

## Wykaz stanowisk badawczych Instytutu Inżynierii Środowiska wg Katedr

### Opis bazy badawczej Katedry Hydrauliki i Inżynierii Sanitarnej

#### **1.1 Naukowo Badawcza Stacja Wodociągowa**

Stacja wodociągowa SGGW jest układem modelowym, który oprócz dostarczania wody na kampus SGGW, pozwala na wykonywanie badań w szerokim spektrum zagadnień hydrauliczno-technologicznych takich jak: np.:

1. badania oporów hydraulicznych w funkcji przepływów na pracujących ciągach technologicznych (opory aeratorów, oporów złóż filtracyjnych),
2. badania międzyprocesowe jakości wody uzdatnianej,
3. badania technologiczne podatności wody na uzdatnianie na różnych typach złóż filtracyjnych w przezroczystych kolumnach filtracyjnych,
4. badania oporów hydraulicznych różnych, mało średnicowych (do 25mm) kształtek i armatury,
5. badania hydrauliczne wraz z efektywnością napowietrzania aeratorów rurowych z różnymi typami wypełnień,
6. badania efektywności płukania różnych typów złóż filtracyjnych w wyspecjalizowanych kolumnach.



Na terenie stacji zainstalowane są następujące urządzenia pomiarowe:

- elektromagnetyczne mierniki przepływu wody,
- elektroniczne mierniki ciśnienia i różnicy ciśnień,
- elektroniczne mierniki przepływu powietrza, zarówno klinowe jak i masowe,
- elektroniczne sondy pomiaru poziomu zwierciadeł wody w studniach,
- wodomierze śrubowe z elektronicznymi przetwornikami przepływu,
- rotametry itp.

#### **1.2 Laboratorium Hydrauliczne im. Prof. Armanda Żbikowskiego**

Laboratorium Hydrauliczne im. prof. Armanda Żbikowskiego ma powierzchnię ok. 400 m<sup>2</sup> i wyposażone jest w zamknięty obieg wody, pozwalający dzięki podziemnemu zbiornikowi wody pojemności ok. 100 m<sup>3</sup> prowadzić badania bez użycia wody wodociągowej. W Laboratorium znajdują się 4 stanowiska badawcze, zasilane pięcioma pompami o łącznym wydatku ok. 400 l/s. Każde stanowisko wyposażone jest w skalibrowane urządzenia do natężenia przepływu. W zależności od potrzeb możliwe jest sprawna modyfikacja stanowisk i dostosowywanie do konkretnych potrzeb badawczych. Jedno ze stanowisk

stanowi uchylne koryto badawcze, pozwalające prowadzić badania ruchu wody o swobodnym zwierciadle. Koryto ma przekrój prostokątny o wymiarach 0.60m x 0.58m i długość 12m. Koryto umożliwia uzyskiwanie spadków dna w zakresie od -69 ‰ (spadek odwrotny) do 114 ‰. Przestrzeń laboratorium umożliwia prowadzenie prac budowlanych dzięki czemu istnieje możliwość przygotowanie modeli fizycznych budowli hydrotechnicznych, odcinków rzek i kanałów, zbiorników, urządzeń sanitarnych itd. w odpowiednio dużej skali tak, aby wyniki badań charakteryzowały procesy rzeczywiste. Laboratorium posiada własne zaplecze techniczne, magazynowe i dobrze wyposażony warsztat. Pozwala to na samodzielne wykonywanie bardzo precyzyjnych elementów modeli pomiarowych i urządzeń pomiarowych. Stwarza to możliwość indywidualnego podejścia do przygotowania i wyposażenia stanowiska badawczego zgodnie z potrzebami zleceniodawcy.

Laboratorium posiada suwnicę pozwalającą manewrować różnymi wielkogabarytowymi częściami modeli, prototypów modeli dostarczanych przez producentów, czy też elementami fabrycznymi o masie do jednej tony. Dzięki temu skutecznie i sprawnie można manewrować na przygotowanych konfigurowalnych miejscach badawczych. Dzięki autonomicznemu systemowi obiegu wody badania można prowadzić bez ograniczeń czasowych.



(a)



(b)



(c)

Rys. 2 Przykładowe stanowiska badawcze (a – widok ogólny na cztery koryta hydrauliczne, b - stanowisko do badania większych koryt/urządzeń wodnych, c – badania hydrauliczne separatora).

W laboratorium hydraulicznym prowadzone są między innymi:

- hydrauliczne badania laboratoryjne na modelach fizycznych dotyczące funkcjonowania budowli wodnych i obiektów gospodarki wodnej (budowli piętrzących i upustowych, ujęć wodnych),
- weryfikacyjne badania rozwiązań projektowych,
- modelowania procesów przepływu w korytach bez i z roślinnością z dnem stałym i rozmywalnym.

Przestrzeń laboratorium hydraulicznego umożliwia także prowadzenie badań budowli i urządzeń kanalizacyjnych, takich jak:

- skuteczności działania separatorów węglowodorów ropochodnych (koalescencyjne, lamelowe), osadników zawiesiny mineralnej (poziome, wirowe), separatorów z systemem bypass, przepompowni ścieków w budynkach, instalacji kanalizacyjnych ciśnieniowych, zbiorniki retencyjne (metody doboru);
- weryfikacja konstrukcji separatorów z zastosowaniem różnych materiałów, ich wymiarowanie (wkłady koalescencyjne, lamelowe) zgodnie z oczekiwanym efektem skuteczności podczyszczania ścieków.
- wymiarowanie systemów obejściowych (typu bypass) w separatorach do prawidłowego sterowania napływem wód opadowych;
- wsparcie w wymiarowaniu wkładów w separatorach typu lamelowego;
- badania skuteczności separatorów wg normy PN EN 858 w podczyszczaniu ścieków;
- badania przeciążeniowe separatorów (wmywanie zdeponowanego, obliczeniowej pojemności gromadzenia węglowodorów ropochodnych);
- badania skuteczności osadników, przeciążeniowe na wmywanie zdeponowanej zawiesiny;
- badania fizycznych modeli w skali, budowli hydrotechnicznych;
- badania regulatorów przepływu różnego typu (wirowe, korytkowe, rurowe itd.) stosowanych w układach retencji do normalizacji odpływu ścieków do odbiorników czy też instalacji separatorów;
- badania urządzeń pomiarowych grawitacyjnych stosowanych w urządzeniach regulacyjnych;
- badania przepompowni ścieków wg normy PN EN 12050-1.

