

**System do monitoringu komfortu termicznego**  
**ThermCondSys 5500**

**Instrukcja obsługi**

**ADRES**

UL. ODLEWNIKÓW 18  
PL-44-100 GLIWICE  
POLAND

**TELEFONE**

+48-32 237-26-88

**FAX**

+48-32 231-81-19

**E-MAIL**

OFFICE@SENSOR-ELECTRONIC.PL

## 1. WPROWADZENIE

System do monitoringu komfortu termicznego ThermCondSys 5500 służy do pomiaru, kalkulacji i rejestracji parametrów wewnętrznego klimatu w środowisku umiarkowanym, gorącym i chłodnym. System odznacza się następującymi cechami:

- duża mobilność, łatwość przemieszczania
- łatwa i szybka konfiguracja systemu w zależności od potrzeb użytkownika
- niski pobór prądu przy długim czasie rejestracji
- automatyczny tryb uśpienia modułów pomiarowych zwiększający czas pracy przy zasilaniu akumulatorowym
- opcjonalna bezprzewodowa transmisja danych pomiędzy modułami pomiarowymi a komputerem.

System ThermCondSys 5500 spełnia aktualne wymagania następujących norm: PN-EN ISO 7726, PN-EN ISO 7730, PN-EN ISO 7243, PN-EN ISO 7933, PN-EN ISO 9920 i PN-EN ISO 11079.

Umożliwia on ciągły pomiar następujących parametrów:

$t_g$ : temperatura czarnej kuli	PD: przewidywany odsetek niezadowolonych
$t_{nw}$ : naturalna temperatura wilgotna	$t_{WC}$ : temperatura chłodzenia wiatru
$t_a$ : temperatura powietrza	IREQ <sub>min</sub> , IREQ <sub>neut</sub> : wskaźniki wymaganej izolacyjności termicznej odzieży
$t_s$ : temperatura dodatkowa (np. powierzchni)	ICL <sub>min</sub> , ICL <sub>neut</sub> : wymagane bazowa izolacyjność odzieży wg ISO 9920
$v_a$ : prędkość powietrza	DLE <sub>min</sub> , DLE <sub>neut</sub> : dopuszczalne czasy ekspozycji
RH: wilgotność względna	$p_a$ : cząstkowe ciśnienie pary wodnej
$P_b$ : ciśnienie barometryczne	$x$ : współczynnik wilgotności
WBGT <sub>in</sub> , WBGT <sub>out</sub> : wskaźniki środowiska gorącego wewnątrz i na zewnątrz	$\rho$ : gęstość powietrza
SD: odchylenie standardowe prędkości	DEW: temperatura punktu rosy
DR: stopień ryzyka przeciągu	$i$ : entalpia dla powietrza wilgotnego
Tu: intensywność turbulencji przepływu	$E_{req}$ : wymagana intensywność parowania
$t_r$ : średnia temperatura promieniowania	$E_{max}$ : maksymalna intensywność parowania
$t_o$ : temperatura operacyjna	$W_{req}$ : wymagane nawilgocenie skóry
$t_{ad}$ : temperatura wyrównana	SW <sub>req</sub> : wymagana ilość potu
$t_{eq}$ : temperatura ekwiwalentna	
PMV: przewidywana średnia ocena	

Podstawowe zakresy pomiarowe systemu pomiarowego:

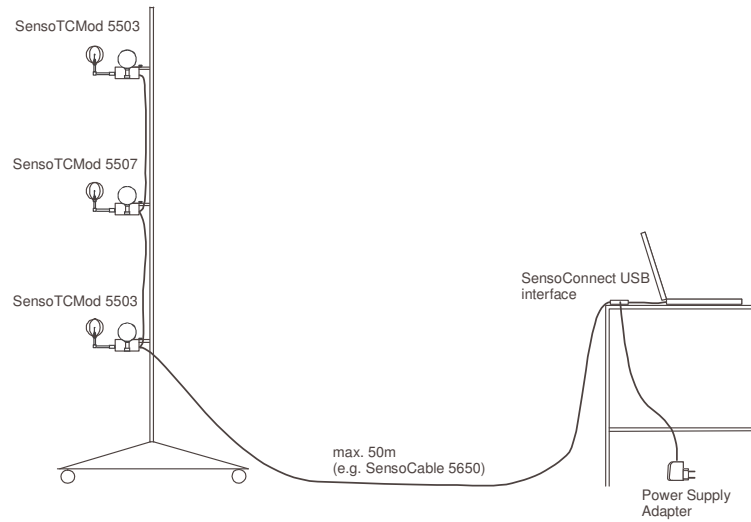
Parametr	Zakres
$t_g$	-25...120 °C
$t_{nw}$	0...50 °C
$t_a$	-25...50 °C
$t_s$	0...200 °C
$v_a$	0.05...5 m/s
RH	0...100%
$P_b$	500...1500 hPa

Zakres wartości parametrów zewnętrznych (wybieranych):

