

# Senzor vlhkosti pôdy

## SMS-BTA

Senzor vlhkosti pôdy sa používa na meranie objemového obsahu vody v pôde. Je ideálny na experimenty v náuke o pôde, poľnohospodárstve, v environmentálnych vedách, záhradníctve, botanike a v biológii. Senzor vlhkosti pôdy sa dá použiť na tieto experimenty:

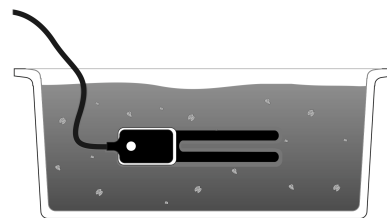


- Meranie straty vlhkosti pôdy vyparovaním a pestovaním rastlín v závislosti na čase.
- Nájdenie optimálnej vlhkosti pôdy pre jednotlivé rastliny.
- Monitorovanie vlhkosti pôdy v skleníkoch za účelom zavlažovania.
- Rozšírenie experimentálnych možností pre vašu biológiu „vo fľaši“.

## Použitie senzora vlhkosti pôdy

### Umiestnenie senzora

Obrázok ukazuje správne umiestnenie senzora v pôde. Vidlica senzora má byť orientovaná horizontálne a na boku podobne, ako nôž keď ním krájate, aby sa na plochách vidlice neakumulovala voda. Horizontálna orientácia senzora zabezpečuje meranie vlhkosti pôdy v konkrétnej hĺbke. Senzor môže byť pri meraní aj vo vertikálnej polohe, nie je to však vhodná poloha, lebo vlhkosť pôdy závisí na hĺbke. Na umiestnenie senzora vytvorte v pôde vhodným nástrojom dieru. Vložte ho do pôdy tak, aby bol celý zakrytý. Pôdu okolo senzora zatlačte prstami. Pokračujte v zhutňovaní pôdy prstami okolo senzora tak, že prejdete prstami pri zatláčaní pôdy okolo celého senzora aspoň päťkrát. Toto je veľmi dôležité, pretože dotyk pôdy so sensorom má veľký vplyv na hodnoty indikované sensorom.



### Vybratie senzora

Pri vyberaní senzora z pôdy ho **net'ahajte za kábel**. Môže sa pretrhnúť jeho vnútorné spojenie a poškodiť senzor.

### Čo je to objemový obsah vody?

Zjednodušene povedané, suchá pôda pozostáva z pevných častíc a z oblastí so vzduchom, nazývanými **póry**. Typický objemový pomer je 55% pevného materiálu a 45% pórov. Keď sa do pôdy pridáva voda, zaplňa póry. Pôda, ktorá sa zdá na dotyk ako mierne navlhčená, pozostáva z 55% minerálov, z 35% pórov a z 10% vody. To je príklad pôdy s objemovým obsahom vody 10%. Maximálny obsah vody pri tomto modeli môže byť 45%, pretože na zaplnenie vodou je k dispozícii 45% pórov. Takáto pôda sa nazýva saturovaná vodou, nemôže už prijať viac vody.

## Zber dát so sensorom vlhkosti pôdy

- Senzor sa dá použiť s týmito interfejsmi zberu dát:
- Vernier LabQuest samostatne, alebo s počítačom
- Vernier LabPro s počítačom, grafickou kalkulačkou TI alebo prenosným počítačom typu Palm
- Vernier Go!Link s počítačom
- Vernier EasyLink
- Vernier SensorDAQ
- CBL2

## Postup použitia senzora vlhkosti pôdy

1. Pripojte senzor na interfejs.
2. Spustite softvér zberu dát.
3. Softvér identifikuje senzor vlhkosti pôdy a zavedie štandardné nastavenie zberu dát. Môžete začať zber dát.

