

## Závěrečná zpráva projektu CEVOOH

### 1.A.4 Využití metod DPZ pro stanovení závadných látek v obálkách stavebních objektů

## Zadání

Cílem činnosti bude s využitím metod DPZ identifikovat zejména stavební objekty obsahující ve vnější obálce materiály obsahující azbest (např. eternit, azbestocement).

Budou stanoveny parametry, které vykazují materiály s obsahem azbestu při provádění analýzy multispektrálních, hyperspektrálních a radarových dat, ke kterým budou připojeny polohové informace, atributové složky i geometrické charakteristiky každého detekovaného objektu. Ze zdroje dálkového průzkumu bude na základě stanovených parametrů detekována informace o výskytu azbestu, odvozená z jeho spektrálních projevů, a prostorový záznam spektrálně detekované plochy. Následně – pomocí operací s daty v prostředí GIS budou ke každému objektu přiřazeny ještě další informace, jako např. katastrální příslušnost apod. Výstupem této činnosti bude specializovaná mapa, která bude určena pro potřeby strategií a rozhodování o snižování množství azbestových materiálů v životním prostředí.

### Harmonogram prací:

#### 2021

- rešerše odborné literatury k detekci materiálů obsahujících azbest analýzami především multispektrálních satelitních dat, ale i dalších dat pořizovaných družicemi (panchromatická, hyperspektrální, či radiová oblast spektra)
- ověření vybraných metod zpracování satelitních dat na testovacích lokalitách. Eventuálně návrh vlastní metody detekce (nebo zpracovatelského procesu).

#### 2022

- aplikace vybrané analýzy satelitních dat na detekci materiálů obsahujících azbest v rámci většího teritoria (např. okresu)
- vytvoření specializované mapy azbestových střech (krytin) vybraného území (např. okresu).

## Obsah

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Úvod do problematiky .....                      | 4  |
| Rozlišovací schopnosti dálkového průzkumu ..... | 4  |
| Hyperspektrální data .....                      | 7  |
| Odráživost vybraných materiálů .....            | 8  |
| Geologie a minerály.....                        | 8  |
| Půda.....                                       | 9  |
| Vegetace.....                                   | 10 |
| Zájmové území .....                             | 11 |
| Šošůvka.....                                    | 11 |
| Vysoké Popovice.....                            | 12 |
| Data .....                                      | 13 |
| Terénní měření.....                             | 14 |
| Spectral Analyst.....                           | 15 |
| Minimum Noise Fractio transformace .....        | 17 |
| Klasifikace hyperspektrálních dat.....          | 20 |
| Klasifikační legenda .....                      | 20 |
| Postup předzpracování dat .....                 | 24 |
| Spectral Angle Mapper .....                     | 25 |
| Linear Spectral Unmixing.....                   | 28 |
| Shrnutí .....                                   | 31 |
| Seznam zdrojů a literatury .....                | 32 |

## Úvod do problematiky

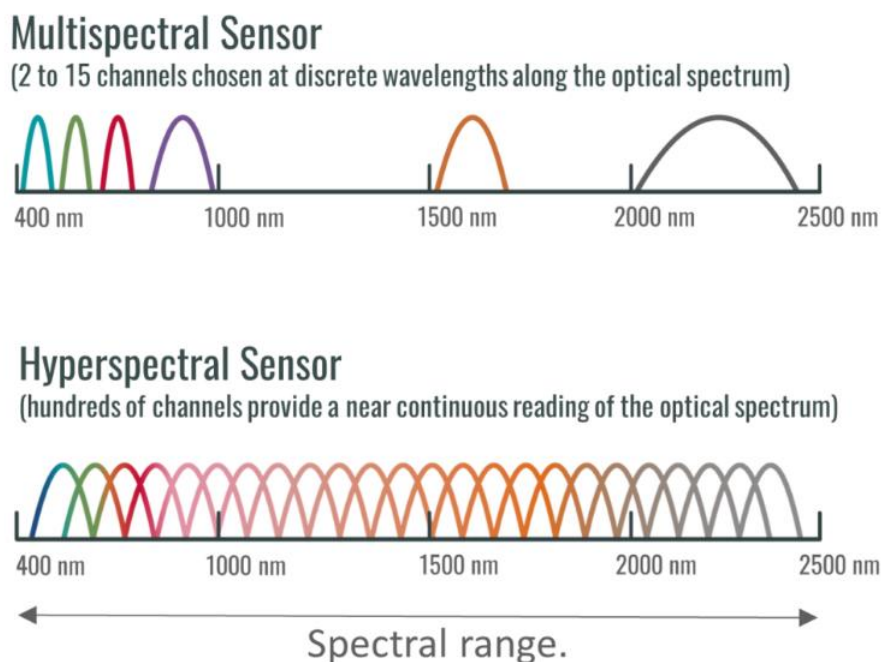
Dálkový průzkum Země (DPZ) je metoda zjišťování a monitorování fyzikálních charakteristik objektů s využitím odraženého a vyzařovaného elektromagnetického záření s pomocí nosičů (družice, letadla, UAV). Přístroje na nosičích zaznamenávají odražené nebo vyzařované elektromagnetické vlny o různých vlnových délkách.

### Rozlišovací schopnosti dálkového průzkumu

DPZ má několik rozlišovacích schopností:

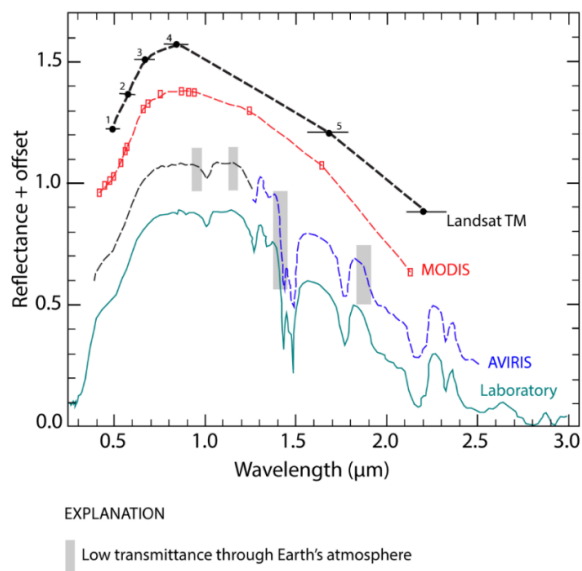
- Spektrální
  - Definuje schopnost snímače zaznamenat intervaly vlnových délek. Data označovaná jako multispektrální pracují s jednotkami pásem (např. Landsat 8 nebo Sentinel-2), kdyby hyperspektrální data mají desítky až stovky pásem. Rozdíl je zobrazen na obrázku 1.

