

Dokumentace k výsledku typu funkční vzorek (G_{funk})

Autonomní plovoucí stanice s řídicím modulem a power managementem

Autoři: Ondřej Baštán, Jakub Arm, Michal Harvánek, Martin Pospíšil, Jiří Veselý, Jaromír Hubálek

Datum vzniku: 18.12.2022

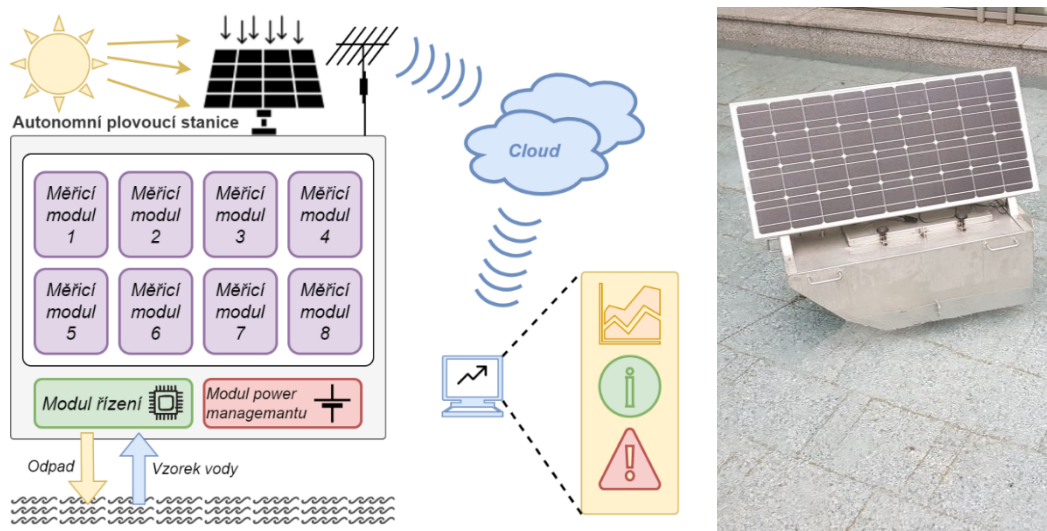
Projekt: H2020 Interreg ATCZ-86 WaterMon

Popis:

Jedná se o základní prvek plovoucího měřicího systému určeného pro samostatnou analýzu a monitoring kvality vody v říčních tocích. Systém je koncipován jako plně autonomní s možností umístění off-grid a minimální dobou bezobslužného provozu po 31 dní. Dohled nad plovoucí jednotkou je zajištěn za pomoci datového spojení s nadřazeným cloudovým systémem, který vyhodnocuje jak měřená, tak provozní data.

Koncepce a funkce jednotky

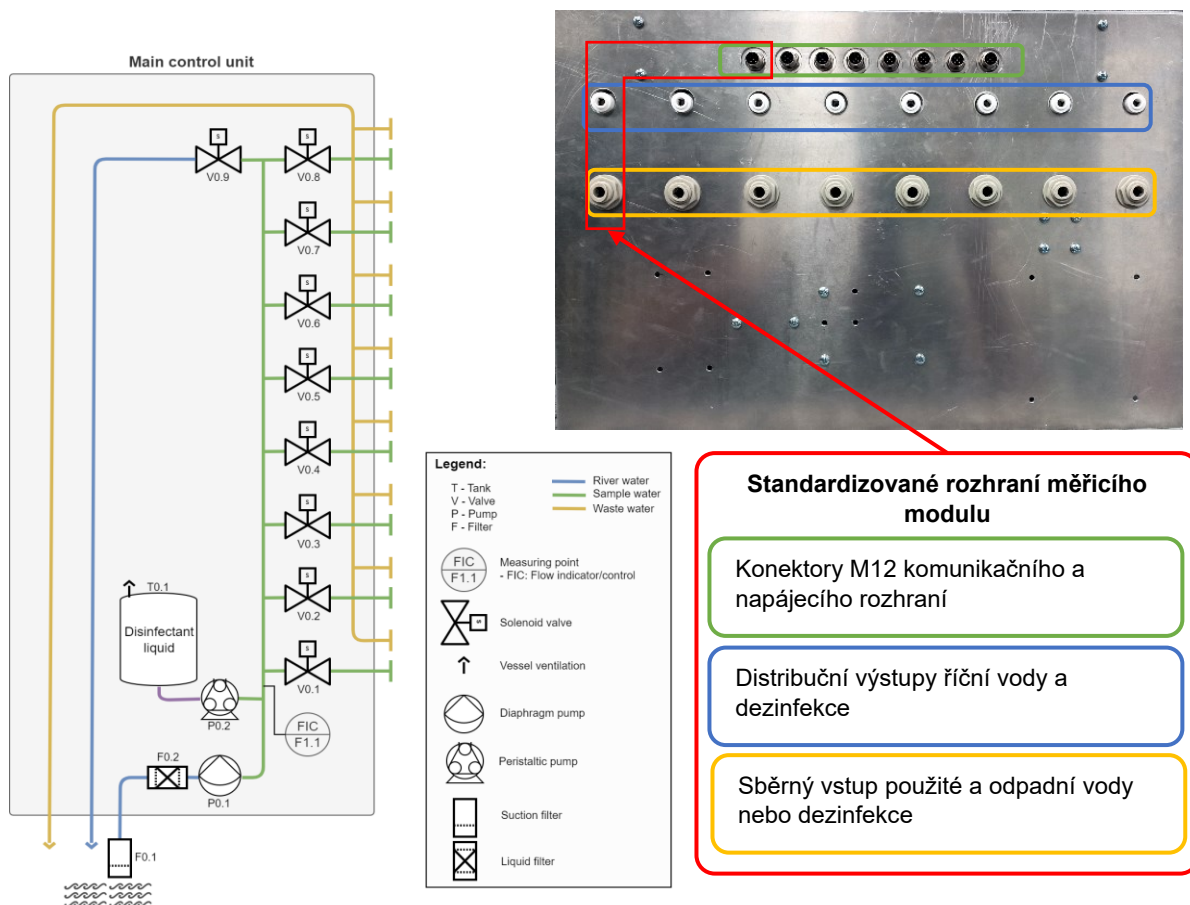
Koncepce celého systému je zobrazena na Obr. 1.



