



## **Precízne monitorovanie kukurice pomocou BME680**

FLIGHT RESOURCE CENTER

**DSU RCSOO “Kiro Burnaz”**



This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Co-funded by  
the European Union**

## Obsah

### Obsah

#### 1. STRUČNÝ OPIS

(MAX. 3000 ZNAKOV)

#### 2. CIEĽOVÁ SKUPINA

#### 3. OBLASŤ PREDMETU

#### 4. TYP

#### 5. POUŽITÝ DRON

#### 6. TRVANIE

#### 7. VZDELÁVACIE CIELE

#### 8. ROZVÍJANÉ KLÚČOVÉ KOMPETENCIE

1. Komunikácia a jazyky
2. Matematické, prírodovedné, technické a odborné zručnosti
3. Digitálne kompetencie
4. Osobné, sociálne a profesijné kompetencie
5. Bezpečnosť, kvalita a udržateľnosť
6. Občianska a kultúrna kompetencia
7. Tvorivosť, riešenie problémov a podnikavosť
8. Učenie sa prácou a integrácia na pracovisku

#### 9. Predchádzajúce vedomosti / predpoklady

#### 10. Osnova vyučovacej hodiny/projektu

Fáza 1 – Úvod (zapojenie a uvedenie do kontextu)

Fáza 2 – Skúmanie (preskúmaj a porovnaj)

Fáza 3 – Aplikácia (praktická činnosť)

Fáza 4 – Reflexia a upevnenie (prezentuj a prepájaj)

#### 11. Kritériá hodnotenia

#### 12. Učebné materiály

#### 13. Externé zdroje

#### 14. Referencie

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by  
the European Union

## 1. STRUČNÝ OPIS

Tento projekt skúma použitie **vlastného dronu FLIGHT Kit** vybaveného **senzorom BME680** na monitorovanie mikroklimy kukuričných polí (*Zea mays*). Žiaci sa posunú za hranice vizuálnej kontroly a budú analyzovať **teplotu, vlhkosť, tlak a prchavé organické zlúčeniny (VOC)**. Cieľom je odhaliť „tiché“ stresové faktory, ako sú prahové hodnoty vlhkosti podporujúce hubové ochorenia a signály VOC vyvolané škodcami (prchavé látky zelených listov), ktoré nie sú viditeľné voľným okom.

## 2. CIEĽOVÁ SKUPINA

- ☐ 15
- ☐ 16
- ☐ 17
- ☐ 18
- ☐ Nad 18 rokov

## 3. OBLASŤ PREDMETU

- ☒ Poľnohospodárstvo
- ☐ Reakcia na katastrofy
- ☐ Stavebníctvo
- ☐ Vodné hospodárstvo
- ☐ Ochrana životného prostredia
- ☐ Iné

## 4. TYP

- ☒ Plán vyučovacej hodiny
- ☐ Projekt
- ☐ Aktivita

## 5. POUŽITÝ DRON

- ☒ Vlastný dron

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by  
the European Union

- ☐ Komerčný dron (DJI)

## 6. TRVANIE

- 1 × 45-minútová vyučovací hodina – Portugalsko
- 1 × 60-minútová vyučovací hodina
- 1 × 90-minútový blok
- 2 × 45-minútové vyučovacie hodiny
- 2 × 60-minútové vyučovacie hodiny
- Dvojhodinový blok (2 × 60 minút); voliteľná domáca úloha založená na projektovom vyučovaní.

## 7. VZDELÁVACIE CIELE

Identifikovať súvislosť medzi environmentálnymi ukazovateľmi senzora BME680 a vývojovými fázami a zdravotným stavom kukurice.

Integrovať a kalibrovať senzor BME680 s letovým kontrolérom FLIGHT Kit alebo sekundárnym mikrokontrolérom (MCU).

Analyzovať surový odpor plynového senzora (VOC) s cieľom identifikovať možné biochemické signály stresu v poraste.

