



CS – měření rosného bodu



Edice: 2017-03

Vytvořil: Luboš Fistr



CS – měření rosného bodu

Definice vlhkosti

Maximální vlhkost

- je maximální obsah vodních par ve vzduchu při určité teplotě

Absolutní vlhkost f [g/m^3]

- je obsah vodních par aktuálně obsažených v 1m^3 vzduchu.

Relativní vlhkost U [% rF]

- je poměr absolutní vlhkosti vzhledem k maximální vlhkosti

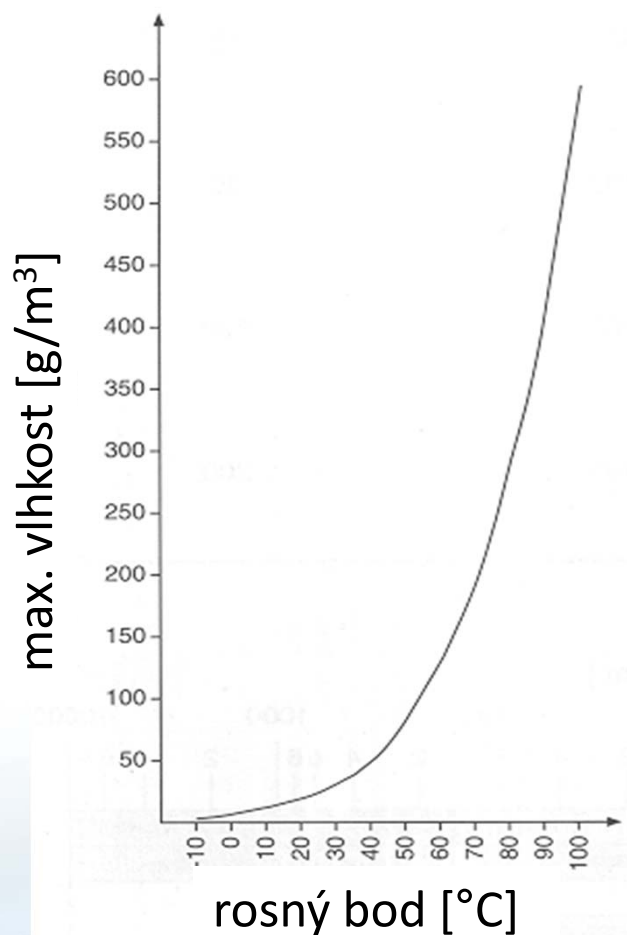




CS – měření rosného bodu

Maximální vlhkost

Voda ve formě vodních par může být při určité teplotě přítomna pouze v určitém množství



Tau-punkt [°C]	max. Feuchte [g/m³]	Tau-punkt [°C]	max. Feuchte [g/m³]	Tau-punkt [°C]	max. Feuchte [g/m³]	Tau-punkt [°C]	max. Feuchte [g/m³]	Tau-punkt [°C]	max. Feuchte [g/m³]	Tau-punkt [°C]	max. Feuchte [g/m³]	Tau-punkt [°C]	max. Feuchte [g/m³]
+100°	588,208	+76°	248,840	+52°	90,247	+28°	26,970	+4°	6,359	-19°	0,960	-43°	0,083
+99°	569,071	+75°	239,351	+51°	86,173	+27°	25,524	+3°	5,953	-20°	0,880	-44°	0,075
+98°	550,375	+74°	230,142	+50°	82,257	+26°	24,143	+2°	5,570	-21°	0,800	-45°	0,067
+97°	532,125	+73°	221,212	+49°	78,491	+25°	22,830	+1°	5,209	-22°	0,730	-46°	0,060
+96°	514,401	+72°	212,648	+48°	74,871	+24°	21,578	0°	4,868	-23°	0,660	-47°	0,054
+95°	497,209	+71°	204,286	+47°	71,395	+23°	20,386	-1°	4,487	-24°	0,600	-48°	0,048
+94°	480,394	+70°	196,213	+46°	68,056	+22°	19,252	-2°	4,135	-25°	0,550	-49°	0,043
+93°	464,119	+69°	188,429	+45°	64,848	+21°	18,191	-3°	3,889	-26°	0,510	-50°	0,038
+92°	448,308	+68°	180,855	+44°	61,772	+20°	17,148	-4°	3,513	-27°	0,460	-51°	0,034
+91°	432,885	+67°	173,575	+43°	58,820	+19°	16,172	-5°	3,238	-28°	0,410	-52°	0,030
+90°	417,935	+66°	166,507	+42°	55,989	+18°	15,246	-6°	2,984	-29°	0,370	-53°	0,027
+89°	403,380	+65°	159,654	+41°	53,274	+17°	14,367	-7°	2,751	-30°	0,330	-54°	0,024
+88°	389,225	+64°	153,103	+40°	50,672	+16°	13,531	-8°	2,537	-31°	0,301	-55°	0,021
+87°	375,471	+63°	146,771	+39°	48,181	+15°	12,739	-9°	2,339	-32°	0,271	-56°	0,019
+86°	362,124	+62°	140,659	+38°	45,593	+14°	11,987	-10°	2,156	-33°	0,244	-57°	0,017
+85°	340,186	+61°	134,684	+37°	43,508	+13°	11,276	-11°	1,960	-34°	0,220	-58°	0,015
+84°	336,660	+60°	129,020	+36°	41,322	+12°	10,600	-12°	1,800	-35°	0,198	-59°	0,013
+83°	324,469	+59°	123,495	+35°	39,286	+11°	9,961	-13°	1,650	-36°	0,178	-60°	0,010
+82°	311,616	+58°	118,199	+34°	37,229	+10°	9,356	-14°	1,510	-37°	0,160	-65°	0,00640
+81°	301,186	+57°	113,130	+33°	35,317	+9°	8,784	-15°	1,380	-38°	0,144	-70°	0,00330
+80°	290,017	+56°	108,200	+32°	33,490	+8°	8,234	-16°	1,270	-39°	0,130	-75°	0,00130
+79°	279,278	+55°	103,453	+31°	31,744	+7°	7,732	-17°	1,150	-40°	0,117	-80°	0,00060
+78°	268,806	+54°	98,883	+30°	30,078	+6°	7,246	-18°	1,050	-41°	0,104	-85°	0,00025
+77°	258,827	+53°	94,483	+29°	28,488	+5°	6,790			-42°	0,093	-90°	0,00010



CS – měření rosného bodu

Definice rosného bodu

Atmosférický rosný bod [°Ctd]

- je teplota, na kterou může být atmosférický vzduch (1 bar) zchlazený, aniž by došlo k jakékoliv akumulaci vody

Tlakový rosný bod [°Ctd]

- je teplota, na kterou může být stlačený vzduch zchlazený, aniž by došlo k jakékoliv kondenzaci
- tlakový rosný bod závisí na finálním stlačení. V případě poklesu tlaku rovněž klesá hodnota rosného bodu

Výtah z normy ISO 8573-1

„Pro stlačený vzduch je významný pouze tlakový rosný bod. Atmosférický rosný bod je zavádějící a nesmí být používán.“

Příklad:

Kondenzační sušička s tlakovým rosným bodem +5°C má při tlaku 10 bar atmosférický rosný bod -25°Ctd a předstírá uživateli velmi nízkou úroveň vlhkosti. Ve stlačeném vzduchu je ovšem stále ještě kondenzát, který se může projevit již při poklesu teploty < 5°C a nikoliv při poklesu pod -25 °Ctd.





