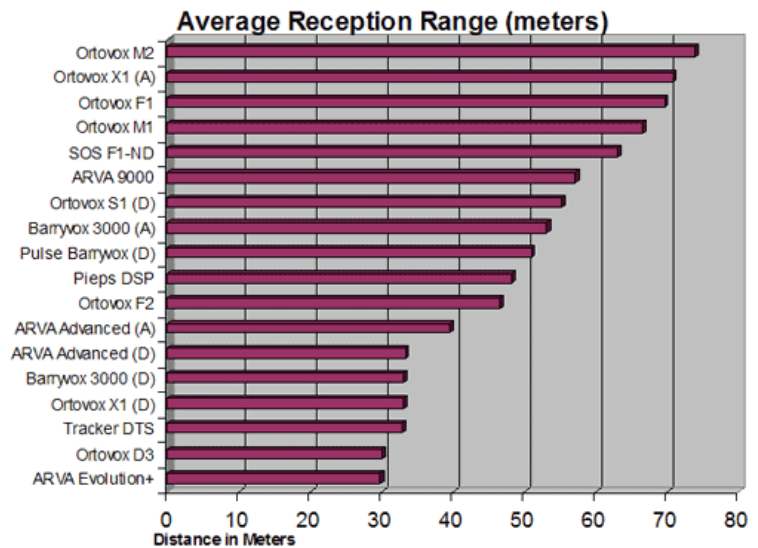
## Povzetek

Pri plazovnih žolnah je v smislu osnovnih zahtev (hitra najdba ponesrečenca) najpomembnejše:

- dovolj visoka oddajna moč žolne zasutega
- frekvenčna stabilnost oddajnega signala
- najvišja možna občutljivost sprejemnikov žoln tistih, ki iščejo
- usposobljenost za rokovanje z žolno (poznavanje žolne katero uporabljamo)
- poznavanje osnovnih zakonitosti razprostiranja radijskih valov

## Analogna ali mikroprocesorska žolna?

Naj nas ne zavede briljanten izgled sodobnih žoln ali njihov velik LCD z nešteti funkcijami ali celo njena visoka cena. Izurjen reševalec v resnici ne potrebuje ničesar od tega, zasute lahko učinkovito in hitro locira s povsem navadno analogno žolno, tudi samo na posluš. V praksi potrebujemo predvsem: občutljiv sprejemnik na katerem bomo slišali resničen izvorni signal, oddajnik s stabilno frekvenco dovolj velike moči, dolgo avtonomijo baterij, ter zanesljivost aparature. Vse ostalo na žolnah je lahko en velik kič in iskanje tržne niše. Za nevedega kupca pa pogosto tudi magnet, ki močno potegne ...



Primerjalni test spletnega portala BeaconReview.com

Nekateri modeli plazovnih žoln, ki so mi prišle v roke so bili pomerjeni na visoko precizni laboratorijski opremi. Rezultati meritev so dokaj različni, v vseh primerih pa govorijo v prid analognim žolnam. Če bi jo kupoval zase, bi prej vsekakor želel izmeriti občutljivost sprejemnika, oddajno moč, frekvenco, način detekcije in še kaj. Namreč, prenekatera moderna "digitalna" žolna je veliko bolj gluha kot si mislimo. Hudo je tudi to, da ti modeli posrkajo baterije enkrat hitreje, še posebej na sprejemu (DSP procesiranje). Med preverjenimi (izmerjenimi) analognimi trenutno vodi dobri stari Ortovox M2 zadnje serije (izmerjenih več kosov), takoj za njo je prav tako odličen star model F1 Focus. Pri analognih bi sicer naj bila najboljša Barryvox VS2000 PRO EXT, ki ima vhod tudi za zunanjo - boljšo anteno, a je do tega trenutka še ni bilo priložnosti pomeriti.

Od mikroprocesorskih je pogojno dobre rezultate (občutljivost sprejemnika) izkazala Barryvox Pulse, z opombo, da ima težave z detekcijo žoln, ki niso točno na frekvenci. Več kot 100Hz odmaknjene pa pri šibkih signalih sploh ne detektira. Nadalje, izvorni signal je v prvinski obliki slišen samo če je šibak, sicer pa žolna generira svoje piske - preklopi na "digitalni" zakasnen način. Problem z avtonomijo

baterij je tu ustaljen, kot pri vseh mikroprocesorskih žolnah. Druge mikroprocesorske so izkazovale še opazno slabše rezultate. Med njimi je bila daleč najslabša Pieps Freeride. Tisti pregovor: *".. ni vse zlato kar se sveti"* v svetu sodobnih žoln še kako drži.

