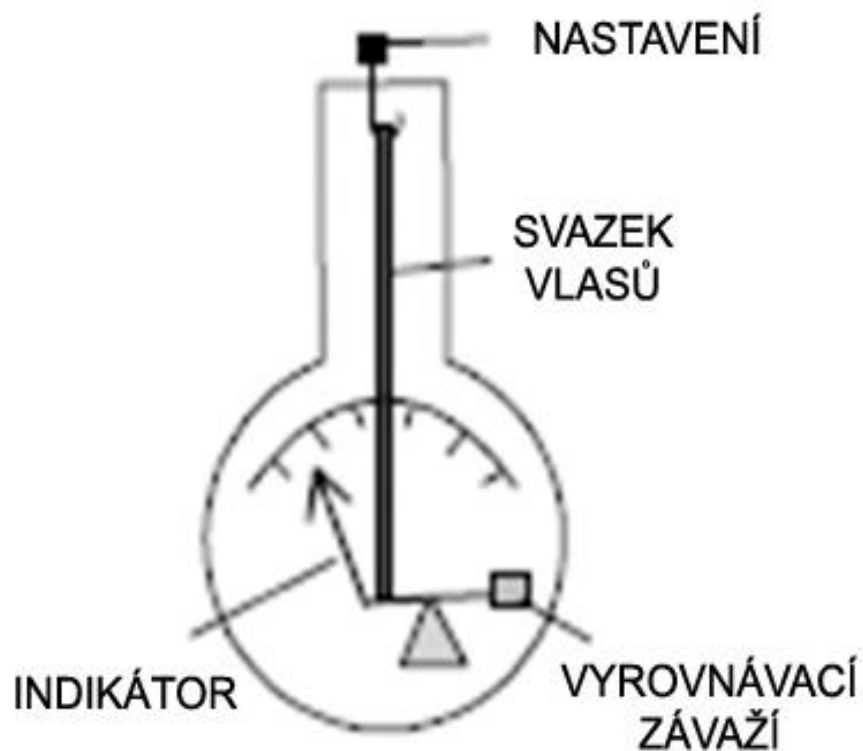
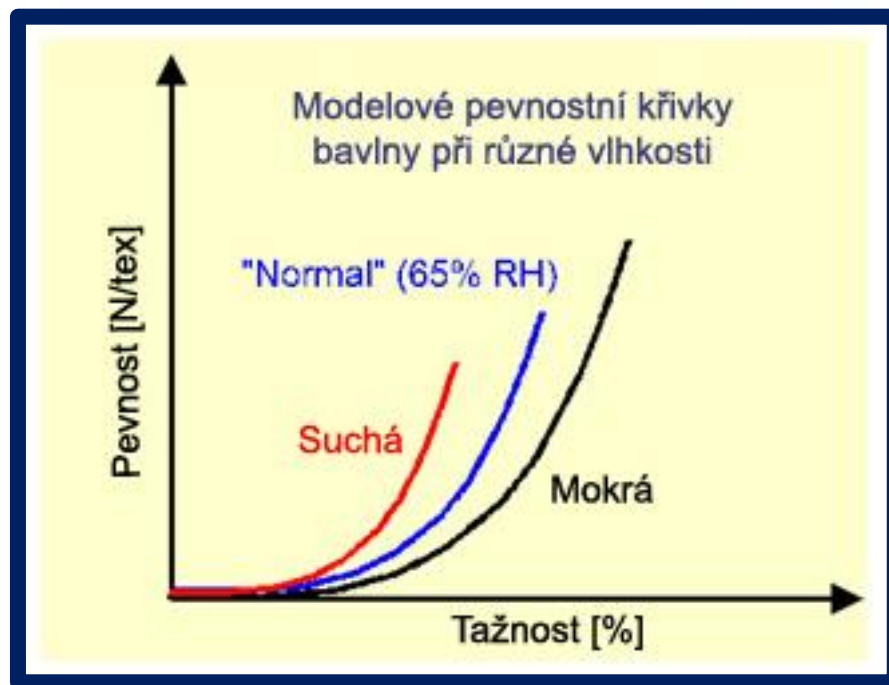


