

RUŠENÍ SIGNÁLŮ GNSS

a

OZÁŘENÍ LASEREM V LETECTVÍ

Tato studie je výstupem práce na grantu č. VG20132015130 Ministerstva vnitra České republiky vykonané Laboratoří letecké bezpečnosti na Fakultě dopravní ČVUT, která se zabývala bezpečností letadel přistávajících na a startujících z níže uvedených českých letišť se zpevněnou vzletovou a přistávací dráhou:

- Letiště Václava Havla Praha
- Letiště Leoše Janáčka Ostrava
- Letiště Brno
- Letiště Pardubice
- Letiště Karlovy Vary
- Letiště České Budějovice
- Letiště Hradec Králové
- Letiště Kunovice
- Letiště Plzeň – Líně
- Letiště Mnichovo Hradiště
- Letiště Příbram
- Letiště Vodochody

Letiště byla vybrána na základě aktuálního stavu a reálných možností v blízké až střednědobé budoucnosti. Jako hlavní parametr byl proto zvolen civilní provoz IFR. Z tohoto důvodu jsou v seznamu letiště Praha, Ostrava, Brno, Karlovy Vary a Vodochody, která již tuto podmínku splňují a zároveň již mají zavedeno GNSS přiblížení. Dalšími letišti jsou letiště Pardubice a Kunovice, které mají IFR provoz avšak zatím nemají GNSS přiblížení. A poslední skupinou jsou letiště se zpevněnou dráhou, která mají díky GNSS přiblížení vysoký potenciál stát se letišti IFR (Hradec Králové, České Budějovice, Plzeň-Líně, Mnichovo Hradiště a Příbram).

Studie přináší dvě pojednání o možných nebezpečích pro přistávající a startující letadla: Rušení signálů GNSS a Ozáření laserem. V druhé části nabízí interaktivní mapy zobrazující rizikové zóny.

Návod

Celý dokument lze prohlížet jako jakýkoliv dokument, tj. stránku po stránce.

Doporučujeme ale využít odkazů na různé stránky v dokumentu, které umožňují přeskokování tak, aby uživatele lépe vedly dokumentem. Zmíněné odkazy (vyjma odkazu „OBSAH“) jsou zvýrazněny **tučně** a zároveň **barevně**.

V Obsahu není využito tohoto zvýraznění, zde stačí kliknout na název kapitoly a dojde k přesměrování na její začátek.

Na každé stránce se nachází v levém dolním rohu odkaz „OBSAH“.

Obsluha map je popsána samostatně v kapitole Interaktivní mapy, část Uživatelský manuál.

Obsah

Titulní strana	1
Návod	2
Obsah	3
Průvodní zpráva	4
Rušení signálů GNSS.....	4
1. Úvod	4
2. Rušení signálů GNSS	4
3. Zařízení pro rušení GNSS signálů	5
4. Vysoce rizikové oblasti.....	6
5. Detekce zařízení rušících signály GNSS.....	6
Ozáření laserem v letectví	8
1. Úvod	8
2. Safety vs. Security	8
3. Lasery.....	8
4. Studie útoků s využitím laseru	9
5. Ochranná pásma letišť.....	13
Výstupy – Zóny.....	14
Interaktivní mapy	16
Uživatelský manuál	16
Rozcestník	16
Letiště České Budějovice	18
Letiště Hradec Králové	19
Letiště Kunovice	20
Letiště Karlovy Vary.....	21
Letiště Plzeň – Líně.....	22
Letiště Mnichovo Hradiště	23
Letiště Leoše Janáčka Ostrava	24
Letiště Pardubice.....	25
Letiště Příbram	26
Letiště Václava Havla Praha	27
Letiště Brno	28
Letiště Vodochody	29
Seznam použitých zdrojů	30

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

Rušení signálů GNSS

1. Úvod

Elektromagnetické rušení je v moderním světě, kde neustále roste závislost na signálech přijatých mobilními zařízeními, poměrně běžné. Z tohoto pohledu je jakýkoliv zdroj elektromagnetického rušení velkým nepřítelem téměř každého člověka v dosahu tohoto zdroje.

Nicméně je zde také druhý úhel pohledu, a sice, je-li rušení používáno jako vhodný nástroj pro dosažení určitého cíle. Tím může být setkání vysoce postavených osob, kde je vhodné, aby byla komunikace pro potenciální útočníky co nejobtížnější. V takovéto situaci je použití rušiček obvykle povoleno příslušným regulačním orgánem, a tudíž je v souladu se zákonem. Existují ale i situace, ve kterých je sice rušící zařízení také používáno k dosažení nějakého cíle, ale tento cíl je ostatním osobám neznámý. Poté se toto rušení stává nekoordinovaným a nepovoleným, a to může vést ke kritickému rušení signálu nebo dokonce k nebezpečné události.

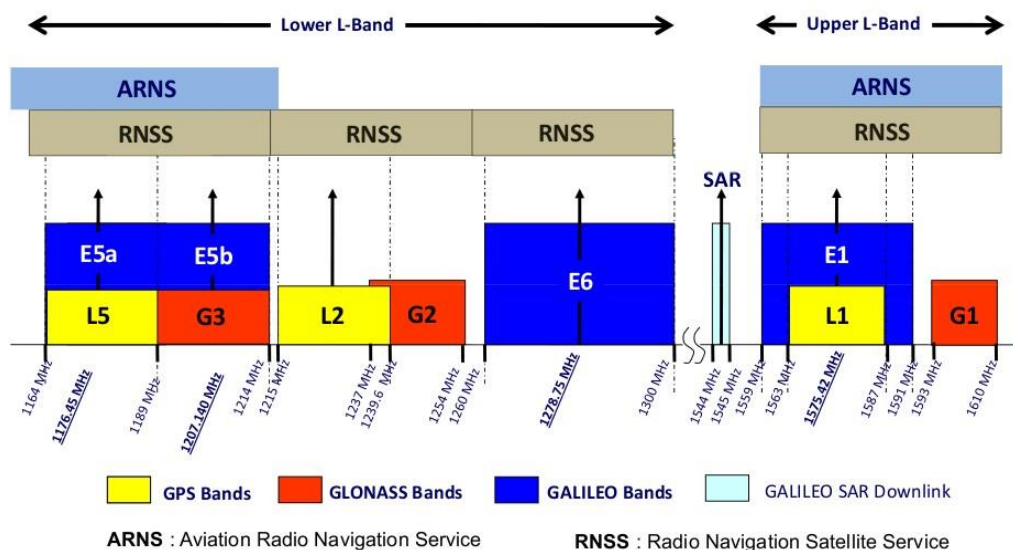
Každý signál může být rušen, nicméně tento článek se soustředí pouze na signály GNSS v letecké dopravě, neboť přiblížení na přistání s využitím GNSS signálu je nejčastěji zaváděným přiblížením a zároveň jsou fáze přiblížení a přistání statisticky nejnebezpečnějšími fázemi letu.

2. Rušení signálů GNSS

GNSS signály jsou pouze malou částí používaného spektra signálů pro vysílání a přijímání informací. S rozšířením užívání osobní navigace a díky zrušení vkládání umělých chyb do GPS, je stále větší procento populace dennodenně závislé na satelitní navigaci. A zde, v určitých aplikacích, není GNSS pouze pomocným zdrojem informací, nýbrž primárním navigačním systémem, který je nutný k zajištění bezpečného provedení činností.

