

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

**o odborném zjišťování příčin letecké nehody
bezpilotního systému PRIMOCO UAV MODEL ONE-100
v ATZ letišťě Příbram, dne 13. února 2017**

Praha
Květen 2017

Seznam použitých zkratek

°C	Stupeň Celsia
AGL	Nad úrovní země
AP	Autopilot
ARP	Vztažný bod letiště
ATZ	Letištní provozní zóna
CPU	Centrální řídicí jednotka
CUT 1 až 4	Teploty válců motoru
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DWN	Maximální hodnota signálu datové komunikace v %
GHz	Nosný kmitočet
JV	Jihovýchod
LAND	Přistání
LKPM	Veřejné vnitrostátní letiště Příbram
kg	Hmotnost
km	Kilometr
kt	Knot
hod	Hodina
hPa	Hektopascal
m	Metr
min	Minuta
MSL	Střední hladina moře
NE	Severovýchod
PC	Stolní počítač
PNG	Vzdálenost UA od pozemní řídicí stanice
RC	Rádiem řízený
REG QNH	Regionální atmosférický tlak přepočtený na hladinu moře
RPM	Otáčky motoru
RNG	Vzdálenost UAV od řídicí stanice
RWY	Dráha
SAFE	Režim umožňující bezpečný návrat dle naprogramovaného letu

s	Sekunda
SSR	Odpovídač sekundárního radaru
SV	Severovýchod
SW	Jihozápad
TAKE OFF	Vzlet
THR	Práh dráhy
UAS	Bezpilotní systém
UA	Bezpilotní letadlo
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
UPL	Minimální hodnota signálu datové komunikace v %
ULL	Ultralehké letadlo
UTC	Světový koordinovaný čas
ÚZPLN	Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod
W	Západ

A) Úvod:

Provozovatel:	PRIMOCO UAV SE
Výrobce a označení letadla:	PRIMOCO UAV MODEL ONE-100
Poznávací značka:	OK – X013S
Místo:	Les 2 km NE ARP LKPM
Datum a čas:	13. února 2017, 16:39 (UTC)

B) Informační přehled:

Dne 15. února 2017 ÚZPLN obdržel oznámení o letecké nehodě bezpilotního letadla bezpilotního systému. Letoun odstartoval na autopilota (režim AUTO TAKE OFF) z letiště Příbram. Ve vzdálenosti cca 800 m od místa vzletu, ve výšce 80 – 100 m AGL došlo k vysazení motoru. Pilotovi se nepodařilo po opakovaném resetu řídicí jednotky autopilota obnovit režim letu a letoun v 16:39 z výšky 50 m AGL neřízeně narazil do lesního porostu v blízkosti letiště.

Příčinu události zjišťovala komise ÚZPLN ve složení:

Předseda komise: Ing. Josef Veselý

Člen komise: Ing. Josef Bejdák

Závěrečnou zprávu vydal:

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, Beranových 130
199 01 PRAHA 99

Dne 9. května 2017

C) HLAVNÍ ČÁST ZPRÁVY OBSAHUJE:

- 1) Faktické informace
- 2) Rozbory
- 3) Závěry
- 4) Bezpečnostní doporučení
- 5) Přílohy

1. Faktické informace

1.1 Informace o průběhu letu

Pilot se s UAS dostavil na letiště dne 13. února v odpoledních hodinách. Po provedení předletové prohlídky a dohovoru s dispečerem RADIO LKPM uskutečnil 1. let toho dne, který byl současně letem kritickým.

V době 960 s od aktivace systému a zahájení pojiždění provedl pilot vzlet UA z RWY 06R LKPM v automatickém režimu. Po 50 s od vzletu došlo k automatickému resetu CPU provázenému vypnutím motoru s následným obnovením všech funkcí automatického řízení, včetně spuštění motoru pilotem. Po dalších 50 s následoval druhý reset CPU spojený s vypnutím motoru a pokračující ztrátou výšky letu UA. Za této situace se nepodařilo pilotovi obnovit režim letu a letoun v čase 16:38:50 narazil do lesního porostu ve vzdálenosti 1,66 km od řídicí stanice.