Obrázek 1: Srovnání mezi multispektrálními a hyperspektrálními daty



Zdroj: (EO College 2023c)

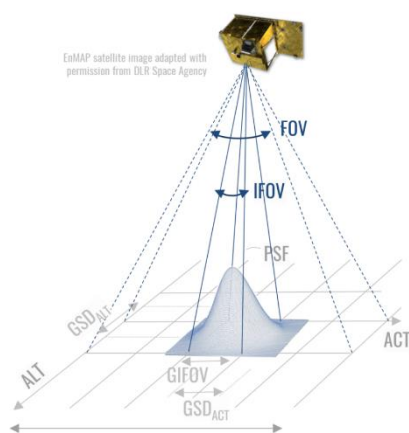
Obrázek 2: Příklady spektrálních rozlišení senzorů LandsatTM (multispektrální), MODIS (multispektrální), Aviris (hyperspektrální) a laboratorního měření spektrometrem.



Zdroj: (USGS 2021)

- Prostorové
  - Udává prostorové rozlišení základního prvku obrazu (pixelu) a je měřítkem nejmenšího pozemního prvku, který je detektor schopný rozlišit.

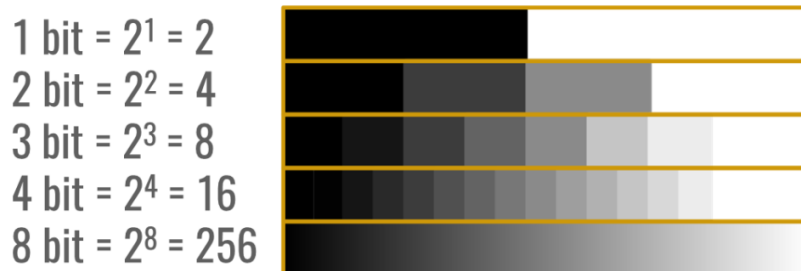
Obrázek 3: Parametry znázorňující prostorové rozlišení



Zdroj: (EO College 2023c)

- Radiometrické
  - Udává schopnost senzoru zachytit rozdíly v záření. Nejběžněji se používá osm bitů (256 hodnot šedi) a dvanáct bitů (2048 hodnot šedi).

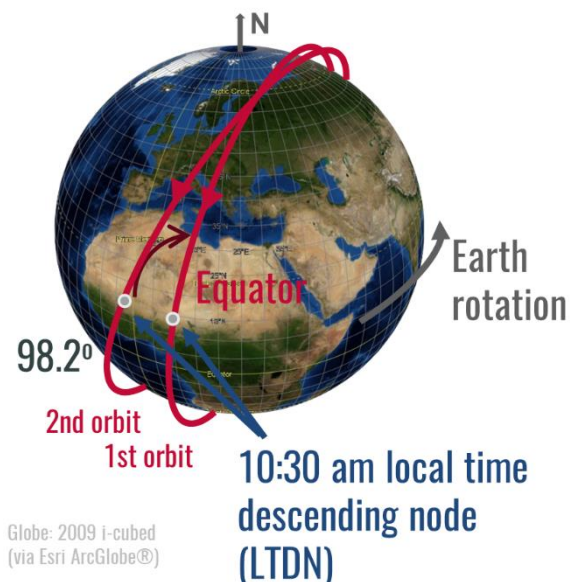
Obrázek 4: Znázornění radiometrického rozlišení



Zdroj: (EO College 2023c)

- Časové
  - Udává časový interval mezi dvěma snímáními senzoru v oblasti. Závisí na výšce oběžné dráhy družice a její geometrii.

Obrázek 5: Znázornění polární, sluneční synchronní oběžné dráhy

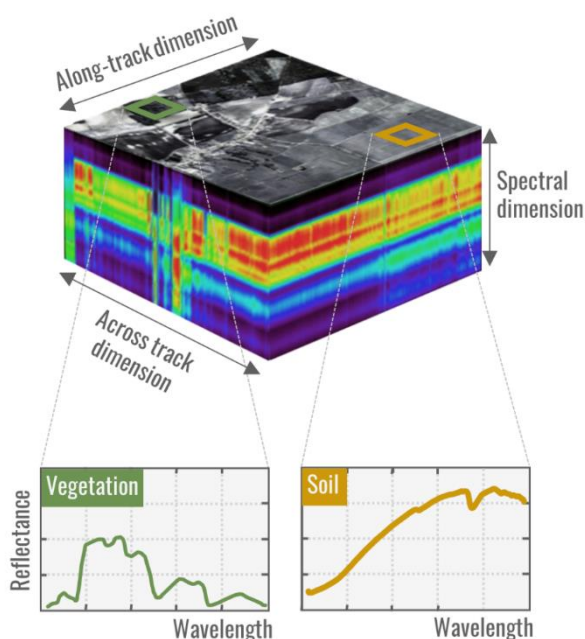


Zdroj: (EO College 2023c)

## Hyperspektrální data

Obrazová spektroskopie nebo též hyperspektrální dálkový průzkum představují senzory měřící odražené záření od materiálů na zemském povrchu. Oproti multispektrálním datům hyperspektrální data představují mladší typ s desítkami až stovkami úzkých (méně než 10 nm) spektrálních pásem, které na sebe navazují a vytváří souvislou křivku. Data umožňují provádět identifikaci a případně i kvantifikaci materiálů na základě tvaru spektrální křivky. Jednotlivá spektrální pásma mohou být zobrazena v tzv. hyperspektrální datové kostce. Zpracování hyperspektrálních dat však vyžaduje některé speciální postupy – atmosférické a geometrické korekce, korekce osvětlení, transformace nebo přístupy na snížení dimenzionality dat a množství šumu v datech.