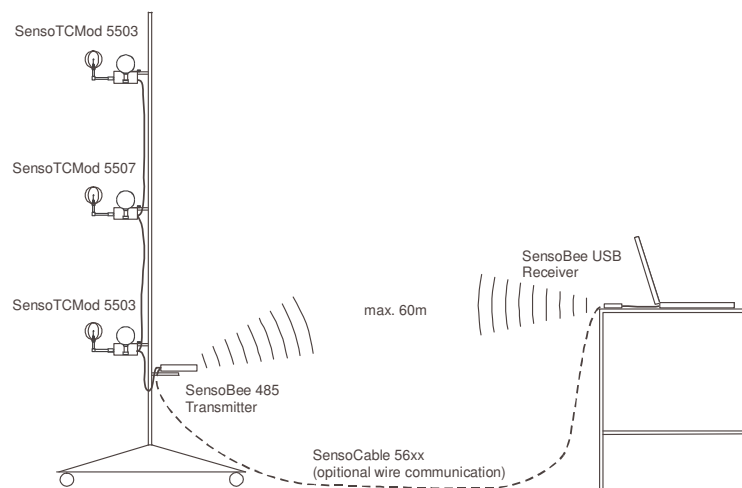
Parametr	Opis	Zakres
$I_{cl}$	Podstawowa izolacyjność odzieży	0...10 clo lub 0...1.55 m <sup>2</sup> K/W
M	Metabolizm	0...10 Met lub 0...580 W/m <sup>2</sup>
W	Wskaźnik pracy mechanicznej	0...10 Met lub 0...580 W/m <sup>2</sup>
$A_r/A_{Du}$	Powierzchnia skóry biorącej udział w wymianie ciepła przez promieniowanie	0.67 ; 0.7 lub 0.77
p	Przepuszczalność powietrza odzieży ochronnej	0...200 l/m <sup>2</sup> s
w	Prędkość poruszania pracownika	0...1.2 m/s

## 2. PRZYKŁADY KONFIGURACJI

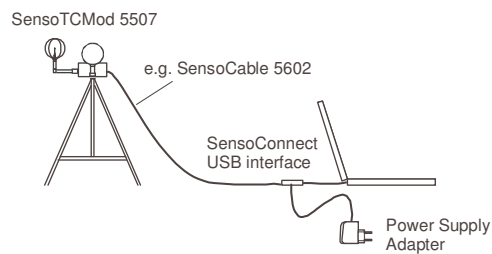
### A. Konfiguracja przewodowa wielopunktowa



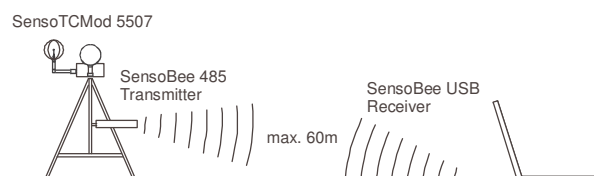
### B. Konfiguracja bezprzewodowa wielopunktowa



### C. Konfiguracja pojedyncza przewodowa



### D. Konfiguracja pojedyncza bezprzewodowa



### 3. MONTAŻ SYSTEMU POMIAROWEGO

- Zamontuj moduły pomiarowe w uchwytach statywu.
- Połącz moduły pomiarowe kablami (np: SensoCable 5601).
- Połącz jeden z modułów pomiarowych z konwerterem SensoConnect USB lub nadajnikiem radiowym SensoBee485.
- Podłącz zasilacz do konwertera SensoConnectUSB lub włącz zasilanie w nadajniku radiowym SensoBee485. Dioda zasilania umieszczona na pokrywie górnej modułu pomiarowego powinna najpierw pusować przez kilka sekund, a następnie świecić się ciągle. Jeśli dioda pulsuje cały czas, to świadczy, że napięcie zasilania jest zbyt małe lub akumulatory zasilające są wyładowane.
- Podłącz konwerter SensoConnect USB lub odbiornik radiowy SensoBee USB do portu USB komputera. Dioda na ścianie tylnej obudowy powinna się świecić ciągle dla SensoConnect USB lub pulsacyjnie dla SensoBee USB.