## Softvér zberu dát

Tento senzor sa dá použiť s nasledujúcim softvérom zberu dát:

- **Logger Pro**, ktorý sa dá použiť s interfejsmi LabQuest, LabPro alebo Go!Link
- **Logger Lite**, ktorý sa dá použiť s interfejsmi LabQuest, LabPro alebo Go!Link
- **LabQuest App**, ktorý sa používa na LabQueste, pri použití ako samostatný prístroj
- **EasyData App**, aplikácia pre kalkulačky TI-83 Plus a TI-84 Plus, ktorá sa dá použiť s interfejsmi CBL 2, LabPro a Vernier EasyLink. Odporúčame verziu 2.0 alebo novšiu. Môžete si ju stiahnuť z web stránky [www.vernier.com/easy/easydata.html](http://www.vernier.com/easy/easydata.html) a potom preniesť do kalkulačky. Ďalšie informácie o tejto aplikácii, ako aj návod na prenesenie programu do kalkulačky nájdete na [www.vernier.com/calc/software/index.html](http://www.vernier.com/calc/software/index.html).
- **DataMate program**, ktorý sa používa s kalkulačkami TI-73, TI-83, TI-84, TI-86, TI-89, Voyage 2000 a s interfejsmi LabPro alebo CBL 2. Inštrukcie na prenos programu DataMate do kalkulačky nájdete v návodoch k LabPro a CBL 2.
- **Data Pro**, tento program sa používa s interfejsom LabPro a počítačmi Palm OS.
- **LabVIEW**, čo je grafický programovací jazyk predávaný firmou National Instruments. Používa sa s interfejsom SensorDAQ a dá sa použiť aj s množstvom iných interfejsov Vernier. Detaily nájdete na [www.vernier.com/labview](http://www.vernier.com/labview).

**Poznámka:** Tento výrobok je určený len na účely výuky. Nie je vhodný pre priemyselné, lekárske, výskumné a komerčné použitie.

## Technické údaje:

Rozsah merania:	0 až 45% objemového obsahu vody (možnosť alternatívnej kalibrácie na rozsah objemového obsahu vody 0 až 100%)
Presnosť:	typicky 4%
13-bitové rozlíšenie(SensorDAQ):	0,05%
12-bitové rozlíšenie (LabQuest, LabPro, ULI II, SBI):	0,1%
10-bitové rozlíšenie (CBL 2):	0,4%
Napájanie:	3 mA, 5V =
Pracovný rozsah teplôt:	-40°C až +60°C
Rozmery:	8,9cm x 1,8 cm x 0,7cm (aktívna dĺžka senzora je 5cm)
Uložená kalibrácia:	sklon 108% / Volt priesečník nuly -42%

Tento senzor je vybavený obvody automatickej identifikácie auto-ID. Pri použití s interfejsom LabQuest, LabPro, Go!Link alebo SensorDAQ, softvér identifikuje senzor a použije preddefinované parametre na nakonfigurovanie experimentu vhodné pre daný senzor.

## Je potrebné senzor vlhkosti pôdy kalibrovať?

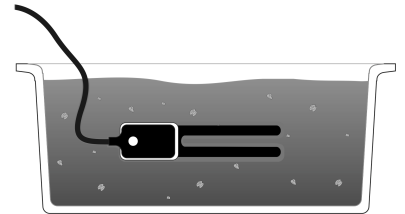
Obvykle nie je potrebné senzor kalibrovať. Senzor vlhkosti pôdy má uloženú kalibráciu, ktorá poskytne pri meraní dobré výsledky. Ak však potrebujete veľmi presné meranie, je vhodné ho nakalibrovať so vzorkou meranej pôdy. V ďalšom texte sú popísané dve metódy. Metóda č.1 je jednoduchšia a rýchlejšia, ale potenciálne menej presná ako metóda č.2.

## Kalibrácia senzora vlhkosti pôdy

### Metóda č.1: dvojbodová metóda

Jednoduchšia a rýchlejšia, ale potenciálne menej presná metóda.