*Obrázek 6: Hyperspektrální datová kostka s příklady spekter vegetace a půdy*

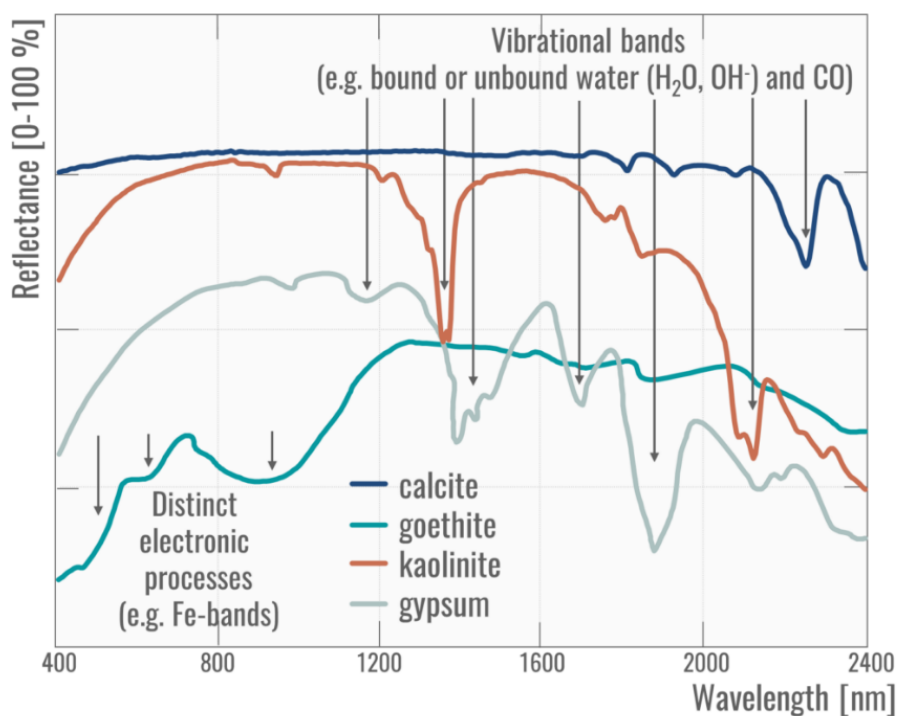


Zdroj: (EO College 2023a)

## Odrazivost vybraných materiálů

### Geologie a minerály

Obrázek 7: Odrazivost minerálů v oblasti vlnových délek 400 až 2400 nm.



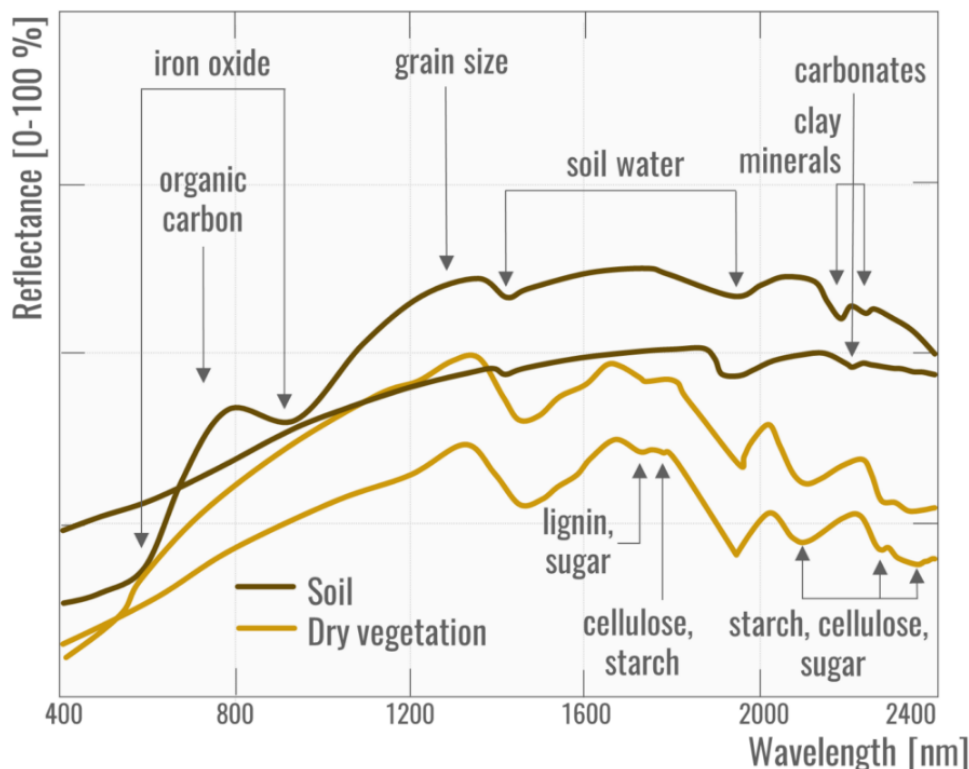
Zdroj: (EO College 2023b)

Z hlediska vlastností minerálů a prvků je důležité zmínit, že obrazová spektroskopie pracuje s vlastnostmi materiálů na povrchu. Příkladem mohou být horniny – pokud obsahují na svém povrchu lišejník, mění se jejich odrazové vlastnosti. Minerály jsou v oblasti viditelného a blízkého infračerveného spektra (400 až 1300 nm) ovlivněny přítomností/nepřítomností iontů přechodných kovů (Fe, Cr, Co, Ni), což má za následek absorpční procesy způsobené elektronickými procesy. Absorpční vlastnosti v oblasti středního infračerveného spektra (SWIR) – 2000 až 2500 nm jsou ovlivněny přítomností/nepřítomností vody, uhličitánů, síranů a hydroxidů.



## Půda

Obrázek 8: Odrazivost půdy v oblasti vlnových délek 400 až 2400 nm

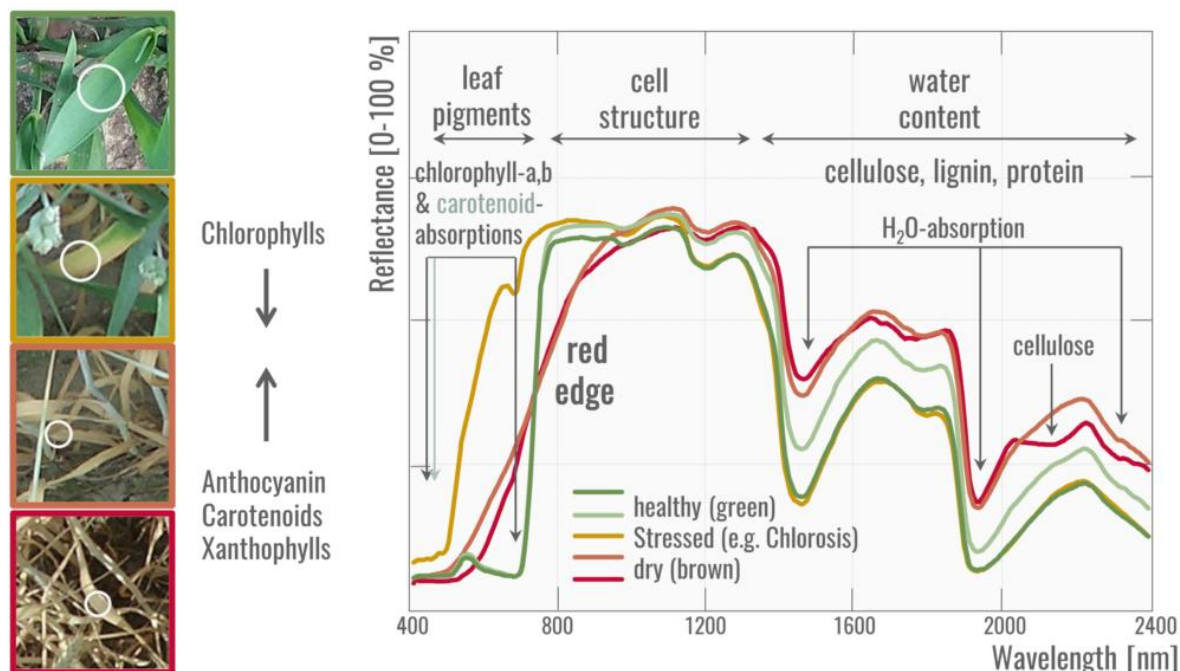


Zdroj: (EO College 2023b)