Obr. 1 Koncepce systému; Plovoucí jednotka.

Jak lze vidět, plovoucí jednotka je základní platformou modulárního řešení, na kterou lze umístit až 8 standardizovaných měřicích modulů. Plovoucí jednotka poté rozhoduje o provádění měření jednotlivými moduly dle nastaveného plánu, zásobuje moduly vzorky vody, zajišťuje jejich napájení, dezinfekci a v neposlední řadě přenos dat do cloudového systému.

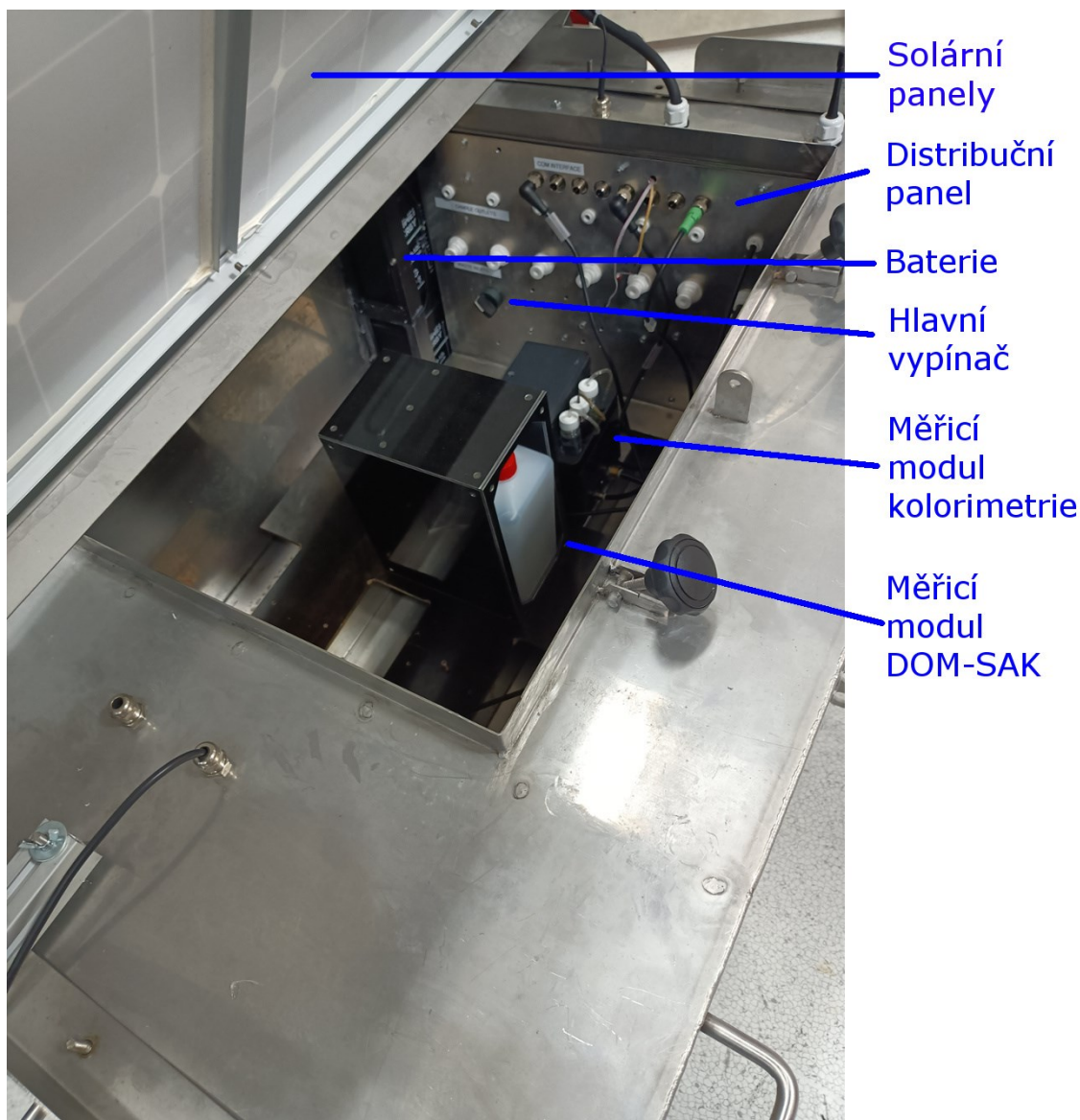
Jedním z hlavních úkolů plovoucí jednotky je distribuce dezinfekce, vody odebrané z řeky jednotlivým měřicím modulům a následný sběr a vypouštění případně uskladnění použité, odpadní vody. Zvolené řešení je zobrazeno na Obr. 2.