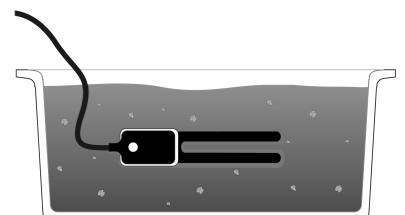
1. Vysušte pôdu v sušiackej peci pri teplote 105°C po dobu 24 hodín.
2. Pripravte si vodotesnú nádobu, dostatočne veľkú na to, aby sa do nej dal vložiť senzor vlhkosti pôdy a na každej strane okolo neho zostalo miesto aspoň 2cm.
3. Suchú pôdu rozmrvte tak, aby jej časti prešli cez sito s okami 5mm.
4. Zapojte senzor do interfejsu a spustíte softvér zberu dát.
5. Naplňte nádobu pôdou a umiestnite do nej senzor podľa obrázku. Vidlica senzora má byť orientovaná horizontálne a na boku podobne, ako nôž keď ním krájate, aby sa na plochách vidlice neakumulovala voda.
6. Pôdu okolo senzora zatlačte prstami. Pokračujte v zhutňovaní pôdy prstami okolo senzora tak, že prejdete prstami pri zatláčaní pôdy okolo celého senzora aspoň päťkrát.
7. Na vrch dajte ďalšiu pôdu tak, aby bol senzor aspoň 3 cm hlboko.
8. Pokračujte v zhutňovaní pôdy hánkami rúk.
9. Spustíte kalibračnú rutinu programu zberu dát. Ako prvý kalibračný bod zadajte 0. Predstavuje to objemový obsah vody 0%.
10. Vyberte senzor z pôdy.
11. Stanovte približný objem použitej pôdy. Môžete to urobiť tak, že ju nasypete do veľkej odmernej nádoby.
12. Vráťte pôdu naspäť do meracej nádoby.
13. Pripravte si destilovanú vodu s objemom rovným 45% objemu pôdy. Ak máte napríklad 3500 ml pôdy, pripravte si 1575 ml destilovanej vody.
14. Pridajte vodu do pôdy a dobre ju premiešajte.
15. Umiestnite senzor do vlhkej pôdy a senzor opäť dobre zakryte pôdou tak, aby medzi senzorom a pôdou nebolo žiadne prázdne miesto.
16. Ako druhý kalibračný bod zadajte 45. Predstavuje to objemový obsah vody 45%.
17. Senzor máte teraz nakalibrovaný pre daný typ pôdy. Ak použijete program Logger Pro 3, môžete túto kalibráciu uložiť priamo do senzora. Ak nie, kalibračné hodnoty si zapíšte, aby ste ich mohli neskôr opäť použiť.



### Metóda č.2: viacbodová metóda

Táto metóda je presnejšia, kalibrácia je však namáhavejšia a vyžaduje viac času ako metóda č.1.

1. Pripravte a očísľujte si 12 sušiacich kelímkov. Kelímky musia vydržať teplotu sušiackej pece 105°C.
2. Odvážte jednotlivé kelímky a údaj si zapíšte.
3. Pripravte si kusy suchej pôdy, rozmrvte ich tak, aby jej časti prešli cez sito s okami 5mm. Pôda má byť suchá, nemusí byť však vysušená v peci.
4. Pripravte si vodotesnú nádobu, dostatočne veľkú na to, aby sa do nej dal vložiť senzor vlhkosti pôdy a na každej strane okolo neho zostalo miesto aspoň 2cm.
5. Zapojte senzor do interfejsu a spustíte softvér zberu dát.
6. Naplňte nádobu pôdou a umiestnite do nej senzor podľa obrázku. Vidlica senzora má byť orientovaná horizontálne a na boku podobne, ako nôž keď ním krájate, aby sa na plochách vidlice neakumulovala voda.
7. Pôdu okolo senzora zatlačte prstami. Pokračujte v zhutňovaní pôdy prstami okolo senzora tak, že prejdete prstami pri zatláčaní pôdy okolo celého senzora aspoň päťkrát.
8. Na vrch dajte ďalšiu pôdu tak, aby bol senzor aspoň 3 cm hlboko.