Vytvoriť mikroklimatickú „tepelnú mapu“ kukuričného poľa pomocou zaznamenaných GPS údajov a údajov zo senzorov.

## 8. ROZVÍJANÉ KLÚČOVÉ KOMPETENCIE

### 1. Komunikácia a jazyky

- Kompetencia gramotnosti (porozumenie a tvorba písomných/ústnych textov)
- Komunikácia v odbornom kontexte
- Viacjazyčná kompetencia

### 2. Matematické, prírodovedné, technické a odborné zručnosti

- Matematická kompetencia
- Prírodovedná, technologická a inžinierska kompetencia (STEM)
- Numerická gramotnosť uplatňovaná pri pracovných úlohách
- Interpretácia technických informácií (manuály, schémy, normy)
- Odborné/technické zručnosti
- Realizácia praktických úloh

### 3. Digitálne kompetencie

- Digitálna kompetencia (všeobecná digitálna gramotnosť)

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Co-funded by  
the European Union**

Používanie digitálnych nástrojov v pracovnom prostredí

#### 4. Osobné, sociálne a profesijné kompetencie

Osobná, sociálna kompetencia a schopnosť učiť sa

Tímová práca a spolupráca

Samostatnosť a zodpovednosť

Pracovná etika a profesionálne správanie

Prispôsobivosť a flexibilita

Spolupráca s nadriadenými a kolegami

#### 5. Bezpečnosť, kvalita a udržateľnosť

Uplatňovanie noriem bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP)

Postupy kvality a normy na pracovisku

Environmentálne povedomie a povedomie o udržateľnosti

#### 6. Občianska a kultúrna kompetencia

Občianska kompetencia

Kultúrne povedomie a kompetencia vyjadrovania

#### 7. Tvorivosť, riešenie problémov a podnikavosť

- Riešenie problémov a kritické myslenie
- Podnikateľská kompetencia
- Iniciatíva a tvorivosť
- Rozhodovanie v reálnych pracovných situáciách

#### 8. Učenie sa prácou a integrácia na pracovisku

- ☐ Začlenenie do pracovných postupov
- ☐ Dodržiavanie odborných pokynov a postupov
- ☐ Používanie nástrojov, zariadení a technológií

Tento kontrolný zoznam spája kľúčové kompetencie EÚ pre celoživotné vzdelávanie so základnými kompetenciami očakávanými v európskom odbornom vzdelávaní a príprave (OVP).

## 9. Predchádzajúce vedomosti / predpoklady

Žiaci by mali mať základné skúsenosti s **bezpečnosťou letu dronu**, **programovaním v Pythone alebo Arduino**, a základné poznatky o **rastovom cykle kukurice** (GDD – Growing Degree Days, suma efektívnych teplôt).

## 10. Osnova vyučovacej hodiny/projektu

### Fáza 1 – Úvod (zapojenie a uvedenie do kontextu)

Opis:

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by  
the European Union

Diskutujte o obmedzeniach štandardnej vizuálnej kontroly. Ako zistíme, že je rastlina v strese skôr než zhnedne? Predstavte pojem **VOC** ako „tichý jazyk“ kukurice. Fotografia/schéma:



Usmerňujúce otázky / diskusia v triede:

„Dokáže dron ‚zacítiť‘ napadnutie škodcami?“ „Prečo je vlhkosť na úrovni porastu dôležitejšia než vo výške 10 metrov?“

## Fáza 2 – Skúmanie (preskúmaj a porovnaj)

Opis:

Technický rozbor **plynového senzora BME680 MOX (oxid kovu)**. Porovnajte štandardné meteorologické údaje s údajmi zachytenými dronom na úrovni porastu.

