***Technická specifikace***

**Název přístroje: PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ TOKŮ VODY, UHLÍKU A ENERGIE V SOUSTAVĚ PŮDA-ROSTLINA-ATMOSFÉRA**

**Požadovaný počet kusů:** u jednotlivých samostatných přístrojů

**Charakteristika přístroje:**

Přístroje zjišťují stavy a toky vody a energie mezi atmosférou, půdou a střešní vegetací, jakož i přírůsty dřevin. Soustava měřících přístrojů je dále tematicky rozdělena na přístroje půdní, dřevinné a meteorologické. Celkový chod přístroje, sběr a archivaci dat zajišťuje podpůrná složka, která je uvedena zvlášť.

**Přístroje půdní: pro měření půdní vlhkosti a toku tepla**

**Použití přístroje:**

Přístroje budou využity k přesnému měření půdních toků tepla a vody různých vegetačních typů na střeše Hi-Tech Pavilonu. Tyto toky jsou významnými položkami vodní, resp. energetické bilance střechy.

**Hlavní součásti dodávky:**

* 15 ks kombinovaných čidel pro měření vlhkosti (dielektrické permitivity), elektrické konduktivity a teploty substrátu
* 1 ks kompletu přístroje (čidel) na měření toku tepla v půdě
* kabeláž

**1) Čidla na měření vlhkosti (dielektrické permitivity), elektrické konduktivity a teploty substrátu:**

* **15 ks** samostatných kombinovaných čidel, připojených k dataloggeru lyzimetru. Čidla budou umístěna na 8 měřících stanovištích (7x po 2 ks ve dvou hloubkách nad sebou, 1x po jednom kuse v součinnosti s přístrojem na měření toku tepla v půdě, viz níže) v ploše střechy (7 ks na jižní straně a 8 ks na severní straně střechy).

***Specifikace čidel*:**

* Přesnost: teplota půdy: max. 1 °C a lepší, dielektrická permitivita (εa): max.1 εa a lepší, od 1 - 40 (půdní rozsah elektrická konduktivita (EC): max. 5% a lepší od 0 do 5 dS/m, max. 10% a lepší od 5-25 dS/m.
* Rozlišení: teplota půdy: max. 0.1 °C a lepší, εa: 0.1 εa od 1 - 20, < 0.75 εa od 20 – 80, VWC: 0.002 m3/m3 (0.2% VWC) od 0 do 40% VWC, 0.001 m3/m3 (0.1% VWC) > 40% VWC, EC: 0.001 dS/m od 0 do 23 dS/m.
* Rozsah: teplota půdy: -40 do +60 °C, εa: 1 (vzduch) do 80 (vody), EC: 0 - 25 dS/m..

**2) Přístroj na měření toku tepla v půdě:**

* Přístroj sestává ze dvou čidel „heat flux sensor“ a čtyř teplotních čidel („thermocouple“) paralelně spojených do průměrujícího půdního teploměru. Tato čtyři čidla jsou rozmístěna ve dvojicích, vzájemně od sebe vzdálených na 1 m. Jedno čidlo v každé dvojici je umístěno v hloubce 2 cm a druhé 6 cm. Tomuto umístění musí odpovídat kabeláž jednotlivých čidel.

***Specifikace přístroje:***

* *Soil heat flux sensor*
* Celkem 2x čidel pro měření toku tepla v substrátu.
* Rozměry přístroje - průměr do 10 cm, tloušťka do 1cm, váha bez kabelu do 250g.
* Měřitelný rozsah tepelného toku -2000 až 2000 W/m2 (záporná hodnota odpovídá toku směrem nahoru, kladná dolů).
* Rezoluce měření 0.25 W/m2 a jemnější.
* Přesnost kalibrace do 5%.

*Průměrující půdní teploměr*

* Na jeden komplet, 4 teplotní čidla thermocouple (celkem 8ks). Rozsah teploty: - 40 do 60 °C, rozlišení max. 0.1 °C a jemnější, přesnost max. 1 °C a lepší.