1.2 Výpověď pilota

Pilot ve své výpovědi uvedl, že po příjezdu na letiště spolu s mechanikem provedli složení UA a všechny úkony dle Provozní příručky. Dále pilot provedl naprogramování řídicí jednotky autopilota pro samostatný vzlet a let po levém okruhu RWY 06. Po manuálním narolování do místa vzletu provedl přepnutí do automatického režimu a tím dal UA pokyn ke startu. Po plynulém stoupání, před dosažením bodu 1. zatáčky, došlo k restartování jednotky autopilota s následným převedením letounu do klouzavého letu a k odpojení motoru. Tuto situaci vyřešil manuálním zapnutím motoru a uvedením UA zpět do plně automatického letu s okamžitým návratem úzkým levým okruhem RWY 06 na přistání. Po dosažení 2. okružové zatáčky došlo k opětovnému restartování jednotky autopilota s dalším vypnutím motoru. Vzhledem k předchozí ztrátě výšky a vyvýšenému terénu v místě nehody již nestihl provést úkony vedoucí k pokračování letu a UA havaroval do lesa cca 2 minuty po startu.

1.3 Zranění osob

NIL

1.4 Popis místa nehody a trosek

Místem nehody byl zalesněný prostor 2 km NE ARP letiště Příbram. Přesná poloha je uvedena v následující tabulce:

Zeměpisné souřadnice	N 49°43' 46.2''
	E 14°06'26.6''
Nadmořská výška	463 m

Podstatná část konstrukce UA byla zachycena a vážně poškozena po kontaktu s vrcholy vzrostlých stromů. Letoun byl následně za pomoci specialistů sláněn z koruny stromů na zem a převezen do objektu provozovatele, kde byly zachovalé části trosek sestaveny a podrobeny dalšímu zkoumání. Při nárazu do koruny stromů byly zničeny nebo vážně poškozeny následující části: trup letounu, obě poloviny křídla, ocasní plochy, podvozek, směrové kormidlo, křídélka, vztlakové klapky, motor, vrtule, autopilot VEKTOR.



Obr. č. 1: Místo letecké nehody



Obr. č. 2: Trosky UA v hangáru provozovatele

1.5 Ostatní škody

Na místě nehody nedošlo k dalším škodám.

1.6 Informace o osobách

1.6.1 Pilot

- Osoba s leteckou praxí pilota ULL, dlouholeté zkušenosti v oblasti létání s leteckými RC modely.
- Evidovaný pilot bezpilotních prostředků na ÚCL s omezením pilot-žák.
- Celková doba letů podle zápisníku letů:

▪ se všemi typy UA	46 hodin 38 minut,
▪ s UA PRIMOCO ONE	46 hodin 38 minut,
▪ s UA PRIMOCO ONE za poslední 3 měsíce	46 hodin 38 minut.

1.7 Informace o bezpilotním systému

1.7.1 Všeobecné informace

Bezpilotní letadlo je součástí bezpilotního systému ovládané prostřednictvím pozemní řídicí stanice s možností autonomního letu s naprogramovaným letovým plánem, s maximální vzletovou hmotností 100 kg, užitečným zatížením 10 – 50 kg a doletem do 200 km.

1.7.2 Bezpilotní systém

Je vybaven pozemní řídicí stanicí PRIMOCO GCS, určenou pro komunikaci s autopilotem, pracující na kmitočtu 2,4 GHz s výkonem 2 W a PC se specializovaným SW VISIONAIR, určeným k plánování a řízení letu. Řízení letounu je prováděno prostřednictvím autopilota VECTOR. Systém umožňuje plnoautomatický provoz letounu i okamžité převzetí řízení pilotem. Manuální řízení pilotem je zajištěno pomocí joysticku typu RC (JY02) připojeným kabelem k pozemní stanici.

Vzdušnou část tvoří jednotrupový středoplošník s dvojitými ocasními plochami, spalovacím motorem s tlačnou vrtulí.

Systém umožňuje řízení výškového kormidla, směrového kormidla, křidélek, vztlakových klapek, přípusti motoru, brzd, předového podvozku a platformy užitečného zatížení.

Dodavatelem autopilota typu VECTOR včetně příslušného SW je španělský specializovaný výrobce UA navigačních systémů. Spalovací dvoutaktní čtyřválec s označením MVVS 190 CN4 je výrobkem českého subdodavatele. Pozemní řídicí stanice PRIMOCO 001 GCS je výrobkem finálního výrobce UAS. Letoun byl uveden do provozu dne 26. března 2016 a od zahájení provozu nalétal celkem 46 hodin 38 minut a provedl 146 přistání.