CS – měření rosného bodu

Používané jednotky a veličiny

Absolutní vlhkost	g_w / m_G^3
Relativní vlhkost	%
Tlak páry	Pa
Teplota rosného bodu	$^{\circ}C t_d$
Míra objemu	Vol %
Stupeň vlhkosti	g_w / kg_L
Koncentrace páry	g_w / cm_G^3
Koncentrace vodních par	g_w / kg_G
Entalpie	kJ / kg_G
<u>Index:</u>	
w	voda
L	vzduch (suchý)
G	směs (vlhký vzduch)

software "Humidity Calculations" od CS Instruments

- převody mezi jednotkami
- potřebné kalkule

CS Humidity Calculator

CS INSTRUMENTS GmbH

Known process parameters

Dewpoint: 5 °Ctd

Temperature: 25,0 °C

Over Pressure: 0,0 bar

Calculate!

Calculated Values

Relative Humidity: 27,586 %

Dewpoint: 5,00 °Ctd

Absolute Humidity: 6,34 g/m3

Humidity Grade: 5,398 g/kg

Vapor Ratio [Volume]: 8603,43 ppm

Saturation Vapor Pressure: 31,601 hPa

Partial Vapor Pressure: 8,717 hPa

Changed calculation parameters

Over Pressure: 0,0

Calculated values based on pressure change

Relative Humidity: 27,586 %

Dewpoint: 5,00 °Ctd

Absolute Humidity: 6,34 g/m3

Humidity Grade: 5,398 g/kg

Vapor Ratio [Volume]: 8603,43 ppm

Saturation Vapor Pressure: 31,601 hPa

Partial Vapor Pressure: 8,717 hPa

Exit

© copyright CS Instruments North Am Oker 28c D-24955 Harrislee CS Instruments South Zindelsteiner Straße 15 D-78052 VS-Tannheim



CS – měření rosného bodu

Kondenzace vodních par ve stlačeném vzduchu

1 m³ vzduchu před stlačením

teplota 25°C

tlak 1 bar(a)

relativní vlhkost 60%

maximální vlhkost při 25°C

= 23 g/m³

absolutní vlhkost

= 13,8 g

1 m³ vzduchu po stlačení

teplota 35°C

tlak 8 bar(a)

maximální vlhkost při 35°C

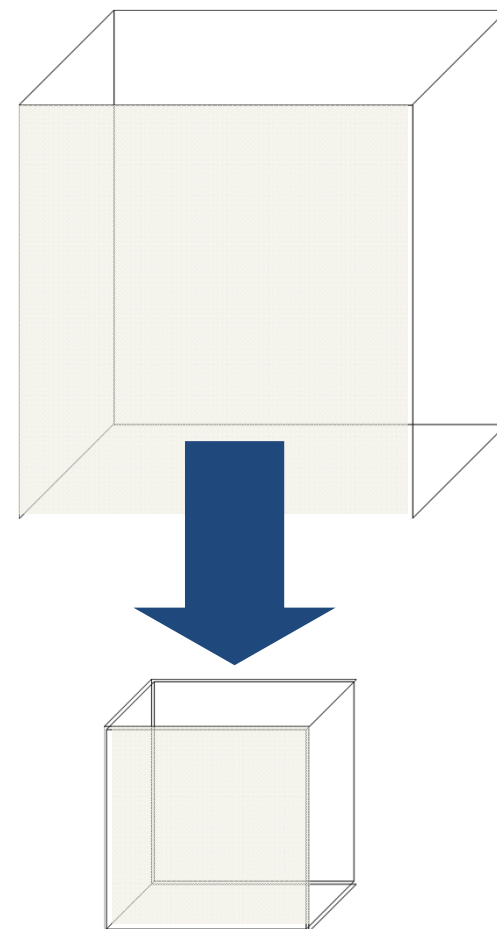
= 39,6 g/m³

max. vlhkost při 35°C v 1/8 m³

= 4,95 g

absolutní vlhkost

= 13,8 g



**Po stlačení se zvýší relativní vlhkost na 100%
a navíc se změní 8,85 g vodních par na vodu**



CS – měření rosného bodu

Množství kondenzátu

Okolní nasávaný
vzduch:
20°C
70 %rF



Dodávané množství vzduchu:
5 m³/min (cca 30 kW)