Mezi GNSS signály, jež jsou využívány k primární navigaci, patří především GPS signály L1 (1575,42 MHz), L2 (1227,62 MHz) a „Safety of Life“ L5 (1176,45 MHz). Další satelitní systémy (Galileo, GLONASS) používají signály na stejných nebo blízkých frekvencích. Pro augmentace je především využíván systém SBAS (Satellite Based Augmentation System – Augmentační systém založený na satelitech) a speciálně pro podmínky Evropy se jedná o evropský EGNOS.

Typická zařízení pro rušení GNSS signálů jsou obvykle označována jako GPS rušičky, které interferují se signálem L1 tím, že vysílají signál na stejné frekvenci ale s větším výkonem, než jaký má signál ze satelitu v dané oblasti. Určitá, více sofistikovaná, zařízení mohou rušit jak signál L1 tak i L2. Situace je lepší v případě signálu L5, neboť ten je již ze satelitů vysílán s větším výkonem.



Obr. 1, Frekvenční pásma systémů GPS, Galileo a GLONASS [6]

3. Zařízení pro rušení GNSS signálů

Existuje široká nabídka rušiček signálů GNSS. Je možné je kategorizovat podle různých kritérií. Jedním z nich je jejich velikost (a způsob napájení). Nejjednodušší a zároveň nejlevnější zařízení využívají typickou 12V zásuvku v automobilu nebo cigaretový zapalovač a nabízejí dosah rušícího signálu až 10 metrů, nicméně i zařízení s prohlašovaným dosahem 30 metrů bylo na trhu nalezeno. Větší rušičky jsou nabízeny s vestavěnou baterií, aby byly po nějakou dobu nezávislé na vnějších zdrojích energie. Je možné je nabíjet v automobilech a jejich dosah je obvykle kolem 20 metrů. Jejich cena se pohybuje okolo 200 Euro. Na tyto dva typy rušiček je tento článek zaměřen, neboť právě ty mohou být použity v automobilu nebo osobou pohybující se v blízkosti letiště a zároveň mají relativně nízkou cenu. Aby byl ale výčet nabízených zařízení kompletní, jsou tu ještě další dva typy. Jeden z nich disponuje ještě stále přijatelnými rozměry, ale jeho hmotnost a cena přibližně 500 Euro ho posouvá o něco více z dosahu veřejnosti. Výhodou tohoto typu je schopnost rušit více frekvencí (např. GSM, 3G a GPS). Dosah zařízení tohoto typu se, podle dostupných informací z internetu, pohybuje v rozmezí 10 až 30 metrů. Další typ je již větší zařízení, přibližně velikosti batohu, které také umožňuje rušení dalších signálů a nabízí dosah až 120 metrů. Nicméně jejich vysoká cena (přes 10 000 Euro) a možnost nákupu pouze státními institucemi snižuje možnost výskytu tohoto zařízení v automobilu nebo kamionu na minimum.

Další kategorizace je založena na výkonu rušících zařízení. Zjednodušeně lze tvrdit, že hodnota výkonu závisí na velikosti zařízení a čím větší jsou rozměry, tím větší je výkon. Nejmenší rušičky mají výkon v řádu desetin Wattu. Ty největší (velikosti batohu) nabízejí výkon až 50 Wattů. Podle L. Scotta, prezidenta společnosti LS Consulting, GPS rušička s výkonem jedné desetiny Wattu má dosah 9,4 míle, rušička s výkonem 1 Watt má dosah 29,8 míle a rušička s výkonem 10 Wattů má dosah 94,2 míle [1]. Toto je v rozporu s informacemi poskytovanými prodejci, kteří tvrdí, že nejsilnější zařízení má dosah jen 120 metrů. Pokud bychom ale tento článek zakládali na informacích L. Scotta, poté by tu vlastně nebyl žádný důvod pro tento článek, neboť i malá rušička by mohla rušit GNSS signál v celé oblasti.

Skutečný dosah rušiček GNSS signálů je v rozmezí hodnot udávaných prodejci a hodnot získaných při laboratorním testování. V praxi lze dosah odhadnout na 10násobek hodnot udávaných prodejci. Pro účel vykreslování map byly určeny dvě hodnoty dosahu: 100 metrů pro jednoduchá zařízení a 300 metrů pro důmyslnější zařízení (která lze ale stále užít v automobilu nebo kamionu).

4. Vysoce rizikové oblasti

Jak bylo popsáno v předchozí kapitole, nejdostupnější rušičky mají dosah 100 a 300 metrů. Proto je pro letectví logické soustředit se na oblast okolo letiště, ve které je letadlo ve výšce rovné nebo nižší 300 (100) metrů nad zemí. Tyto rizikové oblasti se nacházejí podél prodloužené osy vzletové a přistávací dráhy (RWY).

Tvar těchto rizikových oblastí je dán průsečíkem sestupové roviny letadla se souborem polokoulí o poloměru rovném dosahu rušiček GNSS signálů (100 a 300 metrů). Vzhledem k tomu, že by bylo nutné vykreslit velké množství polokoulí, byl použit jednodušší způsob. Představte si kouli okolo letadla s poloměrem stejným jako je dosah rušičky. S tím, jak letadlo klesá k letišti, se tato koule začne protínat se zemí a okraje této koule, které se dotýkají země, tvoří okraje rizikových oblastí. Výsledným zobrazením na zemi je část elipsy. Pro zjednodušení vykreslování rizikových oblastí okolo jednotlivých letišť bylo stanoveno, že povrch okolo letiště je dokonale vodorovný a má stejnou nadmořskou výšku jako přiléhající konec RWY.

Při vykreslování těchto rizikových oblastí bylo počítáno s tím, že rušička signálů GNSS se může nacházet kdekoli v okolí letiště. Není nemožné, aby se někdo procházel s rušičkou okolo letiště, nicméně je to velmi nepravděpodobné. Zato silnice procházející rizikovými oblastmi představují mnohem větší problém, neboť rušičky signálů GNSS jsou obzvláště oblíbené mezi řidiči. Ty části silnic, které procházejí rizikovými oblastmi, považujeme za „vysoce rizikové oblasti“, neboť je zde větší riziko rušení.

V interaktivních mapách jsou vysoce rizikové oblasti („Rizikové pozemní komunikace“) znázorněny červeně, rizikové oblasti rušiček s dosahem 100 metrů oranžově („Pásmo 100m“) a rušiček s dosahem 300 metrů žlutě („Pásmo 300m“). I když se někde vyskytuje více silnic (spíše cest), než kolik jich je znázorněných červenou barvou, tak pouze ty významnějšího charakteru byly znázorněny.

5. Detekce zařízení rušících signálů GNSS

Rušení signálů GNSS představuje podstatnou hrozbu pro letectví a budoucnost přiblížení založených na GNSS. Existují způsoby jak detekovat a dokonce i lokalizovat zdroje rušení GNSS signálů [2], [3]. Mohlo by se tedy zdát, že by neměl být problém se zajištěním dostupnosti GNSS signálů v okolí letišť. To je ale omyl, detekovat rušičku není to samé jako její zneškodnění. Vyžadovalo by to kooperaci mezi systémem detekce a místními složkami policie. Nicméně ani takovýto přístup nezajistí spolehlivost GNSS, neboť by se brzy mohlo objevit další rušící zařízení.