### Preglednica nekaterih izmerjenih plazovnih žoln

Plazovna ŽOLNA	Lastnik	RX	RX-FRO	TX-PWR	TX stabil	TX harmoniki	OCENA
ORTOVOX F1 Focus	Jože K.	-125.9 dBm	456.7-457.2	+10.3 dBm	N	-40, -50, -70 dB	9
BEACON-1 samogradnja	Mijo K.	n.a.	n.a.	+12.4 dBm	Y	-67 dB	10+ TX
ORTOVOX F1 Focus	Klemen	-124.1 dBm	456.7-457.2	+9.44 dBm	N	-40, -50, -70 dB	9
ORTOVOX F1	Klenem	-121.9 dBm	456.7-457.26	+9.9 dBm	N	-40, -50, -70 dB	8-9
BEACON-2 samogradnja	Mijo K.	n.a.	n.a.	+5.51 dBm	Y	-59 dB	8 TX
ORTOVOX M2	Mijo K.	-134.0 dBm	456.7-457.2	+9.65 dBm	N	-40, -63 dB	10
ORTOVOX M2	Mijo K.	-135.3 dBm	456.7-457.1	+9.29 dBm	N	-40, -61 dB	10
BARRYVOX Pulse	Pavli S.	-126.4 dBm	456.9-457.1	+9.14 dBm	Y	šum na bokih	8
ORTOVOX patroller dig.	Luka D.	-84.3 dBm	456.89-457.10	+8.03 dBm	N	-40, -50 dB	6
PIEPS Freeride	Andrej P.	-61.0 dBm	456.9-457.1	+7.90 dBm	?	-38, -47 dB	2-3

## Pasivni odzivniki RECCO

Recco ni samo kraj na zahodni obali Italije, pač pa v gorništvu in še kje pomeni nekaj povsem drugega. Zgodovina RECCO sistema za lociranje zasutih v plaz u sega v sedemdeseta leta. Točneje 30. decembra 1973 je v kraju Åre na Švedskem obsežen plaz povzročil pravo tragedijo. V naslednjem letu je Magnus Granhed prišel na idejo, da bi v namene reševanja življenj izkoristil neželjen drugi harmonik oddajnikov. V naslednjih letih je ob podpori Kraljevega instituta za tehnologijo v Stokholmu pričel razvijati neke vrste radarski sistem. Leta 1980 je Magnus ustanovil podjetje RECCO AB, ki je začelo s proizvodnjo prvih, takrat še zelo velikih in nerodnih, vendar delujočih harmonskih radarjev.



Reševalec med mikrolociranjem s harmonskim RECCO radarjem, foto: Recco.com



Pri plazovnih žolnah je bilo govora o aktivnih radijskih postajah, tako pri zasutemu, kakor pri tistemu ki rešuje. Sistem RECCO sicer vsebuje tako sprejemnik kot oddajnik, vendar na krepko višjih frekvencah in v povsem drugačni zasnovi. Tu govorimo o pasivnih odzivnikih na strani udeležencev ture, ter o harmonskem radarju, ki ga uporablja ekipa, katera rešuje.

**Princip delovanja RECCO sistema** je naslednji: udeleženci imajo prilepiti ali na svoji opreми in oblačilih trdno nalepljene manjše ploščice - pasivne RECCO odzivnike, ekipa za reševanje pa poseduje harmonski radar. Pri reševanju harmonski radar oddaja močan nosilni signal na neki, recimo ji "A" frekvenci, sočasno pa posluša odziv na njenem drugem harmoniku (dvakratniku oddajne frekvence) ki jo poimenujemo "B" frekvenca. Ko/če snop zadane pasovni odzivnik na udeležencu, se zbrana energija iz "A" frekvence s pomočjo posebne diode namnoži in ob pomoči druge antene, resonančne na 1x višji "B" frekvenci manifestira - odda kot majhen del izvirnega sevanja. Sprejemnik harmonskega radarja istočasno posluša odzive na tej "B" frekvenci in jih preko slušalk posreduje reševalcu.