Laboratorium hydrauliczne dysponuje:

- Aparaturą pozwalającą w sposób ciągły prowadzić i rejestrować punktowe pomiary prędkości średnich w strumieniu wody oraz chwilowe wartości 2 lub 3 składowych,
- Przyrządami do pomiaru i rejestracji głębokości przepływu i ciśnień,
- Przyrządami do ciągłego pomiaru i rejestracji topografii dna,

### **1.3 Laboratorium Chemii i Technologii Wody i Ścieków**

Laboratorium Chemii i Technologii Wody i Ścieków wyposażone jest w aparaturę pomiarową oraz przygotowawczą do analizy fizykochemicznej wody i ścieków oraz do prowadzenia badań naukowych nad jednostkowymi procesami ich oczyszczania, jak również badań technologicznych przedprojektowych oraz weryfikacyjnych. Są to między innymi spektrofotometry, pH-metry, konduktometry, wagi, suszarki i piec, wirówka, mineralizator, wytrząsarki, szafy termiczne, zestawy do pomiaru BZT i całkowitej biodegradacji beztlenowej związków organicznych, stanowiska laboratoryjne do badania procesu filtracji, koagulacji, sorpcji, dezynfekcji, wymiany jonowej oraz separacji membranowej MF/UF i NF.

Laboratorium wyposażone jest m.in. w:

- spektrofotometr DR 1900 HachLange,
- spektrofotometr DR 2500VIS - Odyssey HachLange,
- spektrofotometr DR 2000VIS HachLange,
- mętnościomierz 2100N IS HachLange,
- dwa mierniki BZT: OXITop Control 12 i Lovibond Sensor-IR z szafą termostatyczną 20°C,
- waga analityczna Sartorius CP324S-OCE i waga techniczna Radwag WTB2000,
- pH-metr Eutech Instrument, konduktometr Eutech Instruments,

- termoreaktor suchy 25 miejscowy HachLange,
- wirówkę MPW-211, wytrząsarka orbitalna Elmi Shaker DOS-10M z szafką termiczną POL-EKO (4-40°C),
- koagulator laboratoryjny VELP FC6S-JarTest, koagulator przenośny VELP FC4S-JarTest,
- suszarkę laboratoryjną, piec muflowy,
- dwa inkubatory bakteriologiczne 25 miejscowe Hach Lange
- spektrofotometr absorpcji atomowej AAS PG 990 PGIstruments (analiza płomieniowa i w piecu z kuletą grafitową).

#### **1.4 Pracownia Jakości Wody**

Pracownia Jakości Wody wyposażone jest w następującą aparaturę:

- spektrofotometr DR5000 UV-VIS HachLange,
- spektrofotometr DR 2800VIS HachLange,
- mętnościomierz 2100N IS HachLange,
- miernik BZT OXITop Control 12 z szafką termostatyczną ST3/A/40,
- laboratoryjny analizator ogólnego węgla organicznego HachLange,
- analityczna waga laboratoryjna 220-4M Kern,
- pHmetr Senaion Direct pH 200 Lovibond,
- wieloparametrowy miernik Professional Plus pH/ przewodnictwo/ tlen rozpuszczony/ temperatura,
- mineralizator mikrofalowy Speedway Four 12- stanowiskowy BERGHOF
- termoreaktor suchy 30 miejscowy na 13 mm HachLange
- homogenizator H500
- mikroskop biologiczny E 100
- wirówka MPW-350
- suszarka z wymuszonym obiegiem powietrza
- piec muflowy

## Opis bazy badawczej Katedry Hydrologii, Meteorologii i Gospodarki Wodnej

### **1.1. Automatyczna Stacja Meteorologiczna Ursynów SGGW**

Stacja meteorologiczna zlokalizowana jest przy Centrum Wodnym SGGW. Maszt pomiarowy, który znajduje się na stacji jest wyposażony jest w czujniki do gradientowego pomiaru:

- temperatury powietrza,
- wilgotności względnej powietrza.

Na poziomach 5 m oraz 25 m znajdują się dodatkowo czujniki promieniowania słonecznego całkowitego oraz anemometr akustyczny 2D do pomiaru prędkości i kierunku wiatru.

Na terenie stacji, poza masztem prowadzone są także pomiary:

- temperatury i wilgotności powietrza w standardowej klatce meteorologicznej,
- pomiary temperatury gruntu,
- wysokości i natężenia opadu atmosferycznego.

Wyposażenie stacji umożliwia monitoring i zbieranie danych o:

- pionowym gradiencie temperatury i wilgotności powietrza na potrzeby analizy dynamiki atmosfery i wymianie masy (pary wodnej) i energii w warstwie przygruntowej,
- temperaturze powietrza na potrzeby analizy zmian klimatu lokalnego,
- elementów meteorologicznych na potrzeby opracowania związków między stężeniem zanieczyszczeń a warunkami meteorologicznymi,
- elementów meteorologicznych na potrzeby analizy warunków biometeorologicznych.

Pomiary na stacji, w obecnej lokalizacji (wcześniej Wolica, obecnie Ursynów – kampus SGGW) obejmują okres od roku 1959. Od roku 1993 wprowadzono automatyczny system pomiarów i zbierania danych a od roku 2010 stacja została przeniesiona do Centrum Wodnego.

Dane meteorologiczne mierzone są z krokiem czasowym 6 min natomiast archiwizowane są wartości średnie godzinne.

Współrzędne geograficzne stacji:

Wysokość     H=102,5 m n.p.m.