1.8 Provoz a údržba UAS

1.8.1 Provoz

Provozovatel dne 20. července 2015 podal žádost o provedení evidence pilota, a letadla bez pilota a o vydání povolení k létání bez pilota na Úřad pro civilní letectví.

Rozhodnutí o Povolení k létání letadla bez pilota bylo vydáno Úřadem podle předpisu L 2, Doplněk X – Bepilotní systémy a to s omezením pilot – žák, č. j.: 2129-16-701, spisová značka UAS-0440, ze dne 9. března 2016 s platností 1 rok.

V době nehody provozovatel neměl k dispozici Provozní příručku schválenou úřadem, neboť příslušné řízení nebylo ke dni letecké nehody ukončeno. Komise měla k dispozici návrh Provozní příručky, jejíž kopie byla poskytnuta Úřadem pro civilní letectví.

1.8.2 Údržba systému

Údržbový program dle návrhu Provozní příručky zahrnuje:

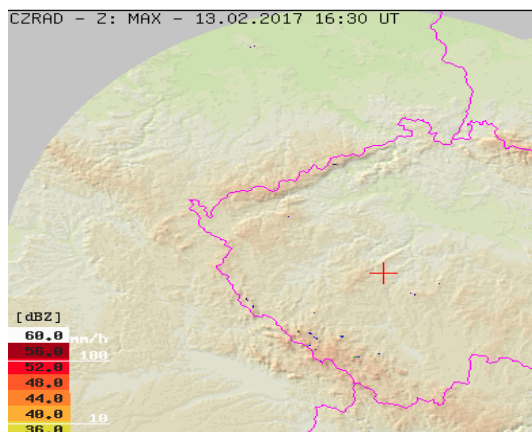
- a) Běžnou údržbu, která zahrnuje předletovou a poletovou prohlídku, kterou mohou provádět zaškolení piloti.
- b) 1 x za rok 100 hodinovou prohlídku, kontrolu těsnosti, funkce soustavy, celkového a statického tlaku,
- c) 1 x za 2 roky prohlídku a zkoušku systému statického tlaku, výškoměru, systému automatického vysílání výšky, prohlídku a zkoušku odpovídající SSR.



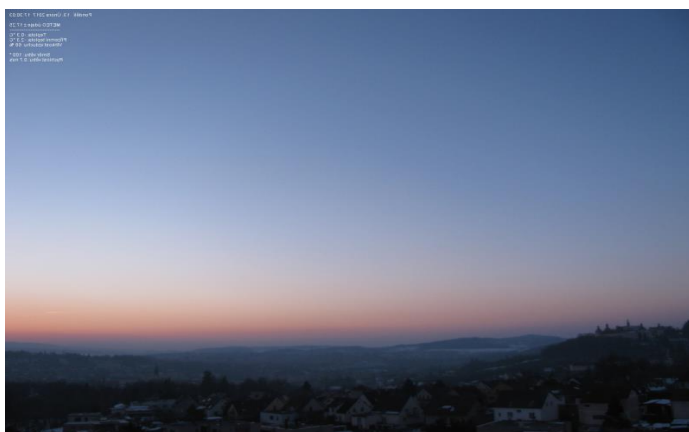
Obr. č. 3: Bepilotní letadlo PRIMOCO UAV MODEL ONE 100

1.9 Meteorologická situace

V oblasti letiště Příbram dne 13. 2. 2017 ve sledovaném období kolem 16:30 UTC bylo jasno způsobené rozsáhlou tlakovou výší. Teplotní zvrstvení bylo stabilní bez výstupných proudů. Dohlednost pravděpodobně slabě kolísala okolo hodnoty 10 km. Teplota v uvedeném období byla kolem 0 °C, nebo jen slabě nad 0 °C, vlhkost vzduchu dosahovala hodnoty okolo 65 %. Vítr foukal převážně ze směru 080 až 110 st. o rychlosti 3 až 8 kt, s pravděpodobným poklesem rychlosti až na klid. Výškový vítr do hladiny 5000 ft MSL byl stejného směru jako přízemní, tj. cca 080 až 120 st. o rychlosti do 15 kt. REG QNH pro uvedené období byl stanoven 1028 hPa. Nevyskytly se žádné nebezpečné meteorologické jevy.