VLASOVÝ HYGROMETR



# Navlhavost textilií

- ❑ Klimatické podmínky
- ❑ Měření vlhkosti
- ❑ Vážení vzorků





# Klimatické podmínky

Relativní vlhkost vzduchu  $\varphi$  [%]

$$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_{max}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Relativní vlhkost  $\varphi$  [%] vzduchu se mění s jeho teplotou i přesto, že absolutní množství vodních par zůstává stejné

$\Phi$  [ $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ] - absolutní vlhkost vzduchu  
Hustota vodní páry  
Měrná hmotnost vodní páry  
Hmotnost vodní páry [g] obsažené v jednotce objemu vzduchu [ $\text{m}^{-3}$ ]



Rosný bod  $\upsilon$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]

**Teplota**, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami  
Relativní vlhkost vzduchu 100 %  
Pokud teplota klesne pod tento bod, nastává kondenzace

$\Phi_{max}$  [ $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ] - absolutní vlhkost vzduchu při teplotě  $\upsilon$   
Absolutní vlhkost vzduchu nasyceného vodními parami  
Množství sytých par závisí především na teplotě vzduchu



# Obsah vodních par ve vzduchu

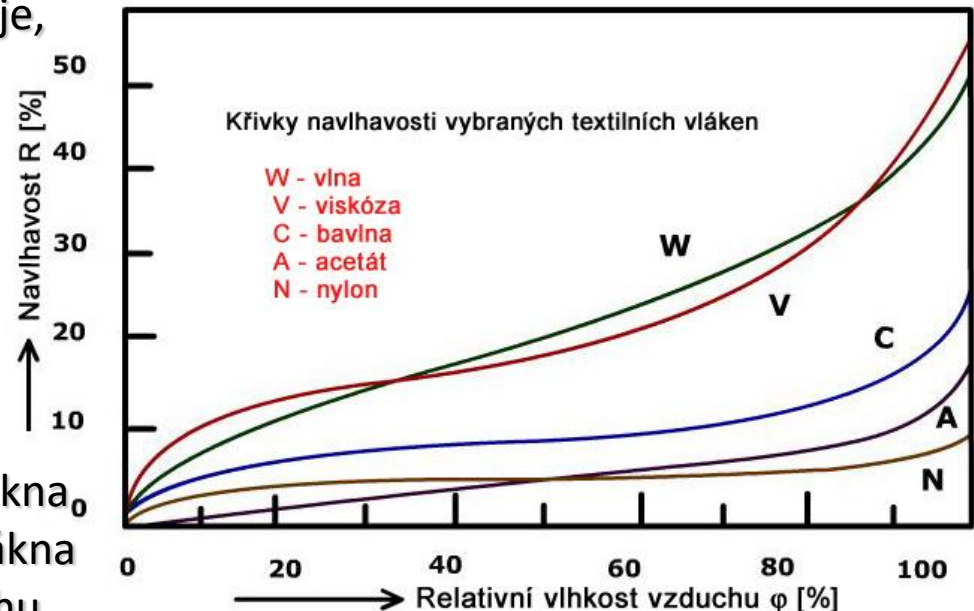
- Obsah vody ve vzduchu je dán **parciálním tlakem vodních par**, který závisí na relativní vlhkosti vzduchu:

- $P_D$  – parciální tlak vodních par ve vzduchu [Pa] při teplotě  $T_D$  [°C]

$$\varphi = \frac{P_D}{P_{DM}} \cdot 10^2 [\%]$$

- $P_{DM}$  – parciální tlak vodních par ve vzduchu [Pa] při téže teplotě ale 100 % vlhkosti

- Parciální tlak vodních par způsobuje, že vodní pára proniká tam, kde je parciální tlak vodních par menší tak, aby byl parciální tlak vodních par na rozhraní dvou prostředí vyrovnán – např. mezi vlákny a vzduchem:
  - z vlhkého vzduchu pronikají molekuly vody do suchého vlákna
  - nebo se uvolňují z vlhkého vlákna a odcházejí do suchého vzduchu





