# Vonkajšia mini jednotka merania kvality ovzdušia - metodická príručka





Co-funded by the European Union

Erasmus+ KA220 Cooperation Partnerships in Higher Education project “Increasing the visibility and knowledge base on air quality with big data and its impact on the population health” (VISIONAIR), no. 2023-1-SK01-KA220-HED-000158470.

## Skratky

| | |
|---|---|
| PM | **P**articulate **m**atter (Pevné častice) |
| PM2,5 | Pevné častice, ktorých aerodynamický priemer je rovný alebo menší ako 2,5 µm |
| PM10 | Pevné častice, ktorých aerodynamický priemer je rovný alebo menší ako 10 µm |
| AQI | **A**ir **Q**uality **I**ndex (Index kvality vzduchu) |

# Úvod

Táto metodická príručka slúži ako praktický sprievodca pre učiteľov a žiakov pri stavbe a sprevádzkovaní vlastnej elektronickej meteostanice. Projekt je navrhnutý tak, aby prepájal teoretické poznatky z fyziky, informatiky a geografie s reálnou praxou a tvorbou moderných technológií.

Cieľom príručky je krok za krokom previesť žiakov celým procesom – od fyzického zapojenia elektronických súčiastok až po odosielanie nameraných dát do cloudového prostredia. Vďaka tomuto prístupu žiaci nebudú len pasívnymi užívateľmi technológií, ale pochopia logiku, ktorá sa skrýva za zberom a spracovaním dát v reálnom svete.

# Popis meteostanice

Srdcom celého zariadenia je mikrokontrolér Arduino Nano 33 IoT, ktorý riadi zber údajov z pripojených senzorov. Namerané dáta sa nespracovávajú len lokálne, ale prostredníctvom IoT (Internet of Things) cloudu sa v reálnom čase odosielajú na internet. Žiaci tak môžu výsledky meraní sledovať odkiaľkoľvek – napríklad na obrazovke počítača, tabletu alebo smartfónu vo forme prehľadných grafov.

## Čo všetko meteostanica meria a počíta

Meteostanica neslúži len na meranie základných veličín, ale učí žiakov aj logickému mysleniu a aplikácii fyzikálnych vzorcov v programe:

1. **Teplota vzduchu ($T$):** Základný meteorologický parameter udávaný v stupňoch Celzia (°C).
2. **Relatívna vlhkosť vzduchu ($RH$):** Údaj v percentách (%), ktorý hovorí o miere nasýtenia vzduchu vodnou parou.
3. **Rosný bod ($T_d$):** Vypočítaná hodnota teploty, pri ktorej vzduch dosiahne 100 % relatívnu vlhkosť a vodná para začne kondenzovať (tvoriť sa rosa alebo hmla).
4. **Tlak nasýtených vodných pár ($E$):** Fyzikálna veličina udávajúca maximálny možný tlak, ktorý môžu vodné pary pri danej teplote dosiahnuť.
5. **Teplota vlhkého teplomera** (Wet-Bulb temperature):Teplota, ktorú by dosiahol povrch vody pri jej odparovaní do vzduchu. Je to kľúčový ukazovateľ pre hodnotenie tepelného stresu a efektu odparovania, ktorý sa vypočítava na základe aktuálnej teploty a vlhkosti.

## Senzor prachových častíc

**Sensirion SPS30** je špičkový optický senzor pevných častíc (PM / prachových častíc), ktorý sa stal priemyselným štandardom pre čističky vzduchu, ventilačné systémy (HVAC) a monitorovacie stanice kvality ovzdušia. [1]

Vďaka patentovanej technológii od švajčiarskej spoločnosti Sensirion rieši najväčší problém lacných optických senzorov – postupné usadzovanie prachu na optike a stratu presnosti.

**Hlavné technologické výhody**

- **Extrémna životnosť (>10 rokov):** Senzor disponuje pokročilou štruktúrou odolnou voči znečisteniu. Navyše má integrovaný ventilátor, ktorý spúšťa **automatický samočiaci cyklus** (v predvolenom nastavení raz týždenne prudko vyfúkne usadený prach). [1]
- **Pokročilé triedenie častíc (Binning):** Na rozdiel od základných senzorov, ktoré len odhadujú veličiny matematicky z jedného merania, SPS30 reálne meria a rozlišuje veľkosti jednotlivých častíc pomocou laserového rozptylu. [1]
- **Certifikácia MCERTS:** Senzor získal rešpektovaný európsky environmentálny certifikát MCERTS, čo dokazuje jeho vysokú presnosť porovnateľnú s profesionálnymi referenčnými stanicami. [1]

**Čo všetko dokáže merať?**

SPS30 poskytuje dáta v dvoch rôznych formátoch: [1]