Zpracování dat:

* Výstupy z čidel mohou být analogové nebo digitální (v komunikačním protokolu SDI-12). Digitální výstupy musí již na výstupu z čidel být zpracována do měření (hodnoty vláhy, teploty apod., nikoliv el. napětí) bez další potřeby kalibrace. V případě analogových výstupů musí tyto být do těchto hodnot zpracovány dataloggerem (viz níže).
* V případě měření půdní vlhkosti se dodavatelem poskytnutá kalibrace musí týkat hodnot dielektrické permitivity.
* Výpočet půdní vlhkosti závisí na vlastnostech substrátu (střešní substrát se zásadně liší od přirozených půd) a jeho kalibrace předem tedy není možná. U těchto čidel dodavatel poskytne možnost pozdějšího naprogramování kalibrace přímo do dataloggeru či pozdějšího převádění hodnot dielektrické permitivity na vlhkost v centrálním PC.
* V ostatních případech se poskytnutá kalibrace týká finálních, vypočtených výstupů čidel.

**Příslušenství – popis a technické provedení:**

* Všechny přístroje (samostatná čidla, tok tepla) musí být schopné připojení k dataloggerům a napojení na LAN (Ethernet) port a do elektrické sítě (230V DC) budovy.
* Součástí dodavatelem poskytnutého příslušenství musí být kabeláž, která k těmto účelům bude dostačovat. Minimální délky jednotlivých kabelů vyplývají z plánovaných vzdáleností mezi prvky soustavy:
* El./Lan budovy – samostatná čidla na ploše A (zde samostatné 4 měřené plochy): 10m, 15m, 15m a 20m (pozn. 3x 2 čidla vlhkost/teplota/el. kond; 1x přístroj na půdní tok tepla + 1x čidlo vlhkost/teplota/el. kond)
* El./Lan budovy – plocha B (zde samostatné 4 měřené plochy): 20m, 25m, 30m a 35m (pozn. 4x 2 čidla vlhkost/teplota/el. kond)

**Přístroje dřevinné: pro měření fyziologických veličin dřevin**

**Použití přístroje:**

Přístroje měří přírůst dřevní hmoty a transpirační proud v čase během sezóny v souvislosti s vnějšími podmínkami prostředí a tím umožňuje zjišťovat stav rostliny. Přístroje jsou důležité pro stanovení vlivu prostředí střechy Hi-tech pavilonu na růst dřevin na této ploše.

**Hlavní součásti dodávky:**

* 8 ks přístrojů na měření transpiračního proudu
* 40 ks přírůstoměrů pro malé obvody
* kabeláž

**Obecné požadavky pro přístroj:**

* Provedení chránící proti vlivu extrémních klimatických podmínek; zařízení musí fungovat i v externích podmínkách -40 až 70 °C teploty, 0 až 100 % vlhkosti.
* Nepřetržité měření s odezvou do 1 minuty a nižší.
* Výstupy musí být zobrazitelné v reálném čase v operačním systému Windows centrálního počítače monitorujícího stav střechy Hi-Tech Pavilonu.
* Sbíraná data musí být ze zařízení v reálném čase přenášena do centrálního PC se systémem Windows. Výstupy z přístrojů do dataloggeru musí být digitální (v komunikačním protokolu SDI-12). Výstupy z dataloggeru musí být do centrálního počítače posílány protokolem TCP/IP (Ethernet).
* Součástí přístrojů musí být software kompatibilní s OS Windows pro vizualizaci a archivaci dat a jejich základní statistické zpracování.
* Je možné je použít opakovaně.
* Míra ochrany IP 65 a vyšší.

**Požadavky na technické provedení:**

**Dendrometry pro malé průměry kmenů (stonků) dřevin:**

* Rozlišení obvodových změn až na úroveň 0,001 mm
* Polovina přístrojů (20 kusů) by měla být vhodná pro měření kmenů stejných průměrů jako přístroje sapflow (t.j. pokrývat rozpětí průměrů alespoň 10-20mm, větší rozpětí je možné)
* Druhá polovina (20 kusů) by měla umožňovat měření větších kmenů, až do průměru 100mm.
* Nastavitelný interval sběru dat od minuty po hodiny ukládaných do interní paměti
* Vysoká kapacita paměti (min. půl roku při nejvyšší frekvenci sběru hodnot), která se nevymaže ani při vyjmutí baterií
* Zařízení má definovanou teplotní závislost měření

**Sap flow – měření transpirace dřevin:**

* Měřené hodnoty musí být nezávislé na radiálním profilu toku vody kmenem
* Výstupem měření jsou hodnoty v kg/hodinu
* Kontinuální měření průtoku vody
* Nastavitelný interval sběru dat od minut po hodiny do interní paměti
* Možnost kontinuálního měření po celou vegetační sezónu
* Měřitelný rozsah od průměru větví, (kmenů) od 10 mm do 20 mm
* Zařízení umožňuje kromě připojení k el. síti a baterií také provoz na solární panel