Obr. č. 4 Radarový snímek



Obr. č. 5 Pohled WEB kamery na město Příbram
13. 2. 2017, 16,30 UTC

Poznámka:

Webová kamera Příbram je umístěna pod vrcholem „Šibeniční vrch“ na budově bývalé hvězdárny ve výšce 550 m n. m. Je umístěna nad městem v jeho SV části cca 6 km od letiště LKPM. Kamera je provozovaná ČHMÚ a sleduje převážně JZ obzor.

1.10 Radionavigační a vizuální prostředky

Provoz systému nevyžaduje žádné radionavigační ani vizuální prostředky pro vzlet, přiblížení a přistání. Celý let byl naprogramován s využitím SW, který je součástí systému a byl proveden od vzletu až do pádu letounu automaticky, kromě situací po resetech CPU, po kterých následovalo spuštění motoru dálkově pilotem prostřednictvím pozemní řídicí stanice.

1.11 Spojovací služba

Při převzetí letadla do ručního způsobu řízení probíhá datová komunikace na kmitočtu 2,4 GHz. V souladu s předpisem L2, příloha X, článek 7b byla zajištěna koordinace v ATZ prostřednictvím spojení na kmitočtu „LKPM RADIO“. Pilot UAS je držitelem platného průkazu radiotelefonisty letecké pohyblivé služby.

1.12 Informace o letišti

Letiště Příbram je veřejné vnitrostátní letiště nacházející se 6 km NE od města Příbram v nadmořské výšce 1529 ft / 466 m, s asfaltovou RWY 06R/24L o rozměrech 1380 x 30 m a travnatou RWY 06L/24R o rozměrech 1000 x 18 m.

1.13 Letové zapisovače a ostatní záznamové prostředky

Systém je vybaven záznamovým zařízením monitorujícím trať letu a vybrané parametry letu. Komise měla k dispozici celý záznam o průběhu kritického letu.

1.14 Požár

NIL

1.15 Pátrání a záchrana

Nebylo organizováno. Zaměstnanci provozovatele se automobilem dopravili na místo letecké nehody a jednotlivé části trosk UA sundali ze stromu.

1.16 Testy a výzkum

Ve spolupráci provozovatele s výrobcem autopilota VECTOR a programového vybavení (SW) byly simulovány podmínky letu na zemi s cílem odhalit příčinu resetu CPU a přechodu na záložní CPU. Byly prověřeny jednotlivé mechanické spoje a konektory, proveden vibrační test spolu s 12-ti hodinovým testem jednotlivých funkcí autopilota VECTOR v laboratoři výrobce. Reset CPU se nepodařilo žádným z provedených testů opětovně vyvolat.

2 Rozbory

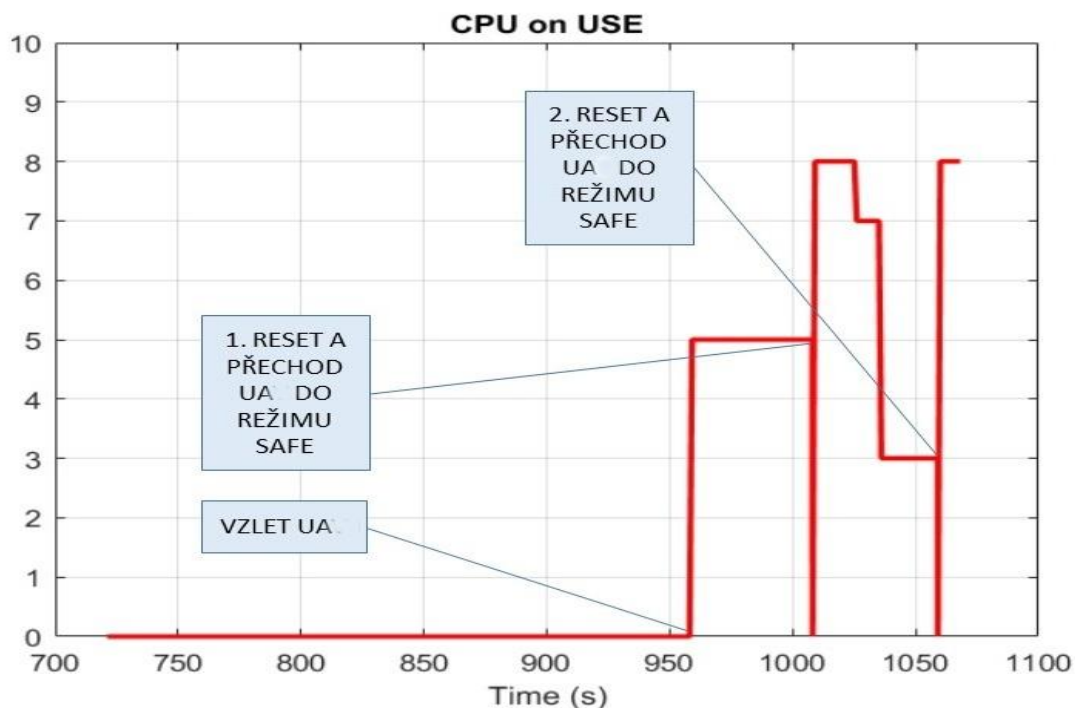
Skutečnosti využitelné ke zjištění příčiny letecké nehody vyplynuly ze záznamu průběhu letu, zkoumání autopilota, CPU a SW provozovatelem UAS ve spolupráci se zahraničním výrobcem uvedených komponent, z výpovědi pilota a seznámením se komise s UAS v rámci předváděcího letu identického UA.