Szerokość      $\Phi_N=52^\circ 09' 38''$

Długość        $\lambda_E=21^\circ 02' 52''$



Automatyczna Stacja Meteorologiczna Ursynów SGGW



Maszt meteorologiczny: widok ogólny i czujniki do gradientowego pomiaru temperatury i wilgotności powietrza

## Opis bazy badawczej Katedry Teledetekcji i Badania Środowiska

### **1. Laboratorium Biologii Sanitarnej, lab. 325/bud. 33**

W Laboratorium prowadzone są badania mikrobiologiczne oraz hydrobiologiczne. Obecnie wyposażone jest w podstawowy sprzęt umożliwiające pobór próbek oraz ich analizę laboratoryjną. W ramach prac badawczych współpracuje z Laboratorium Monitoringu Wód Powierzchniowych Centrum Wodnego. Pracownicy są przeszkoleni w obsłudze posiadanego sprzętu i mogą przeprowadzić szkolenia z jego obsługi. Mogą także prowadzić konsultacje i wykonać usługi analityczne z jego wykorzystaniem.

#### **Wykaz sprzętu:**

##### **1.1. sprzęt do poboru próbek środowiskowych:**

Laboratorium posiada sprzęt umożliwiający pobór próbek środowiskowych, w tym wody, osadów dennych, fitoplanktonu, bezkręgowców bentosowych oraz powietrza do analiz mikrobiologicznych. Są to: batometr Patalasa, batometr Ekmana (Hydro-Bios), czepaki, siatka planktonowa (oczka 25  $\mu\text{m}$ , firmy Hydro-Bios), siatka bentosowa (25cm, oczka 0,5mm), sito bentosowe, kasarek, pobornik rdzeniowy typu Kajak, mikrobiologiczny pobornik powietrza (Mas-100 Eco, Merck).

##### **1.2. mierniki terenowe cech wody:**

Ze względu na konieczność wykonywania podstawowych pomiarów jakości wody w trakcie poboru próbek, laboratorium jest w posiadaniu także krążka Secchiego (Hydro-Bios) i multimiernika (pH/EC/temp) oraz kajaka pneumatycznego, umożliwiającego pobranie prób z różnych lokalizacji zbiornika wodnego.

##### **1.3. analiza mikroskopowa próbek:**

Próbki organizmów (drobnoustroje, bentos, plankton) mogą być analizowane metodami mikroskopowymi. Laboratorium wyposażone jest w: optyczny mikroskop biologiczny z systemem rejestracji obrazu (Opta-Tech); mikroskop stereoskopowy (Opta\_Tech); mikroskop odwrócony, z możliwością pracy w kontrast-fazie (Opta-Tech, obiektywy 4x, 10x, 40x, 100x); mikroskopy biologiczne, do pracy w świetle przechodzącym (Eduko; obiektywy 4x, 10x, 40x, 60x, 100x). Sprzęt umożliwia analizę morfologiczną organizmów oraz określanie ich przynależności taksonomicznej. Laboratorium posiada także niezbędny sprzęt do ilościowego oznaczania próbek fitoplanktonu, w tym zestawy sedymentacyjne o pojemności 100ml, 50ml, 10ml, 1ml i 0,5ml.

##### **1.4. przygotowanie próbek do analiz mikrobiologicznych i prowadzenie hodowli:**

Wyposażenie laboratorium umożliwia przygotowanie próbek do oznaczeń oraz prowadzenie hodowli mikroorganizmów na podłożach płynnych i stałych. Pomocne są: inkubatory hodowli mikrobiologicznych (praca w temperaturach od 20 do 50°C), inkubator z oświetleniem (możliwość symulacji dnia i nocy, praca w zakresie 0-50°C, suszarka do suszenia próbek lub sterylizacji w suchym powietrzu (do 250°C), autoklaw do sterylizacji w podwyższonym ciśnieniu i parze wodnej (121°C), komora z przepływem laminarnym powietrza do pracy sterylnej, wytrząsarka z płaszczem wodnym, mini-inkubator (20-40°C), waga (dokł. 0,0000 – 60g); pipety zmiennopojemnościowe (0,01-5ml), dozowniki (1-10ml); wirówka do probówek (tzw. vortex).

## 2. Laboratorium Systemów Geoinformacyjnych - s.1.23 b.49 (CW)

Laboratorium jest wyposażone w 18 podstawowych stanowisk komputerowych i dwie stacje robocze z zainstalowaną szeroką gamą programów do analiz przestrzennych i teledetekcyjnych. Wraz z zapleczem technicznym (roz. 3) pozwalają one na zaplanowanie i wykonanie pomiarów terenowych: od etapu pozyskania danych terenowych (w tym z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych), poprzez cały proces fotogrametryczny, aż do finalnego wykorzystania ich w pracach badawczych i rozwojowych. Pracownicy Katedry są przeszkoleni w obsłudze posiadanego oprogramowania są w stanie przeprowadzić szkolenia na poziomie podstawowym jak i zaawansowanym z jego obsługi. Oprócz tego mogą przeprowadzić konsultacje na poziomie zaawansowanym i wykonać usługi analityczne z jego wykorzystaniem.

Oprogramowanie dostępne na podstawowych stanowiskach w laboratorium oraz na stacjach roboczych to:

- QGIS;
- ArcGIS;
- ENVI 5.4 - pakiet edu – 25 licencji;
- R wraz z IDE (integrated development environment) Rstudio;
- pakiet Microsoft Office/LiberOffice;
- Windows 10;
- PIX4D (wersja do zastosowań edukacyjnych/badawczych) - pakiet edu 25 licencji
- Agisoft Metashape – licencja komercyjna
- Faro As-Built Suite w liczbie 14 licencji w trzech modyfikacjach: Faro As-Built for AutoCAD, Faro As-Built for Revit oraz Faro As-Built Modeler
- ECognition – 5 licencji
- Pakiet oprogramowania Hexagon Geospatial w liczbie 5 licencji obejmujący:
  - Imagine Professional (EasyTrace, Vector, ERMapper i część RadarInterpreter'a)
  - Imagine Expansion Pack (AutoSync, VirtualGIS, DeltaCue, OrthoRadar, NITF, StereoSAR DEM i StereoAnalyst dla Imagine)
  - Imagine Photogrammetry (Stereo i dawny LPS Core)
  - Imagine Terrain Editor
  - GeoMedia Professional (GM Grid, Fusion, Transaction Manager, Public Works Manager, Parcel Manager, Transportation Manager)
  - GeoMedia MotionVideoAnalyst
  - ERDAS Apollo Essentials
- Imagine Auto DTM
- ATCOR 4 - oprogramowanie do przeprowadzania korekcji atmosferycznej danych lotniczych
- OceanView – oprogramowanie do spektrometrii
- Pakiet oprogramowania do analizy chmury punktów pozyskiwanych z UAL(iDAR):
  - LiAcquire
  - LiDAR360