Hlavní složky půdy nevykazují absorpční vlastnosti v oblastech viditelného a středního infračerveného spektra. Spektrální vlastnosti půdy jsou ovlivněny obsahem dalších látek – organické hmoty, složením jílových minerálů, obsahem oxidů železa, vlhkostí, zasolením, texturou a drsností povrchu. Půdy mají obecně široké, mělké absorpční oblasti na vlnových délkách 400 až 2500 nm, které souvisí s oxidy železa a organickou hmotou. Odrazivost půdy klesá s rostoucím obsahem organické hmoty a vlhkosti. Dalším faktorem ovlivňující odrazivost půdy je velikost částic, kde se zvětšující velikostí částic klesá odrazivost. Malé množství oxidů železa může výrazně změnit vlastnosti a zapříčinit výskyt absorpčních pásů v oblasti vlnových délek oblasti 400 nm, 700 nm a 870 nm (Ben-Dor et al. 1999). Jílové minerály (např. montmorillonit, kaolinit, illit, smektit) a karbonáty mají absorpční pásy v oblasti mezi 2000 nm a 2500 nm (Whiting, Li, Ustin 2004).

## Vegetace

Obrázek 9: Odrazivost vegetace v oblasti vlnových délek 400 až 2400 nm.



Zdroj: (EO College 2023b)

Absorpční vlastnosti jednotlivých druhů vegetace jsou velmi podobné. Vegetace obsahuje molekuly s různými látkami (celulóza, škrob, vazba O-H na vodu, které jsou základem absorpce) – je tedy složité generalizovat přiřazení absorpčních pásů a procesů v molekulách. Výjimkou jsou listové pigmenty (chlorofyl, karoten), ostatní biochemické látky se vyskytují pouze v nízkých koncentracích. Dochází také k vícenásobným rozptylovým procesům v listu (mezofylu), rostlině i na úrovni koruny, které určují tvar absorpčních pásů. Vegetace má v oblasti viditelného spektra lokální minima způsobené právě listovými pigmenty. Chlorofyl absorbuje modré (400-500 nm) a červené (600-700 nm) viditelné spektrum pro fotosyntézu, v menší míře je pohlcována zelená oblast spektra (500-600 nm) – je zde lokální maximum a lidské oči vnímají vegetaci zeleně. Další pigmenty, jako jsou karotenoidy a xantofyly, které mají absorpci v modré části viditelného spektra (400-500 nm) a způsobují různou barvu listů. V oblasti blízkého infračerveného spektra (NIR – 700-1300) se křivka odrazivosti výrazně zvyšuje. Strmý nárůst na pomezí viditelného červeného a blízkého infračerveného se nazývá "červený okraj", a používá se při

detekci stresu rostlin. Místo to dochází ke zploštění a posunu ke kratší vlnové délce v části spektra červeného okraje. Odrazivost vegetace ve stresu (např. uschnutí) je vyšší ve viditelném a nižší v infračerveném rozsahu ve srovnání se zdravou vegetací. V oblasti SWIR (1300-2500 nm) převládá absorpce vody. Zvýšení obsahu vlhkosti v listech vede k celkovému poklesu odrazivosti, zejména v NIR a SWIR, doprovázenému nárůstem (hloubka, šířka) absorpčních rysů v oblasti 1400 a 1900 nm.

## Zájmové území

### Šošůvka

Obec je situována v Jihomoravském kraji v okrese Blansko. K 1. lednu 2022 měla obec 669 obyvatel (ČSÚ 2022). Analýza byla provedena v intravilánu obce.

*Obrázek 10: Zájmové území obce Šošůvka s polohou v rámci České republiky*



*Zdroj: Vlastní tvorba*

**T A**  
**Č R**

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**.



## Vysoké Popovice

Obec je situována v Jihomoravském kraji v okrese Brno-Venkov. K 1. lednu 2022 měla obec 727 obyvatel (ČSÚ 2022). Analýza byla provedena v intravilánu obce.

*Obrázek 11: Zájmové území obce Vysoké Popovice s vyznačenou polohou v rámci České republiky, červeně jsou polygony označeny jednotlivé zájmové objekty*



*Zdroj: Vlastní tvorba*

## Data

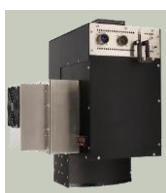
V rámci spolupráce s CzechGlobe – Ústav výzkumu globální změny, AV ČR v. v. i. byla k analýze použita následující letecká hyperspektrální data

Tabulka 1: Přehled poskytnutých dat

|                              | <i>Hyperspectral CASI sensor</i> | <i>Hyperpectral SASI sensor</i> |
|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| <i>dostupná vlnová délka</i> | 380-1050 nm                      | 950-2450 nm                     |
| <i>spektrum</i>              | VNIR                             | SWIR                            |
| <i>šířka spektra</i>         | 3.2 nm                           | 15 nm                           |
| <i>úhel</i>                  | FOV 40 °                         |                                 |
| <i>prostorové rozlišení</i>  | 1 m                              | 2.5 m                           |