Obr. 2 Procesní diagram plovoucí jednotky; Vnitřní distribuční panel plovoucí jednotky.

Voda z říčního koryta je nasávána pomocí membránového čerpadla P0.1 přes sací koš F0.1 a filtr hrubých nečistot F0.2 do rozvodné lišty zakončené ventilem V0.9, který slouží jako bypas a je možné jej použít pro odvzdušnění lišty. Z té je pak možné čerpanou tekutinu směřovat po mocí jednoho z ventilů V0.1 až V0.8 do modulu, ve které probíhá měření. Výstup měřicích modulů je pak připojen ke sběrné odpadní liště (žlutá), která může použitou tekutinu vracet zpět do řeky, nebo ukládat do interního kontejneru. Vstupy a výstupy jsou vyvedeny na distribuční panel a tvoří standardizované rozhraní měřicího modulu. Aby nemohlo dojít k záměně hadic, jsou přípojky rozvodné lišty vybaveny rychlospojkami o průměru 6 mm a přípojky sběrné lišty rychlospojkami a průměru 8 mm. Systém je rovněž vybaven zásobníkem dezinfekce T0.1, ze kterého může být dezinfekce čerpána do rozvodné lišty, a tedy i do jednotlivých měřicích modulů.

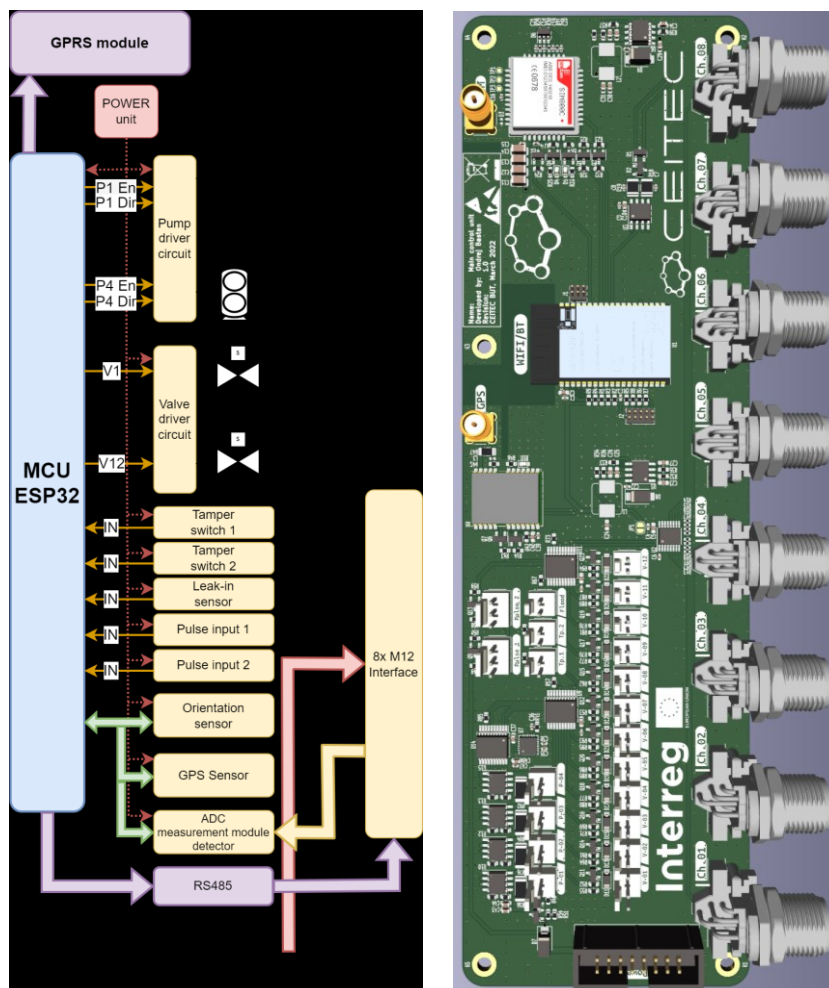
Vnitřní část stanice je vybavena bateriemi a měřicím moduly zapojenými do distribučního panelu (viz Obr. 3). Jednotlivé měřicí moduly jsou přichyceny na upevňovací plochu. Vnitřní část je zakryta víkem s aretací. Všechny kabely a hadice vedoucí z vnitřní části jsou napojeny pomocí průchodek.