Oprogramowanie QGIS oraz ArcGIS służy do wykonywania analiz danych przestrzennych wektorowych jak i rastrowych oraz podstawowych analiz teledetekcyjnych. ENVI jest specjalistycznym programem do podstawowych oraz zaawansowanych analiz teledetekcyjnych. R to interpretowany język programowania



oraz środowisko do obliczeń statystycznych i wizualizacji wyników. Wraz z IDE RStudio pozwala on przeprowadzenie i zautomatyzowanie analiz praktycznie wszystkich typów danych.

Stacje robocze pozwalają na sprawną analizę dużych zbiorów danych dzięki zainstalowanemu hardware'owi, na który składa się:

#### Stacja Robocza 1

- + Intel Xeon E-5-2667 v4
- + 64 GB RAM
- + 0.47 TB dysk SSD – systemowy
- + 1.39 TB SSD macierz RAID 0
- + Nvidia RTX 2080 Super

#### Stacja Robocza 2

- + Intel Xeon Gold 5218R
  - + 192 GB RAM
  - + 1.86 TB dysk SSD [NVMe] - systemowy
  - + 7.27 TB dysk HDD - magazyn danych
  - + Nvidia Quadro RTX 5000 (16GB / 3072 potoki obliczeniowe / 384 rdzenie obliczeniowe dedykowane uczeniu maszynowemu / sieciom neuronowym)
- Istotny software

### **3. Zaplecze techniczne - pomieszczenie magazynowe 0.14 b.49 CW**

Oprócz laboratoriów Katedra dysponuje szerokim zapleczem technicznym do pomiarów terenowych. Ze względu na zastosowanie (odzwierciedlające interdyscyplinarny charakter badań prowadzonych w Katedrze) dostępny sprzęt można podzielić na podgrupy opisane szczegółowo poniżej. Pracownicy Katedry są przeszkoleni z obsługi posiadanego sprzętu i mogą wykonać usługi badawcze i analityczne z jego wykorzystaniem. Ponadto, wyłączając platformy UAV (których obsługa wymaga uprawnień uzyskanych po zdaniu państwowego egzaminu), pracownicy są w stanie przeprowadzić szkolenie z obsługi posiadanych urządzeń.

#### **3.1. Sprzęt do pomiarów parametrów biofizycznych roślinności**

Zestaw czujników terenowych pozwala na wyznaczenie takich parametrów roślinności jak: LAI (ang. Leaf Area Index - wskaźnik pokrycia liściowego), PAR (ang. Photosynthetically Active Radiation - promieniowanie fotosyntetycznie aktywne), fAPAR (część PAR wykorzystana przez roślinność w procesie fotosyntezy) i zawartość chlorofilu. Parametry te pozwalają na określenie zarówno struktury (zagęszczenia) jak i kondycji roślinności, które mogą być następnie wykorzystane do określania np. możliwości wychwytywania przez roślinność pyłów zawieszonych oraz do oceny stanu zachowania ekosystemów. Pomiar jest możliwy dzięki następującym urządzeniom:

- LAI-2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR Biosciences GmbH);
- AccuPar LP-80 (Decagon Devices, Inc.);

- System SunScan do pomiaru promieniowania PAR oraz indeksu LAI z zewnętrznym czujnikiem promieniowania BF5 wyposażonymi w moduły radiowe do bezprzewodowej komunikacji (Delta-T Devices, Ltd.)
- CCM-300 (Opti-Sciences, Inc.)

### **3.2. Sprzęt do pomiarów GNSS**

Zestaw precyzyjnych odbiorników GNSS w technologii RTK (ang. Real Time Kinematic) pozwala na pomiary pozycji i rzędnej terenu z dokładnością centymetrową. W posiadaniu Katedry znajduje się sprzęt firmy TOPCON, w postaci odbiorników GNSS otrzymujących poprawki korekcyjne wyznaczone z wykorzystaniem systemów GPS i GLONASS: GR3 szt 1; GRS-1 szt 2.

### **3.3. Sprzęt do spektrometrii polowej i laboratoryjnej**

Podstawowym urządzeniem do spektralnych pomiarów terenowych jest spektrometr ASD FieldSpec3 (ASD Inc., Longmont, CO, USA), który pozwala na pomiary refleksyjności w zakresie 350-2500 nm w terenie jak i w laboratorium. Oprócz tego Katedra dysponuje dwoma spektrometrami USB 2000+ (Ocean Optics, Inc., USA), do pomiaru radiancji w zakresie długości fal od 400 nm do 1000 nm, z rozdzielczością 0.1 nm mogącymi wykonywać pomiary w sposób ciągły po podłączeniu do komputera przez złącze USB. Wyniki pomiarów mają spektralnych mogą służyć jako referencja do pomiarów lotniczych lub baza do modeli wybranych elementów środowiska (np.: jakość wody, kondycja roślin, zasobność gleby itp..). Spektrometr ASD FieldSpec3 jest wyposażony w sondę kontaktową pozwalającą na pomiary powierzchni stałych (np. minerałów) z dodatkowym uchwytem (ang. Leaf Clip) do pomiarów liści. Sonda kontaktowa jest wyposażona w swoje źródło światła przez co pozwala na wykonanie pomiarów niezależnie od warunków oświetlenia.