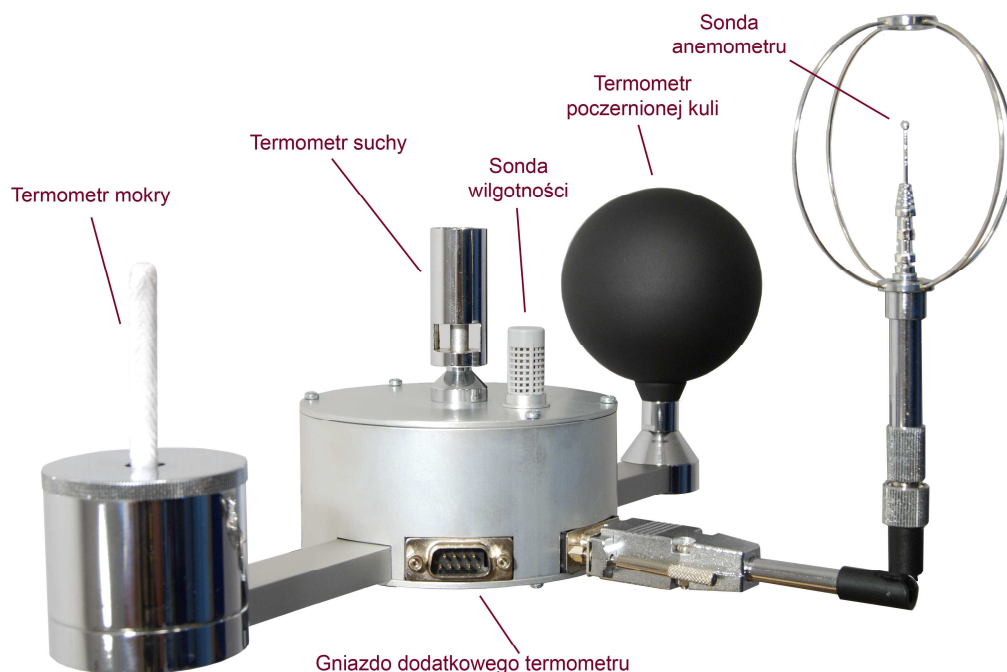
### 4. ELEMENTY SYSTEMU

#### A. Moduł *SensoTCMod 5503 or 5507*

Moduły pomiarowe wykonane są w kształcie walców o wymiarach 100x48mm, w których są umieszczone przetworniki pomiarowe. Czujniki temperatury i wilgotności umieszczone są na górnej pokrywie obudowy, czujniki temperatury naturalnej wilgotnej, czarnej kuli i sonda do pomiaru prędkości powietrza zamontowane są na bocznych wspornikach. Moduł posiada również złącze do dodatkowej sondy temperatury. Może być one wykorzystane np. do pomiaru temperatury powierzchni podłogi. Sonda anemometryczna może być odłączana od modułu pomiarowego i być transportowana, przechowywana lub wzorcowana oddzielnie. Konstrukcja mechaniczna wspornika sondy anemometrycznej umożliwia pomiar w pozycji pionowej, poziomej lub ukośnej. Moduły posiadają uchwyty do mocowania na różnych wysokościach w statywach.

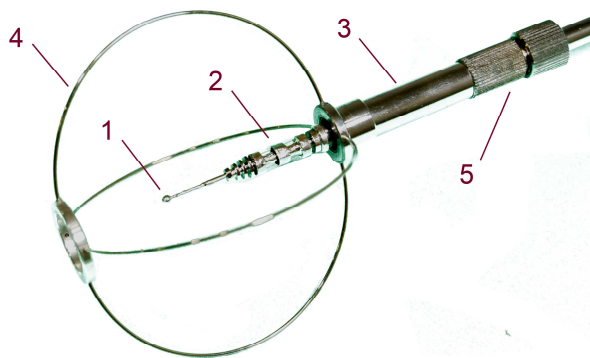
Moduły pomiarowe mogą być wyposażone w następujące sondy:

- sonda anemometryczna
- sonda temperatury naturalnej wilgotnej, poczernionej kuli i powietrza
- sonda ciśnienia barometrycznego i wilgotności względnej



• **Sonda anemometryczna** zawiera wielokierunkowy czujnik sferyczny prędkości powietrza i czujnik kompensacyjny temperatury. Czujniki pokryte są specjalną warstwą aluminiową w celu zwiększenia odporności na zanieczyszczenia i zmniejszenia wpływu promieniowania termicznego.

Czujnik temperatury może być dodatkowo zabezpieczony przed wpływem promieniowania ciepłego przez nałożenie osłony (3). To może być konieczne tylko wtedy, kiedy przepływ jest mierzony blisko źródeł wysokiej temperatury. Oba czujniki są również chronione przed uszkodzeniami mechanicznymi przez ażurowe kosze (4). Jeśli takie zabezpieczenie nie jest konieczne można je zdemontować z osłony (3). Osłona (3) może być przesuwana wzdłuż masztu sondy i unieruchamiana przy pomocy śruby zaciskowej (5).



#### Dane techniczne:

- typ czujnika prędkości: wielokierunkowy, sferyczny
- średnica czujnika: 2 mm
- zakres: 0.05...5 m/s
- dokładność:  $\pm 0.02$  m/s  $\pm 1.5\%$  wskazania
- automatyczna kompensacja temperatury:  $< 0.1\%/K$
- częstotliwość przenoszenia fluktuacji  $f_{up}^{1)}$ :  
min. 1Hz, typ. 1.5 Hz

<sup>1)</sup> Częstotliwość przenoszenia fluktuacji prędkości jest definiowana jako najwyższa częstotliwość, przy której odchylenie standardowe zawiera się w granicach 0.9 do 1.1 w stosunku do odchylenia standardowego przy częstotliwości 0Hz (PN-EN 13182 Wentylacja budynków - Wymagania dotyczące przyrządów do pomiaru prędkości powietrza w wentylowanych pomieszczeniach).