Z tohoto důvodu by bylo v budoucnu, kdy se očekává nárůst letového provozu závislého hlavně na GNSS, moudré umístit detektory rušení signálů GNSS okolo vysoce rizikových

oblastí, tedy okolo silnic procházejících rizikovými oblastmi. Primárním úkolem je detekovat signál rušení ještě předtím, než vstoupí do rizikové oblasti, a upozornit letiště/letadlo na fakt, že GNSS může být v daný moment nespolehlivé a je nutné využít jiný navigační systém. Druhotným úkolem by bylo informovat místní policii, která by se mohla pokusit dohledat zdroj rušení. Ze všeho nejdůležitější však je dostat informaci o rušení co nejrychleji k pilotům.

Ozáření laserem v letectví

1. Úvod

Zajištění bezpečnosti (security i safety) letecké dopravy je velmi důležitým článkem celého letectví, jehož zranitelnost je poměrně vysoká. Většina útoků na letectví postihuje velké množství lidí a tyto útoky jsou médií okamžitě po světě šířeny jako neobvyklé a tragické události.

Zvážíme-li letící letadlo, je možné vidět jeho ohrožitelnost již v samotném v principu letu: musí být stále v pohybu. I když může let ve většině situací, kdy je pilot zneschopněn, pokračovat bezpečně pomocí autopilota, stále existují fáze letu, ve kterých převládá manuální řízení. Toto platí také v mimořádných a nouzových situacích, kdy je pilot jedinou možnou záchranou pro letadlo a jeho vyřazení by mohlo vést ke katastrofě.

Tato úvaha je zásadní, neboť přímo ovlivňuje téma článku, kterým je využití laserových paprsků k útokům na letadlo.

2. Safety vs. Security

Jako zajímavé se jeví zakotvení laserových útoků v rámci provozní bezpečnosti (safety) a zároveň ochrany před protiprávními činy (security). Vzhledem k možným následkům je totiž laserový paprsek považován za útok na letadlo, a proto patří mezi nezákonné činy, kterými se zabývá security.

Zajištěním bezpečnosti provozu se zabývá safety, a z tohoto důvodu jsou opatření využita k ochraně před laserovými paprsky brána také jako safety. Tato záležitost je dosti kontroverzní, protože hranice mezi safety a security je dána pouze otázkou, jestli užití laseru bylo úmyslné či ne.

Na obranu proti laserům může být nahlíženo jako na výkladní skříň provozní bezpečnosti (safety), a to vzhledem k rostoucímu počtu událostí a incidentů, které nemají větší dopad. Lze ji však chápat také jako velice problematickou oblast v security, neboť události a incidenty se stále dějí a není zde téměř žádné technické nebo procedurální řešení, které by jim zabránilo.

3. Lasery

Lasery vyzařují elektromagnetické záření s širokým rozsahem vlnových délek pokrývajících ultrafialové (100-400 nm), viditelné (400-780 nm) a infračervené (780 nm-1 mm) záření. Toto by mohlo být považováno za základní rozdělení. Podrobnější je pak poskytnuto rozčleněním do 7 tříd, které jsou seřazeny od nejméně po nejvíce škodlivé lasery a jsou založeny na maximální přípustné dávce ozáření (MPE – Maximum Permissible Exposure). MPE je nejvyšší výkon nebo energetická hustota (W/cm^2 nebo J/cm^2) světelného zdroje, který je považován za bezpečný.

- Třída 1 – lasery v této třídě jsou bezpečné díky faktu, že jsou buď uzavřené, nebo nemají dostatek výkonu na to, aby poškodily lidské tělo.

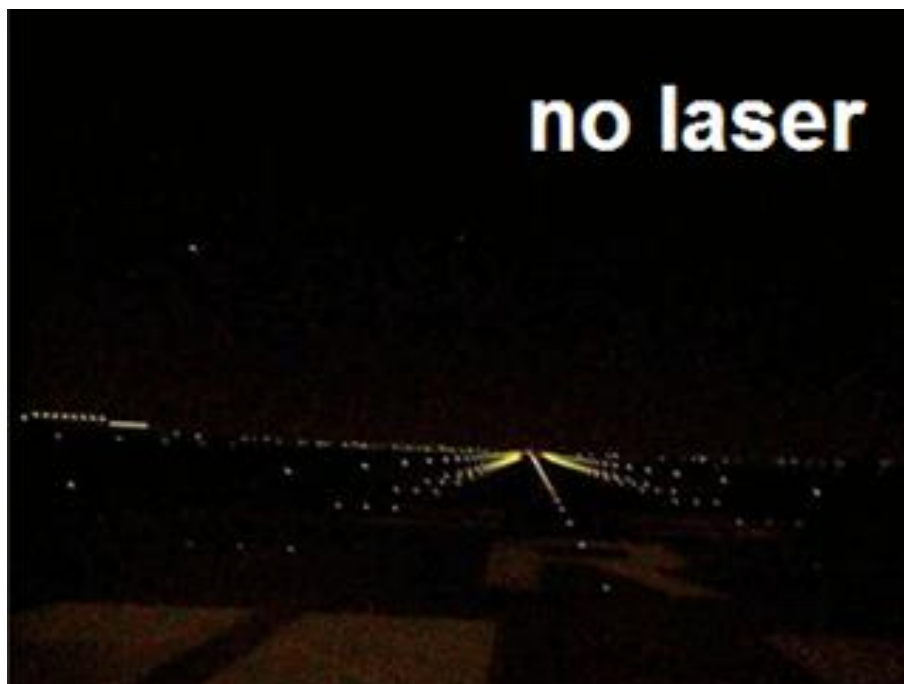
- Třída 1M – tyto lasery jsou bezpečné pro přímý pohled do paprsku nechráněným okem, ale mohly by způsobit poškození v případě použití lupy nebo dalekohledu.
- Třída 2 – lasery jsou bezpečné při normálním používání a „mrkací reflex“ lidského oka je schopný ho ochránit. Lasery této třídy jsou limitovány hodnotou výkonu 1mW v souvislém módu. Krátké vystavení tomuto laseru může způsobit oslnění, bleskové oslepnutí a trvalé vizuální podněty, tedy dočasně narušit vidění.
- Třída 2M – laser z této třídy je bezpečný díky „mrkacímu reflexu“, pokud není využito optického nástroje. Krátké vystavení tomuto laseru může způsobit oslnění, bleskové oslepnutí a trvalé vizuální podněty, tedy dočasně narušit vidění.
- Třída 3R – lasery vyzařují záření, které může způsobit poškození. Riziko roste s délkou vystavení oka paprsku. Krátké vystavení tomuto laseru může způsobit oslnění, bleskové oslepnutí a trvalé vizuální podněty, tedy dočasně narušit vidění.
- Třída 3B – pohled do paprsku je nebezpečný. Lasery této kategorie mohou poškodit kůži a spálit materiál, jestliže je paprsek zaostřený.
- Třída 4 – Pohled do paprsku a vystavení kůži jsou nebezpečné. Lasery mohou způsobit nebezpečné rozptýlené odrazy.

Poškození, které může laser lidskému oku způsobit, záleží na vlnové délce, neboť různé vlnové délky poškozují různé části oka. Ultrafialové záření je pohlceno na povrchu oka a rohovka nebo čočka jsou poškozeny. Pro viditelné spektrum existuje přirozená ochrana, kdy se oko samo zavře (mrkací reflex), když detekuje velmi vysoký světelný výkon nebo vidí velmi jasný předmět. Jestliže je výkon záření větší než 1mW, oko je poškozeno ještě dříve, než se stihne zavřít. Infračervené světlo je pro lidské oko nebezpečné. Paprsek přistane na sítnici a člověk si toho všimne jen díky tomu, že je poškozená[9].