# Měření klimatických podmínek

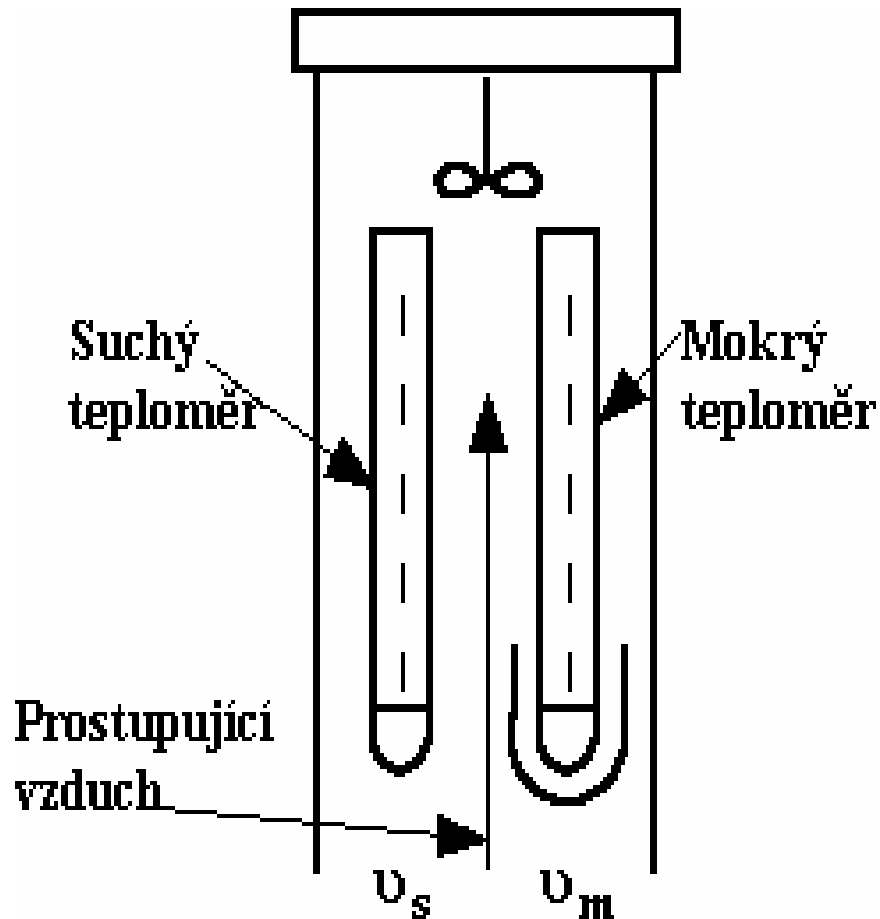
- ❑ Abychom mohli klimatické podmínky (teplotu a vlhkost vzduchu) posuzovat a regulovat, musíme být schopni tyto veličiny měřit
- ❑ Měřicí zařízení by mělo dle normy vyhovovat minimálně následujícím požadavkům na přesnost:
  - ❑ Pro teplotu - **nejistota měření  $\pm 0,5$  °C**, rozlišení stupnice 0,1 °C
  - ❑ Pro vlhkost - **nejistota měření  $\pm 2,0$  %**, rozlišení stupnice 0,1
- ❑ **Měření teploty**
  - ❑ nejčastěji se používají teploměry s následujícími parametry:
    - ❑ **Rozsah 0 – 30 °C**
    - ❑ **Přesnost měření na 0,5 °C**
- ❑ **Měření vlhkosti**
  - ❑ měří vlhkoměry, neboli ***psychrometry, popř. hygrometry***



- ❑ Nejpřesnějším psychrometrem je **Asmannův psychrometr**
  - ❑ Pracuje na principu **stanovení rozdílu teplot** změřených na dvou teploměrech
  - ❑ **Jeden** měří teplotu okolního vzduchu (tzv. **suchý teploměr**)
  - ❑ **Druhý** měří teplotu na teploměru, který je opatřen na baňce se rtutí mokrou punčoškou (tzv. **mokrý teploměr**)
  - ❑ Odpařování vody z punčošky odnímá teplo nádobce vlhkého teploměru. Rychlost tohoto děje závisí na vlhkosti vzduchu, kterou určujeme na základě rozdílu teplot udávaných oběma zmíněnými teploměry podle tzv. **psychrometrických tabulek**
  - ❑ **Rozdíl teplot ( $t_s - t_m$ )** odečítaných na suchém a vlhkém teploměru se nazývá psychrometrický rozdíl, nebo také **psychrometrická diference**

