

# Porovnanie presnosti katastrálnych máp a CLC pri vyhodnotení potenciálu agrovoltiky

Bc. Illia Lazarenko<sup>1</sup>, Ing. Matej Cenký PhD<sup>1</sup>, Ing. Milan Perný PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky, FEI STU v Bratislave

<sup>2</sup> Názov inštitúcie/pracoviska autora

xlazarenko@stuba.sk

**Abstrakt** – Cieľom článku je porovnať dve metodiky určovania potenciálu agrovoltiky na území Slovenska s využitím geografických informačných systémov (GIS) a open-source nástrojov. Prvá metodika vychádza z rasterových dát Corine Land Cover (CLC), ktoré poskytujú generalizovanú informáciu o pokrytí krajiny, zatiaľ čo druhá metodika využíva detailné parcelné údaje Land Parcel Identification System (LPIS), reprezentujúce reálne obhospodarované poľnohospodárske plochy.

Analýza bola realizovaná pomocou knižnice GLAES v prostredí Python, pričom boli aplikované jednotné priestorové filtre zahŕňajúce dopravnú infraštruktúru, vodné prvky a sklon terénu. Špecifikom metodiky CLC je frakčný charakter výstupu (0–100 %), ktorý umožňuje zohľadniť čiastočnú vhodnosť pixelov, zatiaľ čo LPIS poskytuje binárnu klasifikáciu vhodnosti.

Práca poukazuje na význam výberu vstupných dát pri priestorových analýz.

## 1 Úvod

V súčasnom období dochádza k zásadnej transformácii energetického sektora v Európskej únii, ktorá je podmienená snahou o znižovanie emisií skleníkových plynov, zvyšovanie energetickej nezávislosti a podporu obnoviteľných zdrojov energie. Tento vývoj je ukotvený najmä v strategických iniciatívach, ako je Európska zelená dohoda (European Green Deal), ktorá stanovuje cieľ dosiahnuť klimatickú neutralitu do roku 2050 [1].

Na túto stratégiu nadväzuje iniciatíva REPowerEU reaguje na potrebu diverzifikácie energetických zdrojov a urýchlenia rozvoja obnoviteľných zdrojov energie, pričom osobitný dôraz kladie na rozšírenie solárnej energetiky v členských štátoch [2].

V rámci týchto stratégií sa solárna energia považuje za jeden z kľúčových pilierov energetickej transformácie, najmä vďaka svojej dostupnosti, modulárnosti a relatívne nízkym nákladom na implementáciu. Rastúci tlak na jej využívanie však zároveň prináša otázku efektívneho využívania územia, keďže rozširovanie energetickej infraštruktúry môže viesť ku konfliktom s inými formami využitia krajiny, predovšetkým s poľnohospodárstvom a ochranou prírody.

Z tohto dôvodu sa v súčasnosti čoraz viac presadzujú integrované prístupy k využívaniu územia, ktoré umožňujú kombinovať energetické a produkčné funkcie krajiny. Takéto

prístupy predstavujú významný krok smerom k udržateľnému rozvoju a efektívnejšiemu hospodáreniu s priestorovými zdrojmi.

## 1.1 Agrovoltika ako nástroj integrovaného využitia krajiny

Jedným z perspektívnych riešení v tejto oblasti je agrovoltika, ktorá predstavuje kombináciu výroby elektrickej energie a poľnohospodárskeho využívania pôdy. Tento prístup umožňuje optimalizovať využitie územia bez nutnosti jeho exkluzívneho vyčlenenia pre energetické účely. V porovnaní s konvenčnými fotovoltaickými inštaláciami tak dochádza k efektívnejšiemu využitiu krajiny a znižovaniu konfliktu medzi energetickým a poľnohospodárskym sektorom. Agrovoltika zároveň podporuje multifunkčné využitie územia, čo je v súlade s princípmi udržateľného rozvoja.

Agrovoltické systémy môžu zároveň pozitívne ovplyvňovať mikroklimatické podmienky, napríklad znižovaním extrémnych teplôt alebo obmedzením výparu vody z pôdy. Týmto spôsobom môžu prispievať k zvýšeniu odolnosti poľnohospodárskej produkcie voči klimatickým extrémom, ako sú suchá alebo vysoké teploty. Okrem toho môžu vytvárať priaznivejšie podmienky pre určité typy plodín, ktoré profitujú z čiastočného zatienenia [3]. Z tohto dôvodu sa čoraz častejšie objavujú aj v kontexte adaptačných opatrení na klimatickú zmenu.

Efektívna implementácia takýchto systémov však vyžaduje detailnú analýzu vhodnosti územia, ktorá zohľadňuje viaceré faktory, ako sú sklon terénu, dostupnosť infraštruktúry či prítomnosť environmentálnych obmedzení. Dôležitú úlohu zohráva aj priestorová konfigurácia pozemkov, ich veľkosť a tvar, ktoré ovplyvňujú technickú realizovateľnosť projektov. Rovnako je potrebné zohľadniť aj prevádzkové aspekty, ako je prístupnosť pre mechanizáciu a údržbu zariadení. Komplexné posúdenie týchto faktorov je preto nevyhnutné pre realistické a efektívne plánovanie agrovoltických systémov..