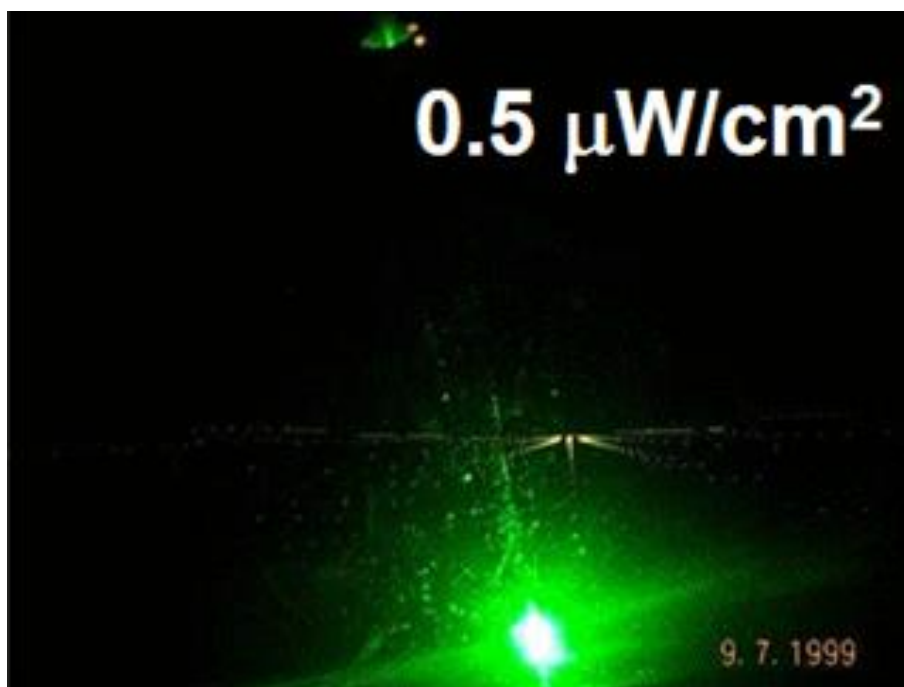
4. Studie útoků s využitím laseru

Studie efektů laserů na piloty v kokpitu jsou velmi důležitým nástrojem k určení správných postupů pro následnou obranu proti laserovým útokům.

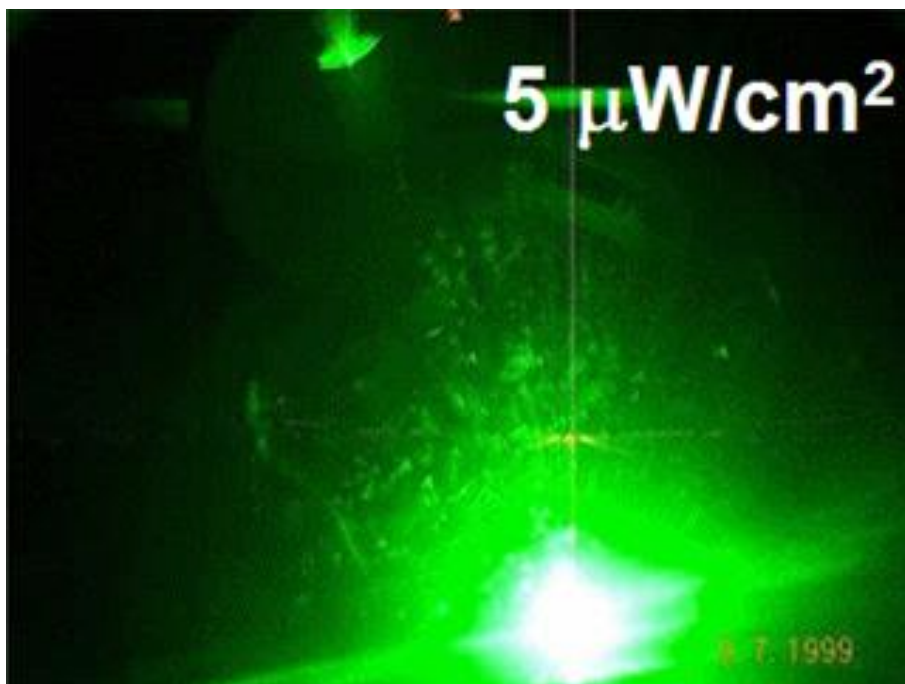
Federal Aviation Administration (FAA) ve Spojených státech amerických provedl v simulátoru testování efektů laserů během přiblížení na přistání. Výsledky obsahují následující obrázky (obr. 1 – obr. 4). Použito bylo laserové ukazovátka s výkonem 5mW, vlnovou délkou 532 nm, a to v různých vzdálenostech od letadla. Na obrázcích je vidět postupné zhoršování vidění až po úplně zakrytou runway.



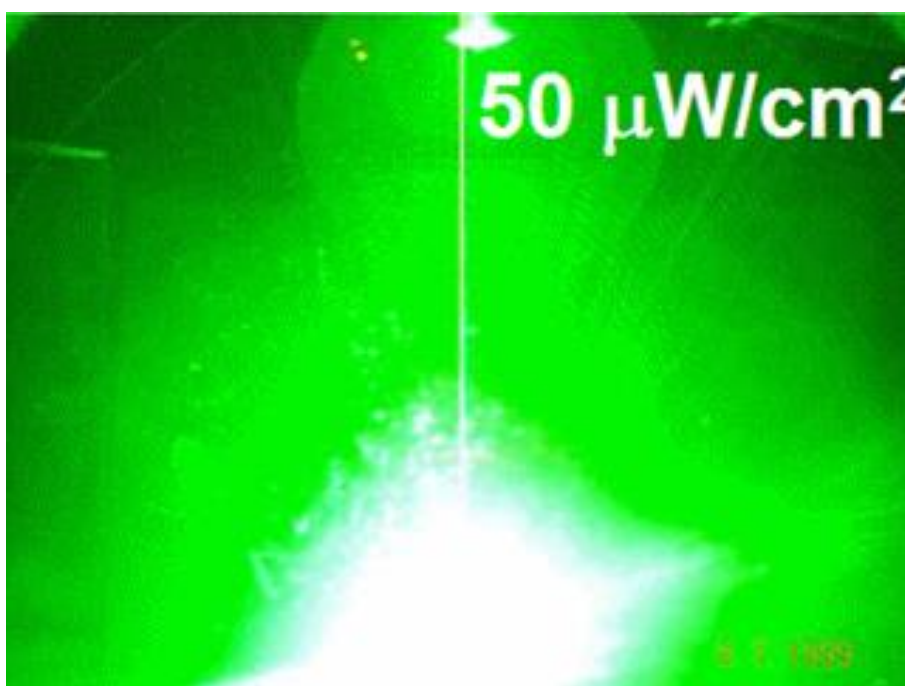
Obr. 1, Pohled z kokpitu simulátoru, žádné ozáření laserem. Runway plně viditelná. (zdroj: FAA, [3])