#### Przygotowanie do pomiarów:

1. Połącz sondę anemometryczną do złącza modułu pomiarowego.
2. Sprawdź, czy osłona (3) znajduje się na końcu sondy osłaniając całkowicie czujnik prędkości (1) i śruba zaciskowa (5) jest właściwie unieruchomiona. Następnie załóż ażurowy kosz (4) na osłonę (3). Zachowaj szczególną ostrożność, aby nie uszkodzić czujnika prędkości (1). Zakładaj ażurowy kosz (4) tylko wtedy, kiedy czujnik (1) jest osłonięty przez osłonę (3).
3. Poluzuj śrubę zaciskową (5) i przesuń osłonę (3) odsłaniając czujniki (1) i (2).
4. Zaciśnij śrubę zaciskową (5) tak, aby czujnik prędkości (1) znalazł się w środku ażurowego kosza (4).

• **Sondy do pomiaru temperatury naturalnej wilgotnej, poczernionej kuli i powietrza** zawierają czujniki rezystancyjne platynowe Pt-100. Zastosowanie elementów ze specjalnego drewna i włókna szklanego pomiędzy częściami metalowymi sond a czujnikami zapewnia odpowiednią izolację termiczną i dużą dokładność pomiaru. Każdy czujnik jest indywidualnie wzorcowany, a parametry wzorcowania są zapisane w pamięci EEPROM czujnika. Automatyczna korekcja dryftu ciepłego zapewnia wysoką stabilność pomiaru.

#### Dane techniczne:

- typ czujników temperatury: Pt-100
- średnice termometrów:
 

$t_a$ :	2.6 mm
$t_g$ :	75 mm
$t_{nw}$ :	5mm
- zakresy pomiarowe:
 

$t_a$ :	-25...50 °C
$t_g$ :	-25...120 °C
$t_{nw}$ :	0...50 °C
- dokładność:  $\pm 0.1$  °C
- czas stabilizacji temperaturowej: 15...20min

• **Sonda ciśnienia barometrycznego** jest umieszczona wewnątrz obudowy modułu pomiarowego. Sonda wykorzystuje mikroprecyzyjny piezorezystancyjny czujnik ciśnienia z kompensacją termiczną. Każda sonda jest indywidualnie kompensowana i wzorcowana w procesie produkcji.

#### Dane techniczne:

- zakres pomiarowy: 500...1500hPa
- dokładność:  $\pm 3$  hPa
- czas reakcji: 2s

• **Sonda wilgotności względnej** jest umieszczona na pokrywie modułu pomiarowego. Sonda zawiera polimerowy czujnik pojemnościowy skompensowany termicznie.

**Dane techniczne:**

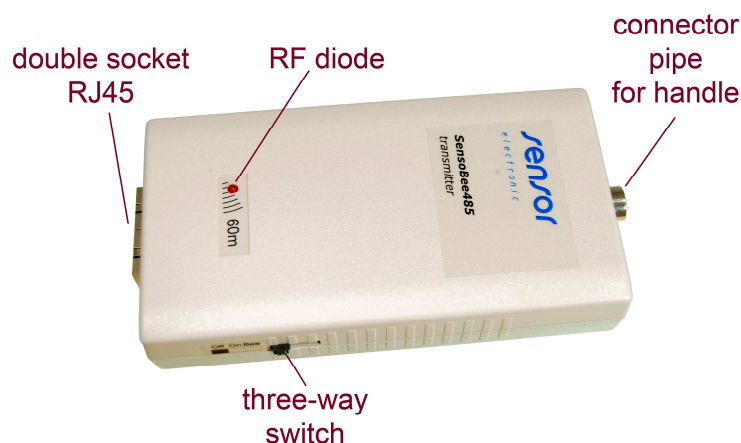
- zakres pomiarowy:	0...100 % RH
- dokładność:	±2% w zakresie 10...90% RH
- stabilność długookresowa:	<1% RH/year
- czas reakcji:	<4s

### B. Konwerter SensoConnect USB

Konwerter SensoConnect USB umożliwia transmisję danych do komputera przez port USB. Jest on zasilany z portu USB komputera, wobec czego nie wymaga stosowania dodatkowych zasilaczy. Gniazdo zasilania "mains socket" umieszczone z boku obudowy konwertera umożliwia podłączenie zewnętrznego zasilacza wykorzystywanego do zasilania przetworników pomiarowych. (patrz przykład "A" w rozdziale2).



### C. Nadajnik radiowy SensoBee485



Nadajnik radiowy SensoBee485 zawiera moduł RF do bezprzewodowej transmisji danych i pojemnik na 4 baterie lub akumulatory typu AA. Moduł RF wykorzystuje protokół ZigBee (802.15.4) akceptowany przez ETSI/EC (Europa), FCC (U.S.A) i IC (Canada). Zapewnia on niski pobór prądu i wysoką czułość. Akumulatory zasilają moduł RF, jak również służą do zasilania 4 modułów pomiarowych. Nadajnik może być również zasilany z zewnętrznego zasilacza. Moduły pomiarowe są podłączone do nadajnika radiowego SensoBee485 przez złącze „double socket RJ45”.