## 1.2 Geopriestorové analýzy ako základ hodnotenia potenciálu

Identifikácia vhodných lokalít pre agrovoltiku je komplexná úloha, ktorá si vyžaduje integráciu rôznych typov priestorových dát. Geografické informačné systémy (GIS) predstavujú efektívny nástroj na spracovanie takýchto dát,

keďže umožňujú kombinovať rastrové aj vektorové vrstvy a vykonávať nad nimi pokročilé priestorové analýzy.

V rámci GIS analýz je možné zohľadniť široké spektrum faktorov, ako sú:

- využitie krajiny,
- topografické charakteristiky: sklon, nadmorská výška,
- dopravná a technická infraštruktúra,
- hydrologické a environmentálne obmedzenia.

Výsledkom je priestorový model vhodnosti, ktorý umožňuje určiť potenciál územia pre konkrétny typ využitia.

### 1.3 Využitie knižníc GLAES a GDAL v analýze vhodnosti

V tejto práci je analýza realizovaná pomocou knižnice **GLAES (Geospatial Land Availability for Energy Systems)** v prostredí Python, ktorá je špecificky navrhnutá na hodnotenie dostupnosti územia pre energetické systémy. GLAES umožňuje aplikovať postupné vylúčenia na základe rôznych kritérií, ako sú vzdialenosti od infraštruktúry, environmentálne obmedzenia alebo topografické parametre [4].

Knižnica pracuje s kombináciou rastrových a vektorových dát, pričom jednotlivé vrstvy sú postupne transformované do jednej rastrovej vrstvy. Výsledkom je mapa vhodnosti, ktorá vyjadruje mieru dostupnosti územia pre daný typ využitia.

Dôležitou súčasťou spracovania je aj knižnica **GDAL (Geospatial Data Abstraction Library)**, ktorá zabezpečuje:

- načítanie a transformáciu rasterových a vektorových dát,
- reprojekciu do jednotného súradnicového systému,
- manipuláciu s rozlíšením a extantom dát,
- export výsledných rasterov. [5]

Kombinácia GLAES a GDAL umožňuje vytvoriť flexibilný a reprodukovateľný pracovný postup, ktorý je vhodný pre analýzy na národnej úrovni.

### 1.4 Vplyv výberu vstupných dát na výsledky analýzy

Jedným z kľúčových aspektov priestorových analýz je výber vstupných dát, ktorý môže významne ovplyvniť výslednú interpretáciu. V tejto práci sú porovnávané dva rozdielne prístupy:

**Corine Land Cover (CLC)** [6] – generalizovaný raster pokrytia krajiny, vhodný pre makroanalýzy,

**Land Parcel Identification System (LPIS)** [7] – detailná katastrálna databáza poľnohospodárskych parciel.

Zásadný rozdiel medzi týmito datasetmi spočíva v ich priestorovej presnosti a spôsobe reprezentácie územia. Kým CLC poskytuje zhrnutú informáciu na úrovni pixelov, LPIS reflektuje reálne hranice obhospodarovaných plôch.

Špecifikom metodiky založenej na CLC je aj frakčný charakter výstupu, kde jednotlivé pixely vyjadrujú percentuálnu mieru vhodnosti (0–100 %), zatiaľ čo LPIS poskytuje binárnu klasifikáciu vhodnosti.

## 2 Metodika a zdroje

Stanovenie potenciálu agrovoltiky na území Slovenska bolo realizované prostredníctvom geopriestorovej analýzy založenej na kombinácii rastrových a vektorových dát. Metodika vychádza z princípu postupného vylúčovania nevhodných plôch, pričom výsledkom je raster vhodnosti reprezentujúci mieru dostupnosti územia pre implementáciu agrovoltických systémov.

Analýza bola realizovaná v prostredí Python s využitím knižníc GLAES a GDAL, ktoré umožňujú efektívne spracovanie veľkoobjemových geopriestorových dát. Všetky výpočty boli vykonané v jednotnom súradnicovom systéme EPSG:8353 a priestorovom rozlíšení  $100 \times 100$  m.

### 2.1 Vstupné dáta

Analýza vychádza z viacerých GIS datasetov, ktoré reprezentujú prírodné, technické a infraštruktúrne charakteristiky územia Slovenska.

Ako základná referenčná vrstva bola použitá hranica územia Slovenska vo formáte shapefile. Na identifikáciu potenciálne vhodných plôch boli využité dva alternatívne zdroje dát:

- **Corine Land Cover (CLC)** – raster pokrytia krajiny poskytujúci generalizovanú klasifikáciu územia,
- **Land Parcel Identification System (LPIS)** – vektorová databáza poľnohospodárskych parciel, z ktorej boli vyfiltrované kategórie ornej pôdy (OP) a trvalých trávnych porastov (TTP).