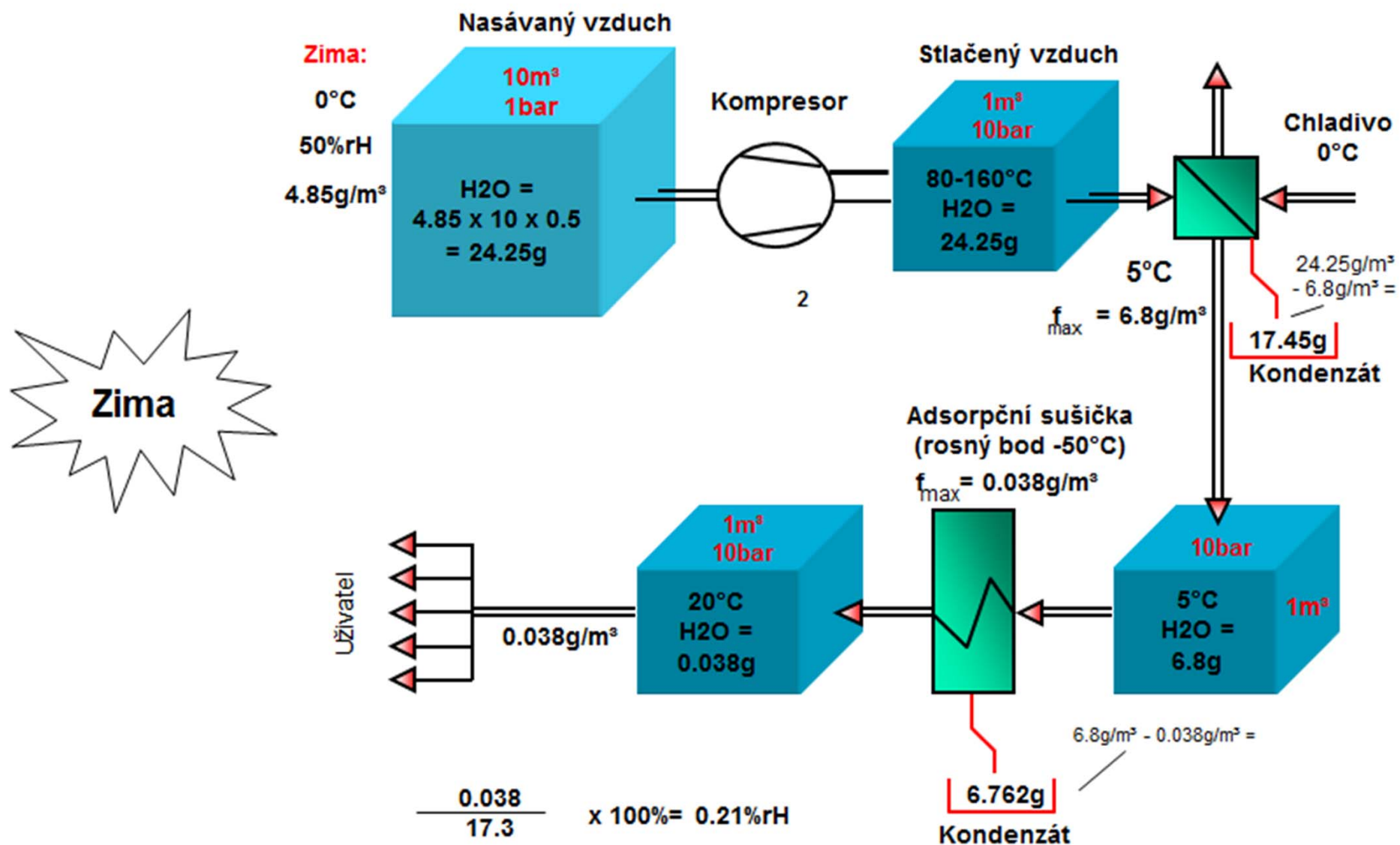


30 litrů
kondenzátu
za 8 hodin



CS – měření rosného bodu

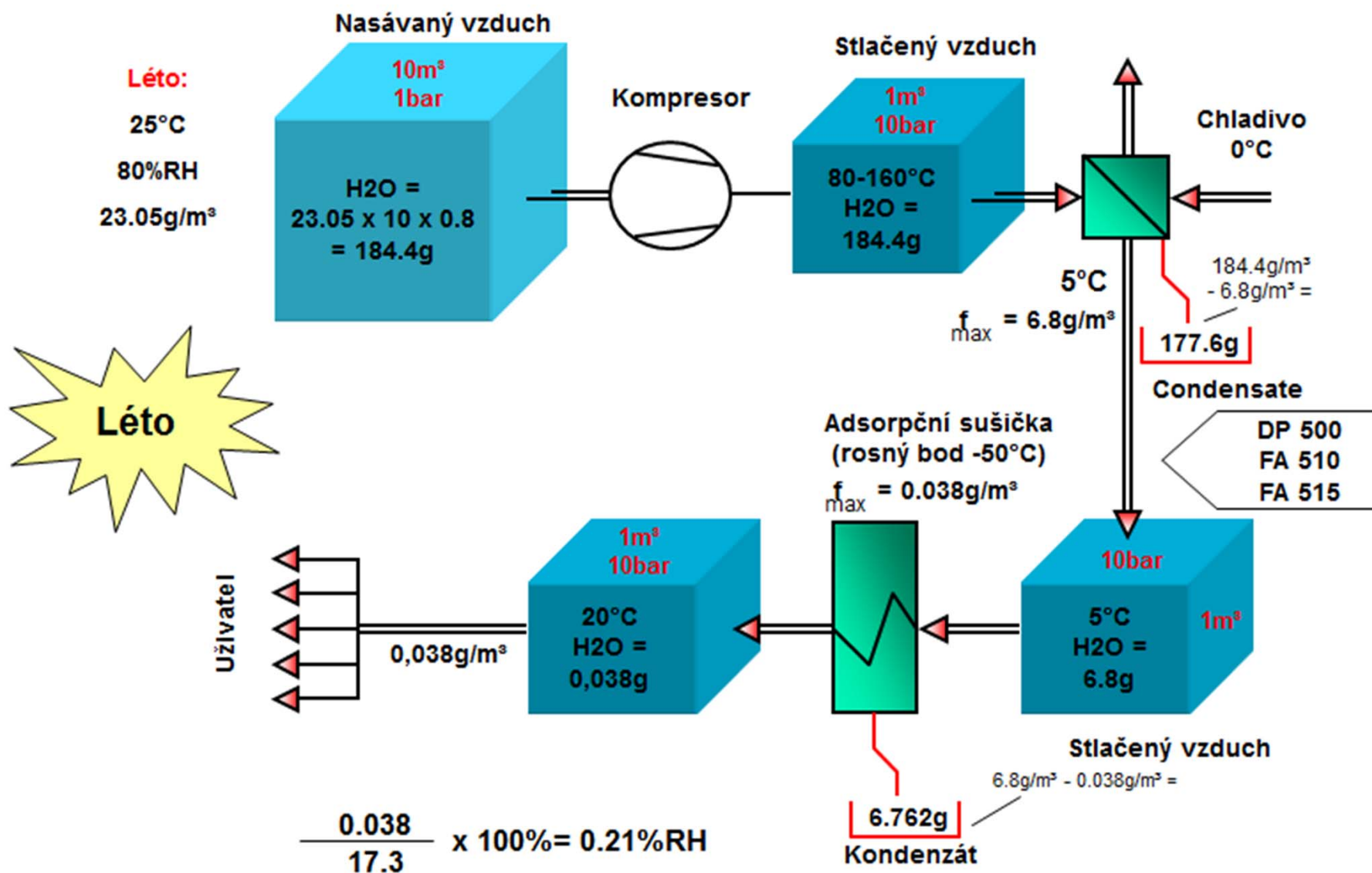
Sušení vzduchu – období zima





CS – měření rosného bodu

Sušení vzduchu – období léto





CS – měření rosného bodu

Problémy vzniklé díky kondenzátu

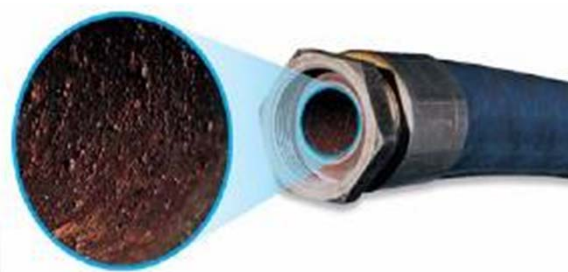


Poškození potrubí

- zvýšení tlakového spádu
- zvýšení provozních nákladů díky únikům
- zvýšení nákladů na údržbu potrubí