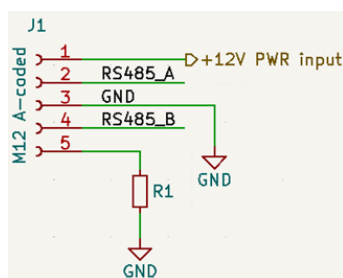
Obr. 3 Vnitřní část stanice s demonstrací umístění měřicích modulů a jejich zapojení

Řídicí systém

Pro obsluhu plovoucí jednotky byl navržen proprietární řídicí embedded systém, jehož blokový diagram a vizualizace jsou uvedeny na Obr. 4. Systém je vybaven výkonovými členy pro obsluhu akčních členů, jimiž jsou především čerpadla a elektromagnetické ventily zajišťující funkci fluidního rozhraní (distribuční lišty). Komunikace s ostatními moduly systému je zajištěna prostřednictvím rozhraní RS485, jenž je společně s napájením vyvedeno na konektory M12, které jsou součástí standardizovaného rozhraní modulu. Přívod napájení jednotlivých konektorů je vyveden do modulu power managementu, což umožňuje libovolně zapnout nebo vypnout měřicí modul za účelem šetření energie. Toto rozhraní je rovněž doplněno o jeden měřicí kanál A/D převodníku, což v kombinaci s připojením specifického rezistoru na straně měřicího modulu umožňuje identifikaci připojeného modulu i bez zapnutí jeho napájení. Zapojení konektoru na straně měřicího modulu je uvedeno na Obr. 5.



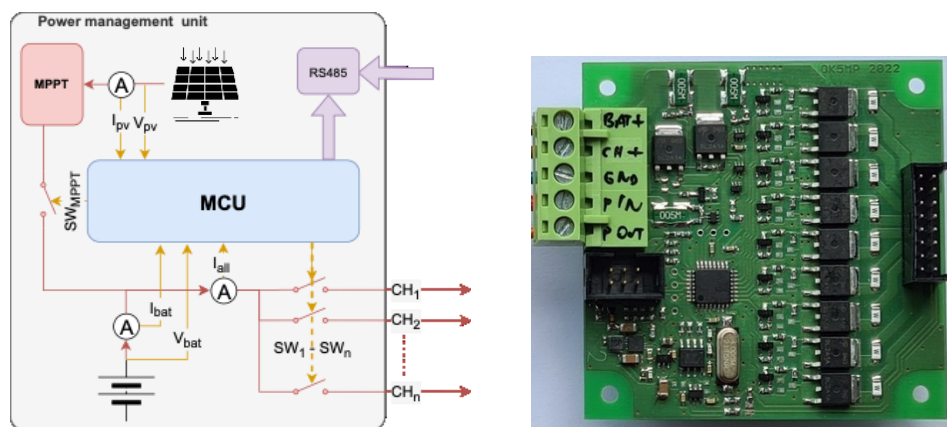
Obr. 4 Blokový diagram modulu řízení; Vizualizace modulu řízení.