### **3.4. Platformy UAV wraz z wyposażeniem w kamery/czujniki**

W zakresie platform UAV do dyspozycji są:

- [1] DJI Mavic 2 Pro wyposażony w kamerę RGB
- [2] DJI Phantom 4 Advance wyposażony w kamerę RGB
- [3] DJI Matrice 600
- [4] DJI S1000+ z autopilotem PIXHAWK o wysokim stopniu swobody w zakresie programowania tras lotu, wyposażony w jednoczęstotliwościowy system GNSS RTK

Jednostki [1] i [2] służą do samodzielnego (bez osprzętu dodatkowego) wykonywania zautomatyzowanych lotów fotogrametrycznych wedle zaplanowanych tras nalotu. Oprogramowanie do planowania lotów jest oprogramowaniem bezpłatnym. Ponadto wymienione jednostki umożliwiają przesłanie prowadzenie prac inspekcyjno-rozpoznawczych w czasie rzeczywistym za sprawą ruchomego stabilizatora kamery i możliwości przesłania obrazu do kontrolera (telefonu komórkowego). Powyższa funkcjonalność również realizowana jest z użyciem oprogramowania bezpłatnego.

Jednostki [3] i [4] samodzielnie stanowią wyłącznie nośnik aparatury o różnym przeznaczeniu. Aktualnie [3] jest wyposażona w stabilizator trzyosiowy Gremsy zdolny do przenoszenia kamery hyperspektralnej SENOP HSI-2. Ponadto jednostka [3] posiada zamienną płytę mocowania umożliwiającą przenoszenie jednoobciskowego skanera laserowego (LiDAR) Green Valley International LiAir S50, kamery wielospektralnej Parrot Sequoia oraz stabilizatora z radiometryczną kamerą termalną Optris PI 640.

Posiadana baza sprzętowo-programowa umożliwia pełny zakres badań środowiskowo-inżynierskich w zakresie monitoringu wizyjnego, prowadzenia dokumentacji fotograficznej czy też analizy zmian pokrycia i rzeźby terenu. Dodatkowo w zakresie prowadzenia dokumentacji/badań z wykorzystaniem zobrażeń w świetle widzialnym/wielospektralnych/termalnych możliwe jest uzyskanie produktów kartometrycznych (ortofotomap) dzięki dostępowi do specjalistycznego oprogramowania fotogrametrycznego.

### **3.5. Stacje meteorologiczne**

Katedra dysponuje szerokim zestawem czujników i stacji meteorologicznych. Od najprostszych czujników do pomiaru temperatury i wilgotności powietrza, poprzez przenośne stacje meteorologiczne (pomiar: temperatury powietrza, wilgotności powietrza, ciśnienia atmosferycznego, prędkości i kierunku wiatru, opadu i promieniowania słonecznego) aż do zaawansowanego technicznie systemu do pomiaru strumieni CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O z zastosowaniem metody kowariancji wirów. Katedra dysponuje:

- czujnikami temperatury i wilgotności powietrza HOBO U23 Pro v2 (Onset Computer Corporation, USA) oraz termohigrometrami (Vaisala, Finlandia);;
- stacjami meteorologicznymi Vantage Pro2 (Davis Instruments Corporation, USA);
- stacją do pomiarów kowariancyjnych składającą się z:
  - szybkiego analizatora gazowego z zamkniętą ścieżką pomiarową Li-7200 (Li-Cor, Inc., USA);
  - anemometru ultradźwiękowego WindMaster Pro (Gill Instruments Ltd, Anglia);
- czujnikami do pomiaru promieniowania:
  - radiometr CNR4 (Kipp & Zonen B.V., Holandia);
  - czujnik PQS1 (Kipp & Zonen B.V., Holandia).

### **3.6. Inne**

Oprócz wyżej wymienionych dodatkowo katedra dysponuje:

- sondą do pomiaru wilgotności gleby metodą TDR (E-TEST SP. Z O.O., Polska);

## **Opis bazy badawczej Katedry Kształtowania Środowiska**

### **1. Pracownie fizyki ośrodków porowatych**

Budynek 33 sala 327, 328

Budynek 49 sala 018

- Pomiar i analiza właściwości cieplnych gleb i materiałów sypkich.  
Sondy termiczne firmy Hukseflux, Decegon
- Określanie zawartości substancji organicznej w utworach glebowych  
Stanowisko do spalania utworów glebowych w piecu muflowym
- Ocena zdolności retencyjnych utworów glebowych i innych materiałów  
Blok pyłowy i zestaw komór ciśnieniowych do oznaczania krzywej pF firmy Soil Moisture

- Monitoring uwilgotnienia gleb  
Aparaty TDR [Time-Domain Reflectometer] firmy E-ASY Test
- Pomiar i analiza napięcia powierzchniowego cieczy i kąta zwilżania metodą osadzonej kropli. między fazą stałą a ciekłą  
Goniometr optyczny CAM 100; Urządzenie DCAT 21 firmy Dataphysics (Dynamic Contact Angle Meter i Tensjometr
- Określenie emisji CO<sub>2</sub> z utworów porowatych  
System ADC Bioscientific –respiracja gleb metodą komorową

## **2. Pracownia ekotechnologii**

Budynek 49 sala 2.12

- Określanie zdolności materiałów do usuwania fosforu z wód i ścieków w warunkach statycznych i dynamicznych
- Określanie ilości fosforu odpływającego z różnych materiałów metodą pośrednią i bezpośrednią.  
Wielourządzeniowe stanowisko do badań z analizatorem przepływowym FIAStar
- Ocena efektywności przydomowych oczyszczalni ścieków – badania laboratoryjne i terenowe  
Zestaw OxiTop; sondy pH, EC, O<sub>2</sub>, zestaw do filtracji próżniowej, zestaw do sedymentacji osadu, analizator przepływowy, spektrofotometr
- Badanie retencyjności dachów zielonych / ogrodów deszczowych w różnych konfiguracjach w warunkach rzeczywistych  
Modele dachów zielonych, sondy wilgotności, temperatury, diversity
- Określanie parametrów substratów dachów zielonych / ogrodów deszczowych
- Opracowanie składu substratów w zależności od oczekiwanych efektów  
Zestaw do analizy sitowej, hydrometr