**Příslušenství – popis a technické provedení:**

* Součástí přístrojů musí být kompletní sada nářadí na instalaci
* Kabeláž pro připojení všech přístrojů (58 ks) do dataloggeru (komunikační protokol SDI-12), a následně kabelové propojení dataloggeru s LAN modemem, který bude připojen do místní sítě LAN (Ethernet). Plocha (cca 15x10), kde budou instalovány přístroje je vzdálena od místa vývodu el. energie (230 V AC) a LAN (Ethernet) cca 35m.

**Přístroje meteorologické: meteostanice**

**Použití přístroje:**

Přístroj poskytuje v rámci projektu střechy Hi-Tech pavilonu základní údaje ohledně mikroklimatických podmínek na střeše: teplota, vlhkost a tlak vzduchu, směr a rychlost větru. Zároveň poskytuje měření srážky, klíčovou součást hydrologické bilance střechy, a složek radiační bilance, dominantní komponenty její energetické bilance.

**Hlavní součásti dodávky:**

* 1 ks stojan
* 2ks teploměr (teplota vzduchu)
* 2ks vlhkoměr (vlhkost vzduchu)
* 1ks barometr (tlak vzduchu)
* 1ks větroměr (směr větru a síla větru)
* 1ks srážkoměr
* 1ks radiační bilancoměr
* kabeláž

**Obecné požadavky pro přístroj:**

* Provedení chránící proti vlivu extrémních klimatických podmínek; senzory musí fungovat i v externích podmínkách -40 až 65 °C teploty, 0 až 100 % vlhkosti.
* Nepřetržité měření v časové rezoluci indikované pro jednotlivé senzory.
* Výstupy musí být zobrazitelné v reálném čase v operačním systému Windows centrálního počítače monitorujícího stav střechy Hi-Tech Pavilonu.
* Sbíraná data musí být ze zařízení v reálném čase přenášena do centrálního PC se systémem Windows. Výstupy z přístrojů do dataloggeru musí být digitální (v komunikačním protokolu SDI-12). Výstupy z dataloggeru musí být do centrálního počítače posílány protokolem TCP/IP (Ethernet).
* Součástí přístrojů musí být software kompatibilní s OS Windows pro vizualizaci a archivaci dat a jejich základní statistické zpracování.
* Míra ochrany minimálně IP 65 a vyšší.

**Požadavky na technické provedení:**

Měření

1. **teploty vzduchu**: rezoluce/přesnost 0.2 °C a jemnější, rozmezí -40 až +65 °C, odezva 3 sekundy a kratší,
2. **vlhkosti** **vzduchu (relativní):** přesnost 2% a jemnější, rozmezí 0-100%, odezva 3 sekundy a kratší,
3. **tlaku vzduchu**: 0.1 hPa, rozmezí 800-1100 hPa, interval 5 sekund a kratší,
4. **směru větru**: 5 stupňů, 0-360 stupňů, interval 1 sekunda a kratší,
5. **síly větru**: 0.5 m/s, 0-70 m/s, interval 1 sekunda a kratší.
6. **Srážkoměr**: musí být schopen rezoluce 0.2 mm s maximální odchylkou – 1 % a menší při srážkách 20 mm/hod a nižších (při srážkách v rozmezí 20-60 mm/hod možná odchylka až 4%).
7. **Radiační bilancoměr:** Přístroj se skládá ze čtyř čidel (dvou pyranometrů a dvou pyrgeometrů), měřících samostatně krátkovlnnou a dlouhovlnnou radiaci dopadající na povrch i odraženou či vyzařovanou povrchem.

Pyranometry:

* Měřené vlnové délky jednotlivých čidel musí pokrývat spektrální rozpětí měřené radiace (50% body pro solární alespoň 385-2105 nm, odražená 295-2685 nm; větší rozpětí je přijatelné).
* Měřitelný rozsah radiace 0-2000 W/m2.
* Rozlišení alespoň 1 mW/m2 a vyšší.
* Přesnost kalibrace do 5 %. Nepřesnost vlivem teploty nejvíce 5 % v rozpětí -15 až 45oC.
* Čidlo na solární radiaci (snímající směrem nahoru) musí snímat prostor polokoule o 180 stupňů, čidlo na odraženou radiaci (snímající směrem dolů) kulovou výseč o 150 stupních.