Poškození nářadí

- snížení spolehlivosti
- snížení životnosti
- snížení výkonu



Poškození výrobních technologií

- způsobí rozličnou kvalitu finálních výrobků
- kontaminace výrobních surovin
- prostoje či pokles objemu výroby



CS – měření rosného bodu

Hlavní aplikace



lakovny

vlhkost způsobuje problémy s kvalitou nátěru – vznik bublin a puchýřů



plastikářství

granuláty jako PC, PET se musí před výrobou sušit v granulátových sušičkách



elektroprůmysl

při výrobě lithiových baterií musí být dodržen rosný bod -40 °C



CS – měření rosného bodu

Hlavní aplikace



elektroprůmysl

při výrobě VVN spínačů a transformátorů se používá plyn SF₆ – vlhkost způsobuje výpadky a stárnutí součástí



trubky

před instalací v některých aplikacích je třeba trubky vysušovat



medicinální plyny

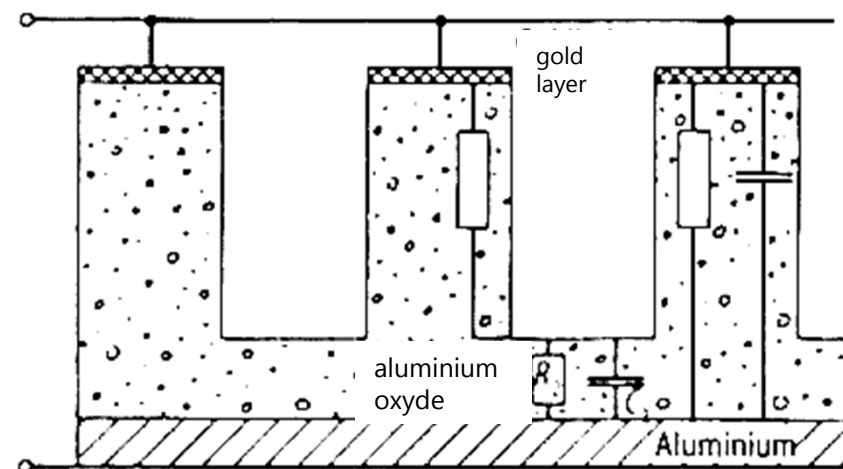
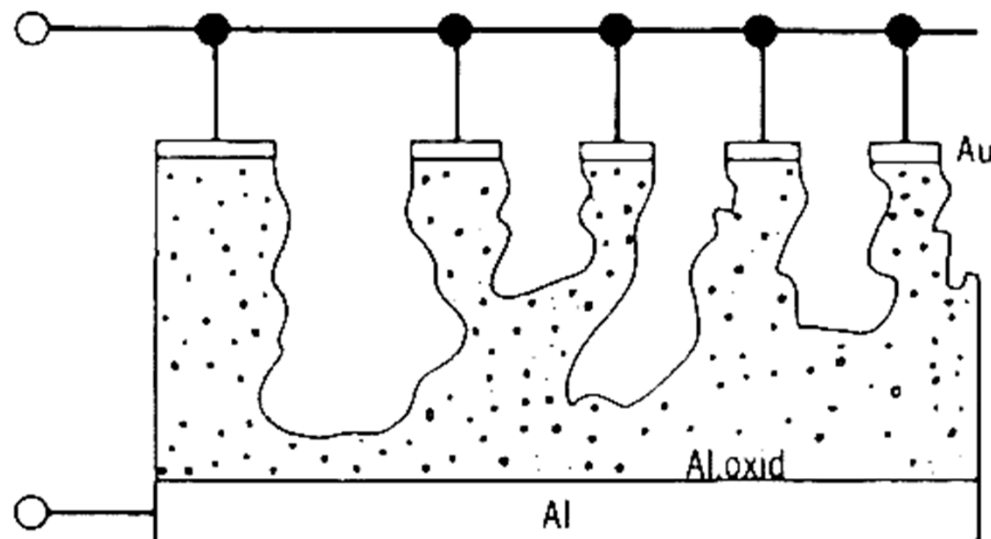
nesmí obsahovat více než 67 ppm vody