Reševalec na ta način dobi v roke funkcijo "pin point-inga", to bi pomenilo možnost dokaj natančnega ciljanja na pasivni odzivnik ne glede na njegovo smernost in trenutno lego. V praksi zaslišimo lasten signal, ko s prečesavanjem - gibi roke levo/desno zadanemo pasivni odzivnik nekje v plazišču. Jakost signala je pogojena s številnimi faktorji in ovirami, je pa lokacija ob uspešnem odzivu jasno določljiva.

RECCO sistem deluje na UHF frekvencah tik pod pasom namenjenim GSM telefonom. Radar RECCO sistema oddaja na 917 MHz, posluša pa na drugem harmoniku, to je na 1834 MHz (nekateri naprave uporabljajo 915 MHz ter 1830 MHz). Obratno pa pasivni odzivniki poslušajo na spodnji frekvenci, oddajajo pa na zgornji frekvenci.

**Pasivni odzivniki RECCO** so nekaj centimetrov dolga tiskana vezja, na katerih je jedkana dvojna mikro stripline antena s posebno prilagoditvijo in diodo na sredi. Večja antena je resonančna na nižji frekvenci, manjša antena pa na njenem dvakratniku. Namen diode je, da namnoži inducirano visokofrekvenčno nihanje nižje frekvence na 1x višjo frekvenco, ki jo nato izseva manjša antena. Pasivni odzivnik je naprava, ki ne potrebuje zunanjega napajanja in je kot tak trajno delujoč, razen če pride do njegove mehanske poškodbe. Pasivnost pa ima za posledico zelo slab izkoristek - samo en majhen del inducirane valovanja se uspe pretvoriti na drugo frekvenco. Kar ima za posledico potrebo po čim večji izhodni moči oddajnika harmonskega radarja.



*Sodoben RECCO harmonski radar z vgrajenim sprejemnikom za plazovne žolne*



*Pasivni odzivnik RECCO sistema 917 / 1834 MHz*

**Harmonski radar RECCO** je tehnično gledano dokaj komplicirana naprava. Prvi tovrstni radarji so tehtali okoli 16kg in bili tako veliki, da ga je en reševalec komaj nosil. Današnji najnovejši tehtajo desetino te teže in so bolj priročni, a še vedno precej veliki. Harmonski radar ima običajno v istem



ohišju vgrajeni obe anteni, veliko za nižjo oddajno frekvenco in majhno za višjo sprejemno frekvenco. Obe anteni sta linearno polarizirani in morata imeti relativno veliko smernost, da je zadoščeno funkciji lociranja. Nadalje, vgrajen ima oddajnik večje moči ter čim bolj občutljiv sprejemnik. Oba delujeta istočasno.

Anteni za različni frekvenci ena blizu druge, ter vključen oddajnik med tem ko sprejemamo, si je v hudem nasprotju s fizikalnimi zakonitostmi. Pa ponazorimo: če si tik pred očmi vključimo močno žarnico, ne samo da ne vidimo brati, ampak bomo tudi v kratkem oslepeli. Nekaj podobnega se dogaja v razmerju med vključenim oddajnikom in sprejemnikom v harmonskem radarju. Za razliko od pravih radarjev, ki pošljejo impulz in nato poslušajo odziv ter merijo njegovo časovno ali frekvenčno zakasnitev, mora biti RECCO harmonski radar istočasno na oddaji, da lahko sploh sliši signal iz pasivnega odzivnika. To potegne za sabo omejitve v moči oddajnika, ter oslabitve občutljivosti sprejemnika zaradi poljske jakosti lastnega oddajnika na sicer pol nižji frekvenci. Zelo velik problem pri konstruiranju takega radarja predstavlja drugi harmonik lastnega oddajnika, ki je ponavadi zelo visok. Se pravi neželeni signal, ki je natančno na 1x višji sprejemni frekvenci. Harmonski radar zato potrebuje tako na oddaji, kot na sprejemu izjemno selektivna pasovna, ter zaporna NOTCH sita (filtre). Ker sta sprejemna in oddajna antena zelo blizu ena drugi, to še dodatno poslabša sposobnost detekcije - omeji domet.