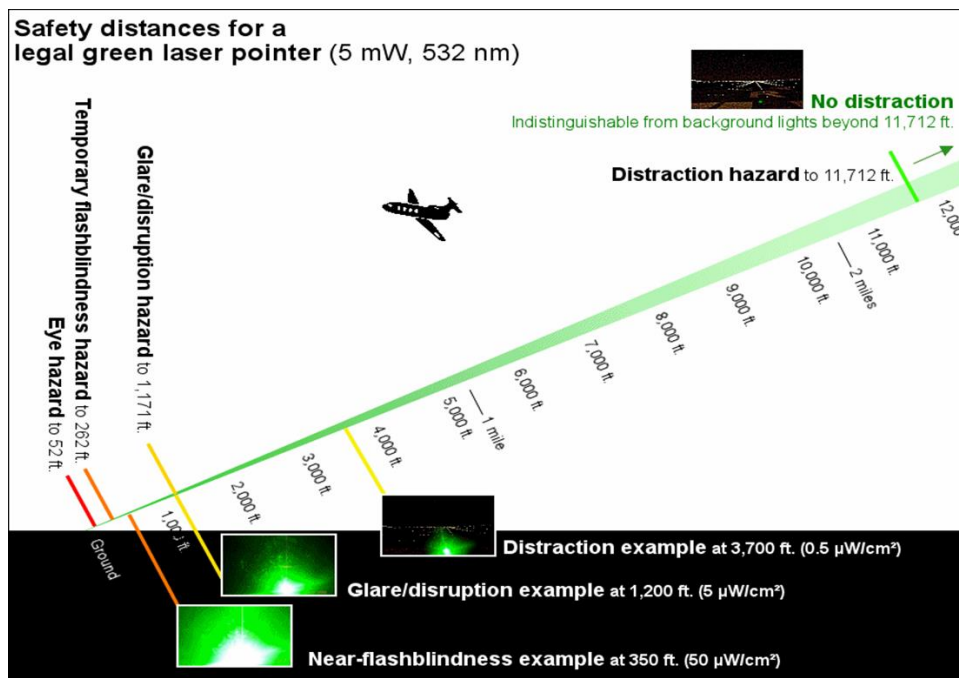
Obr. 2, FAA Simulátorová studie, úroveň 1. Laser ve vzdálenosti 3 700 stop (cca 1128 metrů). Přibližně odpovídá krátkému šoku a rozptýlení pozornosti. Runway částečně zakryta. (zdroj: FAA, [3])



Obr. 3, FAA Simulátorová studie, úroveň 2, oslnění je hlavním rizikem. 5mW laser ve vzdálenosti 1200 stop (cca 366 metrů). Runway z velké části zakryta. (zdroj: FAA, [3])



Obr. 4, FAA Simulátorová studie, úroveň 3, začíná dočasná náhlá slepota. 5mW laser ve vzdálenosti 350 stop (cca 107 metrů). Runway plně zakryta. (zdroj: FAA, [3])



Obr. 5, Nebezpečné vzdálenosti 5mW laseru emitujícího zelené světlo. (zdroj: FAA, [3])

Při simulaci byl použit laser emitující zelené světlo (vlnové délky 532 nm), na které lidské oko ve dne reaguje 3x citlivěji než na červené světlo (vlnové délky 650 nm) a až 250x citlivěji v noci. (Lasery vyzařující v neviditelném spektru jsou nebezpečné pouze na krátké vzdálenosti.) Na obr. 5 je simulace vložena na osu se vzdáleností a lze tedy vidět postup laseru o výkonu 5mW.

Další výsledky jsou shrnuty v Tabulce 1, v níž jsou znázorněny vzdálenosti pro jednotlivé druhy rizik a různě výkonné lasery.

Tabulka 1, Riziko laserů emitujících zelené světlo. (zdroj: [3])

Eye and visual hazard distances for 532 nm (green) lasers of various powers							
Laser power	Power increase, compared to 5 mW	Square root of power increase	Maximum eye hazard distance, feet / meters	Maximum flashblindness hazard distance, feet / meters	Max. glare/ disruption hazard distance, feet / meters	Maximum distraction hazard distance, feet / meters	"Safe" distance (laser is not considered a distraction)
5 mW	1	1	52 / 16	260 / 80	1200 / 366 1/4 mile	11700 / 3560 2.2 miles	Beyond 2.2 miles
50 mW	10x	3.162	164 / 50	822 / 250	3794 / 1156 7/10 mile	36995 / 11276 7 miles	Beyond 7 miles
125 mW	25x	5	260 / 79	1300 / 396	6000 / 1829 1.1 miles	58500 / 17830 11 miles	Beyond 11 miles
250 mW	50x	7.071	368 / 112	1838 / 560	8485 / 2586 1.6 miles	82730 / 25216 15.7 miles	Beyond 15.7 miles
500 mW (1/2 watt)	100x	10	520 / 160	2600 / 800	12000 / 3660 2.3 miles	117000 / 35600 22.2 miles	Beyond 22.2 miles

5. Ochranná pásma letišť

Regulační orgány a letecká komunita si uvědomují nebezpečí laserů pro přistávající a startující letadla. Předpis L-14 obsahuje kapitolu o ochranných pásmech se zákazem laserových zařízení. Jsou definovány dvě zóny: Sektor A a Sektor B.

Sektor A je vymezen obdélníkem s podélnou osou totožnou s osou runway, s celkovou šířkou 8 000 metrů a s délkou 10 000 metrů od prahů runway. Vertikálně zasahuje od země do výšky 600 metrů nad průměrnou výškou provozních ploch letišť. V tomto sektoru je zakázáno trvale nebo dočasně umísťovat, držet nebo používat zdroje laserového záření nebo jimi působit s maximální přípustnou dávkou ozáření přesahující 50 nW/cm².

Sektor B má tvar kruhu se středem ve vztažném bodu letiště a poloměrem 20 000 metrů. Zasahuje od země do výšky 2 400 metrů nad průměrnou výškou provozních ploch letišť. V tomto sektoru je zakázáno trvale nebo dočasně umísťovat, držet nebo používat zdroje laserového záření nebo jimi působit s maximální přípustnou dávkou ozáření přesahující 5 μW/cm². [7]

Výstupy – Zóny

Rušení signálů GNSS

Rizikové oblasti (zóny) pro rušičky GNSS byly popsány již v kapitole 4. *Vysoce rizikové oblasti* v pojednání o Rušení signálů GNSS. Přesto jsou zde znovu připomenuty, aby se tyto informace nacházely na jednom místě s oblastmi pro ozáření laserem.

Tvar rizikových oblastí je dán průsečíkem sestupové roviny letadla se souborem polokoulí o poloměru rovném dosahu rušiček GNSS signálů (100 a 300 metrů). Poněvadž by toto vyžadovalo vykreslení velkého množství polokoulí, byl použit jednodušší způsob. Lze si představit kouli okolo letadla s poloměrem stejným jako je dosah rušičky. S tím, jak letadlo klesá k letišti, se tato koule začne protínat se zemí a okraje této koule, které se dotýkají země, tvoří okraje rizikových oblastí. Výsledným zobrazením na zemi je část elipsy. Pro zjednodušení vykreslování rizikových oblastí okolo jednotlivých letišť bylo stanoveno, že povrch okolo letiště je dokonale vodorovný a má stejnou nadmořskou výšku jako přiléhající konec RWY.