Zdroj: Vlastní tvorba

Obrázky 12, 13, 14: Příklad nosiče a senzorů



**CASI-1500**



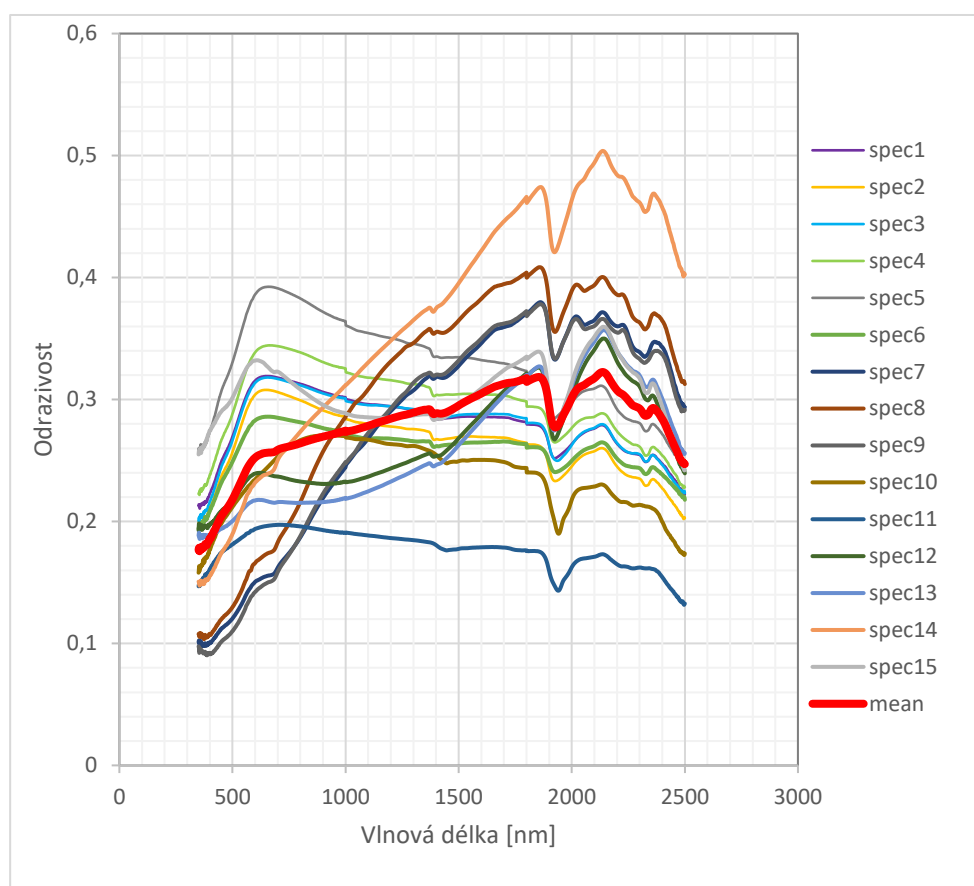
**SASI-600**

Zdroj: CzechGlobe - Ústav výzkumu globální změny (2022)

## Terénní měření

V rámci spolupráce s CzechGlobe – Ústav výzkumu globální změny, AV ČR v. v. i. byla dodána spektra azbestocementových krytin z pozemního terénního měření.

*Obrázek 13: Spektrální křivky azbestocementové krytiny, červeně průměr z naměřených spektrálních křivek*



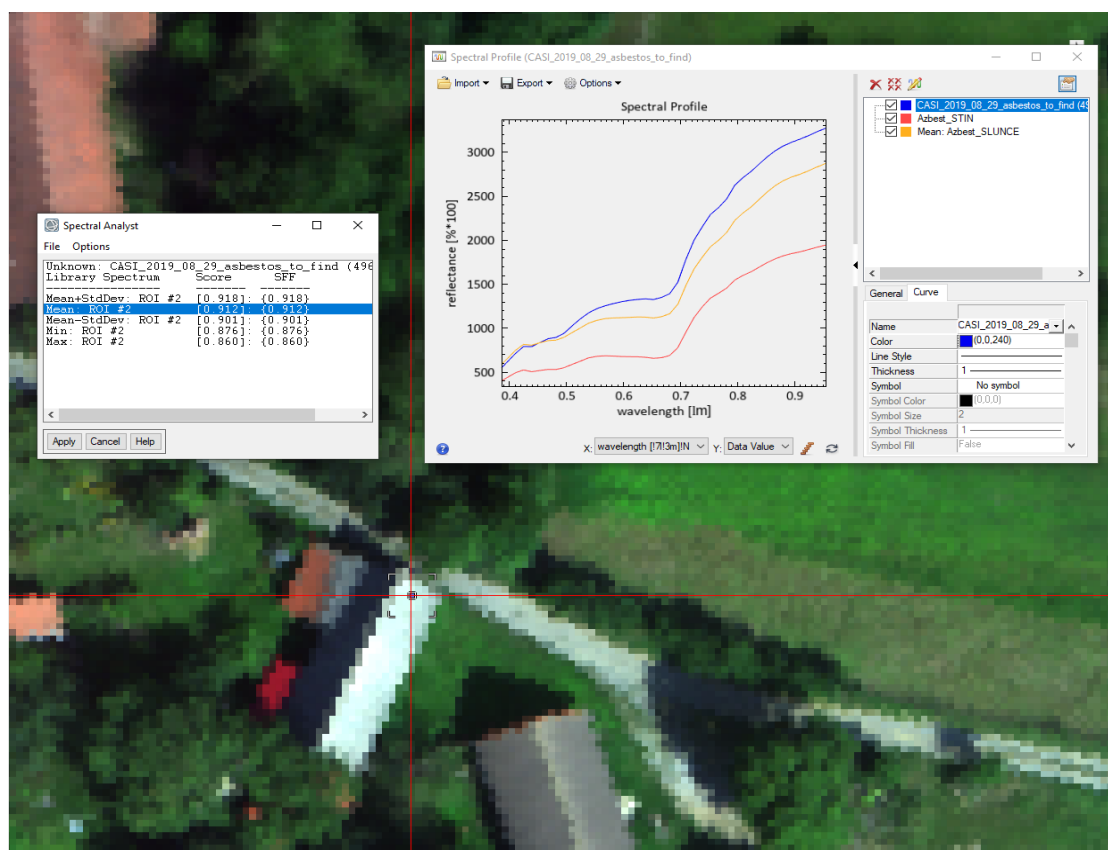
Zdroj: Vlastí tvorba

## Spectral Analyst

Metoda funguje na principu porovnávání křivky získané z průměrů pixelů v obraze z vnějších obálek stavebních objektů/případně křivky naměřené spektrometrem v laboratoři z určitého vzorku s neznámou křivkou. Výsledkem je hodnota pravděpodobnosti výskytu hledaného spektra materiálu v neznámém pixelu.

V zájmovém území Šošůvka se podařilo najít maximální schodu 91 % referenčního spektra krytiny s neznámým spektrem na datech CASI. Výsledek byl validován pomocí in-situ dat získaných ze služeb Google Street View/Seznam Panorama, kde bylo potvrzeno, že neznámá krytina je azbestocementová střecha.