9. Pokračujte v zhutňovaní pôdy hánkami rúk.
10. Spustíte kalibračnú rutinu programu zberu dát a zapíšete si napätie na senzore. Poznámka: pri tejto metóde použijete kalibračnú časť programu len na priame zistenie napätia na senzore. Nepoužijete obvyklý proces dvojbodovej kalibrácie.
11. Použijete nástroj na odoberanie vzoriek pôdy valcového tvaru<sup>1</sup>, a z blízkosti senzora odoberte tri vzorky pôdy.
  - a. Vtlačte nástroj úplne do pôdy.
  - b. Vyberte z neho valcovú vzorku pôdy.
  - c. Vzorku dajte do sušiaceho kelímka.
  - d. Odvážte kelímok so vzorkou.
  - e. Opakujte kroky a. až d. a odoberte ešte dve vzorky.
12. Vyberte senzor z pôdy.
13. Zvoľte si štandardný objem destilovanej vody medzi 3 až 10%, o ktorý budete zvyšovať objem vody v pôde pri jednotlivých meraniach. Ak sa neviete rozhodnúť aký objem vody pridávať, zistíte celkový objem pôdy a použijete objem vody ekvivalentný 5% tohto objemu.
14. Pridajte jednu alikvotnú časť objemu vody, ktorú ste si zvolili v bode 13. do pôdy. Kvôli kompaktnosti pôdy pridávajte vodu pomaly a pôdu medzitým dobre miešajte.
15. Dajte senzor opäť do pôdy. Pôdu okolo senzora zatlačte prstami. Pokračujte v zhutňovaní pôdy prstami okolo senzora tak, že prejdete prstami pri zatlačaní pôdy okolo celého senzora aspoň päťkrát.
16. Na vrch dajte ďalšiu pôdu tak, aby bol senzor aspoň 3 cm hlboko.
17. Pokračujte v zhutňovaní pôdy hánkami rúk.
18. Zapíšete si napätie na senzore
19. Opakujte body 11. až 18 ešte dvakrát. Tým získate merania pri štyroch úrovniach obsahu vody v pôde.
20. Vysušte a zvažte 12 získaných vzoriek pôdy, aby ste dostali údaje o gravimetrickom obsahu vody.
  - a. Umiestnite kelímky do sušiacej pece s teplotou 105°C na 24 hodín.
  - b. Počkajte, kým vzorky nevychladnú na teplotu okolia.
  - c. Po vychladnutí odvážte vzorky pôdy, získate tak údaj o ich váhe v suchom stave.
21. Pre každú zo štyroch vzoriek stanovte objemový obsah vody  $\theta$ .
  - a. Vypočítajte gravimetrický objem vody  $w$ :

$$w = \frac{m_w}{m_m}$$

kde  $m$  je hmotnosť a indexy  $w$  a  $m$  sa vzťahujú na vodu a na pôdu (minerály)

- b. Vypočítajte celkovú hustotu  $\rho_b$ :

$$\rho_b = \frac{m_m}{V_t}$$

kde  $V_t$  je celkový objem vzorky

- c. Vypočítajte objemový obsah vody  $\theta$ :

$$\theta = w \frac{\rho_b}{\rho_w}$$

hustota vody  $\rho_w$  je 1 g/cm<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Nástroje na odoberanie vzoriek pôdy vo forme valca predáva Environmental Sampling Supply [www.essvial.com](http://www.essvial.com)