Reševalec med vajo s starejšim RECCO radarjem

In ko na koncu že zdesetkanem dometu harmonskega radarja dodamo še pasivnost odzivnika ter nepropustnost vlažnega terena za tako visoke frekvence, je domet ob izjemni količini vložene energije zares majhen. Izbrani frekvenci se namreč zelo slabo razprostirata skozi sneg, vodo, ne prodirata skozi zemljo in skale. Imata pa po drugi strani morda neke prednosti pred nižjimi. Na primer antene s toliko ojačanja so relativno majhne, filtriranje med oddajno in sprejemno frekvenco je lažje izvedljivo kot bi bilo sicer. V končni fazi kljub vsem oviram sistem RECCO dosega domet na odprtem prostoru nekje do 200 m, v snegu pa se odvisno od vlažnosti in debeline plazua ta lahko zmanjša na vsega nekaj metrov. Kljub številnim oviram je princip mikrolociranja tu bolj natančen kot pri plazovnih žolnah.

**Uporabnost RECCO sistema** je predvsem v organiziranih reševalnih akcijah. Seveda je pogoj, da imajo ponesrečeni na sebi RECCO odzivnike, ter da v bližini reševalcev ni drugih odzivnikov. Oblačila



Čebela z minijaturnim RECCO odzivnikom

z že tovarniško našitimi odzivniki so običajno ustrezno označena, prav tako čelade. Sicer pa je v tujini moč kupiti tudi samo odzivnike, ki jih nalepimo in prišijemo na oblačila. Priporočljivo je po dva na osebo, na različna mesta oblačila. Cenovno so odzivniki zelo poceni, med tem ko harmonski radar stane precej denarja. Najsodobnejši RECCO radarji devete generacije (izdelani leta 2009) imajo vgrajen tudi 457 kHz sprejemnik za plazovne žolne in omogočajo iskanje v obeh režimih.

Kot zanimivost, RECCO sistem se že dolgo uporablja tudi za sledenje žuželk in isektov, katerim odzivnik nekoliko drugačne oblike in teže (narejen samo iz diode in žičk) nalepijo na hrbtni del. Domet tako slabo prilagojenih žičnih anten je seveda posledično krajši. Prave RECCO odzivnike uporabljajo tudi v druge namene. Naprimer v Canadi za markiranje robnikov nekaterih močno zasneženih cest, za bolj natančno pluzenje roba ceste.

## GSM lociranje

Namenimo še nekaj besed manj poznanim sistemom za lociranje oseb. Za iskanje ponesrečenih ali izgubljenih oseb (SAR) se v tujini poslužujejo tudi sledenja GSM signala mobilnega telefona. V povprečju ima okoli 95% ljudi pri sebi GSM telefon. V strnjениh naseljih je sledenje relativno enostavno, saj so bazne postaje na goro posejane po terenu, proces lociranja pa je izvedljiv daljinsko. Principielno deluje sistem tako, da se meri jakost signala mobilnega telefona na posameznih baznih postajah v bližini, poseben program potem iz razmerij med jakostmi signala z interpolacijo izračuna 2D lokacijo iskane osebe. Natančnost te vrste lociranja je okoli 100 m.

Za potrebe reševanja v gorah že vrsto let poizkušajo izdelati sistem, ki bi bil uporaben tudi tam kjer običajno ni stacionarnih baznih postaj. Princip iskanja je tu nekoliko drugačen. Na helikopter namestijo ozko usmerjene antene ter večji kovček v katerem je samostojna bazna postaja, ki pa ima drugačen softver in se ne povezuje nikamor naprej. Njen namen ni vzpostavitev telefonske zveze temveč, da pošilja "ping" pakete proti morebitnim zasutim GSM telefonom in posluša njihov odziv.



Helix anteni in minijaturni simulator baze

Smer telefona se ne določa izključno z jakostjo odzivnega signala, pač pa predvsem z usmerjanjem anten na bazni postaji (podobno kot pri plazovnih žolnah in RECCO sistemu). S takim načinom iskanja je moč doseči natančnost lociranja do nekaj deset centimetrov tudi pri GSM sistemu.