2.1 Vznik a průběh kritické situace

Před vlastním provedením vzletu se UA nacházel na RWY 06R LKPM a autopilot byl nastaven v módu „MANUAL“. Příkazem operátora „TAKE OFF“ (prostřednictvím VisionAir) provedl UA plně automatizovaný vzlet s využitím zabudovaného AP. Přibližně 50 s po vzletu, v režimu stoupání na plánovanou výšku letu, došlo k prvnímu resetu řídicí jednotky a uvedení systému do režimu „SAFE“. Tento režim se aktivuje automaticky a uvede UA do předem nastavené bezpečnostní výšky, následně přepne do módu „LAND“ a k realizaci naprogramovaného přistávacího plánu.

Po dalších 50 s došlo k opětovnému resetu řídicí jednotky a uvedením systému opět do módu „SAFE“.

Systém SW byl nastaven tak, že v případě resetu řídicí jednotky, která je součástí AP, dojde současně k vypnutí motorové jednotky. K jejímu znovu spuštění nedochází automaticky po obnovení funkce řídicí jednotky, nýbrž až na zásah pilota prostřednictvím pozemní řídicí stanice PRIMOCO GCS. Vzhledem k tomu, že v průběhu dvou výpadků činnosti řídicí jednotky AP a tím i vypnutí motoru UA došlo k významné ztrátě výšky, nepodařilo se po druhém spuštění motoru obnovit režim letu a letoun narazil do lesního porostu, do korun vzrostlých stromů. Průběh činnosti CPU od pojiždění do letecké nehody je znázorněn na Obr. č. 6.



Obr. č. 6 Průběh činnosti CPU během kritického letu

2.2 Vliv povětrnostních podmínek

Povětrnostní podmínky v prostoru plánovaného letu odpovídaly podmínkám uvedeným v Provozní příručce a neměly žádný vliv na vznik, rozvoj a průběh letecké nehody.

3 Závěry

3.1 Komise dospěla k následujícím závěrům:

3.1.1 Pilot

- Byl oprávněn k řízení letadla bez pilota na základě platného „Povolení k létání letadla bez pilota“.
- Měl dostatečné zkušenosti s programováním a pilotováním tohoto typu UAS.
- Kritický let naplánoval po trati, která byla nad rámec „Povolení k létání letadla bez pilota“ pro kategorii pilot – žák a to na vzdálenost větší než 400 m od dálkově řídicího pilota.

3.1.2 Bezpilotní systém

- Měl platné „Povolení k létání letadla bez pilota“.
- V průběhu předletové prohlídky nebyla zaznamenána žádná odchylka od parametrů stanovených Provozní příručkou.
- Provoz systému byl proveden podle Provozní příručky, která v době nehody byla v procesu ověřování v rámci jeho zkušebního provozu a nebylo tak ukončeno její schvalovací řízení.