Při vykreslování těchto rizikových oblastí bylo počítáno s tím, že rušička signálů GNSS se může nacházet kdekoli v okolí letiště. Není nemožné, aby se někdo procházel s rušičkou okolo letiště, nicméně je to velmi nepravděpodobné. Zato silnice procházející rizikovými oblastmi představují mnohem větší problém, neboť rušičky signálů GNSS jsou obzvláště oblíbené mezi řidiči. Ty části silnic, které procházejí rizikovými oblastmi, považujeme za „Vysoce rizikové oblasti“, neboť je zde větší riziko rušení.

V interaktivních mapách jsou vysoce rizikové oblasti („Rizikové pozemní komunikace“) znázorněny červeně, rizikové oblasti rušiček s dosahem 100 metrů oranžově („Pásmo 100m“) a rušiček s dosahem 300 metrů žlutě („Pásmo 300m“). I když se někde vyskytuje více silnic (spíše cest), než kolik jich je znázorněných červenou barvou, tak byly znázorněny pouze ty, které jsou významnějšího charakteru.

Sestupový úhel letadla je standardní 3°.

Ozáření laserem v letectví

Pro tyto oblasti byly určeny dva kritické rozměry ze studie provedené FAA: 350 a 1100 metrů (zaokrouhleno z 366 a 1128 metrů). Při útoku laserem z této vzdálenosti již docházelo k oslnění pilotů a zakrytí RWY.

Je samozřejmé, že každé letadlo má jinak umístěný kokpit, a tudíž vzhledem k vodorovné rovině existují různé úhly, ze kterých se paprsek laseru dostane k oknům pilotní kabiny a ze kterých již ne.....(narazí na trup letadla). Aby bylo možné znázornit jednu velikost oblastí (jednu pro 350 metrů a jednu pro 1100 metrů), byl vybrán úhel 45° jako maximální úhel, ze kterého se laserový paprsek dostane k oknům pilotní kabiny.

Okraje oblastí jsou dány nejvzdálenějším místem na zemi, ze kterého je vzdálenost mezi tímto místem a okny pilotní kabiny rovna 350 (1100) metrům a úhel paprsku od vodorovné roviny není větší než 45°. Na úrovni prahu dráhy je tudíž okraj ve vzdálenosti téměř 350 (1100) metrů od prodloužené osy RWY (je nutno vzít v potaz, že pilotní kabina je v určité výšce nad zemí). S následným postupováním od RWY podél její prodloužené osy se zvětšuje úhel, pod kterým je nutné mířit na letadlo, aby byla osvětlena kabina (neboť letadlo se nachází ve větší

výšce nad zemí). Okrajovým bodem je poté místo, ze kterého míří paprsek pod úhlem 45° - 247 a 778 metrů od prodloužené osy RWY.

Vysoce nebezpečná oblast s kritickým rozměrem 350 metrů je v mapách zobrazena fialovou barvou. Nebezpečná oblast s kritickým rozměrem 1100 metrů je zobrazena modrou barvou. Dále je v nabídce k zobrazení i Sektor A z předpisu L-14, jehož barva je světle zelená.

Sestupový úhel letadla je standardní 3° .

Interaktivní mapy

Stěžejní částí této studie jsou interaktivní mapy zobrazující každé letiště a jeho okolí. Obsahují nebezpečné oblasti v rámci rušení signálů GNSS a ozáření laserem.

Uživatelský manuál

Všechny mapy se řídí následujícím systémem:

1. Záhloví obsahuje ICAO kód letiště a jeho název.
2. Pod záhlavím se nachází tlačítka, která umožňují zapínat a vypínat zobrazení jednotlivých oblastí.
3. Mapy jsou závislé na uživatelem zapnutých projekcích. Důrazně doporučujeme nezapínat všechny projekce najednou, neboť poté se mapa stává nepřehlednou. V základním zobrazení, se všemi projekcemi vypnutými, se zobrazuje satelitní obrázek daného letiště a měřítko mapy.

Rozcestník

[Letiště České Budějovice](#)

[Letiště Hradec Králové](#)

[Letiště Kunovice](#)

[Letiště Karlovy Vary](#)

[Letiště Plzeň – Líně](#)

[Letiště Mnichovo Hradiště](#)

[Letiště Leoše Janáčka Ostrava](#)

[Letiště Pardubice](#)

[Letiště Příbram](#)

[Letiště Václava Havla Praha](#)

[Letiště Brno](#)

[Letiště Vodochody](#)

Záměrně nepoužito

LKCS - Letiště České Budějovice

GNSS jamming	Pásmo 100m	Pásmo 300m	Rizikové pozemní komunikace
Ozáření laserem	Vysoce nebezpečná oblast (350m)	Nebezpečná oblast (1100m)	Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKHK - Letiště Hradec Králové

GNSS jamming

Pásmo 100m

Pásmo 300m

Rizikové pozemní komunikace

Ozáření laserem

Vysoce nebezpečná oblast (350m)

Nebezpečná oblast (1100m)

Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKKU - Letiště Kunovice

GNSS jamming

Pásmo 100m

Pásmo 300m

Rizikové pozemní komunikace

Ozáření laserem

Vysoce nebezpečná oblast (350m)

Nebezpečná oblast (1100m)

Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKKV - Letiště Karlovy Vary

GNSS jamming

Pásmo 100m

Pásmo 300m

Rizikové pozemní komunikace

Ozáření laserem

Vysoce nebezpečná oblast (350m)

Nebezpečná oblast (1100m)

Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKLN - Letiště Plzeň - Líně

GNSS jamming

Pásmo 100m

Pásmo 300m

Rizikové pozemní komunikace

Ozářením laserem

Vysoce nebezpečná oblast (350m)

Nebezpečná oblast (1100m)

Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKMH - Letiště Mnichovo Hradiště