Različne firme se ukvarjajo z razvojem tovrstnih sistemov. Kot zanimivost od nedavnega obstaja tudi manjši prenosni simulator GSM bazne postaje, ki so ga poimenovali HEPKIE in ga razvijajo na Švedskem. Prve teste v katerih so sodelovali reševalci ResQU in Swedish Police Mountain Rescue Service so opravili kje drugje kot v bližini kraja Åre. Njihov sistem je zanimiv saj je prenosen in izjemno majhen v primerjavi z velikostjo pravih baznih GSM postaj.



Reševalec med iskanjem zasutega z GSM telefonom

Domet GSM sistema za iskanje je odvisen od številnih faktorjev. Uporaba v helikopterju ima prednost v smislu, ko snop anten bazne postaje pokrije večjo površino terena nad katerim helikopter leti. Pri optični vidljivosti med bazo in ponesrečencem je lociranje možno tudi na razdaljah več kot 10 km. Pri globoko zasutih pa se zaradi neugodno visoke UHF frekvence GSM telefonov domet močno skrajša na samo nekaj metrov.



HEPKIE prototip od blizu



## 406 MHz PLB - osebni svetilniki

Personal Location Beacon (PLB) ali po naše osebni svetilnik za lociranje so naprave, ki se že nekaj let uporabljajo za pomoč osebam v stiski na neobljudenih področjih sveta. PLB svetilnik nekako ne moremo imenovati odzivnik, saj ga je ob nezgodi potrebno ročno aktivirati. Gre za žepno napravo podobno plazovni žolni ali neke vrste telefonu, z nekaj tipkami in funkcijami. V resnici so v tej vodotesni škatlici skrite tri naprave: GPS sprejemnik, računalnik, ter UHF satelitski oddajnik in morda tudi VHF letalski oddajnik. V primeru nezgode pritisnemo izbrano tipko (pred tem smo ji doma določili neko tekstovno sporočilo), PLB pa bo začel oddajati podatke proti satelitom. Na drugi strani satelitska zemeljska postaja posluša - sprejema alarmna sporočila in jih posreduje centrom pri katerih smo prijavljeni z našo PLB škatlico. Ti pa alarmirajo ustrezno službo, če gre za reševanje oseb.



**Zgodovina PLB** sega v obdobje prvih poizkusov reševanj v letalstvu ter na morju s pomočjo radio lociranja. Generalno poznamo tri tipe radijskih svetilnikov namenjenih reševanju: 1) Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB) ki je namenjen pomorstvu, 2) Emergency Locator Transmitter (ELT) za uporabo v letalstvu, in 3) Personal Locator Beacon (PLB) za osebno uporabo v nevarnih situacijah. Radijski svetilniki namenjeni reševanju oddajajo na frekvencah 121.5 MHz, 243 MHz ter 406 MHz. S tem, da je bila pred leti ukinjena uporaba spodnjih dveh frekvenc na VHF pasu (121.5 in vojaške frekvence 243 MHz). Prvega februarja 2009 pa je bilo ukinjeno tudi satelitsko sledenje svetilnikov na 121.5 MHz.



*Sir Ranulph Fiennes z McMurdo PLB svetilnikom maja 2009 med vzponom na Mt. Everest*



*Nekoliko večji ACR PLB svetilnik*

Med tem, ko so prvi svetilniki, ki so delovali na ELT frekvenci 121.5 MHz oddajali analogni nosilec brez nekih informacij (podobno kot plazovna žolna), so sedanji svetilniki pravi digitalni. Vgrajen imajo GPS sprejemnik, računalnik s spominom, ter oddajnik.

Ob sprožitvi PLB svetilniki oddajajo digitalni paket podatkov v katerem so: lastna identifikacija, podatki o trenutni lokaciji ter prednastavljeno sporočilo. Paket je dolg 112 ali 144 bitov. Signal sodobnih PLB svetilnikov potuje na polarne COSPAS-SARSAT satelite v nizki orbiti, kakor tudi na geostacionarne satelite in nato na zemeljske postaje, ki podatke posredujejo lokalnim reševalnim službam.



Pa si поблиže pogledimo **osebni PLB svetilnik**. Gre za neke vrste pomanjšano verzijo EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacon) in ELT (Emergency Locator Transmitter) svetilnikov, ki so vrsto let v uporabi v pomorstvu in letalstvu. Najbolj opazna razlika med njimi in PLB je v velikosti in ceni. PLB svetilniki so žepne velikosti in stanejo krepko manj kot profesionalni svetilniki.