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by  
the European Union

Fotografia/schéma:

| Pestovanie kukurice: meteorologické štandardy a korelácia so senzormi |                                                                              |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parameter                                                             | Vedecký štandard / referenčná hodnota                                        | Vplyv na poľnohospodárstvo                                                                                                                   | Interpretácia údajov BME680                                                                                                                                   |
| Teplota                                                               | Základná teplota: 10 °C (50 °F)<br>Optimálna: 24–30 °C Stres: >35 °C (95 °F) | Určuje GDD (Growing Degree Days – suma efektívnych teplôt). Vysoká teplota počas opelenia (metania) spôsobuje sterilitu peľu a stratu úrody. | Monitoruje lokálne „teplotné ohniská“. Vyššia teplota na úrovni porastu než v okolitom vzduchu signalizuje nedostatočné ochladzovanie transpiráciou.          |
| Vlhkosť                                                               | Ideálna: 60–70 % Riziko patogénov: >90 % počas 12+ hodín                     | Vysoká vlhkosť podporuje hubové patogény, napríklad sivú škvrnitosť listov. Nízka vlhkosť zvyšuje potrebu vody rastlinami.                   | Identifikuje „vlhkostné vrecká“ medzi riadkami. Vysoké hodnoty vlhkosti pomáhajú mapovať zóny rizika chorôb bez fyzickej obhliadky porastu.                   |
| Tlak                                                                  | Štandard: ~1013,25 hPa (hladina mora)                                        | Dôležité pre presnosť vertikálneho letu a predpovedanie prichádzajúcich búrkových frontov (pokles barometrického tlaku).                     | Používa sa na kalibráciu výšky pri presnom lete tesne nad porastom. Je nevyhnutný na kompenzáciu presnosti plynového senzora.                                 |
| VOC                                                                   | Základná hodnota: vysoký odpor (kΩ) Stres: nízky odpor (kΩ)                  | Kukurica uvoľňuje GLV (prchavé látky zelených listov), keď škodcovia, napríklad mora jesenná, poškodia bunkové steny.                        | Surový odpor plynového senzora: prudký pokles odporu v ohmoch signalizuje chemické „SOS“ rastliny a umožňuje odhaliť škodcov ešte pred viditeľným poškodením. |

### Fáza 3 – Aplikácia (praktická činnosť)

Praktická aktivita:

Montáž **BME680** na **FLIGHT Kit**. Žiaci vykonajú letovú misiu v mriežke (3 metre nad metlinami kukurice) a zaznamenajú environmentálne údaje synchronizované s GPS súradnicami.

Video:

<https://www.youtube.com/shorts/86Z4c-hu7bo>

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by  
the European Union

Fotografia/schéma:

| Parameter | Pozemná stanica<br>(výška 2 m) | Simulácia dronu (3 m<br>nad metlinami) | Poľnohospodárska interpretácia                                                        |
|-----------|--------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Teplota   | 28.5°C                         | 31.2°C                                 | Vysoká teplota porastu signalizuje vodný stres (transpirácia sa zastavila).           |
| Vlhkosť   | 65%                            | 88%                                    | Vysoká „vlhkosť v poraste“ zvyšuje riziko hubových ochorení (sivá škvrnitosť listov). |
| VOC       | 150 kΩ (základná hodnota)      | 45 kΩ (výkyv)                          | Výrazný pokles VOC naznačuje napadnutie škodcom v konkrétnej zóne mriežky.            |
| VPD       | 1,1 kPa (optimálne)            | 0,4 kPa (nízke)                        | Vzduch je príliš nasýtený; rast rastlín je obmedzený nedostatočnou transpiráciou.     |

## Fáza 4 – Reflexia a upevnenie (prezentuj a prepájaj)

Skupinové prezentácie

Skupiny predstavia „**Diagnosticnú správu o zdravotnom stave kukurice**“ založenú na údajoch z letu. Každá 5-minútová prezentácia musí obsahovať:

- **Vizualizácia údajov:** tepelnú mapu alebo graf časového priebehu zobrazujúci súvislosť medzi **teplotou vzduchu** a **surovým odporom plynového senzora (VOC)** v rámci vzorkovaných súradníc poľa.
- **Identifikácia „tichého stresu“:** analýzu všetkých zistených „výkyvov“ VOC. Žiaci musia zdôvodniť, či tieto výkyvy predstavujú možnú aktivitu škodcov alebo environmentálny šum (napr. blízke stroje alebo zmeny pôdnej vlhkosti).
- 
- **Výpočet VPD:** snímku s vypočítaným **deficitom tlaku vodnej pary (VPD)** pre konkrétne rizikové zóny s využitím údajov BME680.