Okrem toho boli do analýzy zahrnuté aj ďalšie vrstvy:

- cestná infraštruktúra,
- železničná sieť,
- vodné toky a vodné plochy,
- digitálny model reliéfu (DMR) a odvodený raster sklonu.

Všetky vstupné dáta boli reprojektované do jednotného súradnicového systému EPSG:8353 a upravené na spoločné priestorové rozlíšenie

### 2.2 Spracovanie dát a tvorba odvodených vrstiev

Digitálny model reliéfu bol použitý na výpočet sklonu terénu, ktorý predstavuje jeden z kľúčových faktorov ovplyvňujúcich vhodnosť územia pre agrovoltiku najmä z pohľadu zložitosti nosných konštrukcií pre FVE systémy. Výpočet bol realizovaný pomocou nástrojov GDAL, výsledný raster sklonu bol následne transformovaný na rozlíšenie 100 m.

Vektorové vrstvy infraštruktúry a hydrologických prvkov boli v rámci výpočtu transformované do rasterovej podoby pomocou interných mechanizmov knižnice GLAES. Tento proces zahŕňa ich rasterizáciu na jednotný grid analyzovaného územia, čím je zabezpečená kompatibilita všetkých vrstiev v rámci analytického postupu.

LPIS dáta boli pred spracovaním filtrované tak, aby obsahovali iba relevantné poľnohospodárske kategórie (OP – orná pôda, TTP – trávy trávny porast), čím sa eliminovali nevhodné typy využitia územia.

## 2.3 Definovanie vylučovacích kritérií

Metodika hodnotenia vhodnosti územia je založená na postupnom vylučovaní plôch, ktoré nespĺňajú technické, prevádzkové a environmentálne požiadavky pre implementáciu agrovoltických systémov. Vylučovacie kritériá boli definované tak, aby zohľadňovali nielen priestorové obmedzenia územia, ale aj praktické aspekty prevádzky a údržby systémov.

Pri návrhu kritérií bol kladený dôraz najmä na zabezpečenie dostatočného priestoru pre manipuláciu poľnohospodárskej techniky a zachovanie funkčnosti poľnohospodárskej výroby. Agrovoltické systémy musia umožňovať súbežné využívanie plochy pre pestovanie plodín, čo si vyžaduje primerané odstupy od infraštruktúrnych prvkov a elimináciu území s obmedzenou dostupnosťou.

Zároveň boli zohľadnené požiadavky na obsluhu fotovoltických zariadení, vrátane prístupu pre servisné zásahy, údržbu a kontrolu technológie. Dostatočné vzdialenosti od komunikácií a iných prvkov infraštruktúry prispievajú k bezpečnej a spoľahlivej prevádzke systému a minimalizujú riziko kolízií alebo prevádzkových obmedzení.

Osobitná pozornosť bola venovaná aj dodržaniu ochranných pásiem dopravnej a technickej infraštruktúry. Vylúčenie oblastí v bezprostrednej blízkosti ciest, železníc a vodných tokov reflektuje legislatívne požiadavky, ako aj potrebu zabezpečenia stability a bezpečnosti územia [8] [9] [10].

Z environmentálneho hľadiska boli zohľadnené aj faktory ovplyvňujúce dlhodobú efektívnosť fotovoltických systémov, ako napríklad potenciálne znečistenie panelov prachom alebo aerosólmi z dopravy. Umiestnenie systémov mimo intenzívne využívaných dopravných koridorov prispieva k zníženiu miery znečistenia panelov a tým aj k stabilite ich výkonu.

Na základe uvedených princípov boli aplikované nasledujúce vylučovacie kritériá:

- **cestná infraštruktúra** – vylúčenie hlavných komunikácií s bufferom 200 m,
- **železnice** – buffer 200 m,
- **vodné toky** – buffer 50 m,
- **vodné plochy** – buffer 100 m,
- **sklon terénu** – vylúčenie oblastí so sklonom  $\geq 15^\circ$ .

Tieto parametre predstavujú kompromis medzi technickou realizovateľnosťou, prevádzkovou bezpečnosťou a zachovaním poľnohospodárskeho využitia územia.

Zároveň je potrebné zdôrazniť, že uvedené okrajové podmienky sú flexibilné a môžu byť upravené v závislosti od konkrétnych požiadaviek používateľa, charakteru riešeného územia a cieľov analýzy. Ich parametrizácia umožňuje prispôbiť metodiku špecifickým podmienkam danej lokality a zvýšiť tak relevanciu výsledkov.

## 2.4 Výpočet vhodnosti územia

Výpočet vhodnosti územia pre implementáciu agrovoltických systémov bol realizovaný aplikáciou vylučovacích kritérií na referenčný raster s priestorovým rozlíšením  $100 \times 100$  m, kde každý pixel predstavuje základnú hodnotiacu jednotku.