Obrázek 14: Výsledky metody Spectral Analyst pro neznámý pixel v obci Šošůvka, na ose x je vlnová délka v [μm] a na ose y odrazivost



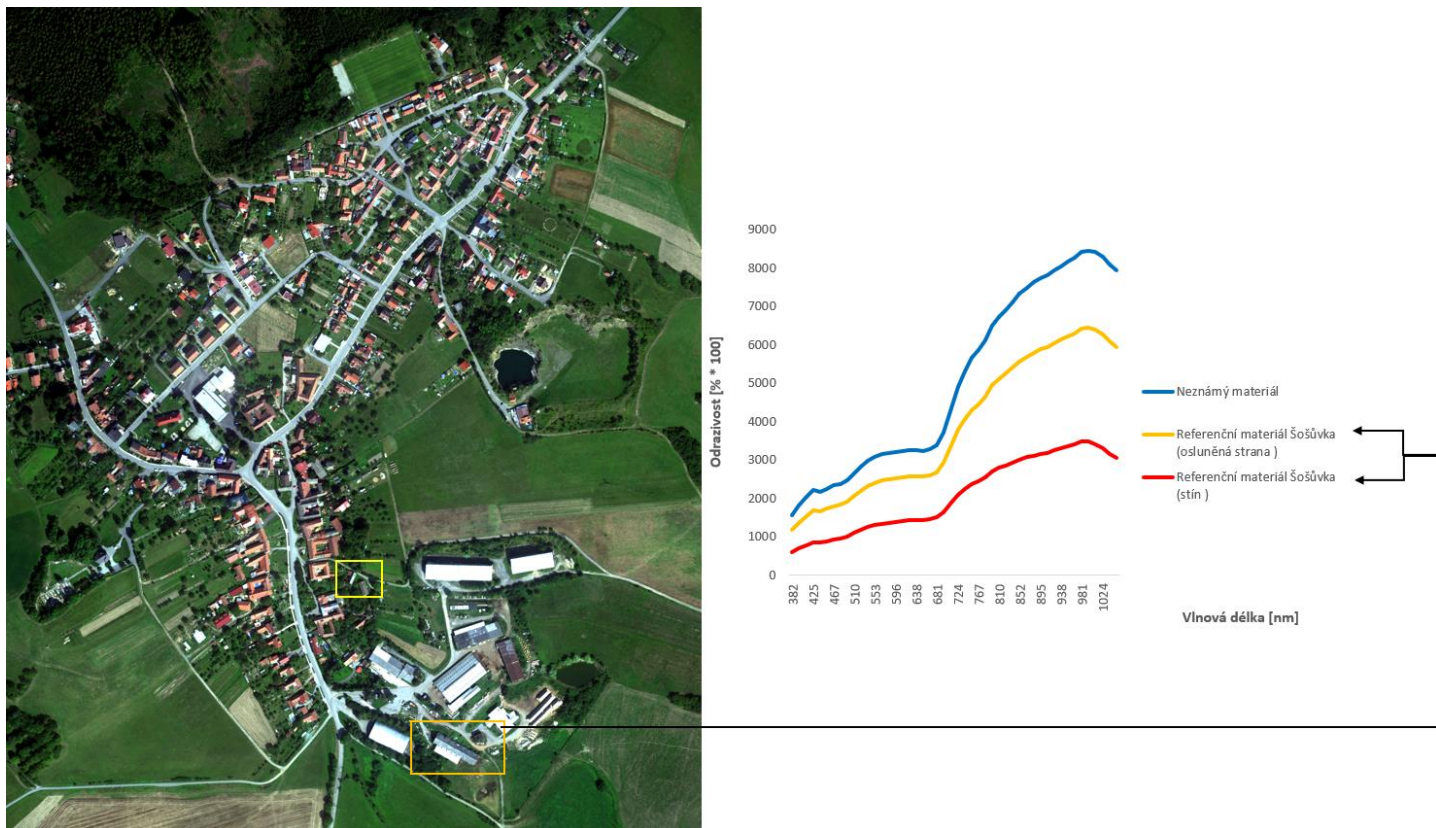
Zdroj: Vlastní tvorba

**T A**  
**Č R**

Projekt SS02030008 Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH) je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Prostředí pro život.



Obrázek 15: Metoda Spectral Analyst v obci Šošůvka se zobrazením referenčního a neznámého spektra



Zdroj: Vlastní tvorba

T A  
Č R

Projekt SS02030008 Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH) je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Prostor pro život.



## Minimum Noise Fractio transformace

Minimum Noise Fraction (MNF) je lineární transformace vycházející ze Green et al. (1988), která funguje na principu dvou PCA transformací. Další možnou definicí je, že se jedná o proces normalizace dat a redukce zbytkového šumu. V případě hyperspektrálních dat lze metodu použít k odstranění šumu a snížení dimenzionality dat. Výstupem je transformovaný obraz, kde lze vizuálně interpretovat nebo pomocí odmaskování najít krytiny s potencionálním výskytem azbestu.

Obrázek 16: Výstup MNF transformace pro obec Vysoké Popovice



Zdroj: Vlastní tvorba

**T A**  
**Č R**

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**.

Obrázek 17: Výstup MNF Transformace pro obec Vysoké Popovice, bodově nalezené azbesto-cementové krytiny



Zdroj: Vlastní tvorba

**T A**  
**Č R**

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**.



## Klasifikace hyperspektrálních dat

Klasifikace funguje na principu rozdělení naměřeného datového souboru do menšího počtu informačních tříd podle určitého příznaku s využitím rozhodovacích pravidel (Anderson et al. 1976). Základní dělení je na klasifikaci řízenou (anglicky Supervised Classification) a neřízenou (anglicky Unsupervised Classification). Další možnost rozdělení je, zda klasifikujeme jednotlivé pixely nebo celé objekty, získané segmentací obrazu. Obecně řízená klasifikace obsahuje dvě fáze – trénovací (učící) a klasifikační (aplikační). V trénovací části probíhá výběr pixelů o známé hodnotě proměnné pro trénování klasifikátoru z důvodu rozlišení požadovaných tematických tříd a určení rozhodovacích pravidel (Schowengerdt 2006). Klasifikace hyperspektrálních dat je složitější, než v případě multispektrálních dat (např. Sentinel-2, Landsat), protože je nutné v procesu předzpracování provést některé další kroky (snížení dimenzionality dat). Dále je nutné použít také vhodné klasifikační algoritmy, které se používají pro hyperspektrální data.

### Klasifikační legenda

Pro potřeby řízené klasifikace byly stanoveny dvě legendy:

#### **Legenda pro metodu Spectral Angle Mapper (SAM) pro obec Vysoké Popovice**

##### 1) Azbestocementové střešní krytiny



Zdroj: CzechGlobe - Ústav výzkumu globální změny (2022)

## 2) Plechové střešní krytiny



*Zdroj: Mapy.cz (2022)*

## 3) Krytina z keramických tašek – černá



*Zdroj: Mapy.cz (2022)*

## 4) Krytina z keramických tašek – červená



*Zdroj: Mapy.cz (2022)*

## Legenda pro metodu Linear Spectral Unmixing (LSU) pro obec Šošůvka

### 1) Azbesto-cementové střešní krytiny



Zdroj: Mapy.cz (2022)

### 2) Plechové střešní krytiny



Zdroj: Mapy.cz (2022)

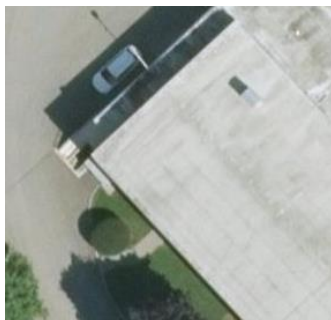
### 3) Krytina z keramických tašek



Zdroj: Mapy.cz (2022)



4) *Krytina z asfaltových pásů*



Zdroj: *Mapy.cz* (2022)

## Postup předzpracování dat

Proces předzpracování proběhl pro obě zájmové obce – Vysoké Popovice a Šošůvka. V úvodním kroku proběhlo odmaskování všech ostatních částí obrazu s použitím dat RUIAN, aby do procesu klasifikace vstupovaly pouze části obrazu, kde jsou střešní krytiny. Pro následné dvě testované klasifikační metody byl použit software ENVI, alternativní možností v podobě open-source na klasifikaci hyperspektrálních dat je QGIS plug-in EnMAP.