CS – měření rosného bodu

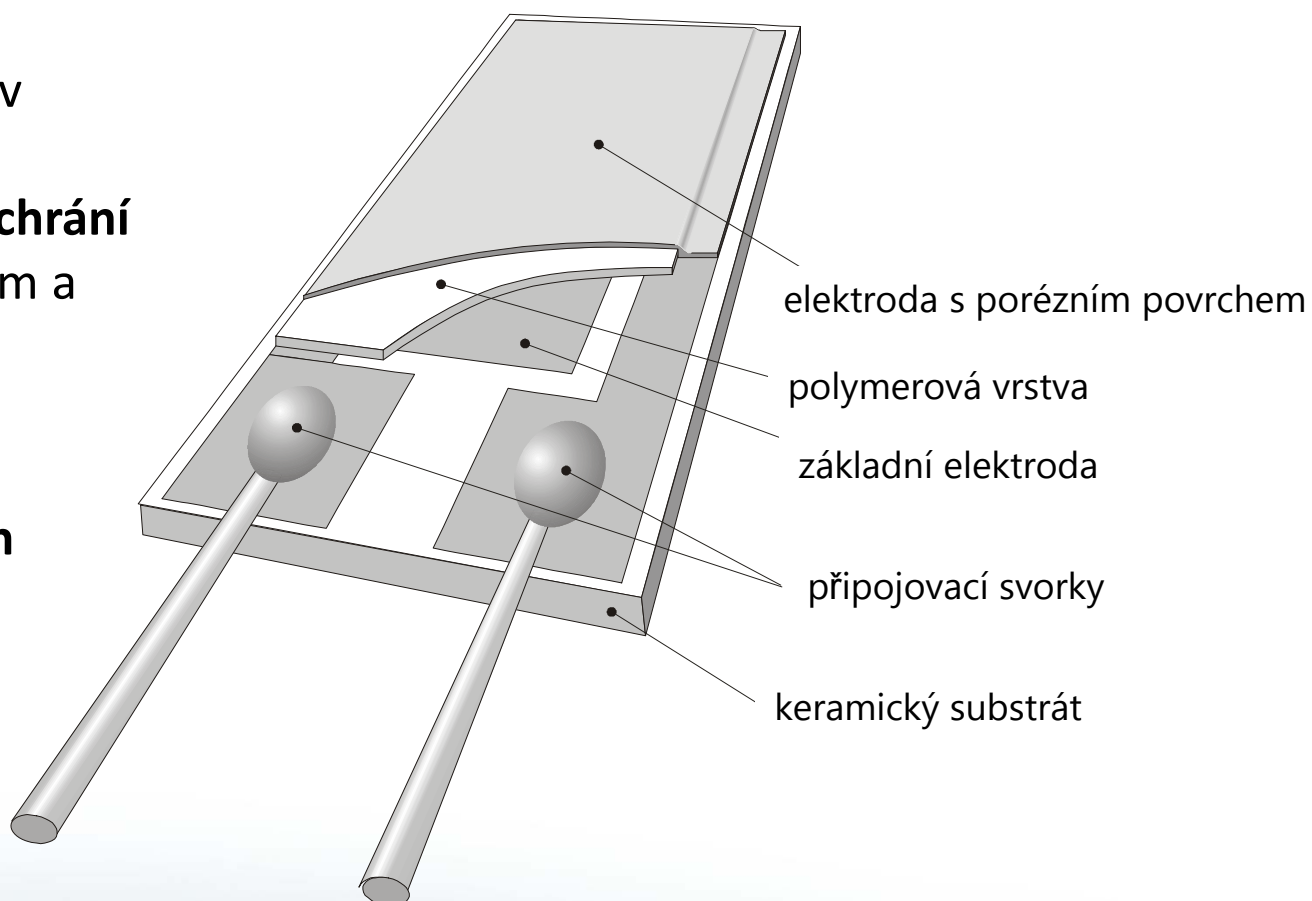
Konstrukce senzorů rosného bodu (keramické senzory Al_2O_3)

- adsorpce vody vede ke změnám v kapacitě senzoru.
- kapacita je měřítkem vlhkosti.
- velký povrch zajišťuje vysokou senzitivitu
- použití ve speciálních aplikacích pro zjištění obsahu zbytkové vlhkosti
- **znečištění** vnitřních pórů může způsobit **nevratné změny**
- prach a olej vstupující do pórů mají velký vliv na výsledky měření (otevřený povrch)



Konstrukce senzorů rosného bodu (kapacitní polymerové senzory)

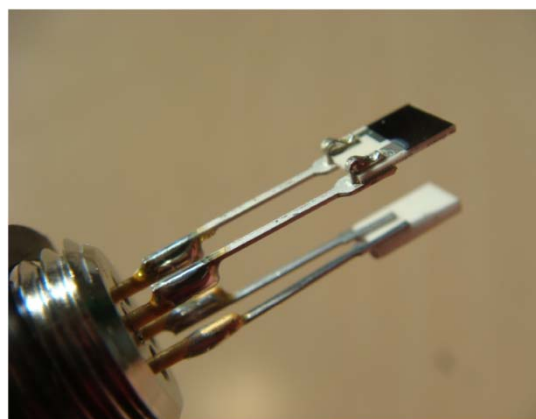
- adsorpce vody vede ke změnám v **kapacitě** senzoru
- elektroda s porézním povrchem **chrání senzor** před prachem, znečištěním a olejem; vlhkost může procházet
- senzitivita závisí na polymeru
- znečištění může občas nastat
- senzor může být **snadno vyčištěn**





CS – měření rosného bodu

Vzhled senzorů rosného bodu



senzor vlhkosti a senzor
teploty



připojovací závit G 1/2,,
ochranná krytka ze
sintrovaného materiálu

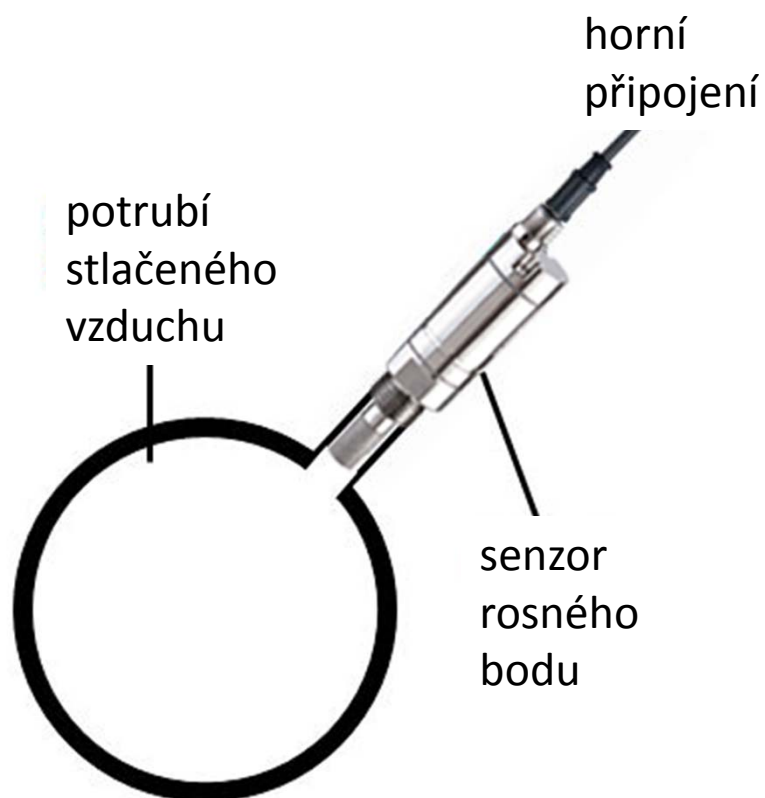


připojení senzoru



CS – měření rosného bodu

Instalace senzorů rosného bodu



špatně:

přímá instalace do trubky



správně:

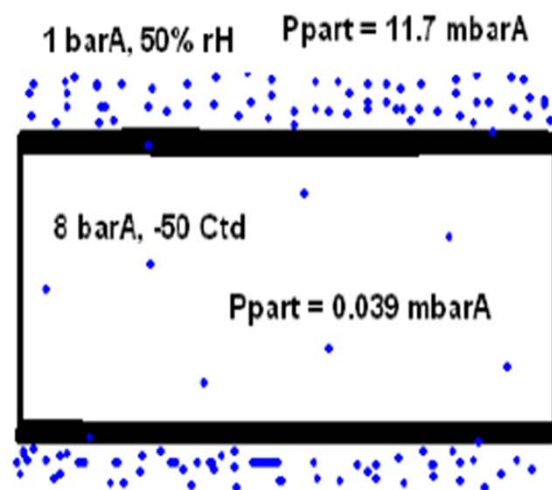
nepřímá instalace s měřící komorou s konstantním průtokem.
Senzor vždy shora potrubí



CS – měření rosného bodu

Instalace senzoru přes hadičku

- adsorpce a desorpce (jako houba)
- vypařování vodních par z vnější do vnitřní strany
- vyberte správný materiál: PTFE, nerez, měď



Skladování senzoru

- vždy používejte sušící kontejner
- ochrana před vlhkostí a zkresleným výsledkem měření
- rychlejší adaptační čas



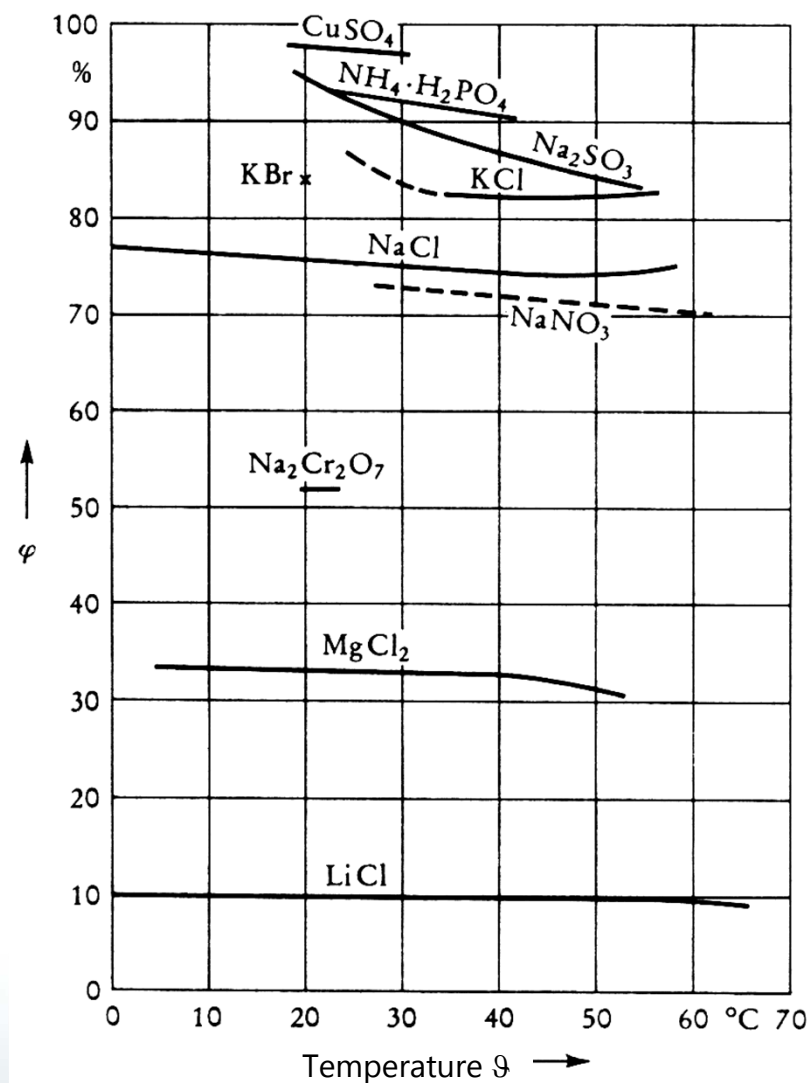
CS – měření rosného bodu

Kalibrace senzoru pomocí solí



Saturovaná sůl
LiCl (=Lithiumchlorid): 11,3 %rH

Kalibrace se provádí pomocí solí, které mají stabilní rH v širokém teplotním rozsahu
při použití saturovaných solí je zákazník schopen kdykoliv sám monitorovat a recalibrovat senzor





CS – měření rosného bodu

Program senzorů rosného bodu



FA510/FA515

- běžné senzory jak pro pevnou montáž, tak pro servisní organizace
- zejména pro kontrolu sušiček



FA500

- stejné využití jako FA510/FA515
- navíc vybavené displejem – není třeba monitorovací jednotky



DP500/DP510

- přenosné provedení zejména pro servisní organizace
- DP510 má vstup navíc a lze využít i pro další senzory



FA300-2EX

- určeno pro měření rosného bodu v prostorech s nebezpečím výbuchu ATEX



CS – měření rosného bodu

Senzory rosného bodu FA510 / FA515



Hlavní charakteristiky:

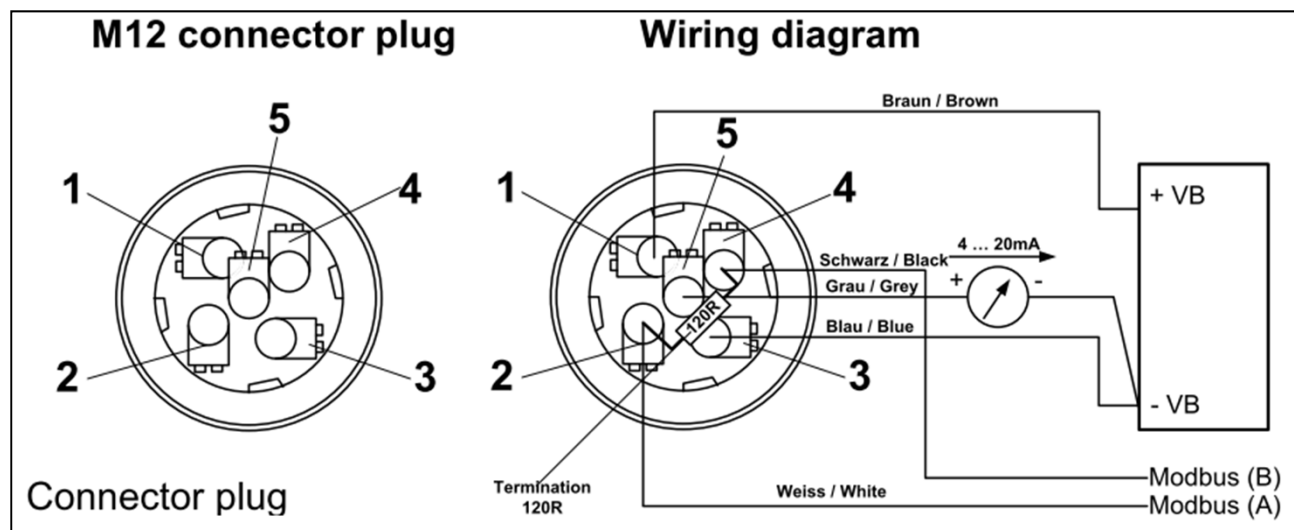
- měřicí rozsahy: $-80...20^{\circ}\text{Ctd}$ - pro adsorpční a membránové sušičky
 $-20...+50^{\circ}\text{Ctd}$ – pro kondenzační sušičky
- tlakové rozsahy až do 350 bar
- analogový výstup 4...20 mA
- 2-žilové nebo 3-žilové provedení s Modbus-RTU (RS485)
- extrémně dlouhodobě stabilní (není nutná častá kalibrace)
- není senzitivní vůči kondenzátu – vysoká spolehlivost
- rychlý čas odezvy
- vysoká přesnost díky pokročilé elektronice
- přesnost
 - $\pm 1\%$ pro rozsah $-20...+20^{\circ}\text{Ctd}$
 - $\pm 2\%$ pro rozsah $-50...-20^{\circ}\text{Ctd}$
 - $\pm 3\%$ pro rozsah $-80...-50^{\circ}\text{Ctd}$
- diagnostika senzoru přes přenosnou jednotku / software CS Service
- připojení – vnější závit G1/2", konektor M12 5-pin