Zasilanie jest włączane przy pomocy 3-położeniowego przełącznika „three-way switch” umieszczonego z boku obudowy:

- Pozycja Off - zasilanie jest wyłączone,
- Pozycja On - zasilanie włączone tylko dla modułów pomiarowych, moduł RF jest wyłączony, transmisja danych jest możliwa tylko przez kabel połączeniowy pomiędzy SensoBee485 a SensoBeeUSB,
- Pozycja Bee - zasilanie jest załączone zarówno dla modułu RF jak i dla modułów pomiarowych (dioda RF miga).



three-way switch

Pozycja “On” przełącznika jest używana w przypadku braku lub błędów transmisji bezprzewodowej. W celu nawiązania komunikacji przewodowej należy połączyć kablem SensoCable nadajnik radiowy SensoBee485 (złącze RJ45) i odbiornik radiowy SensoBeeUSB.

Obudowa nadajnika jest dostosowana do zamocowania go w specjalnym uchwycie na statywie. Do tego celu służy „connector pipe for handle” znajdujący się na ścianie przedniej obudowy.

#### Dane techniczne:

- zasięg w pomieszczeniu: do 60m
- zasięg na wolnej przestrzeni: do 100m
- moc wyjściowa transmisji: 100mW (20dB) EIRP
- częstotliwość radiowa: 2.4GHz
- max szybkość transmisji: 250 kbps
- zasilanie:
  - 4 akumulatory Ni-MH 2100mA type AA
  - zewnętrzny zasilacz 6...9 VDC/750mA
- min czas pracy na bateriach: 6...8 h



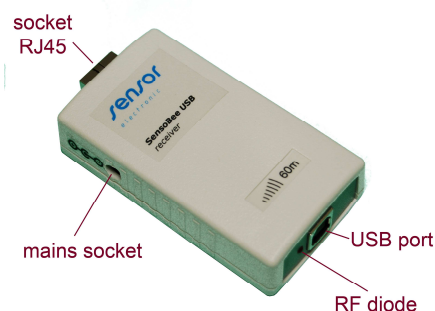
batteries box on the bottom side

#### Uwaga ważna!

1. Naładuj akumulatory po dłuższym nieużywaniu nadajnika SensoBee485. Akumulatory mogą rozładować się samoistnie po kilku tygodniach. Miej przygotowany w rezerwie dodatkowy zestaw akumulatorów lub możliwość podłączenia awaryjnych zasilaczy w czasie wykonywania pomiarów.
2. Nie podłączaj więcej niż 4-5 przetworników pomiarowych do złącza RJ45. Podłączenie większej ilości będzie skutkowało skróceniem czasu pracy na akumulatorach.
3. Używaj transmisji przewodowej (podłączony kabel między nadajnikiem a odbiornikiem radiowym), kiedy przełącznik 3-położeniowy zasilania jest ustawiony w środkowej pozycji On (wyłączony moduł RF). W przeciwnym razie program systemu pomiarowego zawiesi się.
4. Nadajnik SensorBee485 nie posiada wbudowanej ładowarki do akumulatorów. Podłączenie zasilacza nie powoduje ładowania akumulatorów.
5. Używaj jedynie stabilizowanych zasilaczy 6-9V/750mA. Zwróć uwagę, aby zasilacz posiadał polaryzację napięcia na wtyku zgodną z oznaczeniem na gnieździe zasilania zewnętrznego (+ na zewnątrz).

#### D. Odbiornik radiowy SensoBeeUSB

Odbiornik radiowy SensoBee USB zawiera moduł RF do bezprzewodowej transmisji danych. Umożliwia on transmisję danych pomiędzy przetwornikami lub modułami pomiarowymi (via nadajnik radiowy SensoBee485) i portem USB komputera. Moduł RF wykorzystuje protokół ZigBee (802.15.4) akceptowany przez ETSI/EC (Europa), FCC (U.S.A) i IC (Canada). Odbiornik jest zasilany z portu USB komputera (dioda RF miga po podłączeniu do portu USB), wobec czego nie wymaga stosowania dodatkowych zasilaczy. Nadajnik SensoBee USB może być również użyty do przewodowej transmisji danych. W tym przypadku jeden koniec kabla SensoCable należy podłączyć do złącza “socket RJ45” a drugi koniec do jednego z modułów pomiarowych lub interfejsu SensoBox Supply. Gniazdo zasilania „mains socket” umieszczone z boku obudowy może służyć do podłączenia zasilacza wykorzystywanego do zasilania modułów pomiarowych w przypadku transmisji przewodowej