Naslednja razlika je v tem, da morajo biti profesionalni svetilniki sposobni oddajati vsaj 48 ur pri temperaturi -40 stopinj C, za PLB pa se zahteva to v trajanju vsaj 24 ur. Nadalje PLB svetilniki se delijo v dva razreda (Class). Razred 1 je izdelan za temperature do -40 stopinj in mora biti ploven - nepotopljiv v fazi oddajanja, razred 2 pa za temperature do -20 stopinj C in ni nujno da je nepotopljiv. Oba sta vodo odporna.

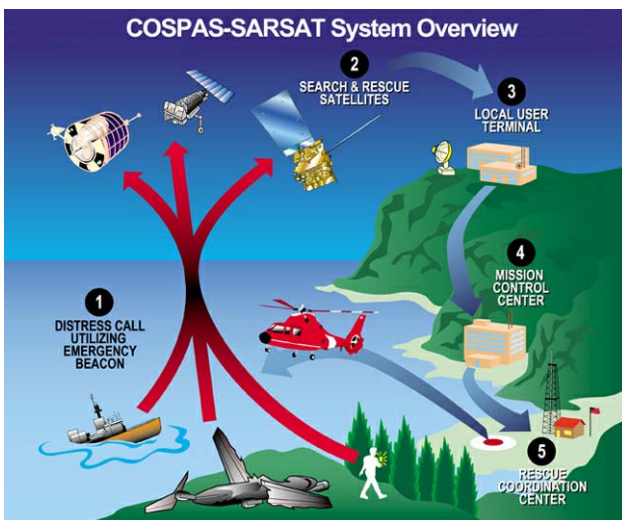


Sodoben PLB z displejem

Pri pozitivnih temperaturah je avtonomija delovanja oddajnika seveda daljša. Zaradi uporabe majhne baterije je pri PLB skrajšan čas delovanja na oddaji, to je nekaj normalnega. EPIRB in ELT svetilniki se znajo sprožiti tudi samodejno, med tem ko PLB svetilnik prožimo izključno ročno.

Za Ameriško tržišče FCC zakonodajalec

predpisuje, da morajo njihovi PLBji imeti vgrajen tudi 121.5 MHz svetilnik zelo male moči (25-50 mW) za lokalno - direktno lociranje na terenu.



Pot PLB signala ob sproženju alarma

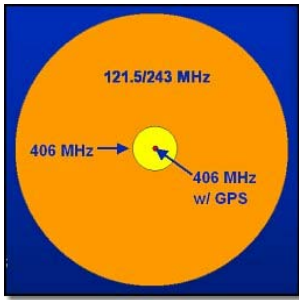
PLB je namenjen pohodnikom, planincem, plezalcem, kajakašem, lovcem in ostalim, ki bi se lahko izgubili, poškodovali in potrebujejo pomoč na odročnih krajih. PLB svetilniki uporabljajo isti COSPAS-SARSAT satelitski sistem kot njegovi večji brati. Vsak PLB mora biti registriran, njegova uporaba pa je brezplačna, ob registraciji navedemo tudi kontaktne telefonske številke. V primeru lažnega alarma, ko smo po pomoti sprožili gumb oddajnika, bo reševanje lahko ustavljeno še

preden pride zahteva iz satelitskega nadzornega centra. Vsak PLB ima unikatno identifikacijsko kodo, tako bodo reševalci takoj vedeli komu pripada svetilnik, prav tako je posamezna serija PLBjev izdelana/kodirana za točno določeno državo, zato ne kupujemo svetilnikov, ki so izdelani za države preko luže.



LOE nizko orbitni polarni sateliti potujejo od juga proti severu, geostacionarni sateliti pa so "fiksno" nameščeni v GEO tirnici okoli Ekvatorja

**Princip delovanja PLB** je naslednji: ob nezgodi, ko želimo sprožiti alarm, moramo na boljših modelih raztegniti paličasto anteno svetilnika ter ga namestiti v ugodno lego za sevanje proti nebu - proti satelitom. S pritiskom na gumb ali kombinacijo gumbov za alarm, prične PLB oddajati digitalne podatke na 406 MHz s hitrostjo 400 bps. Z zhodno močjo okoli 5W (35-39 dBm) bo oddal digitalni paket vsakih 50 sekund enkrat. Paketi so zelo kratki, 440/520 mS. Čas intervala v režimu oddaje naključno varira +/- 2.5s, da se preprečijo modebitne kolizije s sosednjimi svetilniki.