CS – měření rosného bodu

Senzory rosného bodu FA510 / FA515

- FA510 – 3-žilové provedení
- FA515 – 2-žilové provedení
- oba senzory mají stejný konektor M12 s 5ti póly
- u FA515 se nevyužívá Pin 2 a Pin 4 pro komunikaci Modbus (RS485)
- Modbus přenáší informace o senzoru nad rámec měřených hodnot



		Pin 1	Pin 2	Pin 3	Pin 4	Pin 5
FA 510	Connector plug	+VB	RS485 A	-VB	RS485 B	+I Current output
	Connection cable 0554.0104 (5 m) 0554.0105 (10 m)	brown	white	blue	black	grey



CS – měření rosného bodu

Senzory rosného bodu FA500

Hlavní charakteristiky:

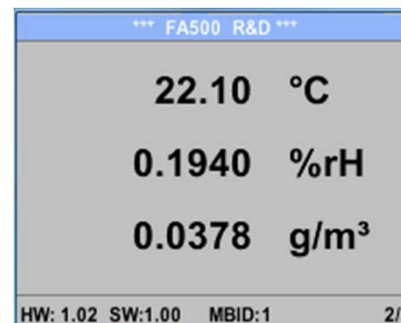
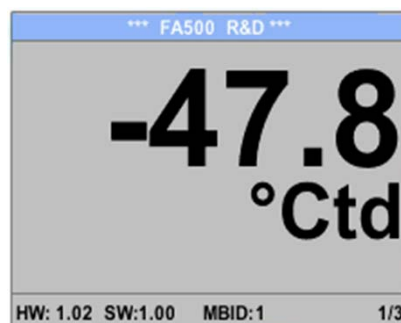
- měřicí rozsahy: $-80...20^{\circ}\text{Ctd}$ - pro adsorpční sušičky
 $-60...+30^{\circ}\text{Ctd}$ – pro membránové sušičky
 $-20...+50^{\circ}\text{Ctd}$ – pro kondenzační sušičky
- stejná data jako FA510/FA515
- integrovaný displej
možnost odečtu hodnot přímo na senzoru
možnost nastavit a připojit alarm



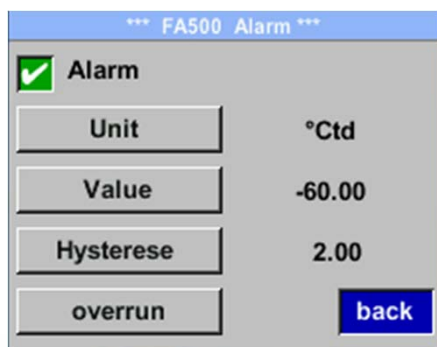


CS – měření rosného bodu

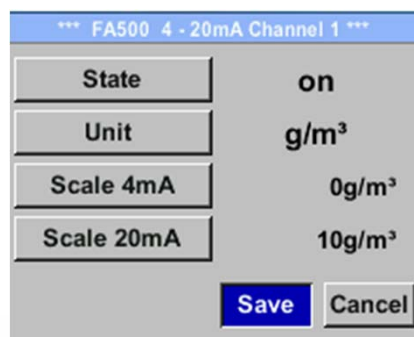
Senzory rosného bodu FA500



Hodnoty v různých jednotkách jsou zobrazovány na celkem 3 obrazovkách mezi nimiž lze přepínat. Hlavní obrazovka má jednu velkou hodnotu.



Alarm lze nastavit přímo na displeji. Lze vybrat jednotku, hodnotu a hysterezi



Analogovému výstupu lze přiřadit jednotku a vlastní rozsah 4-20 mA



Referenční podmínky lze změnit a je tak možné měřit např. atmosférický rosný bod²³



CS – měření rosného bodu

Přenosné senzory rosného bodu DP500/DP510



Hlavní oblasti využití:

- stlačený vzduch: zkoušení funkce kondenzačních, membránových a adsorpčních sušiček
- technické plyny: kontrola zbytkové vlhkosti v technických plynech jako dusík, kyslík apod.
- plastikářská výroba: zkoušení funkce granulátových sušiček
- stlačený vzduch ve zdravotnictví/dýchátný vzduch