## **3. Pracownia nawodnień i odwodnień**

Budynek 49 sala 2.22

- Pomiar uwilgotnienia i ocena parametrów przepływu wody w ośrodkach gruntowych w warunkach laboratoryjnych (symulowanych)
- Generalna ocena stopnia zanieczyszczenia ośrodka glebowo- gruntowego  
Zestaw mierników i sond do pomiaru uwilgotnienia, potencjałów macierzystych, temperatury i zasolenia ośrodków porowatych – systemy pomiarowe do obserwacji przepływu wody w kolumnach glebowych pod wpływem symulowanego opadu w warunkach laboratoryjnych.
- Ocena wstępna składu mechanicznego i gatunku gleby  
Zestaw mini sit - zestaw mini sit do ręcznego przesiewania w terenie
- Ocena głębokości zalegania wód gruntowych z możliwością pomiaru ciągłego  
Zestaw do pomiaru zwierciadła wody gruntowej
- Profilowany pomiar ciągły uwilgotnienia gleb w warunkach terenowych

Zestaw mierników i sond do pomiaru wilgotności w terenie - zestaw mierników i sond do pomiaru wilgotności w terenie FP/mts, D-log., z możliwością doładowania przy pomocy baterii słonecznych .

#### 4. Pracownia chemii wód i osadów ściekowych

Budynek 49 sala 1.22

- Stanowisko do pomiaru zawartości rtęci w próbkach środowiskowych

Analizator Rtęci AMA 254

Analizator rtęci AMA 254 jest spektrometrem absorpcji atomowej zaprojektowanym do oznaczania całkowitej zawartości rtęci. Wykorzystuje on łatwość, z jaką rtęć uwalnia się ze swoich związków (organicznych i nieorganicznych), przechodząc do formy atomowej, dzięki temu możliwe jest oznaczenie rtęci całkowitej, niezależnie od postaci jej występowania. **AMA 254** jest to dedykowany spektrometr absorpcji atomowej do oznaczania rtęci w próbkach stałych i ciekłych wykorzystujący technikę amalgamacji. Najważniejszą zaletą tego aparatu jest to, że nie wymaga wcześniejszej mineralizacji próbki.



- Stanowisko do mineralizacji próbek środowiskowych

Mikrofalowy system do roztworzenia prób – Start D, (Milestone)



-Stanowisko do pomiaru zawartości węglanów.

Aparat do oznaczania zawartości węglanów metodą Scheiblera

Metoda Scheiblera należy do metod objętościowych. Analiza zawartości węglanu wapnia polega na oznaczeniu objętości dwutlenku węgla wydzielonego z rozkładu  $\text{CaCO}_3$  podczas działania na glebę 10% HCl. Metoda Scheiblera jest wystarczająco dokładna i szybka, dlatego najczęściej stosuje się ją do oznaczania węglanów.



- Stanowisko do oznaczania azotu

Automatyczny zestaw do oznaczania azotu metodą Kjeldahla

Metoda Kjeldahla składa się z trzech głównych etapów: mineralizacji, destylacji i miareczkowania. Pozwala na oznaczenie w próbkach azotu.



## Inna Aparatura należąca do Katedry Kształtowania Środowiska

### 1) System WinRhizo (Regent Instrument, Kanada)

System ten służy do pomiarów parametrów biometrycznych korzeni. Bryła korzeniowa jest skanowana w wysokiej rozdzielczości. Zeskanowany obraz jest następnie poddawany analizie za pomocą oprogramowania. Najważniejsze parametry to długość korzeni, ich powierzchnia, średnica (można przeprowadzić „klasyfikację” korzeni) oraz objętość. Choć sam system jest stacjonarny, to same próbki mogą pochodzić zarówno z eksperymentów laboratoryjnych, jak i terenowych.

### 2) Sonda ProCheck (Decagon, USA)

Jest to aparat służący do pomiaru wilgotności gleby, jej zasolenia oraz aktualnej temperatury. Urządzenie jest przenośne, może być wykorzystywane zarówno przy pracach laboratoryjnych, jak i terenowych. Pomiar wykonywany jest za pomocą techniki TDR. Metoda ta jest obecnie zaliczana do jednej z bardziej powszechnych technik wykorzystywanych do pomiaru i monitorowania uwilgotnienia w profilu glebowym. Jest to nowoczesna i popularna metoda wykorzystująca zależności pomiędzy właściwościami dielektrycznymi gleby ( $K_a$ ) a jej uwilgotnieniem. Ponieważ woda ma największą wartość stałej dielektrycznej, jej zawartość ma decydujący wpływ na wartość stałej dielektrycznej w danej glebie. Zależność ta pozwoliła skorelować wilgotność gleby ze zmianą wartości stałej dielektrycznej

### 3) Opór gleby na stożku

W Katedrze Kształtowania Środowiska istnieje możliwość pomiarów zwięzłości na podstawie oporu, jaki stawia gleba na stożku miernika – Penetrometru FieldScout SC 900 (Spectrum Technologies, Inc. USA).

SC 900 mierzy głębokość zanurzenia za pomocą ultradźwiękowego czujnika głębokości. Czujnik umożliwia pomiar co jeden cal (2,5 cm). Wartości wskaźnika stożka dla każdego punktu może być zapisywana w PSI lub kPa.



Rycina 6. Penetrometr Fiel

## Opis bazy badawczej Katedry Inżynierii Wodnej i Stosowanej

**1. Akustyczny Dopplerowski Przepływomierz Profilujący (ADCP)- Stream Pro (firma Teledyne)** Urządzenie do pomiaru prędkości wody w ciekach płynących i określania przepływu w zadanym przekroju rzeki. Wyznacza również przekroje poprzeczne cieków. Zakres pomiarowy od 30cm do 2m głębokości cieku.