Výsledkom je raster vhodnosti, ktorého hodnoty vyjadrujú mieru dostupnosti územia po zohľadnení všetkých obmedzení. Každý aplikovaný filter postupne redukuje dostupnú plochu, čím vzniká finálny priestorový model vhodnosti.

V prípade metodiky založenej na dátach CLC má výsledný raster frakčný charakter, pričom hodnoty 0–100 vyjadrujú percentuálny podiel vhodnej plochy v rámci pixelu. Celková vhodná plocha je preto určená ako vážený súčet, kde každý pixel prispieva do výsledku proporcionálne podľa svojej hodnoty. Tento prístup umožňuje zohľadniť aj čiastočne vhodné plochy a eliminovať skreslenie spôsobené binárnou klasifikáciou.

Naopak, metodika založená na dátach LPIS využíva binárnu reprezentáciu vhodnosti, kde sú pixely klasifikované ako vhodné alebo nevhodné na základe priestorovej príslušnosti k poľnohospodárskym parcelám. Celková vhodná plocha je v tomto prípade určená ako súčet plôch všetkých vhodných pixelov.

Rozdielny charakter výstupov bol zohľadnený aj pri následnom porovnaní metodík, čo umožnilo konzistentné vyhodnotenie výsledkov napriek odlišnej reprezentácii vhodnosti.

## 2.5 Porovnanie metodík

Pre účely porovnania boli výsledné rastry prevedené do spoločného formátu a analyzované na úrovni jednotlivých pixelov. Porovnanie zahŕňalo:

- výpočet celkovej výmery vhodných plôch,
- identifikáciu priestorového prekryvu,
- určenie plôch identifikovaných iba jednou z metodík,
- výpočet metrik zhody (Jaccard index, precision, recall).

Na vyhodnotenie miery zhody boli použité štandardné metriky priestorovej analýzy. **Jaccardov index** vyjadruje mieru prekryvu medzi výsledkami oboch metodík vzhľadom na ich celkové zjednotenie, a teda poskytuje komplexný pohľad na podobnosť výsledných máp. **Precision** vyjadruje podiel plôch identifikovaných ako vhodné jednou metodikou, ktoré sú zároveň správne potvrdené druhou metodikou. Inými slovami, hodnotí, aká časť „vybraných“ plôch je skutočne relevantná, teda predstavuje mieru presnosti identifikácie. **Recall** vyjadruje podiel plôch, ktoré sú reálne identifikované ako vhodné referenčnou metodikou a zároveň boli zachytené druhou metodikou. Predstavuje teda mieru úplnosti, teda schopnosť zachytiť všetky relevantné plochy.

## 3 Výsledky a diskusia

Výsledky analýzy predstavujú porovnanie potenciálu agrovoltiky na území Slovenska na základe dvoch metodických prístupov – využitia dát Corine Land Cover (CLC) a Land Parcel Identification System (LPIS). Obe metodiky boli aplikované za identických podmienok, pričom rozdiel spočíval výlučne v type vstupných dát a spôsobe reprezentácie vhodnosti.

### 3.1 Výmera vhodných plôch

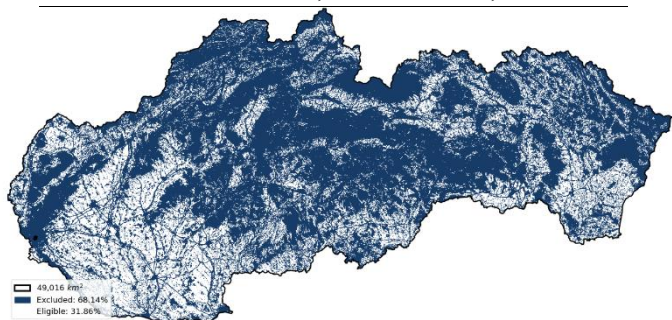
Celková výmera vhodných plôch identifikovaných jednotlivými metodikami sa líši v závislosti od použitého

vstupného datasetu ako uvedené v Tab. 1. Metodika založená na dátach CLC vykazuje mierne vyšší podiel vhodných plôch v porovnaní s metodikou LPIS, čo naznačuje rozdiel v citlivosti oboch prístupov pri hodnotení územia.

Tento rozdiel je možné interpretovať najmä v kontexte charakteru vstupných dát. CLC ako generalizovaný raster pokrytia krajiny umožňuje zachytiť širšie spektrum území, vrátane prechodových alebo heterogénnych plôch, ktoré môžu byť v určitom rozsahu považované za vhodné. Naopak, LPIS vychádza z presne definovaných poľnohospodárskych parciel, a preto poskytuje konzervatívnejší odhad vhodnosti.

Tab. 1. Výmera vhodných plôch podľa metodík

Ukazovateľ	Plocha (km <sup>2</sup> )	Podiel (%)
Celková plocha	49 015,53	100
CLC (vhodne)	16 292,41	33,24
LPIS (vhodne)	15 614,96	31,86
Rozdiel	677,45	1,38



Obr. 1. Mapa vhodných území SR – 31,86% pri LPIS dátach

Z uvedeného vyplýva, že metodika CLC má tendenciu mierne nadhodnocovať potenciál územia, zatiaľ čo LPIS poskytuje realističnejšie vyjadrenie vhodných plôch. Napriek tomu rozdiel medzi metodikami zostáva relatívne nízky, čo poukazuje na ich celkovú konzistentnosť.