Diskusia v triede:

Učiteľ vedie záverečnú diskusiu zameranú na technické a ekologické dôsledky uskutočnenej misie:

- **Rušenie prúdením od vrtúľ:** „Ako vlastné prúdenie vzduchu dronu ovplyvnilo údaje BME680? Pochádzal odobratý vzduch skutočne z porastu, alebo sa premiešal so vzduchom z vyšších vrstiev?“
- **Ekonomický vplyv:** „Ak dokážeme odhaliť napadnutie škodcom 48 hodín pred objavením sa fyzického poškodenia, aké úspory môžeme dosiahnuť pri aplikácii pesticidov?“

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by  
the European Union

- **Etika precízneho poľnohospodárstva:** „Pomáhajú údaje z poľa s vysokým rozlíšením malým farmárom, alebo z nich majú úžitok najmä veľké priemyselné podniky?“

Reflexná aktivita:

Žiaci vyplnia „**Záznam o integrácii senzora**“ a zamyslia sa nad procesom zostavenia hardvéru:

- **Technické riešenie problémov:** Opíšte jeden prípad, keď BME680 nezaznamenával údaje, a spôsob, akým tím problém vyriešil (napr. zapojenie, konflikt adresy I2C alebo formátovanie SD karty).
- **Budúca inovácia:** Navrhnete jednu úpravu rámu **FLIGHT Kit** alebo držiaka senzora, ktorá by pri budúcich letoch zabezpečila pre senzor VOC čistejší „dýchatelný“ vzduch.

## 11. Kritériá hodnotenia

Kvízy s uzavretými alebo otvorenými otázkami:

Tieto otázky sa zameriavajú na objektívne vedomosti o **senzore BME680** a jeho konkrétnych ukazovateľoch: **teplote, vlhkosti, tlaku a VOC**.

- **Identifikácia:** určenie ukazovateľa, ktorý priamo signalizuje biochemické „SOS“ rastliny (VOC).
- **Merné jednotky:** priradenie ukazovateľov k technickým jednotkám, napríklad **ohmy** pre odpor plynového senzora alebo **hPa** pre atmosférický tlak.
- **Bezpečnosť a prahové hodnoty:** výber správnych prahových hodnôt vlhkosti alebo teploty, pri ktorých vzniká riziko hubových ochorení v porastoch kukurice.
- **Interpretácia údajov:** vysvetlenie, ako súčasný pokles odporu plynového senzora a nárast teploty signalizujú určitý typ stresu plodiny.
- **Technické výzvy:** opis spôsobu obmedzenia rušenia prúdením od vrtúľ, keď vrtule dronu narúšajú vzduch odoberaný senzorom BME680.
- **Etika precízneho poľnohospodárstva:** diskusia o environmentálnom a ekonomickom vplyve využívania údajov zo senzorov s vysokým rozlíšením na zníženie používania pesticídov pri pestovaní kukurice.

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Co-funded by  
the European Union**

Nástroje sebahodnotenia pre individuálnu reflexiu:

Žiaci sa hodnotia podľa nasledujúcich profesijných štandardov:

| Oblasť reflexie               | Cieľ sebahodnotenia                                                                                                                    |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Technická samostatnosť</b> | Zhodnot' svoju schopnosť postupovať podľa technických schém pri integrácii senzora bez neustáleho dohľadu.                             |
| <b>Integrita údajov</b>       | Zhodnot' presnosť zaznamenávania údajov o teplote, vlhkosti a VOC so správnymi GPS časovými značkami.                                  |
| <b>Prínos spolupráce</b>      | Zamysli sa nad tým, ako tvoja individuálna analýza „SOS“ signálov VOC prispela ku konečnej mape zdravotného stavu vytvorenej skupinou. |

Protokoly vzájomného hodnotenia pre spoločné hodnotenie:

Tento protokol sa používa počas **Fázy 4** na hodnotenie „Diagnostickej správy o zdravotnom stave kukurice“ vytvorených jednotlivými skupinami.