Obr. 5 Zapojení konektoru měřicího modulu

Za účelem údržby systému a monitoringu jeho stavu lze v blokovém diagramu nalézt i vstupy pro spínače detekující otevření krytu, snímač zaplavení, senzor orientace pro detekci převrácení a GPS senzor pro detekci odcizení nebo utržení jednotky ze svého kotviště. Veškerá provozní a měřená data jsou přenášena do nadřazeného systému prostřednictvím GPRS modulu připojeného do 2G sítě.

Jak již bylo zmíněno výše, pro správu napájení plovoucí jednotky je systém vybaven samostatným power management modulem, jehož blokový diagram je zobrazen na Obr. 6.



Obr. 6 Blokový diagram power-management modulu; Realizovaný modul

Power management modul se skládá z MOSFET spínačů pro řízení napájení jednotek. Každý kanál obsahuje pojistku zajišťující ochranu při zkratu. Obvod chrání baterii před hlubokým vybitím ve dvou úrovních:

- odpojení všech modulů kromě Hlavní řídicí jednotky,
- odpojení všech modulů mimo Power management modulu.

Dále modul zajišťuje řízení nabíjecího obvodu pro solární panely.

Modul je rovněž připojen na společnou RS485 sběrnici a pro řídicí jednotku zajišťuje měření napětí a proudu, odhad energie baterie a funkci watch-dog pro případ, že by hlavní řídicí jednotka přestala reagovat.

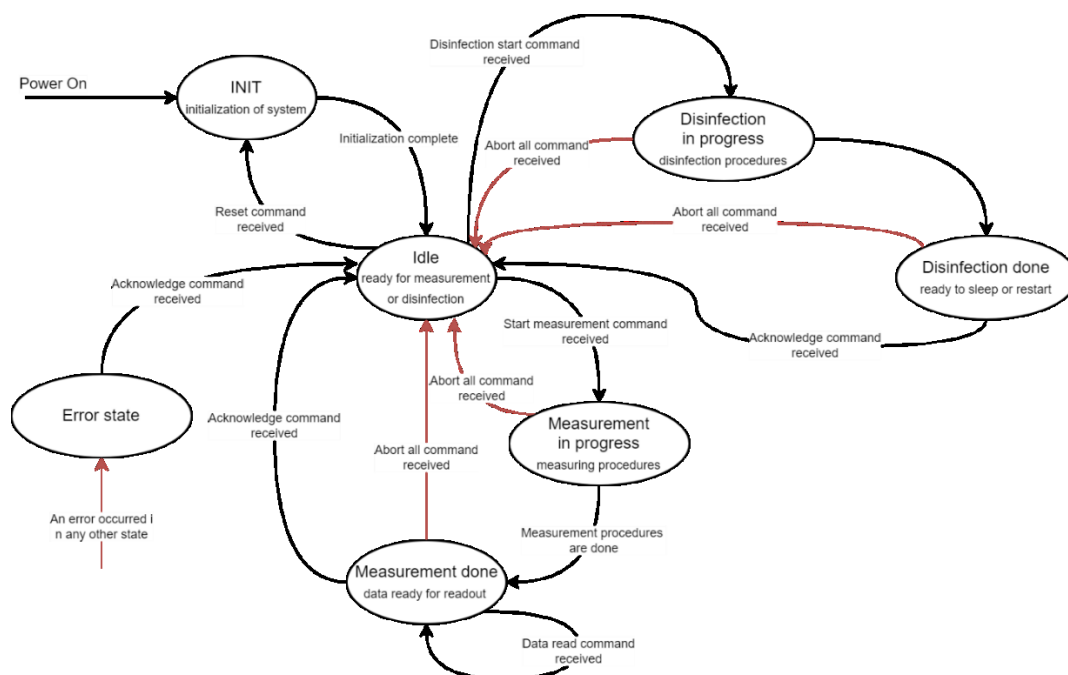
Pro obsluhu a komunikaci s měřicími moduly byl použit komunikační protokol Modbus RTU. Aby bylo dosaženo transparentního a univerzálního způsobu ovládání libovolného měřicího modulu a sběru jeho dat, byl vytvořen univerzální obslužný datový model a popis chování, který je pro všechny měřicí moduly totožný. Tento datový model je uveden v následující tabulce. Popis chování je uveden na Obr. 7.