## 2. Mastersizer 2000 (firmy Malvern Mastresizer) – dyfraktrometr laserowy

Pomiar wielkości cząstek w płynach lub powietrzu. Zakres pomiarowy od 0,01 ÷ 2000 mikrometra.



## Opis stanowisk badawczych Katedry Sztuki Krajobrazu

### **1. Pracownia rysunku i rzeźby**

- budynek 13: pomieszczenia nr 5, 37

#### **1.1. Pracownia rysunku**

Pracownia rysunku umożliwia prowadzenie ćwiczeń z rysunku, studium natury, zadań tematycznych, projektowych, fotograficznych i wykładów.

Na stanie pracowni są:

- Sztalugi
- Podkłady
- Lampy fotograficzne
- Rzutnik



#### **1.2. Pracownia rzeźby**

Pracownia rzeźby umożliwia przeprowadzanie ćwiczeń z zakresu modelowania rzeźby, rysunku, studium natury, zadań tematycznych, projektowych i fotograficznych.

Na stanie pracowni są:

- Kawalety
- Sztalugi
- Podkłady
- Glina



### **2. Pracownia mikroskopowo- fotograficzna**

- budynek 13: pomieszczenia nr 33

Stanowisko pracowni mikroskopowo-fotograficznej umożliwia przeprowadzanie identyfikacji, fotografowania i filmowania małych obiektów, takich jak owady, inne stawonogi, rośliny oraz ich części, a także drobne przedmioty mechaniczne, itp.

#### **2.1. Stanowisko do identyfikacji oraz fotografowania małych przedmiotów**

W skład stanowiska wchodzi:

- Komputer z oprogramowaniem: DLT-Cam Viewer, wersja x64, 4.10.17309.20200616
- Mikroskop stereoskopowy Delta Optical IPOS-810
- Kamera mikroskopowa DLT-cam PRO 20MP USB3.0 DLTA20000CMOSSEU3

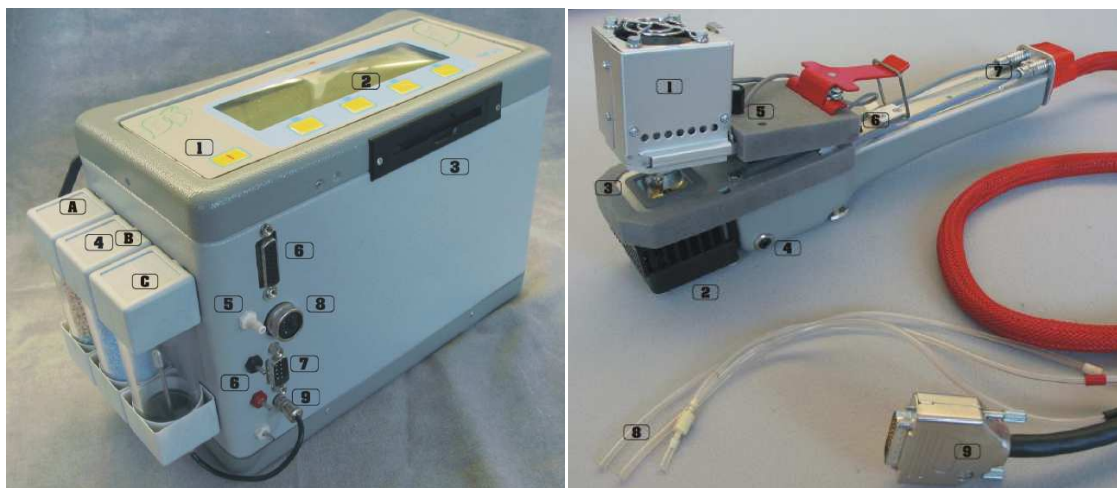


### Aparatura na stanie CW, pracownia zlikwidowana

#### **System do pomiarów procesów fotosyntezy**

##### 1) Analizator gazów Lcpro+ (ADC Bioscientific Ltd., USA)

System LCpro+ jest zaprojektowany do wykonywania dokładnych badań fotosyntezy i transpiracji przy jednoczesnej kontroli środowiska wewnątrz komory pomiarowej liści. Komora pomiarowa liści w systemie LCpro+ zawiera w sobie system analityczny mierzący CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O. Pomiary CO<sub>2</sub> wykonywane są za pomocą zminiaturyzowanego analizatora gazu w podczerwieni, natomiast H<sub>2</sub>O poprzez czujniki odparowania. Oprócz wymiany gazowej, automatycznie mierzone są również inne istotne parametry. Podczas wykonywania pomiarów w systemie LCpro+ można zaprogramować automatyczne utrzymywanie ustalonego środowiska w komorze pomiarowej. Kontrolowane mogą być: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, naświetlenie i temperatura.



Rycina 1. System do pomiaru wymiany gazowej Lcpro+ (fot.: materiały producenta)

##### 2) Fluorymetr Os5p (Opti-Sciences, USA)

Modulowany fluorometr OS5p to wielofunkcyjny, przenośny przyrząd pomiarowy przeznaczony do precyzyjnego pomiaru fluorescencji chlorofilu. Urządzenie zapewnia dwie techniki pomiaru tego zjawiska, przez co jest bardzo wszechstronnym aparatem. Z jednej strony system oferuje najnowocześniejszy fluorymetr z detekcją impulsową (ang. Pulse amplitude modulated – PAM), który pozwala na przeprowadzenie niezwykle elastycznej serii testów w bardzo zmiennych warunkach środowiskowych. Z drugiej strony aparat ten pozwala na wykonanie pomiarów testem JIP (OJIP), który jest używany do dodatkowej analizy stresu u roślin. System jest prosty w obsłudze, lekki i zasilany bateryjnie, co czyni go doskonałym wyborem do badań terenowych.