### 3.2 Priestorový prekryv a diferenciacia plôch

Priestorová analýza poukazuje na významnú mieru zhody medzi oboma metodikami, pričom podstatná časť územia je identifikovaná ako vhodná súčasne v oboch prípadoch Tab. 2. Tieto plochy predstavujú najrelevantnejšie oblasti z hľadiska potenciálnej implementácie agrovoltických systémov, keďže ich vhodnosť je potvrdená dvoma nezávislými prístupmi.

Tab. 2. Priestorový prekryv výsledkov

Kategória	Plocha (km <sup>2</sup> )	Podiel (%)
Spoločné plochy	13 404,05	27,35
Len CLC	2 888,36	5,89
Len LPIS	2 210,91	4,51
Spolu	18 503,32	37,76

Zároveň sa však vyskytujú aj územia identifikované iba jednou z metodík. Plochy zachytené výlučne metodikou CLC možno interpretovať ako dôsledok jej generalizovaného charakteru, ktorý umožňuje zahrnúť aj čiastočne vhodné alebo

heterogénne územia. Naopak, plochy identifikované iba pomocou LPIS poukazujú na vyššiu priestorovú presnosť tohto datasetu, ktorý reflektuje reálne hranice poľnohospodárskych parciel.

Tieto rozdiely poukazujú na odlišnú citlivosť oboch metodík pri identifikácii vhodných lokalít, pričom ich kombinované využitie umožňuje komplexnejšie posúdenie potenciálu územia

### 3.3 Hodnotenie zhody metodík

Miera zhody medzi metodikami bola posúdená pomocou vybraných metrik priestorovej analýzy Tab. 3. Výsledky poukazujú na vysokú mieru prekryvu medzi oboma prístupmi, čo potvrdzuje ich celkovú podobnosť.

Jaccardov index bol vypočítaný ako pomer prieniku a zjednotenia vhodných plôch:

$$J = \frac{A_{CLC \cap LPIS}}{A_{CLC \cup LPIS}} = \frac{13\,404,05}{18\,503,32} = 0,7244 \quad (1)$$

Precision bola určená ako podiel spoločných plôch vzhľadom na plochy identifikované metodikou CLC:

$$\text{Precision} = \frac{A_{CLC \cap LPIS}}{A_{CLC}} = \frac{13\,404,05}{16\,292,41} = 0,8227 \quad (2)$$

Recall bol vypočítaný ako podiel spoločných plôch vzhľadom na plochy identifikované metodikou LPIS:

$$\text{Recall} = \frac{A_{CLC \cap LPIS}}{A_{LPIS}} = \frac{13\,404,05}{15\,614,96} = 0,8584 \quad (3)$$

Tieto výsledky naznačujú, že napriek rozdielnemu charakteru vstupných dát poskytujú obe metodiky porovnateľné výstupy, pričom rozdiely medzi nimi sú skôr dôsledkom úrovne detailu a spôsobu reprezentácie vhodnosti než zásadne odlišného hodnotenia územia.

Tab. 3. Metriky zhody medzi metodikami

Metrika	Hodnota
Jaccard index	0,7244
Precision	0,8227
Recall	0,8584

### 3.4 Vplyv frakčnej vhodnosti CLC

Významným metodickým rozdielom medzi analyzovanými prístupmi je spôsob reprezentácie vhodnosti územia. Zatiaľ čo metodika LPIS pracuje s jednoznačnou binárnou klasifikáciou, výstup založený na dátach CLC umožňuje vyjadriť vhodnosť ako kontinuálnu veličinu na úrovni jednotlivých pixelov.

Tento prístup sa ukazuje ako kľúčový najmä v prípade zmiešaných území, kde sa v rámci jedného pixelu môže vyskytovať kombinácia viacerých typov využitia krajiny. Frakčná reprezentácia tak umožňuje zachytiť aj čiastočne vhodné plochy, ktoré by pri binárnom prístupe boli jednoznačne zaradené do jednej kategórie, čo by mohlo viesť k skresleniu výsledkov.

Z pohľadu interpretácie výsledkov je preto dôležité vnímať výstup metodiky CLC nie ako striktné rozdelenie

územia na vhodné a nevhodné, ale ako priestorový model, ktorý vyjadruje mieru potenciálu jednotlivých lokalít. Tento prístup poskytuje flexibilnejší základ pre rozhodovanie, najmä v prípadoch, kde je možné uvažovať o čiastočnom využití plochy pre agrovoltiku.