1. **Hmotnostná koncentrácia (µ g/m³):** Výstup pre kategórie **PM1,0; PM2,5; PM4 a PM10**.
2. **Číselná koncentrácia (počet častíc na cm³):** Detailnejší rozbor pre častice veľkostí **PM0,5; PM1,0; PM2,5; PM4 a PM10**. [1]

## Senzor teploty a vlhkosti

**Sensirion SHT31** je priemyselný, vysoko presný digitálny senzor teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu. Patrí do mimoriadne populárnej rodiny čipov SHT3x, ktoré nahradili staršiu generáciu SHT2x. [2]
Vďaka svojej vysokej spoľahlivosti a sa masívne využíva v smart home zariadeniach, meteostaniciach, medicínskej technike a automobilovom priemysle. [2]

**Hlavné prednosti čipu SHT31**

- **Vysoká presnosť na strednej úrovni:** Oproti modelu SHT30 ponúka lepšiu kalibráciu, najmä pri meraní vlhkosti.
- **Integrovaný interný ohrievač:** Senzor má v sebe zabudované vyhrievacie teleso (heater). To slúži na odparenie kondenzovanej vody v prostredí s vysokou vlhkosťou, čím sa predchádza skresleniu dát, alebo na self-test funkčnosti. [2]

Táto dvojica senzorov tvorí „Environmentálnu a mikro-klimatickú stanicu“. Pre plnohodnotnú meteorologickú stanicu chýba meranie tlaku, zrážok, vetra. Stanica bola vyvinutá z ohľadom na cenu a jednoduchosť riešenia. Dokáže ale plnohodnotne merať kvalitu vzduchu ovplyvnenú prachovými časticami.

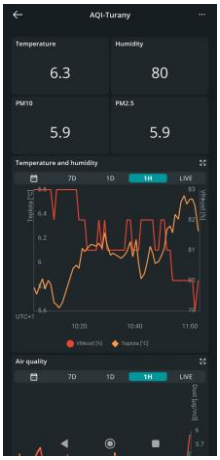
## Výpočet rosného bodu

Rosný bod je teplota, na ktorú sa musí vzduch ochladiť (pri stálom tlaku), aby sa stal plne nasýteným vodnou parou (relatívna vlhkosť dosiahne $100\,\%$). Ak sa vzduch ochladí pod túto teplotu, vodná para začína kondenzovať (vzniká rosa, hmla). Výpočet je realizovany pomocou Magnusovho vzorca.

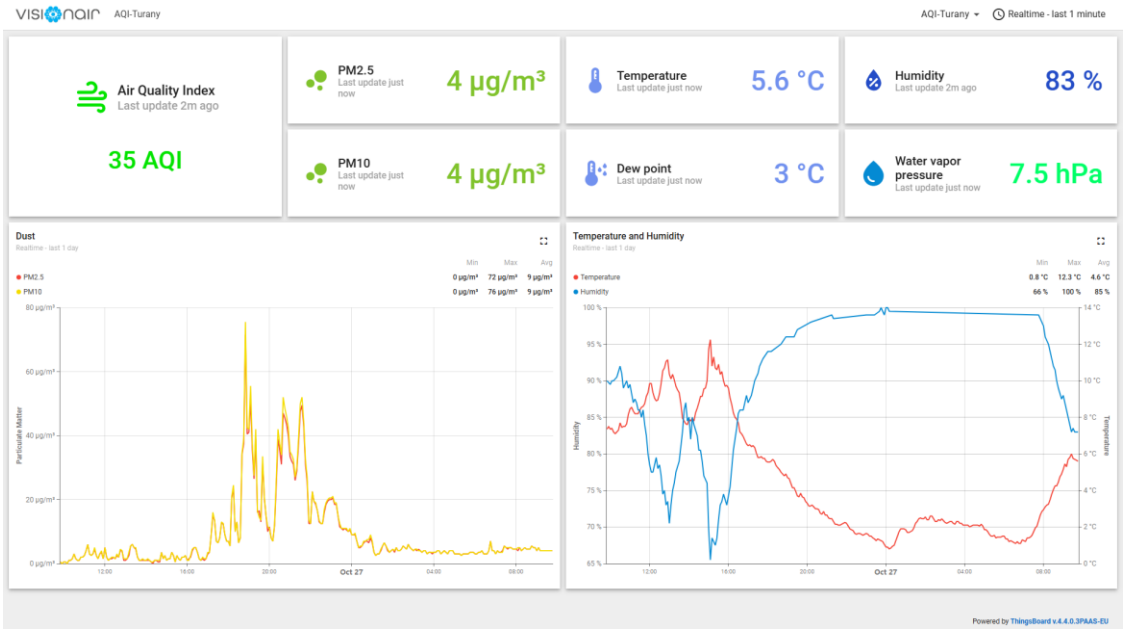
## Výpočet teploty vlhkého teplomera ($T_w$)

Teplota vlhkého teplomera je najnižšia teplota, na akú je možné vzduch ochladiť adiabatickým odparovaním vody pri konštantnom tlaku. V praxi sa meria teplomerom, ktorého snímač je obalený vlhkou tkaninou. Ide o kľúčový ukazovateľ pre hodnotenie tepelného stresu ľudského organizmu.