Parametr	Adresa registru	Popis
Typ modulu	0x0000	Kód označující typ měřicího modulu 0x0000 – Rezervováno 0x0001 – Power management unit jednotka 0x0002 – Kolorimetrická jednotka 0x0003 – Elektrochemická jednotka 0x0004 – DOM-SAK jednotka 0x0005 – Nitrite-Nitrate jednotka 0x0006 – Jednotka olejového senzoru
Čas tlakování potrubí při měření	0x0001	Čas tlakování vstupního potrubí (v sekundách) který jednotka vyžaduje po spuštění měření pro načerpání potřebného množství měřené kapaliny. 0x0000 – Jednotka pro své měření nevyžaduje přísun vody 0xFFFF – Jednotka pro své měření vyžaduje tlakování do té doby, než nastane stav MĚŘENÍ DOKONČENO.

Čas tlakování potrubí při dezinfekci	0x0002	Čas tlakování vstupního potrubí (v sekundách) dezinfekčním roztokem, který jednotka vyžaduje po spuštění procesu dezinfekce. 0x0000 – Jednotka pro svou dezinfekci nevyžaduje přísun dezinfekčního roztoku. 0xFFFF – Jednotka pro svou dezinfekci vyžaduje přísun dezinfekčního roztoku do té doby, než nastane stav DEZINFEKCE DOKONČENA.
Velikost měřených dat	0x0003	Počet 16bitových registrů, ve kterých jsou uložena měřená data.
Stavový registr	0x0004	Registr zobrazující aktuální stav modulu: 0x0000 – Inicializace. 0x0100 – Klidový stav; připraven pro měření nebo dezinfekci. 0x0200 – Probíhá měření. 0x0300 – Probíhá dezinfekce. 0x0400 – Měření dokončeno. 0x0500 – Dezinfekce dokončena. 0x80XX – ERROR; XX jsou nahrazeny typem chyby.
Řídicí registr	0x0005	Ovládání měřicího modulu je realizováno zápisem do tohoto registru. 0x0000 – Rezervováno 0x0100 – Reset; restartuje zařízení do klidového stavu. 0x0200 – Start měření. 0x0300 – Start dezinfekce. 0x0400 – ACK – Potvrzení dokončení příkazu. 0xFFFF – Zastavit vše.
Měřená data	0x1000	Počáteční adresa naměřených dat. Data jsou uložena na následujících adresách (0x1000, 0x1001, 0x1002 ... 0x1XXX). Počet registrů je uložen v registru 0x0003.