Pyrgeometry:

* Měřené vlnové délky musí pokrývat spektrální rozpětí měřené radiace (50% body 5 až 30 mikrometrů, větší rozpětí je přijatelné).
* Měřitelný rozsah (bilance) dlouhovlnné radiace -200 až 200 W/m2.
* Rozlišení alespoň 1 mW/m2 či vyšší.
* Přesnost kalibrace do 5 %. Nepřesnost vlivem teploty nejvíce 5 % v rozpětí -15 až 45°C.
* Čidlo na solární radiaci musí snímat prostor polokoule o 180 stupňů, čidlo na odraženou radiaci kulovou výseč o 150 stupních.
* Změny citlivosti do 2 %/rok včetně.

Zpracování dat:

* Výstupy z bilancoměru musí být digitální, v komunikačním protokolu SDI-12.
* Data z čidel musí být na výstupu již zpracována do měření (hodnoty radiace, nikoliv napětí) bez další potřeby kalibrace.
* Výstupy jednotlivých čidel musí být jednotlivě odlišené.
* Režim měření a komunikace s periferiemi musí být konfigurovatelný programovacím jazykem.

**h) poměru toků latentního a citelného tepla:** dva kusy teploměru a vlhkoměru musí být umístěny nad porostem ve výškách odpovídajících měření metodou „bowen ratio,“ t.j. poměr toků latentního a citelného tepla. Vzhledem k rozměrům experimentální plochy se počítá s umístěním měřících bodů do 1,5m výšky nad porost.

**Příslušenství – popis a technické provedení:**

* Stojan s úchyty (z hliníkové slitiny nebo nerezu) sloužící k upevnění čidel v potřebných výškách (od 1 do 2 m) nad povrchem a polohách (bilancoměr přesně vodorovně). Stojan bude nutné zajistit proti vyvrácení kotvící technikou uzpůsobenou pro použití na střešních zelených střechách (např. betonové dlaždice s okem).
* Radiační kryt chránící čidlo na teplotu a vlhkost vzduchu před vlivem slunečního záření.
* Kabeláž pro připojení všech přístrojů do vlastního dataloggeru (komunikační protokol SDI-12), a následně kabelové propojení dataloggeru s LAN modemem (pokud není modem součástí dataloggeru), který bude připojen do místní sítě LAN (Ethernet).
* Kabely pro propojení s elektrickým proudem (230 V AC) a LAN o délce min. 20 m

**Podpůrná složka: Zpracování dat**

**Použití složky:**

Tato složka řídí měření a koordinuje sběr výstupů jednotlivých přístrojů. Dále slouží k archivaci dat a jejich poskytování k vizualizaci v budově.

**Hlavní součásti dodávky:**

* datalogger(y), modem
* příslušenství (kabeláž, přístrojová skříň, apod.)

Specifické požadavky na zpracování dat z jednotlivých přístrojů jsou uvedeny v těchto položkách. Obecné požadavky zde.

**Obecné požadavky pro přístroj:**

* Datalogger(y) musí mít dostatečný počet analogových a digitálních vstupů (v protokolu SDI-12) pro souběžné připojení všech přístrojů a musí dostačovat k jejich ovládání.
* Každým jednotlivým čidlem má být provedeno měření alespoň jednou za dvě minuty, pokud u něj není uvedeno jinak, a naměřená hodnota musí být následně dataloggerem přeposlána k archivaci.
* Dataloger(y) musí shromažďovaná data posílat k archivaci ve formátu TCP/IP (Ethernet), do portů poskytnutých zadavatelem v rozvodné skříni na střeše v počtu ne více než 2 porty.
* Dodavatel zajistí přeposílání dat na vyčleněný počítač v budově HT-Pavilonu; posílání na externí server dodavatele jako mezikrok je možné, pokud bude komunikace s vyčleněným počítačem v budově probíhat šifrovaně. Při zajišťování bezpečné komunikace mezi dataloggerem či externím serverem a tímto vyčleněnám počítačem poskytne zadavatel dodavateli součinnost.
* Veškerá datová kabeláž musí být chráněna podle spec. níže.
* Míra ochrany fyzických součástí IP 65 a vyšší.