Tab. 4. Štruktúra CLC vhodnosti

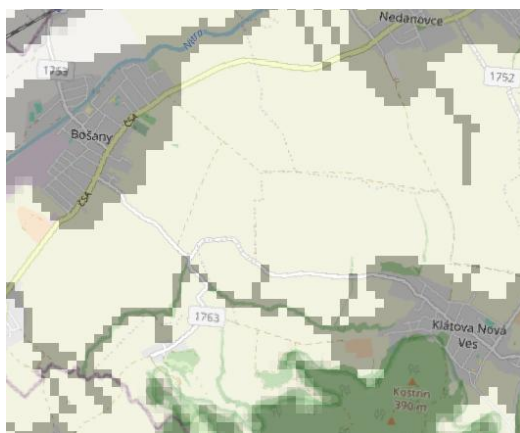
Kategória	Plocha (km <sup>2</sup> )
100 % pixely	14 240,46
1–99 % pixely	4 071,55
z toho vhodné	2 051,95
z toho nevhodné	2 019,60

Na druhej strane, vyššia citlivosť frakčného modelu môže viesť k zahrnutiu prechodových alebo menej homogénnych oblastí, čo sa následne prejavuje miernym nadhodnotením vhodných plôch v porovnaní s presnejšími parcelnými dátami.

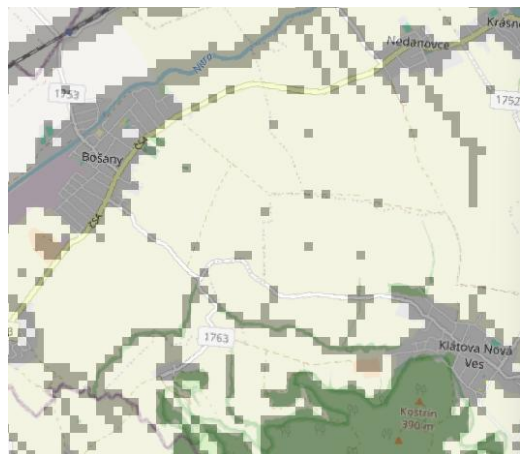
### 3.5 Grafické porovnanie výsledkov

Na doplnenie výpočtovej analýzy bola realizovaná aj vizuálna kontrola výsledkov prostredníctvom prekrytia výstupných máp s referenčným podkladom OpenStreetMap (OSM). Tento krok umožnil kvalitatívne overiť správnosť aplikovaných vylučovacích kritérií a posúdiť realistikosť výsledných plôch.

Obr. 2. Porovnávací mapa vybraného územia pri CLC dátach



Obr. 3. Porovnávací mapa vybraného územia pri LPIS dátach



Z porovnania uvedených obrázkov vyplýva, že metodika založená na dátach CLC vyhodnotila poľnohospodárske plochy v okolí obce Bošany ako plošne homogénne a vhodné pre inštaláciu agrovoltických systémov. Naopak, metodika využívajúca dáta LPIS identifikovala v rámci týchto plôch aj menšie územia klasifikované ako nevhodné. Tento rozdiel je podrobnejšie vysvetlený na Obr. 4.

Obr. 4. Ortofotomapa vybraného územia



Z prezentovanej ortofotomapy je zjavné, že metodika založená na dátach LPIS vyhodnotila danú časť územia presnejšie a správne vylúčila z nej niektoré plochy. Konkrétne ide o objekty, ako sú cintoríny, drobná zástavba v rámci poľnohospodárskych plôch, menšie lesné porasty a niektoré prvky technickej infraštruktúry, napríklad stĺpy vonkajších elektrických vedení. Tieto prvky sú v obrázku zvýraznené červenými štvorcami.

### 3.6 Limity analýzy

Analýza je ovplyvnená viacerými obmedzeniami, ktoré je potrebné zohľadniť pri interpretácii výsledkov:

- rozdielna časová aktuálnosť dát (CLC – 2018, LPIS – 2025),
- generalizovaný charakter datasetu CLC, ktorý nemusí presne reflektovať reálnu štruktúru krajiny,
- obmedzenie LPIS iba na poľnohospodárske plochy, bez širšieho kontextu využitia územia,
- použitie fixných bufferových vzdialeností, ktoré nemusia zodpovedať lokálnym podmienkam,
- nezohľadnenie ekonomických, legislatívnych a vlastníckych faktorov,
- možné nepresnosti vyplývajúce z rasterovej reprezentácie územia.

Použitie priestorové rozlíšenie 100 × 100 m predstavuje kompromis medzi výpočtovou efektívnosťou a detailom analýzy, pričom je dostatočné pre hodnotenie na národnej úrovni. V prípade CLC je toto rozlíšenie vhodné aj vďaka frakčnej reprezentácii vhodnosti, ktorá umožňuje zohľadniť čiastočne vhodné plochy v rámci pixelu. Pri metodike LPIS je presnosť zabezpečená samotným vstupným datasetom, ktorý vychádza z presne definovaných hraníc poľnohospodárskych parciel, a rasterová reprezentácia slúži najmä na ich jednotné spracovanie v rámci analýzy.