## 5. INSTALACJA STEROWNIKA I OPROGRAMOWANIA

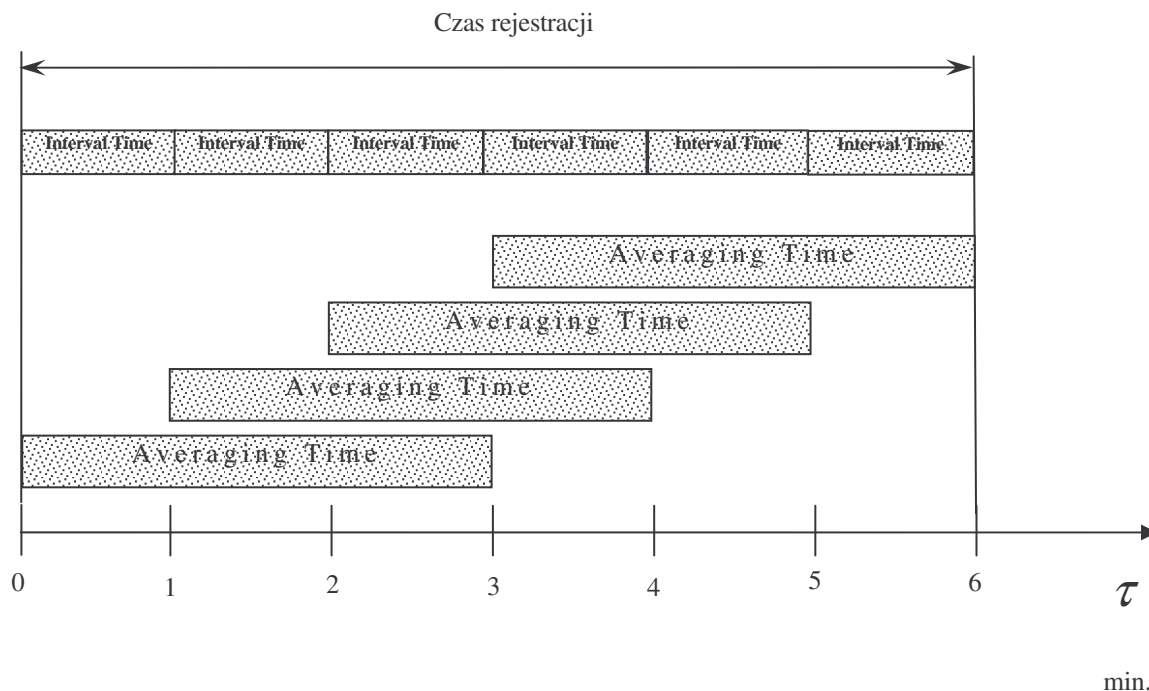
1. Uruchom system operacyjny Windows komputera.
2. Włóż dysk CD z oprogramowaniem do stacji dysków.
  - Opcja 1
    - Wybierz plik DriverInstaller.exe w folderze SensoUSB\_driver uruchom go.
    - Odszukaj port USB w komputerze i podłącz do niego SensoConnect USB lub SensoBee USB.
    - System Windows automatycznie zidentyfikuje nowe urządzenie i zainstaluje odpowiedni sterownik do tego urządzenia.
  - Opcja 2
    - Odszukaj port USB w komputerze i podłącz do niego SensoConnect USB lub SensoBee USB.
    - System Windows zauważy podłączenie nowego urządzenia i zainicjuje procedurę instalacji sterownika.
    - Podaj odpowiednią ścieżkę dostępu do folderu SensoUSB\_driver znajdującego się na dysku CD. Przyciśnij “OK”, aby rozpocząć wyszukiwanie sterownika.
    - Kiedy system Windows znajdzie odpowiedni sterownik, kliknij “Next”, aby zainstalować go.
3. Aby sprawdzić zainstalowanie urządzenia i numer wirtualnego portu COM przydzielonego do niego:
  - Wybierz “Panel sterowania” I kliknij dwukrotnie na ikonę “System”.
  - Następnie wybierz przycisk “Menedżer urządzeń”.
  - Kliknij dwukrotnie na “Porty (COM i LPT)”.
  - Jeśli urządzenie jest poprawnie zainstalowane powinno pojawić się na liście jako USB Serial Port z wyszczególnionym numerem portu COM.
4. Aby zmienić numer portu COM:
  - Kliknij dwukrotnie urządzenie USB, aby wejść do okna “Właściwości”.
  - Następnie wybierz zakładkę “Ustawienie portu” i kliknij przycisk „Zaawansowane”.
  - Kiedy pojawi się okno “Zaawansowane ustawienia”, rozwiń listę “Numer portu COM” i zobacz, który numer portu jest dostępny.
  - Wybierz nieużywany numer portu i przyciśnij klawisz OK.
5. W celu zainstalowania programu ThermCondSys5500 odszukaj plik setup.exe znajdujący się w folderze ThermCondSys\_Inst na dysku CD i uruchom go.

## 6. OPROGRAMOWANIE

1. Program ThermCondSys 5500 umożliwia:
  - automatyczne skanowanie konfiguracji systemu pomiarowego
  - jednoczesny pomiar parametrów cieplnych środowiska wewnętrznego na czterech wysokościach
  - rejestrację wszystkich parametrów na komputerze PC
2. Program zawiera tzw. Context Help, który wyświetla okno pomocy kiedy użytkownik przesunie kursor nad dany element ekranu.
3. Program komunikuje się tylko przy szybkości transmisji 115 200 bps. Jest bardzo ważne, aby uruchomić program po podłączeniu systemu pomiarowego do zasilania i podłączeniu kabla USB do portu komputera.
4. Po uruchomieniu program może samodzielnie znaleźć port komputera, do którego jest podłączony system pomiarowy. Użytkownik może również wskazać numer portu. Następnie program automatycznie skanuje system pomiarowy i odczytuje informacje z wszystkich podłączonych modułów pomiarowych.