Natančnost signalov 121.5 MHz, PLB z 406 MHz, ter PLB z GPSom na 406 MHz

Nizko orbitni polarni LEO sateliti nad mestom nezgode sprejmejo sprožen alarmni signal in s pomočjo Dopplerjevega zamika izračunavajo lokacijo oddajnika. Podobno se dogaja v GPS sistemu v uporabniških sprejemnikih, le da je tu koncept obrnjen - oddajnik je na zemlji, podatke pa izračunava satelit. Isti signal slišijo tudi navidezno "fiksni" geostacionarni sateliti tega sistema, ki pa zaradi svoje sinhronne (GEO) tirnice ne morejo ugotavljati lokacije sproženega alarma, temveč samo posredujejo sprejete digitalne pakete naprej do zemeljske postaje.



KANNAD-ov PLB svetilnik

Novejši PLB svetilniki imajo skoraj vsi vgrajen lasten GPS sprejemnik, ti podatki so v LEO sistemu za nadzorno satelitsko postajo "dopolnilni", pri GEO sistemu pa osnovni o lokaciji. Prelet polarnih LEO satelitov je relativno redek in je lahko v razmaku od nekaj minut do ure in pol. Odzivni čas po sproženju alarma preko LEO satelitov je v povprečju 60 min, preko GEO satelitov pa okoli 3 minute. Sočasno s sprožitvijo satelitskega UHF oddajnika se pri svetilnikih, ki imajo vgrajen 50 mW VHF oddajnik sproži tudi oddaja na 121.5 MHz. Tu PLB svetilnik oddaja z zvokom alarma AM moduliran nosilec, ki je namenjen lokalnemu - zemeljskemu lociranju ponesrečenca.

**Proženje PLB svetilnika v kateri koli drugi situaciji, razen ob resnični potrebi po reševanju ni dovoljeno in je kaznjivo.** Izjemoma upravitelj satelitov lahko dovoli, vendar samo v določenih regijah, testno proženje po predhodnem obvestilu, sicer pa kakršno koli proženje v testne namene ni dovoljeno.

**COSPAS-SARSAT zemeljske postaje** ali lokalni uporabniški terminali (LUT) so razporejeni po celem svetu in se delijo na dva tipa: eni so za spremljanje prometa na nizko orbitnih polarnih satelitih (LEO), teh zemeljskih postaj je trenutno 46. Drugi tip zemeljskih postaj pa spremlja promet na geostacionarnih - navidezno mirujočih satelitih (GEO), teh zemeljskih postaj je trenutno 18. Podatki iz obeh tipov LUT se stekajo v centre za zaščito in reševanje (v tujini SAR). V sistemu je povezanih - sodeluje 43 držav, med njimi skoraj celotna Evropa razen Slovenije, Avstrije, Hrvaške in Madžarske. Trenutno zadnja se je letos 17. junija pridružila Srbija. Sicer pa satelitski sistem alarmiranja v primeru nezgode, z nekaj spremembami deluje že od 1982. leta.



NOAA upravna satelitska postaja



**PLB svetilniki** so tiste ključne naprave, ki jih imajo uporabniki pri sebi. Danes PLB

svetilnike proizvajajo številne firme, svetilniki so različnih oblik, barv in lastnosti. Enotno jim je to, da je njihova cena višja od najdražjih širokopotrošnih plazovnih žoln, v tej ceni pa bi naj bila že zajeta uporaba satelita. Nekateri so sposobni oddajati kratka 15 znakovna HEX sporočila, drugi dolga, 30 znakovna HEX sporočila. Razlikujejo se tudi v tem, ali imajo vgrajen GPS sprejemnik ali ne, ter kako dober - občutljiv GPS sprejemnik imajo. Nekateri boljši imajo vgrajen tudi prikazovalnik na katerem lahko uporabnik vidi svojo GPS lokacijo. Določeni PLB svetilniki imajo vgrajeno tudi opozorilno SOS Flash lučko, ki po sprožitvi utripa vsaj še 24 ur.