## 4 Záver

Cieľom článku bolo porovnať dve metodiky určovania potenciálu agrovoltiky na území Slovenska založené na využití dát Corine Land Cover (CLC) a Land Parcel Identification System (LPIS). Výsledky poukazujú na vysokú mieru zhody medzi metodikami, pričom rozdiely vo výmere vhodných plôch sú relatívne nízke a súvisia predovšetkým s odlišnou úrovňou detailu a spôsobom reprezentácie vstupných dát.

Metodika založená na CLC poskytuje mierne vyšší odhad vhodných plôch, čo je dôsledkom jej generalizovaného charakteru a frakčnej reprezentácie vhodnosti. Naopak, LPIS ponúka presnejší obraz reálneho využitia krajiny, a preto je vhodnejší pre detailné plánovanie a lokalizáciu agrovoltických systémov.

Významným faktorom ovplyvňujúcim výsledky je aj časová aktuálnosť vstupných dát. Dataset CLC použitý v analýze pochádza z roku 2018, pričom jeho aktualizácia prebieha v približne šesťročných intervaloch. V čase spracovania tak nebol k dispozícii novší dataset, čo môže viesť k určitým odchýlkam oproti aktuálnemu stavu krajiny. Naopak, údaje LPIS reflektujú aktuálny stav poľnohospodárskeho využitia územia (rok 2025), čím poskytujú presnejší a časovo relevantnejší podklad pre analýzu.

Súčasťou práce bolo zároveň overenie alternatívneho metodického prístupu založeného na využití dát LPIS, ktorý predstavuje detailnejšiu a aktuálnejšiu alternatívu k tradične využívaným dátam CLC. Zatiaľ čo metodika založená na CLC je v odbornej praxi známa, aplikácia LPIS dát v tomto kontexte predstavuje rozšírenie metodického prístupu a umožňuje presnejšie zohľadniť reálne využívanie poľnohospodárskej krajiny.

Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že metodika založená na CLC je vhodná najmä pre makroúrovňové analýzy a predbežné hodnotenie potenciálu, zatiaľ čo LPIS predstavuje vhodnejší nástroj pre detailné plánovanie a implementáciu agrovoltických systémov v konkrétnych lokalitách.

## Pod'akovanie

Tento článok bol podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-23-0025 pre projekt „Vplyv nanočastíc na zníženie horľavosti polymérnych izolačných zmesí pre konštrukcie káblov v zmysle CPR legislatívy“.

Tento článok bol financovaný EÚ Next Generation EU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti SR v rámci projektu č. 09I04-03-V02-00033.

## Literatúra

[1] COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS The European Green Deal [online]. 2019 [vid. 2026-04-05]. Dostupné

z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>

- [2] COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS REPowerEU Plan [online]. 2022 [vid. 2026-04-05]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022DC0230>
- [3] ALI ABAKER OMER, Altyeb, Ming LI, Fangxin ZHANG, Mohmmed Mun Elseed HASSAAN, Wael EL KOLALY, Xinyu ZHANG, Huayan LAN, Jie LIU a Wen LIU. Impacts of agrivoltaic systems on microclimate, water use efficiency, and crop yield: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2025, **221**, 115930. ISSN 1364-0321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2025.115930
- [4] FZJ-IEK3-VSA. *glaes/Examples/00\_basic\_workflow.ipynb* at master · FZJ-IEK3-VSA/glaes. GitHub [online]. [vid. 2026-04-05]. Dostupné z: [https://github.com/FZJ-IEK3-VSA/glaes/blob/master/Examples/00\\_basic\\_workflow.ipynb](https://github.com/FZJ-IEK3-VSA/glaes/blob/master/Examples/00_basic_workflow.ipynb)
- [5] ROUAULT, Even, Frank WARMERDAM, Kurt SCHWEHR, Andrey KISELEV, Howard BUTLER, Mateusz ŁOSKOT, Tamas SZEKERES, Etienne TOURIGNY, Martin LANDA, Idan MIARA, Ben ELLISTON, Kumar CHAITANYA, Lucian PLESEA, Daniel MORISSETTE, Ari JOLMA, Niall DAWSON, Daniel BASTON, Craig DE STIGTER a Hiroshi MIURA. GDAL [online]. B.m.: Zenodo. 20. březen 2026 [vid. 2026-04-05]. Dostupné z: doi:10.5281/ZENODO.5884351
- [6] CORINE Land Cover 2018 (vector/raster 100 m), Europe, 6-yearly [online]. [vid. 2026-01-05]. Dostupné z: <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018>
- [7] Národný katalóg otvorených dát - LPIS diely pôdnych blokov 2025 shp [online]. [vid. 2026-04-04]. Dostupné z: <https://data.slovensko.sk/dataset/aa170e6c-7ed4-49b4-bb63-c9594a04013c>
- [8] 135/1961 Zb. [online]. [vid. 2026-04-06]. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/ezbierky/pravne-predpisy/SK/ZZ/1961/135/20250401>
- [9] 513/2009 Z. z. - Zákon o dráhach a o zmene a doplnení niektorých zákonov [online]. [vid. 2026-04-06]. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/ezbierky/pravne-predpisy/SK/ZZ/2009/513/20250401>