5. Po skanowaniu wszystkie podłączone do systemu przetworniki pomiarowe są uwidocznione na ekranie „Configuration”. Użytkownik może dezaktywować (ustawić jako OFF) lub ponownie aktywować (ustawić jako ON) wyszczególnione przetworniki. Program automatycznie ustawi jako OFF przetworniki z przekroczoną datą wzorcowania. Jednakże użytkownik może ponownie aktywować je i nadać status ON. Jeśli napięcie zasilania jest zbyt małe lub akumulatory są wyczerpane (wskaźnik zasilania jest czerwony), program automatycznie dezaktywuje odpowiedni przetwornik.
6. Kiedy przełącznik “Economy Mode” jest w pozycji ON, to program automatycznie przełącza moduły pomiarowe w stan uśpienia w okresach, kiedy nie jest potrzebny odczyt wyników. Występuje to tylko przy spełnieniu następującego warunku: czas interwału “Interval Time” jest większy niż 3 min. i czas uśredniania “Averaging Time” jest mniejszy niż połowa czasu interwału “Interval Time”.
7. Kiedy przełącznik “AutoEnd” jest w pozycji ON, to program automatycznie ustawi moduły pomiarowe w tryb uśpienia i zamknie się po zakończeniu rejestracji. Aby ponownie uruchomić program po automatycznym zamknięciu należy najpierw zresetować zasilanie modułów pomiarowych. W przeciwnym wypadku program nie zidentyfikuje żadnych modułów podczas skanowania (moduły pozostają w stanie uśpienia do momentu zresetowania zasilania).
8. Zależność pomiędzy czasem uśredniania a czasem interwału przedstawiono na rysunku poniżej. Przykład jest podany dla następujących ustawień: czas interwału “Interval Time” = 1 min, czas uśredniania “Averaging Time” = 3 min.



## 9. Zastosowane wzory fizyczne.

- **Odchylenie standardowe prędkości [m/s]**

$$SD = \sqrt{\overline{v^2} - (\bar{v})^2}, \text{ gdzie } \bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}, \overline{v^2} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n}$$

- **Intensywność turbulencji [%]**

$$Tu = \frac{SD}{v_a} \cdot 100\%$$

- **Stopień ryzyka przeciągu [%]**

$$DR = (34 - t_a) \cdot (v_a - 0,05)^{0,62} (37SD + 3,14), \text{ dla } t_a > 34 \text{ lub } v_a < 0,05 \Rightarrow DR=0$$

- **Cząstkowe ciśnienie pary wodnej [hPa]**

$$p_a = 0,061078 \cdot RH \cdot 10^{\frac{A t_a}{B + t_a}}$$

dla  $t_a > 0 \Rightarrow A=7,5; B=237,3$ ; dla  $t_a \leq 0 \Rightarrow A=9,5; B=265,5$

- **Współczynnik wilgotności [g/kg]**

$$x = 612,98 \frac{p_a}{P_b - p_a}$$

- **Temperatura punktu rosy [°C]**

$$Dew = \sqrt[8]{\frac{RH}{100}} \cdot [112 + 0,9 t_a] + 0,1 t_a - 112$$

- **Entalpia dla wilgotnego powietrza [kJ/kg]**

$$i = 1,005 t_a + x \cdot (1,84 t_a + 2501)$$

- **Gęstość powietrza [kg/m<sup>3</sup>]**

$$\rho = \frac{(1+x) \cdot P_b}{4,62 \cdot (0,622 + x)(t_a + 273)}$$

- **Średnia temperatura promieniowania [°C]**

$$t_r = \left[ (t_g + 273)^4 + h_{cg} \frac{(t_g - t_a)}{5,38 \cdot 10^{-8}} \right]^{\frac{1}{4}} - 273, \text{ gdzie}$$

$$h_{cg} = \max_x \begin{cases} 13,456 v_a^{0,6} \\ 2,25 \cdot |t_g - t_a|^{0,25} \end{cases}$$

gdzie  $t_g$  jest temperaturą kuli o średnicy 7cm

- **WBGT-Index** (Wskaźnik środowiska gorącego) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$$WBGT_{in} = 0.7t_{nw} + 0.3t_{gc}$$

$$WBGT_{out} = 0.7t_{nw} + 0.2t_{gc} + 0.1t_a$$

gdzie  $t_{gc}$  jest skorygowaną temperaturą czarnej kuli odpowiadającą kuli o średnicy 15cm

- **Temperatura operacyjna** [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$$t_o = \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r}, \text{ gdzie}$$

$$h_c = \max_z \begin{cases} 3.5 + 5.2v_{ar} & \text{dla } v_{ar} < 1 \text{ lub } 8.7v_{ar}^{0.6} & \text{dla } v_{ar} \geq 1 \\ 2.38 \cdot |t_{sk} - t_a|^{0.25} & & \end{cases}$$

$$h_r = 21.9996 \cdot 10^{-8} AR \cdot \left( \frac{t_r + t_{sk}}{2} + 273 \right)^3$$

$$v_{ar} = v_a + \min_z \begin{cases} 0.0052 \cdot (58.15M - 58) \\ 0.7 \end{cases}$$

$$t_{sk} = (30 + 0.093t_a + 0.045t_r - 0.571v_a + 0.254p_a + 0.074432M - 0.553I_{cl})$$

gdzie M [Met] - metabolizm

$I_{cl}$  [Clo] - izolacyjność podstawowa odzieży

AR [-] - powierzchnia skóry biorącej udział w wymianie ciepła przez promieniowanie