#### 1. Kritériá hodnotenia

Žiaci používajú štandardizovanú rubriku na hodnotenie práce svojich spolužiakov podľa týchto kritérií:

- **Integrita údajov:** Interpretoval tím správne **odpor plynového senzora BME680** na identifikáciu signálov VOC z kukurice?
- **Vedecká správnosť:** Je výpočet **deficitu tlaku vodnej pary (VPD)** matematicky správny vzhľadom na nameranú teplotu a vlhkosť?
- **Konštrukčné riešenie:** Chráni držiak senzora vytvorený tímom účinne BME680 pred rušením prúdením od vrtúľ?

#### 2. Cyklus spätnej väzby (model kritických priateľov)

Každá skupina je spárovaná s inou skupinou, aby vykonali vzájomné hodnotenie:

- **Pozitívna spätná väzba:** identifikovanie jednej konkrétnej silnej stránky vizualizácie údajov alebo efektívnosti letovej trasy.
- **„Chladná“ výzva:** položte jednu kritickú otázku k záverom (napr. „Ako viete, že výkyv VOC nespôsobilo teplo z motora dronu?“).

Portfóliá s vybranými výstupmi alebo dokumentáciou procesu učenia:

Portfólio musí obsahovať tieto dôkazy o procese učenia:

- **Profesionálny letový denník:** záznam v regulačnom štýle s dátumom, GPS súradnicami vzletu/pristátia, trvaním letu a údajmi o veliteľovi pilota.
- **Schéma senzorového modulu:** technická schéma zapojenia (protokol I2C) zobrazujúca pripojenie BME680 k letovému kontroléru FLIGHT Kit alebo sekundárnemu MCU.
- **Bezpečnostná a predletová dokumentácia:** vyplnené kontrolné zoznamy pre prácu v teréne vrátane meteorologických parametrov „Go/No-Go“ špecifických pre lety nad porastom kukurice.
- **Úložisko nespracovaných údajov (CSV):** export

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Co-funded by  
the European Union**

nespracovaných údajov z letovej misie obsahujúci synchronizované časové značky, GPS údaje a štyri ukazovatele BME680.

- **Diagnosticke správa o zdravotnom stave kukurice:** záverečný analytický výstup obsahujúci:
  - **Výpočty VPD:** postupné matematické odvodenie deficitu tlaku vodnej pary.
  - **Tepelná mapa stresu:** vizuálna 2D mapa poľa zvýrazňujúca „ohniská“ VOC alebo zóny s vysokou vlhkosťou.
- **Doklad o riešení problémov:** „Záznam údržby“ alebo „Technická poznámka“ opisujúca, ako žiak riešil rušenie hardvéru (napr. EMI motora alebo tienenie proti prúdeniu od vrtúľ).
- **Reflexívne zhnutia:** konečné kópie záznamu sebahodnotenia a auditu vzájomného hodnotenia získaného od ostatných tímov.

## 12. Učebné materiály

- **FLIGHT Kit (komponenty vlastného dronu).**
- **BME680 – teplota, vlhkosť, tlak, VOC.**
- **MicroSD karta a modul záznamníka údajov.**

2 – Použitý FLIGHT Kit (komponenty vlastného dronu):

- ✓ BME680 – teplota, vlhkosť, tlak, VOC
- Laserový senzor PM2,5 – pevné častice
- Plynový senzor MQ7 – detekcia CO
- GUVAS12SD – intenzita UV žiarenia

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Co-funded by  
the European Union**