Pro klasifikaci hyperspektrálních dat je optimální používat „čistá spektra materiálů“, která lze získat několika způsoby:

- 1) Ručním měřením spekter v místě
- 2) Ručním měřením v materiálu v laboratoři
- 3) Přejímáním spekter z obrazu

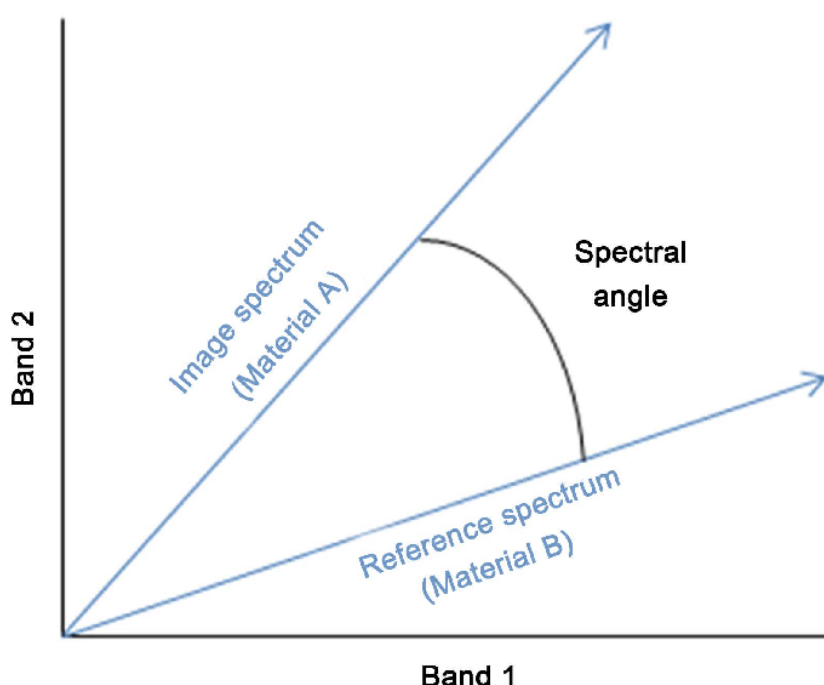
Otestování proběhlo pomocí spekter získaných z obrazu. Metoda má v ENVI následující postup – čisté pixely se vyhledají pomocí funkce *PPI – Pixel Purity Index*. Jako vstup do funkce PPI je nutné provést MNF Transformaci funkcí *Minimum Noise Fraction Transform*, která byla použita už v předchozí metodě při snížení dimenzionality dat a redukci šumu. Podařilo se najít čisté pixely pro třídy – plechová střední krytina, krytina z keramických desek a střecha z asfaltových pásů. Třída azbesto-cementových krytin byla odebrána jako smíšená z in-situ objektů. Po výběru trénovacích příznaků byly jednotlivé třídy zkontrolovány v *n-Dimensional Visualizer Auto Cluster*, jestli nedochází k míšení trénovacích příznaků mezi sebou. Pro klasifikaci byly zvoleny dvě následující metody:

- Spectral Angle Mapper (SAM)
- Linear Spectral Unmixing (LSU)

## Spectral Angle Mapper

V rámci obce Šošůvka byla otestována metoda Spectral Angle Mapper (SAM). SAM je metoda spektrální klasifikace, která pracuje na principu porovnání spektrální podobnosti mezi referenčním pixelem a neznámým spektrem. Vyhodnocované a referenční spektrum jsou jako vektory  $n$ -rozměrného prostoru ( $n$  = počet pásem). Pokud je úhel minimální, je shoda maximální. Pixels vzdálenější, než je zadaná maximální prahová hodnota úhlu v radiánech, nejsou klasifikovány. Výhoda metody je, že není citlivá na albedo, vliv nasvícení a využívá se při práci s hyperspektrálními daty.

*Obrázek 18: Princip metody SAM se zobrazeným úhlem mezi obrazových (image) a referenčním (reference) spektrem*



*Zdroj: (Hamza et al. 2016)*

Trénování klasifikátoru proběhlo pomocí bodů a následně bylo vytvořeno hodnocení přesnosti klasifikace s použitím 100 bodů, které byly vygenerovány s nastavením STRATIFIED\_RANDOM a chybová matice.

Obrázek 19: Výsledek klasifikace SAM pro obci Vysoké Popovice



Zdroj: Vlastní tvorba

**T A**  
**Č R**

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**.

Tabulka 2: Chybová matice klasifikace SAM obce Vysoké Popovice

|                             | Azbest | Plechová krytina | Keramická krytina – černá | Keramická krytina – červená | Celkem | Uživatelská přesnost |
|-----------------------------|--------|------------------|---------------------------|-----------------------------|--------|----------------------|
| Azbest                      | 9      | 0                | 9                         | 13                          | 31     | 0,29                 |
| Plechová krytina            | 0      | 10               | 1                         | 0                           | 11     | 0,91                 |
| Keramická krytina – černá   | 2      | 0                | 6                         | 3                           | 11     | 0,55                 |
| Keramická krytina – červená | 1      | 0                | 0                         | 45                          | 46     | 0,98                 |
| Celkem                      | 12     | 10               | 16                        | 61                          | 99     |                      |
| Zpracovatelská přesnost     | 0,75   | 1                | 0,38                      | 0,74                        |        | 0,71                 |

Zdroj: Vlastní tvorba

Uživatelská přesnost udává, s jakou pravděpodobností pixel zařazený do určité kategorie onu kategorii doopravdy reprezentuje (Červená 2018). Uživatelská přesnost azbesto-cementových krytin byla 29 %. Zpracovatelská přesnost udává poměr mezi správně klasifikovanými pixely a pixely použitými pro testování zvolené kategorie (Červená 2018). Zpracovatelská přesnost třídy azbesto-cementových krytin byla 75 %. Celková přesnost klasifikace byla 71 %, kappa index 54 %.