**Sada DP500/DP510 je
ideální pro servisní techniky**





CS – měření rosného bodu

Přenosné senzory rosného bodu DP500/DP510

Displej

- 3,5" barevný displej
- dotyková obrazovka

Integrovaný data-logger

- kapacita 2 GB dat
- pro 100 mil. hodnot

Baterie Li-Ion

- provoz až 12 hodin
- rychlé nabíjení pouze 4 h



Měřicí komora

- rychlé připojení přes rychlospojku
- ochrana senzoru

USB rozhraní

- snadný přenos dat
- vyhodnocení v PC
- software CS Soft Basic



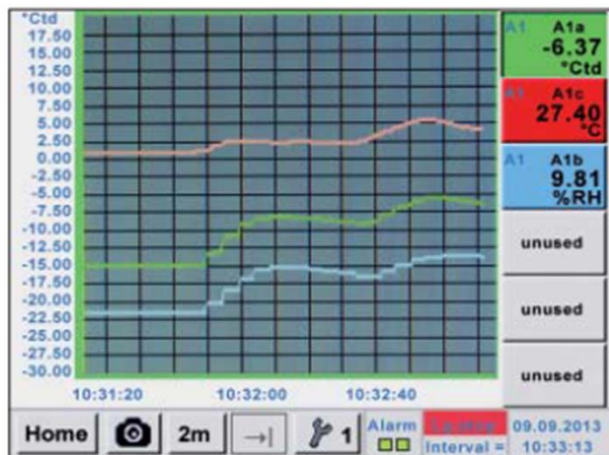
Snímek obrazovky

- světový debut
- snímek pro reporty a zasílání mailem

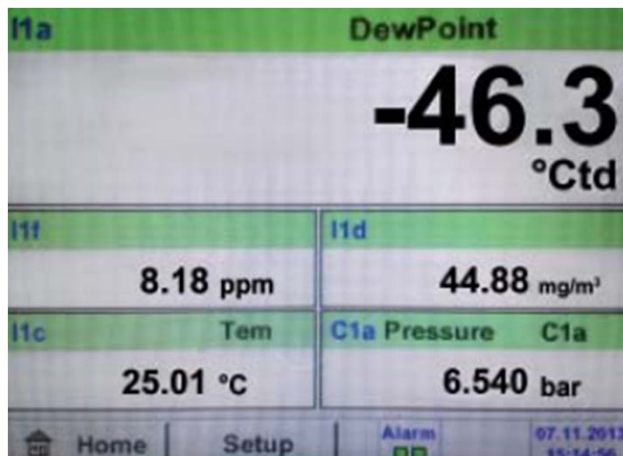


CS – měření rosného bodu

Přenosné senzory rosného bodu DP500/DP510

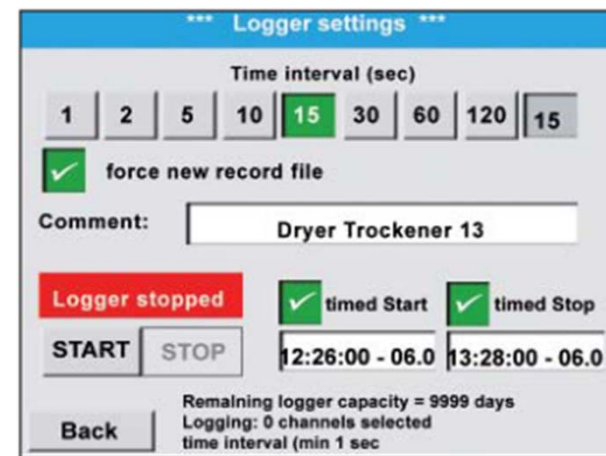


Naměřené křivky jsou indikovány graficky a uživatel vidí nejenom aktuální hodnotu, ale i vývoj od začátku měření.



Všechny fyzikální parametry vlhkosti jsou automaticky kalkulovány.

U modelu DP 510 se zobrazují rovněž hodnoty z druhého připojeného senzoru.



Je možné archivovat až 100 milionů naměřených hodnot s komentářem např. jménem zákazníka, místa měření. Časové úseky lze volně zvolit.

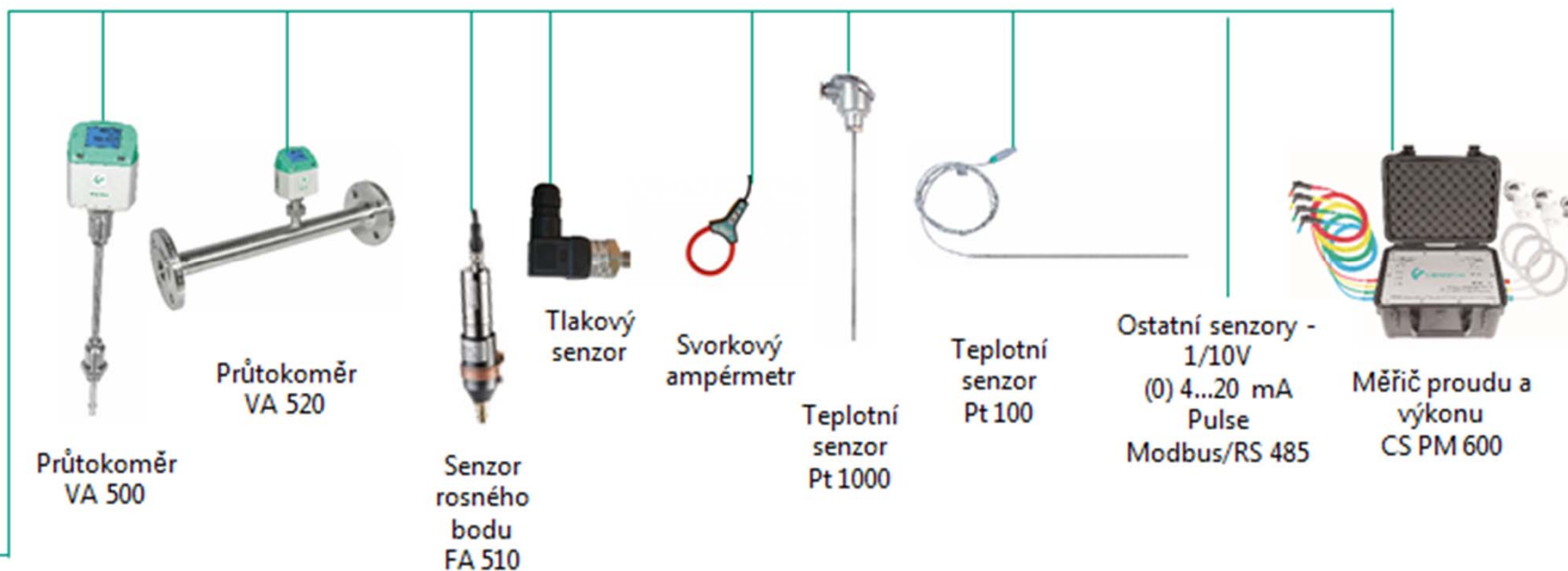


CS – měření rosného bodu

Přístroj DP510 se druhým vstupem – nejen měření rosného bodu ...



- na rozdíl od DP500 je přístroj DP510 vybaven druhým analogovým vstupem
- DP510 tak může sloužit nejen jako přenosný senzor rosného bodu, ale jako ideální diagnostický přístroj pro měření celé řady dalších parametrů





CS – měření rosného bodu



Pro další dotazy nás neváhejte kontaktovat !