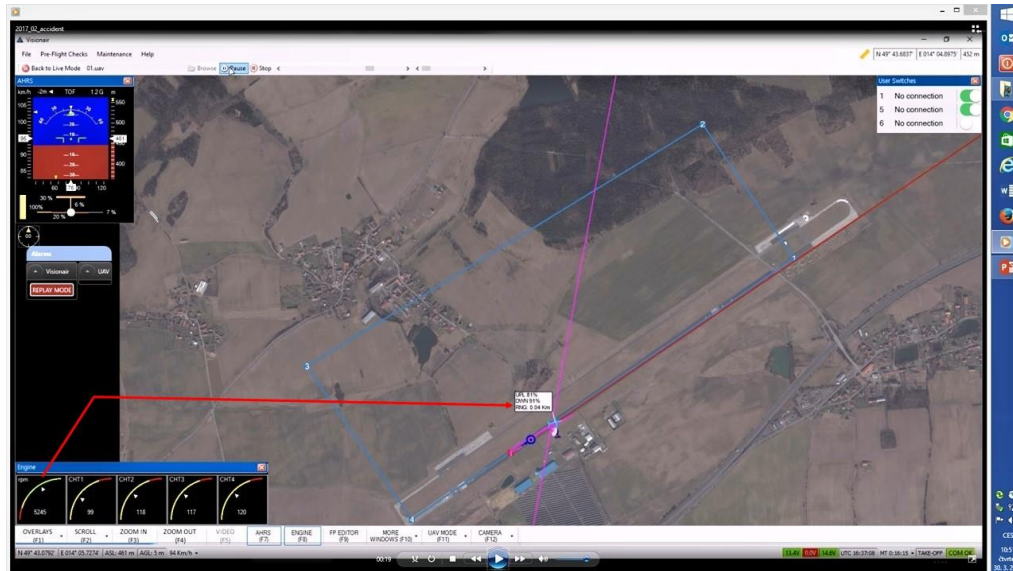
3.2 Příčiny

Příčinou letecké nehody byla ztráta funkčnosti automatického systému řízení spojená s vysazením motoru v průběhu stoupaní do plánované výšky letu. Příčinu resetu řídicí jednotky se v průběhu vyšetřování nepodařilo odhalit.

4 BEZPEČNOSTNÍ DOPORUČENÍ

Ve spolupráci s výrobcem CPU a SW vyhodnotit možnost úpravy SW tak, aby v případě resetu CPU a přechodu na záložní řídicí jednotku současně nedocházelo k vypnutí motoru letadla.

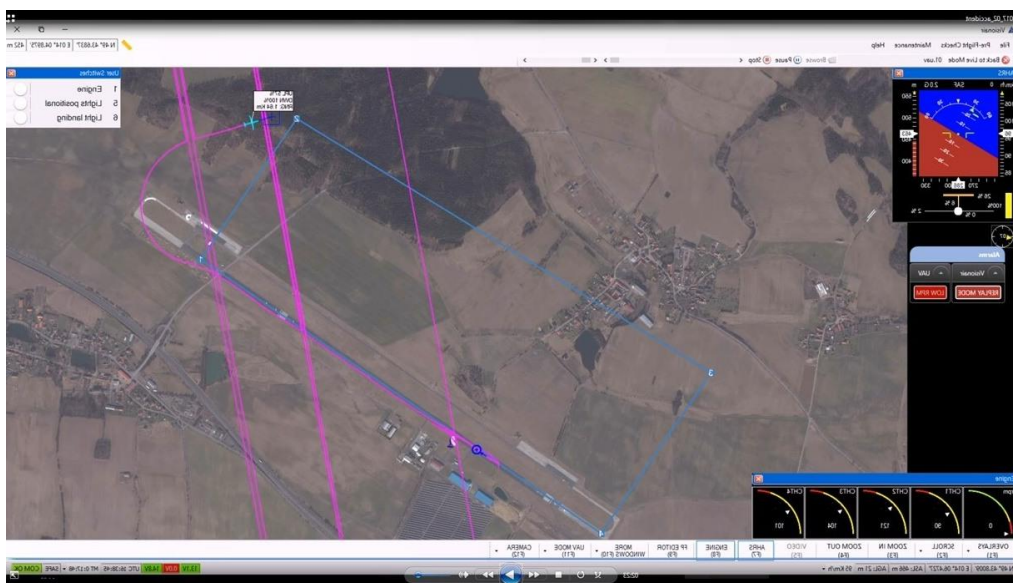
5 PŘÍLOHY



Obr. č. 7: Plánovaná trať letu (modře), Odpoutání letounu



Obr. č. 8: Znáznornění letu a resetu CPU na panelu pozemní stanice PROMOCO GCS



Obr. č. 9: Místo dopadu UA