## Príklad

Objem vzorky pôdy ( $V_t$ )	16,1 cm <sup>3</sup>
Počiatočná hmotnosť vzorky pôdy (s kelímkom)	84,065 g
Hmotnosť vzorky pôdy v suchom stave (s kelímkom)	81,113 g
Hmotnosť kelímka (tara)	57,894 g
Hmotnosť vody (pôvodná - suchá hmotnosť) ( $m_w$ )	2,952 g
Hmotnosť suchej pôdy (suchá hmotnosť - tara) ( $m_m$ )	23,219 g

$$w = \frac{m_w}{m_m} = \frac{2,942 \text{ g}}{23,219 \text{ g}} = 0,127$$

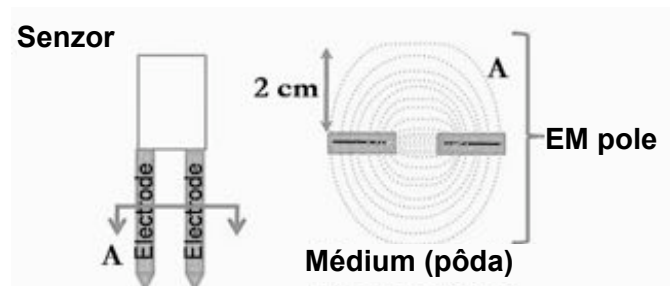
$$\rho_b = \frac{m_m}{V_t} = \frac{23,219 \text{ g}}{16,1 \text{ cm}^3} = 1,44 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\theta = w \frac{\rho_b}{\rho_w} = 0,127 \left( \frac{1,44 \text{ g cm}^{-3}}{1 \text{ g cm}^{-3}} \right) = 0,183 \text{ alebo } 18,3\%$$

22. Z grafu závislosti objemového obsahu vody od príslušného napätia na senzore pri danom obsahu vody, zostrojte kalibračnú krivku. Na tento účel existuje v programe Logger Pro (verzie 3.4.5 a novšej) experiment. Nazýva sa „Soil Moisture Calibration“ a nachádza sa v priečinku Soil Moisture Sensor v v priečinku Probes & Sensors. Alternatívne môžete otvoriť v Logger Pro nový súbor bez pripojeného senzora a vložiť hodnoty do tabuľky.
23. Urobte lineárnu regresiu kalibračnej krivky a zapíšte si sklon a priesečník nuly.
24. Pripojte senzor a spustíte softvér zberu dát.
25. Otvorte kalibračnú časť softvéru a ručne zadajte hodnoty sklonu a priesečníka nuly.
26. Senzor teraz máte nakalibrovaný na daný typ pôdy. Ak použijete Logger Pro, kalibráciu môžete uložiť priamo do senzora. Ak používate kalkulačku TI alebo počítač typu Palm, kalibráciu si zapíšte, aby ste ju mohli neskôr opäť použiť.

## Ako funguje senzor vlhkosti pôdy

Senzor vlhkosti pôdy používa na meranie dielektrickej permitivity okolitého média kapacitanciu. Dielektrická permitivita pôdy je funkciou obsahu vody. Výstupom senzora je napätie, ktoré je úmerné dielektrickej permitivite, teda obsahu vody v pôde.



Senzor priemeruje obsah vody po svojej dĺžke. Vzhľadom na plochý tvar senzora existuje okolo neho 2cm zóna citlivosti, celkom na okrajoch však nie je veľmi citlivá. Predchádzajúci obrázok ukazuje rozloženie siločiar elektromagnetického poľa pozdĺž rezu senzora, čo ilustruje 2cm zónu citlivosti.

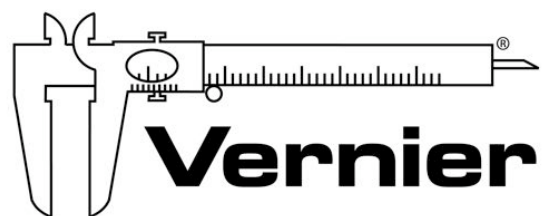




**Vernier Software & Technology**  
13979 SW Millikan Way  
Beaverton, OR 97005-2886  
[www.vernier.com](http://www.vernier.com)

**Slovensko: PMS Delta s.r.o.**  
Fándlyho 1  
07101 Michalovce  
[www.pmsdelta.sk](http://www.pmsdelta.sk)

Preklad: Peter Spišák, 2009



**Measure. Analyze. Learn.™**