Rycina 2. Fluorymetr Os5p (fot.: P. Dąbrowski)

### **System do kontroli stanu roślin**

#### 3) Chlorofilomierz CCM-200 (ACD Bioscientific Ltd., Wielka Brytania)

Chlorofilomierz CCM-200 (ACD Bioscientific Ltd., Wielka Brytania) jest przenośnym aparatem służącym do pomiarów indeksu zieloności (chlorophyll content index – CCI). Prezentowany aparat pomiarowy określa zawartość chlorofilu w tkankach liścia, wykorzystując do tego zjawisko absorpcji fal świetlnych. Do oznaczeń absorpcji są stosowane dwie długości fal. Jedna w zakresie absorpcji chlorofilu *a*, druga służy do wyrównania różnic mechanicznych, takich jak grubość tkanki. Wartość indeksu zieloności Chlorofilomierzem CCM-200 jest proporcjonalna do ilości chlorofilu w próbkach oznaczanych laboratoryjnie metodą destrukcyjną. Jest to parametr powszednie uznawany za miarodajny wskaźnik oddziaływania czynnika stresowego na roślinę. Należy podkreślić, że urządzenie pozwala na wykonywanie dużej liczby pomiarów zarówno w warunkach środowiska kontrolowanego (laboratorium, szklarnia), jak i w warunkach polowych. Średnica okienka pomiarowego wynosiła 9,5 mm.



Rycina 3. Chlorofilomierz CCM-200 (Opti-Science, USA, fot.: materiały producenta)

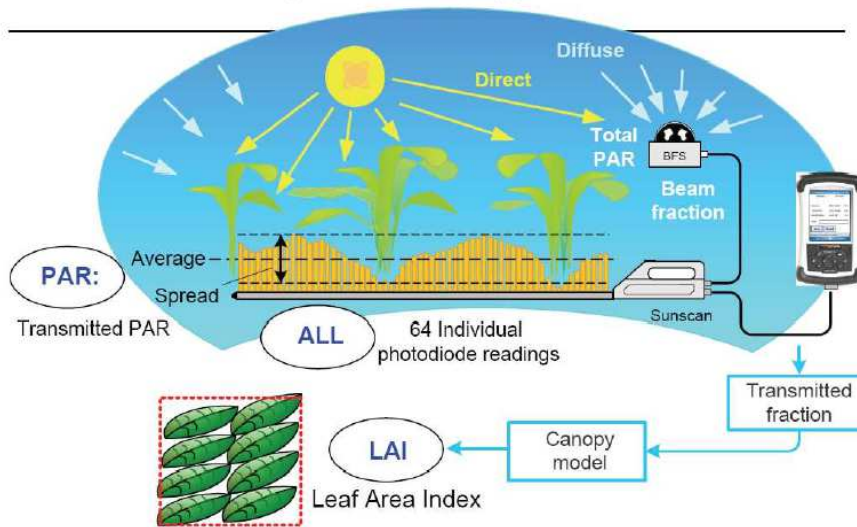
#### 4) Konsole do pomiarów ciśnienia ssącego

Do pomiarów ciśnienia ssącego liści w Katedrze Kształtowania Środowiska są wykorzystywane dwie konsole: PWSC 3000 i PWSC 3115 (Soilmoisture Equipment Corp., U.S.A). W obu aparatach zestaw pomiarowy składa się z cylindra, w którym umieszcza się badaną roślinę, zasilania sprężonym powietrzem oraz manometru wskazującego aktualne ciśnienie w cylindrze.

### System do określania parametrów środowiska

#### 5) SunScan (Delta-T Device Ltd., Wielka Brytania)

System SunScan Canopy Analyzer (Delta-T Device Ltd., Wielka Brytania) jest opracowany do pomiaru współczynnika ulistowienia łąnu (ang. Leaf Area Index, LAI). Urządzenie to analizuje rozproszone promieniowanie słoneczne docierające na dno zbiorowiska roślinnego, które jest porównywane do promieniowania słonecznego całkowitego padającego na górną warstwę zbiorowiska roślinnego. Promieniowanie słoneczne docierające na dno zbiorowiska roślinnego jest mierzone za pomocą 64 fotodiod rozmieszczonych równomiernie w lasce pomiarowej o długości 1 m. Promieniowanie padające na górną warstwę zbiorowiska roślinnego jest mierzone czujnikiem BFS 3, które ma 5 fotodiod, z czego jedna jest cały czas zacieniona. Rozwiązanie to pozwala na wydzielenie bezpośredniego i rozproszonego promieniowania słonecznego. Zarówno sonda SunScan jak i czujnik BF3 mogą być wyposażone w moduły radiowe do bezprzewodowej komunikacji, co ułatwia znacznie obsługę systemu.



Rycina 4. pomiaru współczynnika LAI systemem SunScan (materiały producenta)

#### 6) WinDias (Delta-T Devices, Ltd., Wielka Brytania)

System WinDIAS 3 wykorzystuje kolorową cyfrową kamerę wideo USB2 do analizy obrazu na komputerze PC. Został zaprojektowany do pomiarów powierzchni zdrowych i chorych liści roślin. Szybki pomiar dużych ilości liści jest możliwy dzięki opcji przenośnika taśmowego. Można zmierzyć stosunek chorej powierzchni liści do powierzchni całkowitej. Po wykonaniu zdjęcia dalszą analizę obrazu można przeprowadzić na obrazach statycznych bez przenośnika. Dostępne są proste funkcje analizy kształtu, w tym: długość, szerokość, obwód, obszar, kąty, środek ciężkości, współczynnik kształtu, rozkład wielkości i liczba obiektów. Potrafi liczyć nasiona i inne objekty

WinDIAS 3 może łączyć się bezpośrednio z cyfrową kamerą wideo USB2. Może również importować obrazy zapisane do pliku przez inne urządzenia do przetwarzania obrazu, takie jak cyfrowe aparaty fotograficzne lub skanery, pod warunkiem, że obraz jest w formacie jpeg, tiff lub bitmapy. WinDIAS może przetwarzać obrazy z szeregu mikroskopów optycznych i elektronowych, kamer i skanerów – niektóre bezpośrednio, niektóre za pośrednictwem importowanych obrazów, pod warunkiem, że są one w odpowiednich formatach plików graficznych.



Rycina 5. System WinDias (fot.: materiały producenta)