GNSS jamming

Pásmo 100m

Pásmo 300m

Rizikové pozemní komunikace

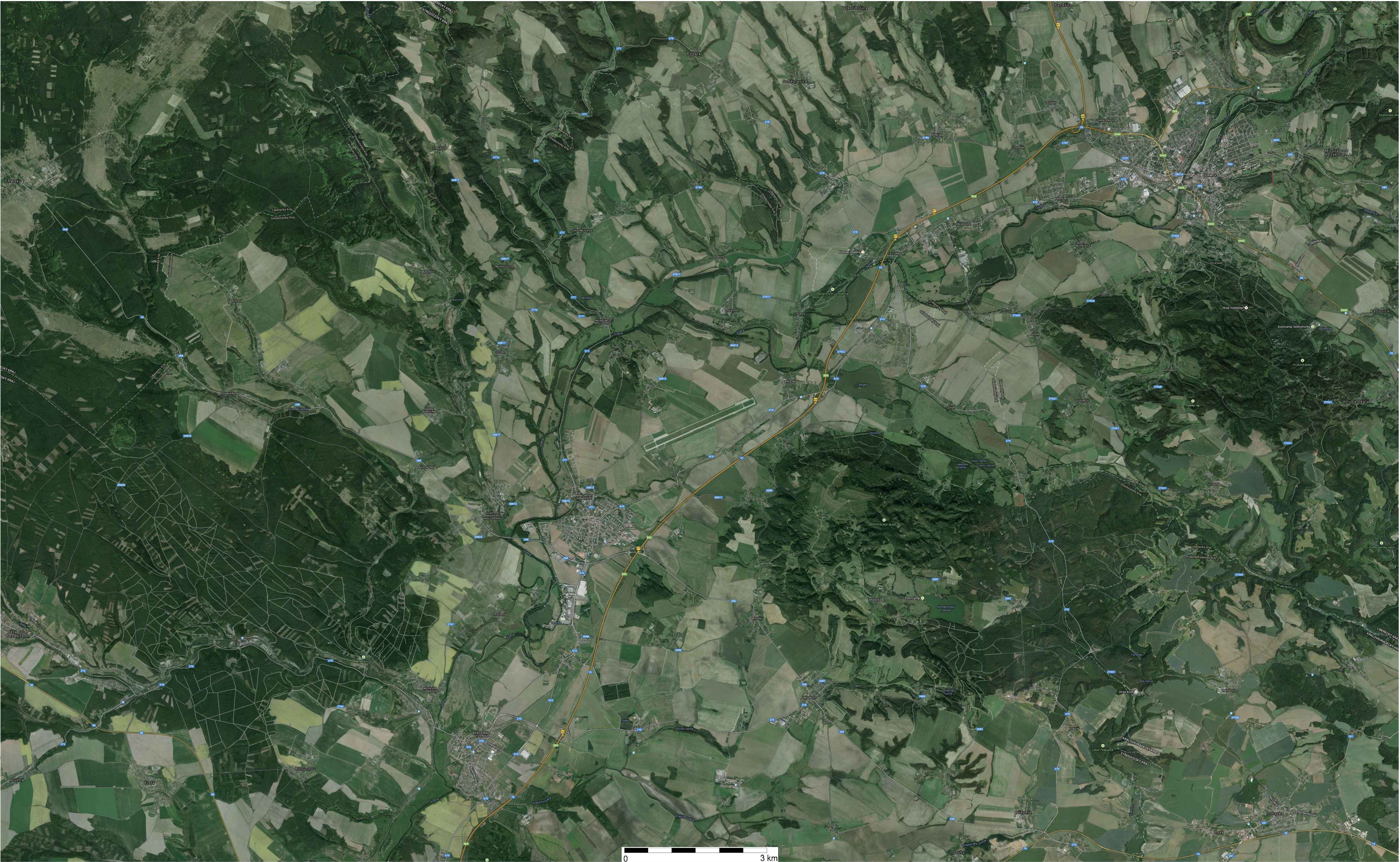
Ozáření laserem

Vysoce nebezpečná oblast (350m)

Nebezpečná oblast (1100m)

Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKMT - Letiště Leoše Janáčka Ostrava

GNSS jamming

Pásmo 100m

Pásmo 300m

Rizikové pozemní komunikace

Ozáření laserem

Vysoce nebezpečná oblast (350m)

Nebezpečná oblast (1100m)

Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKPD - Letiště Pardubice

GNSS jamming

Pásmo 100m

Pásmo 300m

Rizikové pozemní komunikace

Ozáření laserem

Vysoce nebezpečná oblast (350m)

Nebezpečná oblast (1100m)

Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKPM - Letiště Příbram

GNSS jamming

Pásmo 100m

Pásmo 300m

Rizikové pozemní komunikace

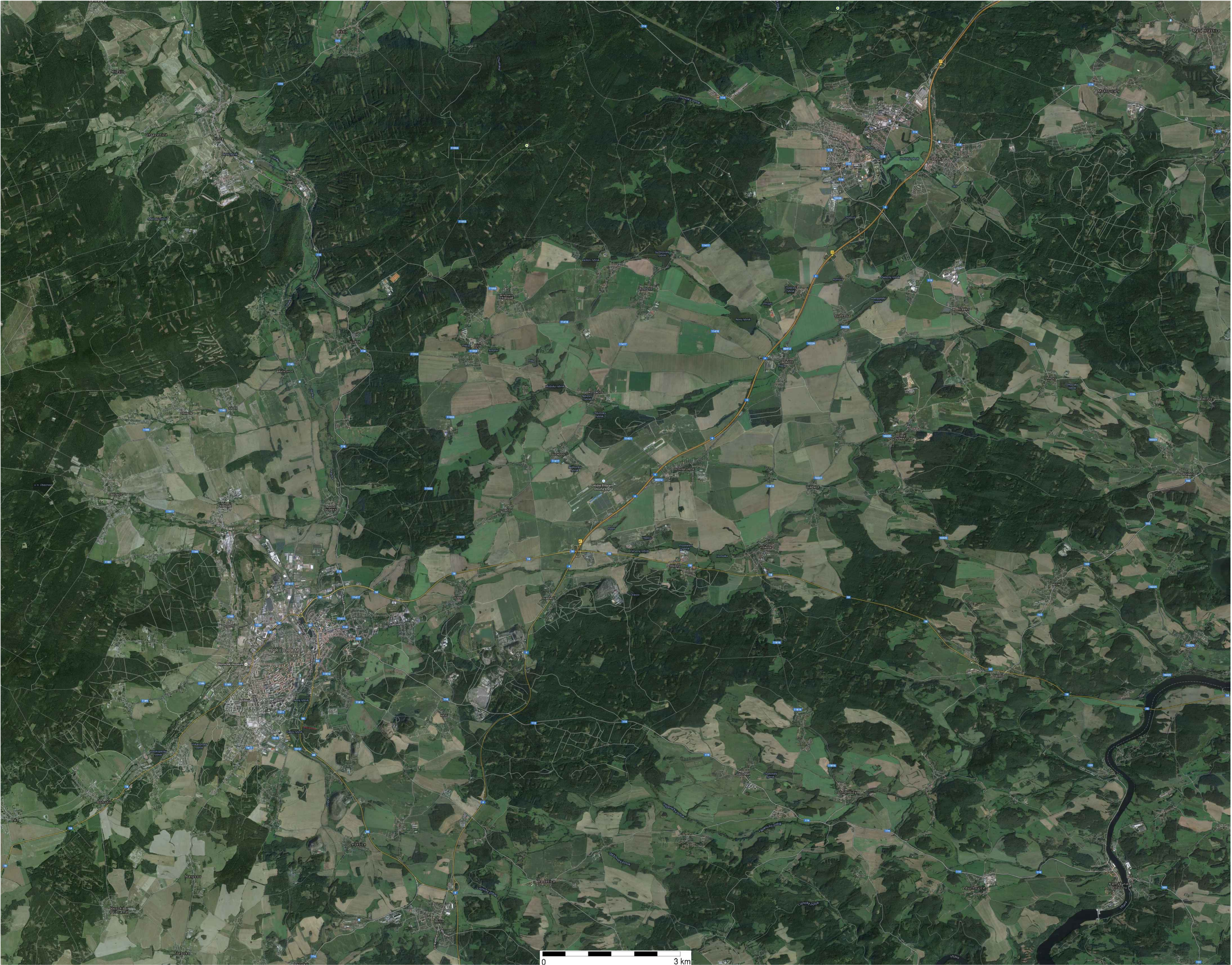
Ozáření laserem

Vysoce nebezpečná oblast (350m)

Nebezpečná oblast (1100m)

Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKPR - Letiště Václava Havla Praha