- **Wymagana intensywność parowania** [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$$E_{req} = 58.15 \cdot (M - W) - C_{res} - E_{res} - CON - R, \text{ gdzie}$$

$$C_{res} = 0.08141M \cdot (35 - t_a)$$

$$E_{res} = 1.005995M \cdot (5.619 - p_a)$$

$$CON = h_c \cdot F_{cl} \cdot (t_{sk} - t_a)$$

$$R = h_r \cdot F_{cl} \cdot (t_{sk} - t_r)$$

$$F_{cl} = \frac{1}{1 + (h_c + h_r) \left( 0.155I_{cl} - \frac{1 - \frac{1}{1 + 0.30535I_{cl}}}{h_c + h_r} \right)}$$

- **Maksymalna intensywność parowania** [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$$E_{max} = h_e \cdot (p_{sk} - p_a), \text{ gdzie}$$

$$h_e = 16.7h_c \cdot F_{pcl}$$

$$F_{pcl} = \frac{1}{1 + 2.22h_c \left( 0.155I_{cl} - \frac{1 - \frac{1}{1 + 0.30535I_{cl}}}{h_c + h_r} \right)}$$

$$p_{sk} = 0.6105 \exp\left(\frac{17.27t_{sk}}{t_{sk} + 237.3}\right)$$

- **Wymagane nawilgocenie skóry [-],  
Wymagana ilość potu [W/m<sup>2</sup>]**

$$W_{req} = \frac{E_{req}}{E_{max}}$$

$$SW_{req} = \frac{E_{req}}{1 - 0.5W_{req}^2}$$

jeśli  $E_{req} \leq 0$  to  $W_{req} = 0$ ,  $SW_{req} = 0$

jeśli  $E_{max} \leq 0$  to  $W_{req} = 2$ ,  $SW_{req} = 2E_{req}$

jeśli  $W_{req} > 1$  to  $SW_{req} = 2E_{req}$

- **Temperatura wyrównana [°C]**

$$t_{adb} = A \cdot t_a + (1 - A) \cdot t_r, \text{ gdzie } \begin{aligned} A &= 0.5 \text{ dla } v_a < 0.2 \text{ m/s} \\ A &= 0.6 \text{ dla } 0.2 \leq v_a \leq 0.6 \text{ m/s} \\ A &= 0.7 \text{ dla } v_a > 0.6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- **Temperatura ekwiwalentna [°C]**

$$t_{eq} = t_o \text{ dla } v_a < 0.1 \text{ m/s}$$

$$t_{eq} = 0.55t_a + 0.45t_r + \left[ \frac{0.24 - 0.75\sqrt{v_a}}{1 + I_{cl}} \right] (36.5 - t_a) \text{ dla } v_a \geq 0.1 \text{ m/s}$$

- **Temperatura siły chłodzącej powietrza [°C]**

$$t_{WC} = 13.12 + 0.6215t_a - 11.37v_{10}^{0.16} + 0.3965t_a \cdot v_{10}^{0.16}, \text{ gdzie } v_{10} = 1.5v_a$$

- **Wskaźnik wymaganej izolacyjności termicznej odzieży [m<sup>2</sup>K/W]**

$$IREQ = \frac{t_{sk} - t_{cl}}{R + C}, \text{ gdzie } R = f_{cl} \cdot h_r \cdot (t_{cl} - t_r) \text{ i } C = f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)$$

- **Wymagana bazowa izolacyjność odzieży [m<sup>2</sup>K/W]**

$$ICL = \frac{IREQ + \frac{I_a}{f_{cl}}}{\left(0.54 \cdot e^{(-0.15v_a - 0.22v_w)} \cdot p^{0.075}\right) - 0.06 \cdot \ln(p) + 0.5} - \frac{0.085}{f_{cl}}, \text{ gdzie}$$

$$I_a = 0.0092 \cdot e^{(-0.15v_a - 0.22v_w)} - 0.0045$$

$v_w$  – prędkość poruszania

$p$  – współczynnik przenikalności powietrza przez odzież

**Uwaga ważne:**

1. Wymagana minimalna rozdzielczość monitora jest 1000x800 pikseli.
2. Znak dziesiętny w postaci kropki powinien być ustawiony jako separator w Ustawieniach Regionalnych systemu Windows. W przeciwnym wypadku nastąpią błędy transmisji danych po uruchomieniu programu.

**7. GWARANCJA I NAPRAWY**

Producent udziela gwarancji na poprawne działanie przyrządu przez okres 24 miesięcy od daty sprzedaży. W przypadku zaistnienia wady urządzenia producent zobowiązuje się do bezpłatnego jej usunięcia. Gwarancją nie są objęte uszkodzenia mechaniczne sondy pomiarowej powstałe wskutek nieprawidłowego transportu, przechowywania lub obchodzenia się z przyrządem. Producent zapewnia również pełny serwis pogwarancyjny.