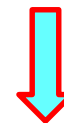


# Asmanův psychrometr

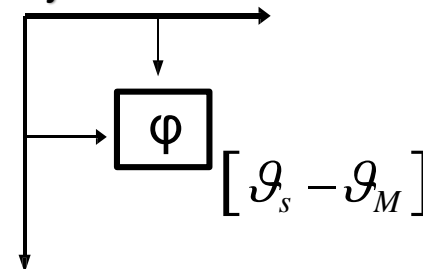


V tabulkách se podle psychrometrické difference

$$[\vartheta_S - \vartheta_M]$$



Najde se vlhkost vzduchu





# Psychrometrická diference

Teplota vzduchu °C	Rozdíl teplot na obou teploměrech														
	1	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	
0	80	60	51	41	32	22	13	4							
2	82	64	55	47	38	30	21	13	5						
4	84	67	59	51	44	36	29	21	14						
6	85	70	63	56	48	41	35	26	21	14	8				
8	86	72	66	59	53	46	40	34	27	21	15	6			
10	87	74	68	62	56	50	44	39	33	27	22	16	11	6	
12	88	76	70	65	59	54	48	43	38	33	28	23	18	13	
14	89	78	72	67	62	57	52	47	42	37	32	28	23	19	
16	89	79	74	69	64	60	55	50	46	41	37	33	28	24	
18	90	80	76	71	66	62	58	53	49	45	41	37	33	29	
20	91	81	77	73	68	64	60	56	52	48	44	40	37	33	
22	91	82	78	74	70	66	62	58	54	51	47	43	40	39	
24	91	83	79	75	71	68	64	60	57	53	50	46	43	40	
26	92	84	80	76	73	69	66	61	59	55	52	49	46	43	
28	92	84	81	77	74	71	67	64	60	57	54	51	48	45	
30	93	85	82	78	75	72	68	65	62	59	56	53	50	47	
32			83	79	76	73	70	67	64	61	58	55	52	49	
34							71	68	65	62	59	57	54	51	



- ❑ Pro ověřování provozní vlhkosti vzduchu se používá hygrometrů:
  - ❑ **Hygrometr vlasový**
    - ❑ využívá citlivost délky lidských vlasů na změny vzdušné vlhkosti
  - ❑ **Hygrometr kombinovaný**
    - ❑ s registračním zařízením pak nazýváme hygrograf
    - ❑ termohygrograf, je-li doplněn zapisovačem teploty







# Vliv vlhkosti na vlastnosti vláken

- ❑ **Vlastnosti textilních vláken a textilií z nich se často mění podle toho, jaká je jejich vlhkost**
  - ❑ Většina vláken je navlhavých (jsou schopna přijímat vlhkost z ovzduší, od lidského těla apod., popř. absorbují plyny, chemické výpary, atd.)
  - ❑ Obsah vody, absorbované textilií ze vzduchu, může měnit např. její rozměry, pevnost a tažnost, elastické zotavení, elektrický odpor nebo tuhost apod.
  
- ❑ **Přijímání vlhkosti**
  - ❑ **Nevratné (ireversibilní)** – molekuly vody se navazují do struktury vlákna a vlhkost z vláken lze odstranit jen za jejich současného poškození
  - ❑ **Vratné (reversibilní)** – molekuly vody se navazují na sorpční centra vláken – vodu z vláken lze odstranit (vlákno usušit)