GNSS jamming

Pásmo 100m

Pásmo 300m

Rizikové pozemní komunikace

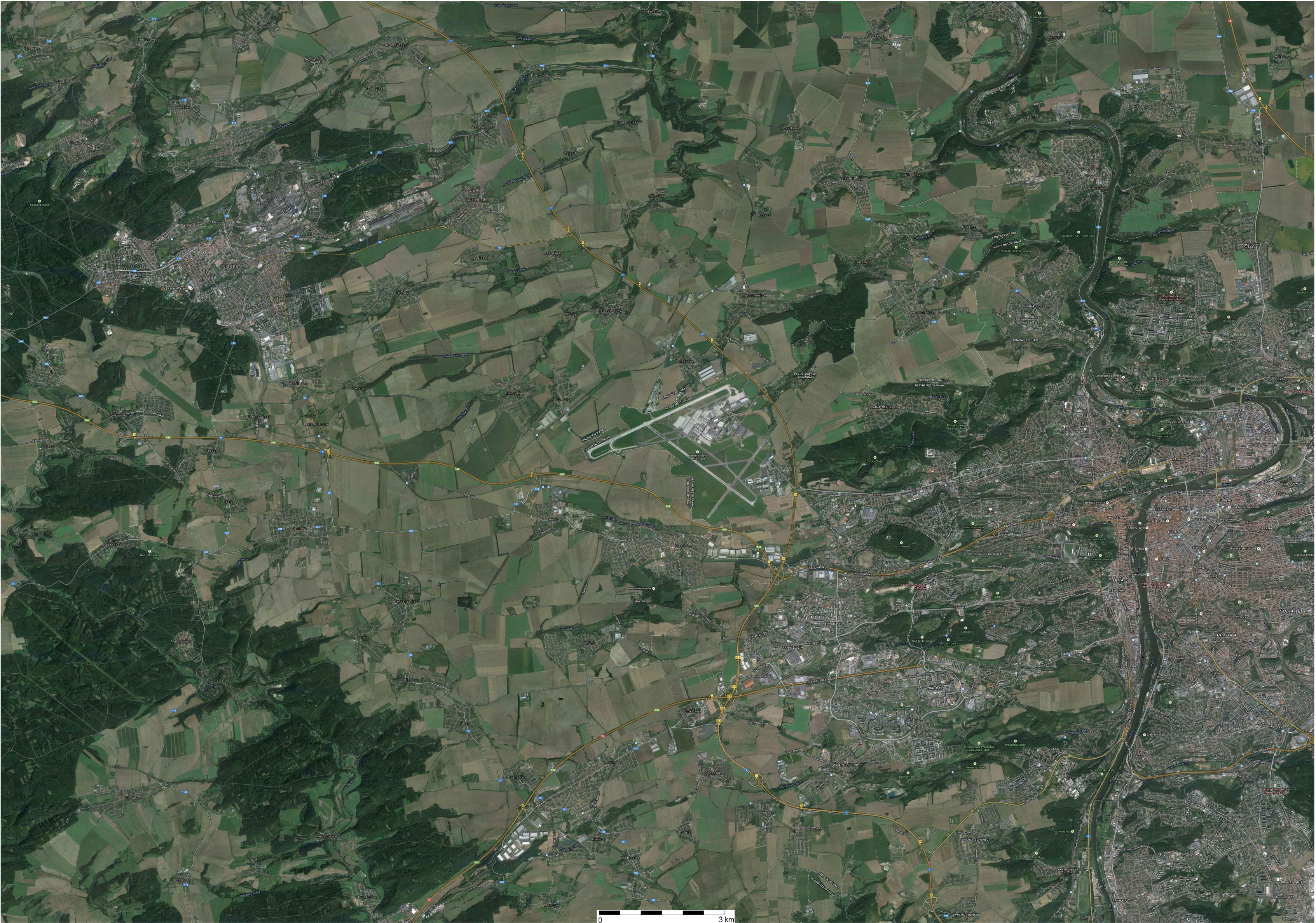
Ozáření laserem

Vysoce nebezpečná oblast (350m)

Nebezpečná oblast (1100m)

Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKTB - Letiště Brno

GNSS jamming	Pásmo 100m	Pásmo 300m	Rizikové pozemní komunikace
Ozáření laserem	Vysoce nebezpečná oblast (350m)	Nebezpečná oblast (1100m)	Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



LKVO - Letiště Vodochody

GNSS jamming

Pásmo 100m

Pásmo 300m

Rizikové pozemní komunikace

Ozáření laserem

Vysoce nebezpečná oblast (350m)

Nebezpečná oblast (1100m)

Ochranné pásmo laserových zařízení - sektor A

Rozcestník



Seznam použitých zdrojů

Rušení signálů GNSS

- [1] GPS Jammers Could Knock Out Signals in a Medium- Sized City. Nextgov. [cit. 2014-10-20] Dostupné z:
<http://www.nextgov.com/defense/2013/09/gps-jammers-could-knock-out-signals-medium-sized-city/70582/>
- [2] CTL3520 Handheld Directional GPS Jammer Detector and Locator. NavtechGPS. [cit. 2014-10-20] [online] Dostupné z:
http://www.navtechgps.com/ctl3520_handheld_directional_gps_jammer_detector_and_locator/
- [3] Exelis GPS Threat Detection Offers Improved Capabilities. GPS World. [cit. 2014-10-20] [online] Dostupné z:
<http://gpsworld.com/exelis-gps-threat-detection-offers-improved-capabilities/>
- [4] Innovation: Know Your Enemy. Signal Characteristics of Civil GPS Jammers. GPS World. [cit. 2014-10-20] [online] Dostupné z:
<http://gpsworld.com/gnss-systeminnovation-know-your-enemy-12475/>
- [5] Spoofs, Proofs & Jamming. InsideGNSS. [cit. 2014-10-20] [online] Dostupné z:
<http://www.insidegnss.com/node/3183>
- [6] GNSS Signal. ESA Navipedia. [cit. 2014-10-20] [online] Dostupné z:
http://www.navipedia.net/index.php/GNSS_signal

Ozáření laserem v letectví

- [1] Fiorino, F.: "Laser safety in sight", Aviation Week and Space Technology (New York), 2006, vol. 162, no. 2, pp. 42-43.
- [2] Houston, S.J.: "Aircrew exposure to handheld laser pointers: The potential for retinal damage", Aviation Space and Environmental Medicine, 201, vol. 82, no. 9, pp. 921-922.
- [3] Murphy P.: "Lasers and aviation safety", The World's Leading Conference on Laser Safety, ILSC 2009 – International Laser Safety Conference, 2009, pp. 41.
- [4] Sliney, D.: "Do laser pointers present an aviation hazard?", LIA Today, 2005, vol. 13, no. 3, pp. 10.
- [5] Nakagawara, V.B. & Montgomery, R.W.: "Visual impairment from laser pointers and its potential affects on aviation safety", Optometry and Vision Science, 2000, vol. 77, no. 12 SUPPL., pp. 243.
- [6] Bart Elias: CRS Report for Congress: Lasers Aimed at Aircraft Cockpits: Background and Possible Options to Address the Threat to Aviation Safety and Security. 2005. Order Code RS22033.
- [7] Česká Republika. L 14.: Letiště. In: 2009, 641/2009-220-SP/4.
- [8] Letovská Magdalena: Ochrana zdraví při práci s lasery. BOZPinfo.cz. [online]. 2011. Dostupné z:
http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozp/citarna/tema_tydne/BOZP_lasery110923.castdruha.html

- [9] Leonardo technology s.r.o.: i-Learning Lasery a jejich princip. [online]. [cit. 10-12-2014]. Dostupné z: <http://www.lt.cz/cs/editace-clanku/161-i-learning-lasery-a-jejich-princip?start=6>