# Zborník vybraných prác študentskej vedeckej a odbornej činnosti

Študentská vedecká a odborná činnosť  
14. apríl 2026

Organizátor:

Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Editori:

Peter Benko  
Stanislav Sojak

Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve SPEKTRUM STU.  
Náklad 50 ks CD nosičov

ISBN 978-80-227-5591-7

2.3	FM vysieláč Samuel Bukva . . . . .	78
2.4	Inteligentná vizuálna kontrola vo výrobnom závode Matej Bašista, Oto Haffner . . . . .	88
2.5	Využitie Siemens Robot Library na interoperabilné ovládanie kolaboratívneho robota UR3e Samuel Hacker, Oto Haffner . . . . .	94
2.6	Rozpoznávanie 3D identifikátorov pre účely ovládania výrobnéj linky v rozšírenej realite Egor Shveygert, Erik Kučera . . . . .	100
2.7	Rozpoznávanie 3D identifikátorov Denis Pudelka, Oto Haffner . . . . .	105
<b>3</b>	<b>Elektroenergetika, Jadrové a fyzikálne inžinierstvo</b>	<b>111</b>
3.1	Analýza vplyvu geometrie lopatiek na výkonové charakteristiky modelu malej veternej elektrárne Martin Bezák, Marek Pípa . . . . .	112
3.2	Validácia PV Sol modelu fotovoltaickej elektrárne v MatLabe Robert Irgel, Milan Perný . . . . .	118
3.3	Porovnanie vybraných softvérových nástrojov pri návrhu fotovoltaických systémov Damián Dalibor Kusovský, Miroslava Farkas Smitková . . . . .	123
3.4	Porovnanie presnosti katastrálnych máp a CLC pri vyhodnotení potenciálu agrovoltiky Illia Lazarenko, Matej Cenký, Milan Perný . . . . .	128
3.5	Influence of Layer Thickness and Substrate Temperature on Superconducting Properties of NbTiN Thin Films Nad'a Pániková, Tomáš Ščepka, Marián Precner . . . . .	135
3.6	Analýza vplyvu rastových podmienok na elektrické vlastnosti súčiastok na báze Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Zuzana Pospechová, Fridrich Egyenes, S. G. Vadlamudi, et al. . . . .	141
3.7	Analýza problematiky zariadení na uskladnenie elektriny a ich vplyvu na prevádzku a rozvoj distribučnej sústavy Radovan Šikuda, Miroslava Farkas Smitková, Jakub Zárecký, et al. . . . .	147
3.8	Bezpečnostné analýzy plynom chladeného rýchleho reaktora Adam Turcel, Jakub Lúley . . . . .	153
<b>4</b>	<b>Elektronika a fotonika</b>	<b>158</b>
4.1	Optimisation of Annealing Temperature for Conductivity Enhancement in Polycrystalline $\beta$ -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Thin Films Grown on Quartz Using Liquid-Injection MOCVD Tadeáš Lukáč, Michal Sobota, Dagmar Gregušová, et al. . . . .	159
4.2	Investigation of anisotropy in $\beta$ -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> thin films on sapphire substrates Marcel Petřík, Ondrej Pohorelec, Dagmar Gregušová, et al. . . . .	164

Členovia programového a recenzného výboru

doc. Ing. Daniel Arbet, PhD  
doc. Mgr. Daniela Chudá, PhD.  
RNDr. Juraj Chlpík, PhD.  
Ing. Marián Choma  
doc. Ing. Aleš Chvála, PhD.  
Ing. Martin Dekan, PhD.  
doc. Ing. Martin Ernek, PhD.  
doc. Mgr. Miroslava Farkas Smitková, PhD.  
doc. Ing. Miroslav Halás, PhD.  
doc. Ing. Mária Hypiusová, PhD.  
doc. Ing. Peter Janiga, PhD.  
Ing. Tomáš Janvars, PhD.  
doc. Ing. Kvetoslava Kotuliaková, PhD.  
doc. Ing. Jaroslav Kováč, PhD.  
Ing. Soňa Kováčová, PhD.  
doc. Ing. Ladislav Körösi, PhD.  
doc. Ing. Erik Kučera, PhD.  
Ing. Matej Matuš, PhD  
Ing. Patrik Novák, PhD.  
Ing. Vladislav Novák  
Ing. Kristián Ondrejčka, PhD.  
Ing. Milan Perný, PhD.  
Ing. Štefan Počarovský, PhD.  
prof. Ing. Rastislav Róka, PhD.  
Ing. Dávid Szépvölgyi  
Ing. Šimon Tibenský  
Ing. Michal Tölgyessy, PhD.  
Ing. Izabela Trepáčová  
doc. Ing. Erik Vavrinský, PhD.  
doc. Ing. Milan Vojvoda, PhD  
prof. Ing. Pavol Zajac, PhD.  
Ing. Filip Zúbek