V poplavi EIRPB, ELT IN PLB svetilnikov so nekateri ustanovili svoje firme, ki pod lastnim imenom tržijo to, kar je pri COSPAS/SARSAT sistemu brezplačna storitev satelitskega alarmiranja. Njihovi osebni PLB svetilniki uporabljajo druge satelite, so pol cenejši, potem s pogodbo o uporabi servisa pa v kratkem času iztržijo veliko več kot bi z enkratno prodajo svetilnika. Eden najbolj znanih plačljivih PLB sistemov je SPOT. Preden se odločimo za nek plačljivi sistem satelitskega alarmiranja je smiselno zbrati čim več informacij o njihovem delovanju. Predvsem na forumih je moč



*SPOT messenger, osebni PLB*



*ACR PLBje masovno uporabljajo tudi v gorništvu*

brati o praktičnih izkušnjah uporabnikov, ki pa žal niso vedno najlepše. Pozor s kreditnimi karticami, pri nekaterih firmah velja samodejno podaljšanje naročnine četudi smo svoj SPOT izgubili, prodali ali ga ne uporabljamo več.

S pomočjo COSPAS/SARSAT satelitov in EPIRB, PLB ter ELT svetilnikov je od leta 1984, ko je sistem polno zaživel, do sedaj bilo rešenih že več kot 28000 oseb po celem svetu, od tega dobrih 6000 v združenih državah Amerike.

Ali so COSPAS/SARSAT PLB satelitski svetilniki uporabni tudi v Sloveniji? Načeloma ga je moč uporabiti skoraj kjer koli na svetu, vsaj kar se sistema detektiranja alarma tiče. Bili pa bi polno uporabni, če bi se Slovenija vključila v ta sistem. Se pravi, takrat bi sporočila PLB svetilnikov čez satelit prišla naravnost v ZARE sistem (112, center za obveščanje). Dokler pa temu ni tako, bo PLB pri nas pogojno uporaben.



*Triinštirideset držav in organizacij za reševanje človeških življenj je pridruženih COSPAS/SARSAT sistemu alarmiranja, stanje december 2010. Žal med njimi ni Slovenije.*

## Zaključek

V kratkih povzetkih sem poizkušal običajnemu bralcu približati nekaj značilnosti iz ozadja delovanja nekaterih najpogosteje uporabljenih radijskih pripomočkov namenjenih reševanju življenj v stiski. Morda kaj od napisanega zveni zahtevno, vendar se moramo zavedati, da je govora o dokaj kompleksnih sistemih, napravah in njih delovanju.

Če potegnemo črto pod vse štiri opisane sisteme namenjene lociranju ponesrečencev ugotovimo, da je v gorah za udeleženca ture pravzaprav plazovna žolna trenutno edini tak pripomoček, ki nam bo omogočil takojšnjo akcijo iskanja zasutih. Pasivni odzivniki na zasutih bodo prišli prav, če bodo organizirani reševalci imeli s sabo RECCO harmonski radar, podobno je z detekcijo GSM telefonov. 406 MHz PLB osebni svetilnik, tisti z vgrajenim lastnim GPS sprejemnikom (w/GPS) bo gorah uporaben in bi reševalcem lahko v zelo kratkem času posredoval alarm z dokaj natančno lokacijo nezgode. Žal pa Slovenija še ni pridružena v COSPAS/SARSAT sistem lociranja oseb v stiski in ga zaradi tega (zaenkrat) pri nas lahko smatramo za omejeno uporabnega.



## Reference:

RECCO sistem <http://www.recco.com>

Sistem HEPKIE <http://hepkie.com>

Satelitski EPIRB, ELT in PLB <http://www.cospas-sarsat.org/>

Pravilnik o EPIRB, ELT in PLB svetilnikih

[http://www.cospas-sarsat.org/images/stories/SystemDocs/Current/S7\\_Sept2010.pdf](http://www.cospas-sarsat.org/images/stories/SystemDocs/Current/S7_Sept2010.pdf)



27. oktober 2011

avtor: Mijo Kovačevič, S51KQ

<http://atv.hamradio.si>