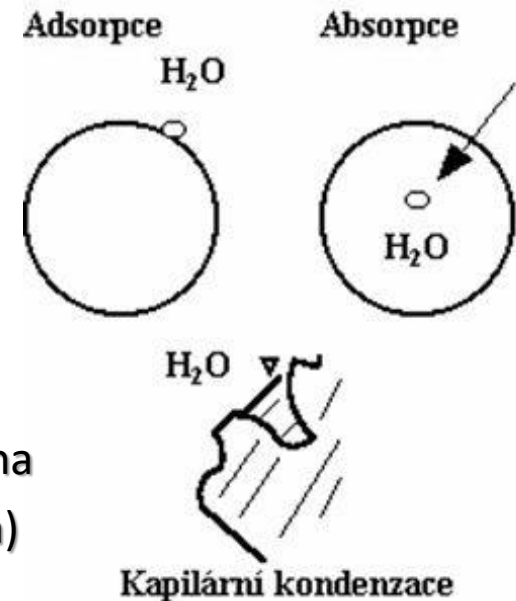
# Navlhavost vláken

- ❑ Podle schopnosti přijímat vodu resp. vodní páry jsou vlákna:
  - ❑ **Hydrofobní (vodu nepřijímají)** – polypropylen (0,1-0,8%), polyester (0,8-1,5%)
  - ❑ **Hydrofilní (vodu přijímají velmi dobře)** – bavlna (8,5%), vlna (18%), viskózová vlákna (11-13%), PA6/PA66 (4,5-6,5%) a další.

V tomto případě vlákna přijímají dobře také chemické látky, např. barviva, tzn. mají vysokou afinitu k vodním parám, k barvivům, atd.

## ❑ Průběh sorpce:

- ❑ **Adsorpce** - molekuly vody jsou vázány na povrch vlákna
- ❑ **Absorpce** - vodní páry prostupují dovnitř struktury vlákna
- ❑ **Kapilární kondenzace** - voda v kapalném stavu kondenzuje v pórech na povrchu vlákna
- ❑ **Desorpce** - sušení vláken (uvolňování vody z vláken)





# Vlastnosti charakterizující stav vlhkosti ve vláknech a textiliích

- ❑ **Klimatizovaná vlhkost**
  - ❑ Hmotnost textilního materiálu s normovaným obsahem vlhkosti
- ❑ **Suchá hmotnost**
  - ❑ Hmotnost suchého (vysušeného) materiálu (dle normy)
- ❑ **Vlhkostní přírážka (reprisa, uzanční vlhkost)**
  - ❑ Konstantní povolená přírážka hmotnosti materiálu (povolený obsah vody)
  - ❑ Povolený obsah vody vychází z relativní vlhkosti materiálu při normovaném ovzduší
- ❑ **Obchodní hmotnost**
  - ❑ Definována jako **čistá hmotnost** doplněná o obchodní přírážku
- ❑ **Čistá hmotnost**
  - ❑ Hmotnost materiálů bez nevlákněných částí (dutinek, obalů atd.)
- ❑ **Obchodní přírážka**
  - ❑ Veškeré dohodnuté přírážky na nevláknité podíly v materiálu a povolená vlhkost (**Vlhkostní přírážka**). Počítá se v % z **čisté hmotnosti** materiálu



# Vlhkostní přirážka - příklady

Vlákno	Vlhkostní přirážka vláken [ % ]	Vlhkostní přirážka příze [ % ]
<b>Bavlna</b>	<b>8,5</b>	<b>8,5</b>
<b>Len</b>	<b>12</b>	<b>10</b>
<b>Vlna mykaná</b>	<b>17</b>	<b>17</b>
<b>Vlna česaná</b>	<b>17</b>	<b>18,25</b>
<b>Viskóza</b>	<b>11</b>	<b>11</b>
<b>Polyamid</b>	<b>5,75</b>	<b>5,75</b>
<b>Polyester</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>
<b>Polyakrylonitril</b>	<b>1,0</b>	<b>1,00</b>
<b>Polypropylen</b>	<b>0,1</b>	<b>0,10</b>



# Stanovení obchodní hmotnosti textilních materiálů

- Pro potřeby stanovení **správné hmotnosti** dodávky textilního materiálu je stanovena **obchodní hmotnost** výběru 1. stupně podle vztahu:

$$m_o = \frac{100 + v_p}{100 + v} \cdot m_c [kg]$$

- $v_p$  – povolená vlhkostní přirážka [%]
- $v$  – skutečná vlhkost vláken [%]
- Pro **provozní ověřování vlhkosti** se používá elektrických přístrojů na měření vlhkosti
  - Tyto přístroje většinou využívají pro svou funkci sledování změny relativního odporu vláken, který se mění s vlhkostí materiálu