## Linear Spectral Unmixing

V rámci obce Šošůvka byla otestována metoda Linear Spectral Unmixing (LSU). LSU funguje na principu, že odrazivost v každém pixelu snímku je lineární kombinací odrazivosti každého materiálu (nebo koncového členu) přítomného v pixelu. L3Harris Geospatial (2023) uvádí příklad, kde pokud 25 % pixelu obsahuje materiál A, 25 % pixelu obsahuje materiál B a 50 % pixelu obsahuje materiál C, je spektrum pro tento pixel váženým průměrem 0,25násobku spektra materiálu A plus 0,25násobku spektra materiálu B plus 0,5násobku spektra materiálu C. Počet koncových členů musí být menší než počet spektrálních pásem. Trénování klasifikátoru proběhlo pomocí polygonů. Nad jednotlivými výslednými pásmy byla vytvořena maska s prahovou hodnotou pravděpodobnosti pro všechny třídy mimo azbestových střech 0,75, pro azbest 0,8. Závěrem bylo vytvořeno hodnocení přesnosti klasifikace s nastavením generování 100 bodů (STRATIFIED\_RANDOM) a chybová matice. Uživatelská přesnost třídy azbesto-cementové krytina (azbest) byla 67 %, zpracovatelská přesnost byla 94 %. Celková přesnost klasifikace byla 77 %, kappa index byl 0,67.

*Tabulka 3: Chybová matice klasifikace LSU obce Šošůvka*

|                         | Azbest | Asfaltová krytina | Keramická krytina | Plechová krytina | Celkem | Uživatelská přesnost |
|-------------------------|--------|-------------------|-------------------|------------------|--------|----------------------|
| Azbest                  | 33     | 8                 | 7                 | 1                | 49     | 0,67                 |
| Asfaltová krytina       | 2      | 21                | 3                 | 1                | 27     | 0,78                 |
| Keramická krytina       | 0      | 0                 | 14                | 0                | 14     | 1                    |
| Plechová krytina        | 0      | 1                 | 0                 | 9                | 10     | 0,9                  |
| Celkem                  | 35     | 30                | 24                | 11               | 100    |                      |
| Zpracovatelská přesnost | 0,94   | 0,70              | 0,58              | 0,82             |        | 0,77                 |

*Zdroj: Vlastní tvorba*

Obrázek 20: Rozložení trénovacích polygonů v obci Šošůvka, vstup do metody LSU



Zdroj: Vlastní tvorba

**T A**  
**Č R**

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**.



Obrázek 21: Výsledek klasifikace LSU v obci Šošůvka



- Azbestocementové střešní krytiny
- Krytina z asfaltových pásů
- Krytina z keramických tašek
- Plechové střešní krytiny

0 0,25 km



Zdroj: Vlastní tvorba

**T A**  
**Č R**

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**.

## Shrnutí

V rámci WP1.A.4 Identifikace stavebních objektů obsahujících ve vnější obálce stavební materiály obsahující azbest byly na základně rešerše otestovány čtyři různé metody zpracování hyperspektrálních dat v kombinaci na dvou zájmových území (Vysoké Popovice a Šošůvka). Hyperspektrální data se ukázala jako účinná tento druh analýz.

Metoda Spectral Analyst porovnává křivky získané z průměrů pixelů v obrazu z vnějších obálek stavebních objektů/případně nebo křivky naměřené spektrometrem v laboratoři z určitého vzorku s neznámou křivkou. Během porovnání se v zájmovém území podařilo nalézt pixely se shodou až 91 % s referenčním spektrem.

MNF transformace vyprodukovala mapový výstup v barevné syntéze, ve kterém bylo možné metodou vizuální interpretace nebo nastavením rozsahu masky rozeznat potenciální střechy s výskytem azbestu.

Klasifikační metody byly testovány dvě – SAM a LSU, lepších výsledků dosáhla klasifikace LSU (celková přesnost 77 %) v zájmového území Šošůvka.

## Seznam zdrojů a literatury

ANDERSON, J. R., HARDY, E. E., ROACH, J. T., WITMER, R. E. (1976): A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper No. 964, 1–28.

BEN-DOR, E., IRONS, J. R., EPEMA, G. F., OTHERS (1999): Soil reflectance. Remote sensing for the earth sciences: Manual of remote sensing, 3, 3, 111–188.

ČERVENÁ, L. (2018): HODNOCENÍ PŘESNOSTI KLASIFIKACÍ. Výukový list.

ČSÚ (2022): Počet obyvatel v obcích - k 1. 1. 2022 | ČSÚ, <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112022> (17. 1. 2023).

CZECHGLOBE - ÚSTAV VÝZKUMU GLOBÁLNÍ ZMĚNY, A. Č. v. v. i. (2022): CzechGlobe. Brno.

EO COLLEGE (2023a): 3.1 What is imaging spectroscopy? – EO College, <https://eo-college.org/courses/beyond-the-visible/lessons/principles-of-imaging-spectroscopy/topic/what-is-imaging-spectroscopy/> (17. 1. 2023).

EO COLLEGE (2023b): 3.6 Spectral reflectance of selected surface materials – EO College, <https://eo-college.org/courses/beyond-the-visible/lessons/principles-of-imaging-spectroscopy/topic/spectral-reflectance-of-selected-surface-materials/> (17. 1. 2023).

EO COLLEGE (2023c): 4.2 Data properties – the 4 resolutions – EO College, <https://eo-college.org/courses/beyond-the-visible/lessons/principles-of-sensor-technologies-and-data-acquisition-techniques/topic/data-properties-the-4-resolutions/> (17. 1. 2023).

GREEN, A. A., BERMAN, M., SWITZER, P., CRAIG, M. D. (1988): A Transformation for Ordering Multispectral Data in Terms of Image Quality with Implications for Noise Removal. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1, 26, 65–74.

HAMZA, M. H., THUBAITI, A. S. A., DHIEB, M., ALI, A. B. H., GARBOUJ, M. S., AJMI, M. (2016): Dasymetric Mapping as a Tool to Assess the Spatial Distribution of Population in Jeddah City (Kingdom of Saudi Arabia). Current Urban Studies, 03, 04, 329–342.



L3HARRIS GEOSPATIAL (2023): Linear Spectral Unmixing,

<https://www.l3harrisgeospatial.com/docs/linearspectralunmixing.html> (13. 1. 2023).

MAPY.CZ (2022): Šošůvka (Obec) • Mapy.cz, [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) (18. 1. 2023).

SCHOWENGERDT, R. A. (2006): Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Elsevier Inc., Tucson.

USGS (2021): Spectra example - USGS Spectral Library, <https://www.usgs.gov/media/images/spectra-example-usgs-spectral-library>.

WHITING, M. L., LI, L., USTIN, S. L. (2004): Predicting water content using Gaussian model on soil spectra. Remote Sensing of Environment, 4, 89, 535–552.