Namerané a vypočítané dáta sú prenášané pomocou na Arduino IoT cloud, kde ich je možné zobraziť pomocou mobilnej aplikácie alebo web aplikácie. V rámci pojektu vision air funguje aj serfver ktorý údaje preposiela na ThingsBoard cloud. Príklady jednotlivých dashboardov sú na obrázku obr.1 a obr.2.




*Obr.1 Arduino IoT cloud mobile app dashboard*




*Obr.2 ThingsBoard dashboard*

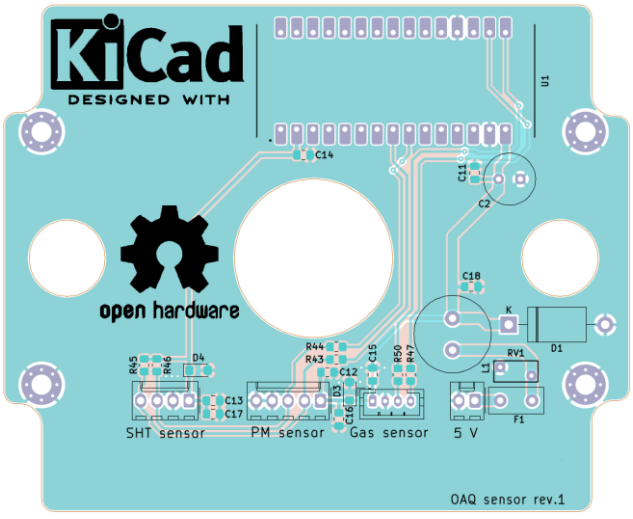
# Praktická časť: Osádzanie a spájkovanie plošného spoja (PCB)

Konštrukcia meteostanice kombinuje modernú povrchovú montáž (**SMD**) a klasické súčiastky s vývodmi (**THT**). Táto časť rozvíja jemnú motoriku žiakov a učí ich správnym technickým postupom pri práci s elektronikou.

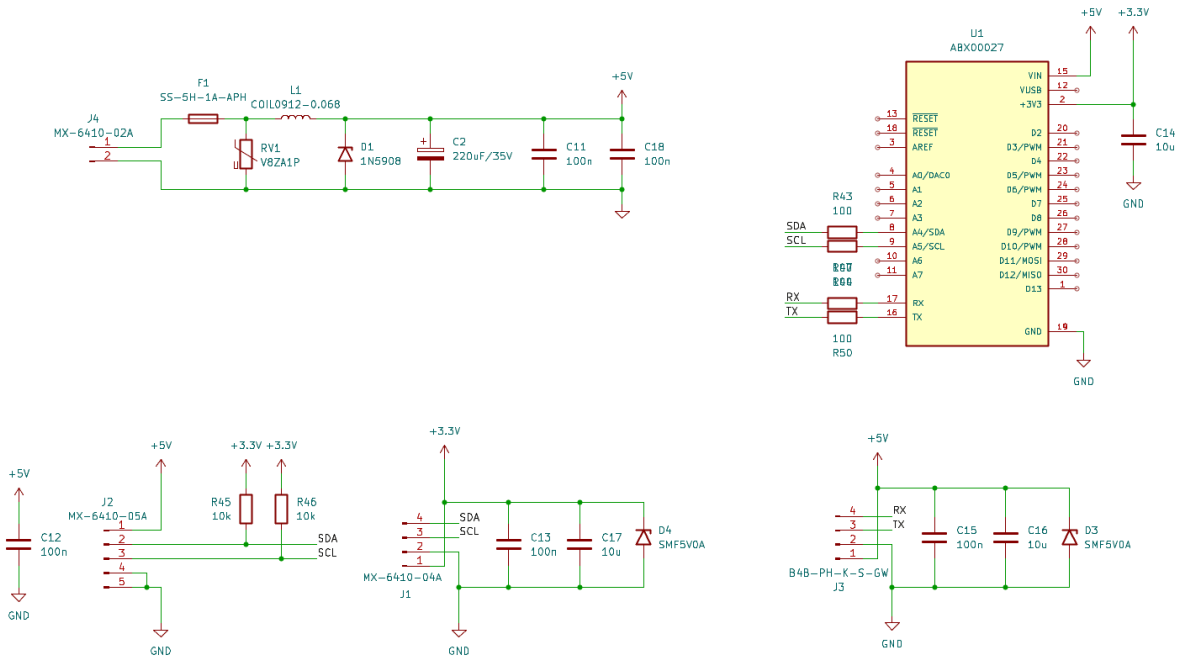
Aby sa so súčiastkami na doske dobre pracovalo a po otočení dosky nevypadávali, **postupujeme vždy od najnižších komponentov k najvyšším**. Najprv si pripravíme súčiastky podľa priloženého zoznamu:

| Označenie | Puzdro | Počet | Typ |
|---|---|---|---|
| C2 | | 1 | 220uF/35V |
| C11, C12, C13, C15, C18 | C0805 | 5 | 100n |
| C14, C16, C17 | C0805 | 3 | 10u |
| D1 | DO-201 | 1 | 1N5908 |
| D3, D4 | SMF | 2 | SMF5V0A |
| F1 | | 1 | SS-5H-1A-APH |
| J1 | | 1 | MX-6410-04A |
| J2 | | 1 | MX-6410-05A |
| J3 | | 1 | B4B-PH-K-S-GW |
| J4 | | 1 | MX-6410-02A |
| L1 | | 1 | COIL0912-0.068 |
| R43, R44, R47, R50 | R0805 | 4 | 100 |
| R45, R46 | R0805 | 2 | 10k |
| RV1 | | 1 | V8ZA1P |
| U1 | | 1 | ABX00027 |

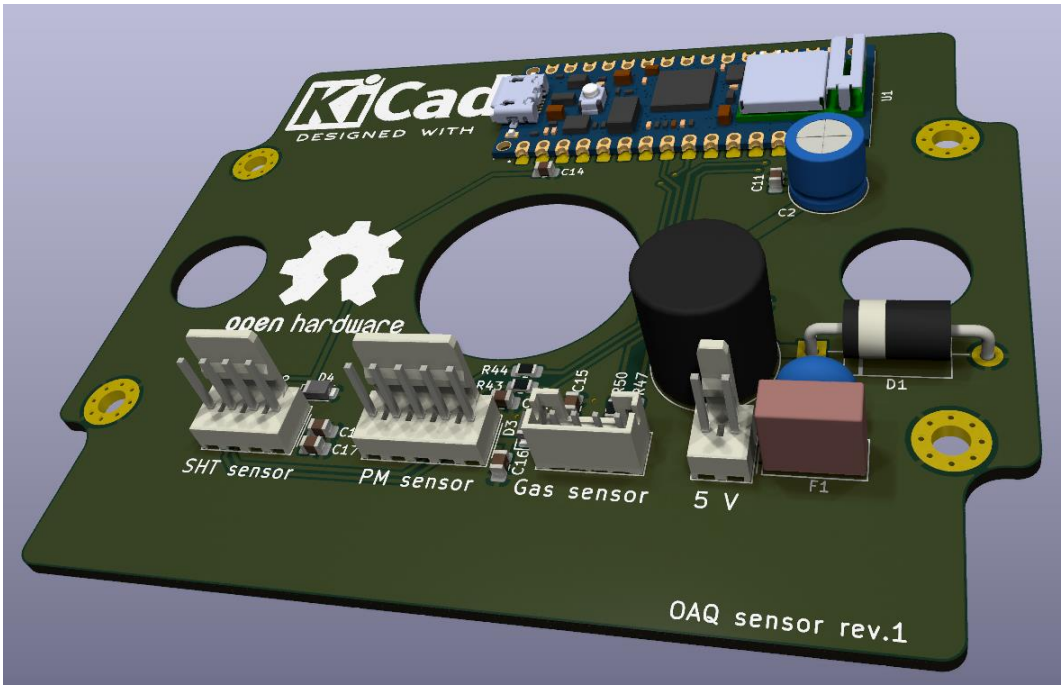
Následne začneme z osádzaním podľa priloženého osadzovacieho plánu *Obr.3*.




*Obr.3 Osadzovací plán*




*Obr.4 Schéma zapojenia*




*Obr.5 3D model osadenej dosky plošných spojov*

Celá doska je potom umiestnená do krabičky, a sú k nej prepojené senzory podľa schémy zapojenie na obrázku 2. Senzory sú umiestnené v 3D tlačenom radiačnom štíte potrebné súbory pre 3D tlač sú súčasťou projektovej dokumentácie spolu zo zdrojovým kódom pre mikrokontrolér Arduino. Hotová stanica je na forografii obr.6.



*Obr.6 Fotografia hotovej jednotky*

**Použitá literatúra**

[1] Datasheet SPS30
https://sensirion.com/media/documents/8600FF88/64A3B8D6/Sensirion_PM_Sensors_Datasheet_SPS30.pdf

[2] Datasheet SHT3x-DIS
https://sensirion.com/media/documents/213E6A3B/63A5A569/Datasheet_SHT3x_DIS.pdf