# Upravená obchodní hmotnost

- ❑ Při nákupu textilií na váhu musí být vždy uzavřena dohoda mezi prodávajícím a kupujícím, co přesně tvoří celkovou **prodejní hmotnost materiálu**
- ❑ Nejčastěji se používá stanovení tzv. „upravené obchodní hmotnosti (**correct invoice weight – CIW**)“
  - ❑ Vzorky o hmotnosti cca 200 g jsou vybrány pomocí normovaného postup a uloženy do vzduchotěsné nádoby zamezující změnám vlhkosti
  - ❑ Vzorky jsou váženy a vysušeny dle výše uvedených pravidel
    - **M** – hmotnost dodávky při vzorkování [g]
    - **D** – hmotnost vysušeného vzorku [g]
    - **S** – původní hmotnost vzorku [g]
    - **C** – hmotnost dodávky po vysušení [g]
    - **R<sub>1</sub>** – komerční vlhkostní přirážka [%]
    - **CIW** – upravená obchodní hmotnost [g]

$$C = M \times \frac{D}{S}$$

$$CIW = C \times \left( \frac{100 + R_1}{100} \right)$$



# Komerční vlhkostní přírážky

Typ vlákna	Vlhkostní přírážka: UK [%]	US [%]
<b>CHEMICKÁ VLÁKNA</b>		
Acetát	9	6.5
Akryl	2	1.5
PAD 6.6, 6	6.25	4.5
PES	1.5	0.4
POP	5	0
TAC	7	3.5
Viskóza	13	11
<b>PŘÍRODNÍ VLÁKNA</b>		
Bavlna - rezná	8.5	7
Len - vlákno	12	12
Len - příze	12	8.75
Přírodní hedvábí	11	11
Vlna - česaná	18.25	13.6
Vlna - mykaná	17	13.6



# Stanovení obsahu vody ve vlákne

- Stanoví se z poměru hmotnosti vlhkého a/nebo klimatizovaného vlákna  $\Rightarrow T = 20^{\circ}\text{C} \Rightarrow \varphi = 65\%$  a hmotnosti vlákna suchého  $\Rightarrow$  vysušeného dle normy  $\Rightarrow T = 50^{\circ}\text{C} \Rightarrow \varphi = 10\text{-}25\%$

$$r = \frac{m_K - m_S}{m_S} \cdot 10^2 = \frac{m_{\text{vody}}}{m_S} \cdot 10^2 [\%]$$

- $r$  – relativní vlhkost vláken [%]
- $m_K$  – hmotnost vláken vlhkých/klimatizovaných [g]
- $m_S$  – hmotnost vláken suchých [g]