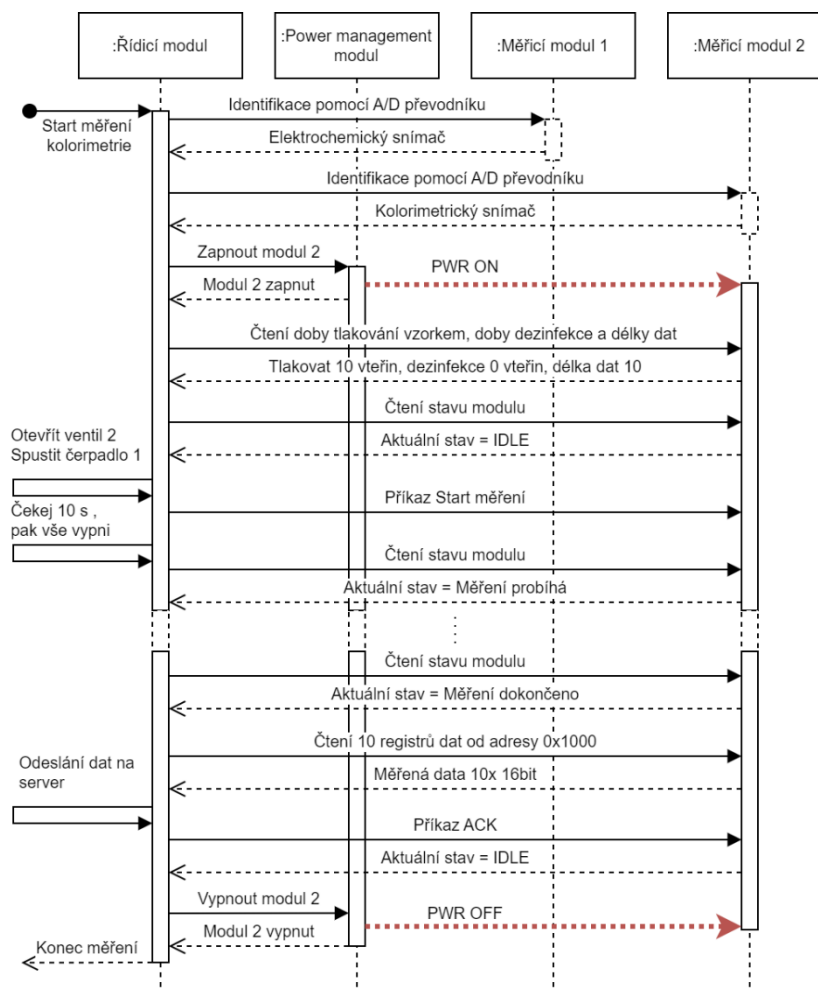
Tab. 1 Parametry měřicího modulu

Řízení jednotlivých funkcí měřicích modulů realizuje plovoucí jednotka prostřednictvím zápisu do řídicího registru (na adrese 0x0005). Chování modulu při takovémto řízení popisuje stavový diagram na Obr. 7. Jak lze vidět, spuštění měření nebo dezinfekce je možné pouze v klidovém stavu. Příkaz zastavit vše lze naopak použít kdykoliv. Po dokončení měření, dezinfekce nebo vzniku poruchy setrvává měřicí modul ve stavech **MĚŘENÍ DOKONČENO**, **DEZINFEKCE DOKONČENA** nebo **ERROR** do doby, než je příslušný stav potvrzen zadáním příkazu ACK. Ve stavu **MĚŘENÍ DOKONČENO** je měřicí modul povinen zachovat platnost dat.



Obr. 7 Stavový diagram obsluhy měřicího modulu.

Průběh měření řízeného prostřednictvím řídicího modulu plovoucí jednotky pak koresponduje se sekvencí uvedenou na Obr. 8. Sekvence je zahájena splněním podmínky plánovače pro spuštění měření na kolorimetrické jednotce. Řídicí jednotka nejprve prostřednictvím A/D převodníku změří identifikační rezistory připojených modulů a identifikuje modul kolorimetrie. Následně je power management modulu zaslán požadavek na zapnutí napájení modulu 2, který byl dříve identifikován jako kolorimetrický. Po vyčtení doby tlakování vzorkem vody je odeslán příkaz start měření, a na vyčtenou dobu otevření ventilu vedoucí k modulu 2 a spuštění čerpadla. Poté se řídicí modul cyklicky dotazuje na aktuální stav měřicího modulu, dokud nebude vyčtena hodnota měření dokončena. Řídicí modul následně vyčte délku měřených dat, vyčte měřená data, odešle je nadřazenému systému a úspěšné zpracování dat měřicímu modulu potvrdí zasláním příkazu ACK. V neposlední řadě je odeslán příkaz power modulu pro vypnutí napájení a měření je ukončeno.



Obr. 8 Sekvenční diagram průběhu měření řízeného řídicím modulem plovoucí jednotky

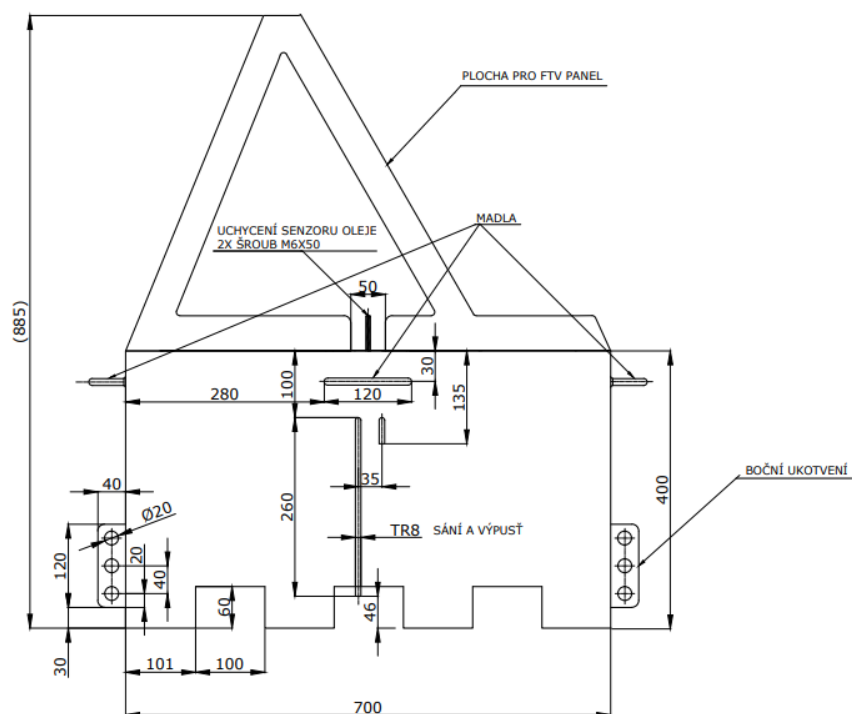
Komunikace řídicí jednotky se serverem probíhá pomocí technologie REST API po protokolu HTTPS, přičemž jako formát dat je využit standard JSON. Komunikace se skládá ze tří činností:

- Odeslání provozních dat – data ze senzorů stanice (akcelerometr, gyroskop, tamper, záplavové čidlo, GPS), která jsou měřena rovnoměrně v časovém okně určeném frekvencí odesílání dat (jednou za 2 minuty není-li nastaveno jinak).
- Odeslání naměřených dat – po ukončení měřicího cyklu modulu, jednotka vyčte naměřená data z modulu a odešle je na server.
- Načtení konfigurace měření modulů – na začátku měření (po uplynutí periody měření daného modulu) si řídicí jednotka k danému modulu vyžádá ze serveru nastavenou periodu měření, se kterou počítá pro nadcházející měření.

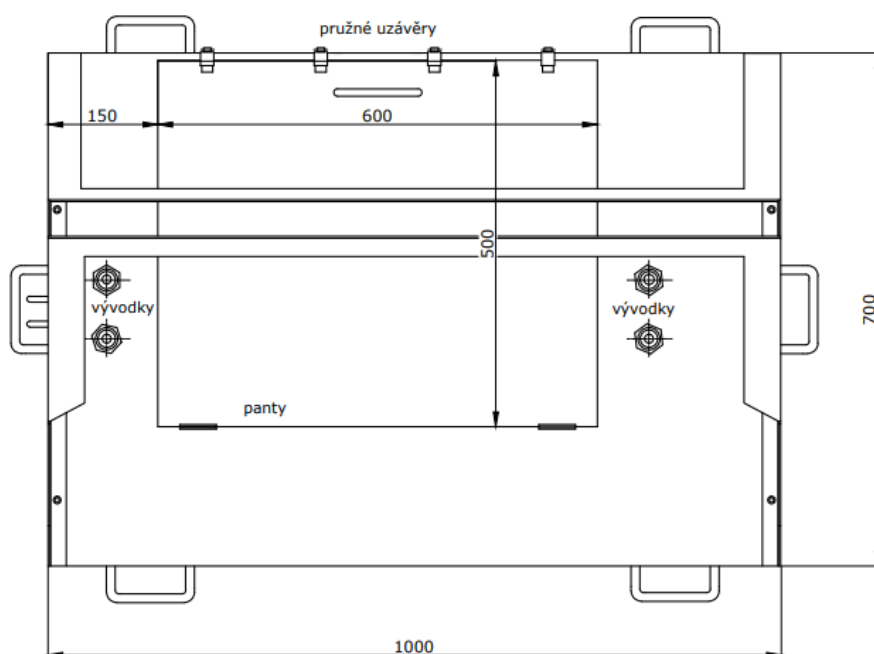
Řídicí jednotka také disponuje servisním módem, pomocí kterého je možné manuálně ovládat jednotlivé komponenty distribučního panelu, konfigurovat parametry pro spojení s cloud a upgradovat firmware. Tento mód je zpřístupněn pomocí technologie WiFi (chráněné heslem) a musí se aktivovat pomocí skrytého spínače. Operátor se tedy musí nacházet v blízkosti stanice.



Ponton - výkres 1
Boční pohled - sestava



Ponton - výkres 2
Zadní pohled - sestava



Ponton - výkres 3
Horní pohled - sestava

Parametry:

Rozměr stanice celkový: 120x 80 x 96 cm (délka x šířka x výška)

Solární panel: 100 Whp

Kapacita energie: 4 x 20 Ah

Počet obsluhovaných modulů: 8

Přístup k internetu: GSM

Snímání polohy: GPS modul

Detekované stavy:

0x0000 – Inicializace.

0x0100 – Klidový stav; připraven pro měření nebo dezinfekci.

0x0200 – Probíhá měření.

0x0300 – Probíhá dezinfekce.

0x0400 – Měření dokončeno.

0x0500 – Dezinfekce dokončena.

0x80XX – ERROR; XX je typ chyby (nedostatek energie, chyba n. modulu, zaplavení vodou, pohyb stanice, neoprávněné otevření stanice)