## ISO 17 614: 2014

„Textiles – Determination of moisture drying rate“

!!! zatím není zavedena v ČSN

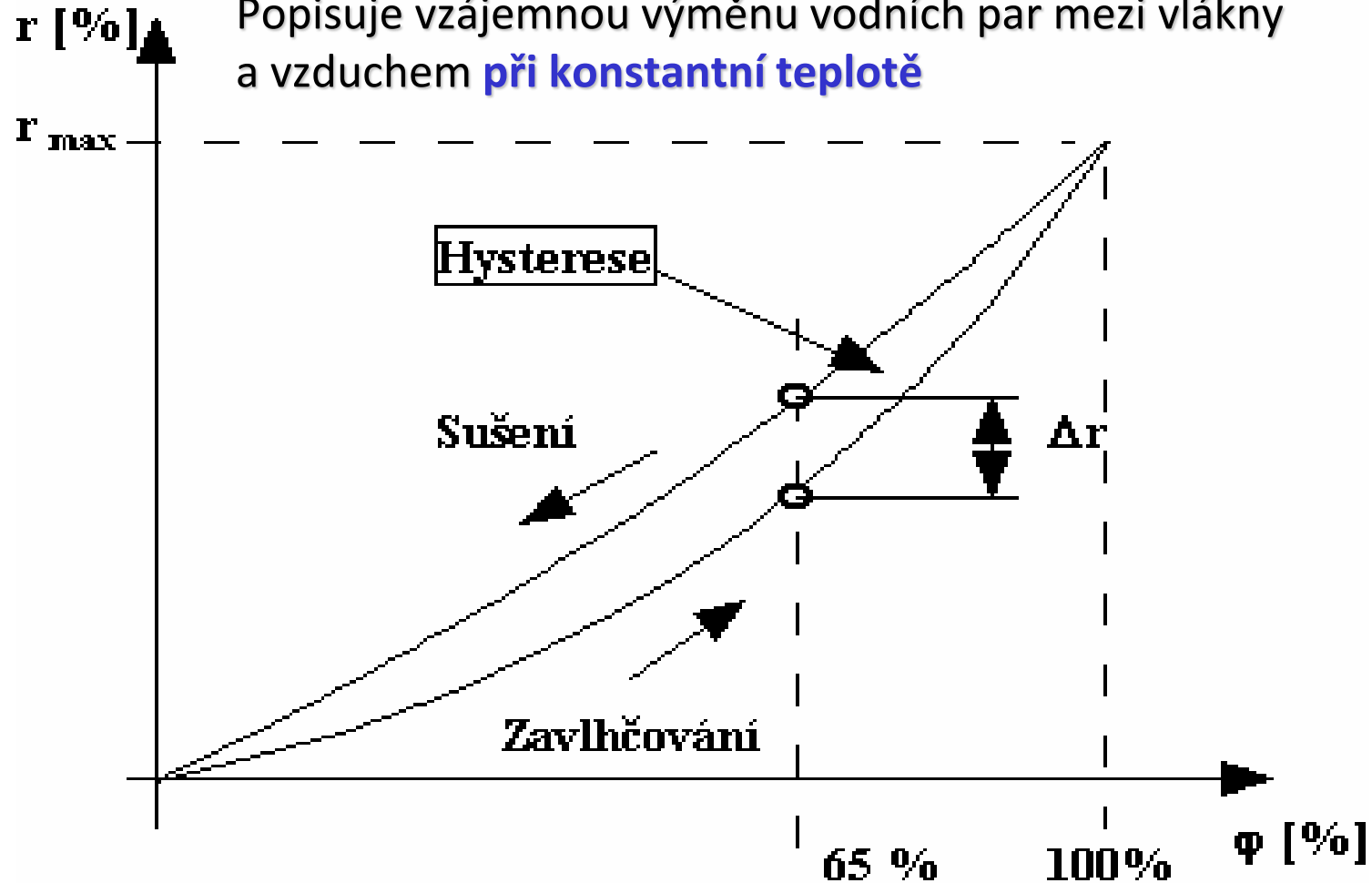




# Sorpční izoterma

Závislost relativní vlhkosti vlákna  $r$  na relativní vlhkosti vzduchu  $\varphi$

Popisuje vzájemnou výměnu vodních par mezi vlákny a vzduchem **při konstantní teplotě**





# Stanovení vlhkosti v textilních materiálech I.

- ❑ Vzorky pro zkoušení vlhkosti textilních materiálů se odebírají a ukládají tak, aby byla zachována jejich původní vlhkost
  - ❑ Jsou uloženy v neprodyšných obalech
  - ❑ Nejčastěji a nejpřesněji se vlhkost materiálu zkouší vysoušením
- ❑ Vlhkost se zkouší na **čistém** vzorku (*s čistou hmotností*)
  - ❑ Vzorek se vysouší teplým vzduchem, popř. infračerveným zářením nebo vysokofrekvenčně (mikrovlnné sušení)
  - ❑ Běžně se používají **kondicionační (klimatizační) přístroje**
  - ❑ **Materiál se vysouší** tak dlouho, až rozdíl hmotnosti materiálu mezi dvěma po sobě následujícími váženými nepřesáhne 0,01 % předchozí hmotnosti vzorku



# Stanovení vlhkosti v textilních materiálech II.

Skutečná vlhkost textilních materiálů se stanoví podle vztahu:

$$v = \frac{m_c - m_s}{m_s} \cdot 10^2 [\%]$$

$m_c$  – je čistá hmotnost  
původního vzorku

$m_s$  – je suchá hmotnost vzorku

Obsah sušiny se stanoví

$$S = \frac{m_s}{m_c} \cdot 10^2 [\%]$$





# Klimatizace vzorků

Suchá textilie se uloží do zkušebního ovzduší

Vzduch musí volně proudit textilií

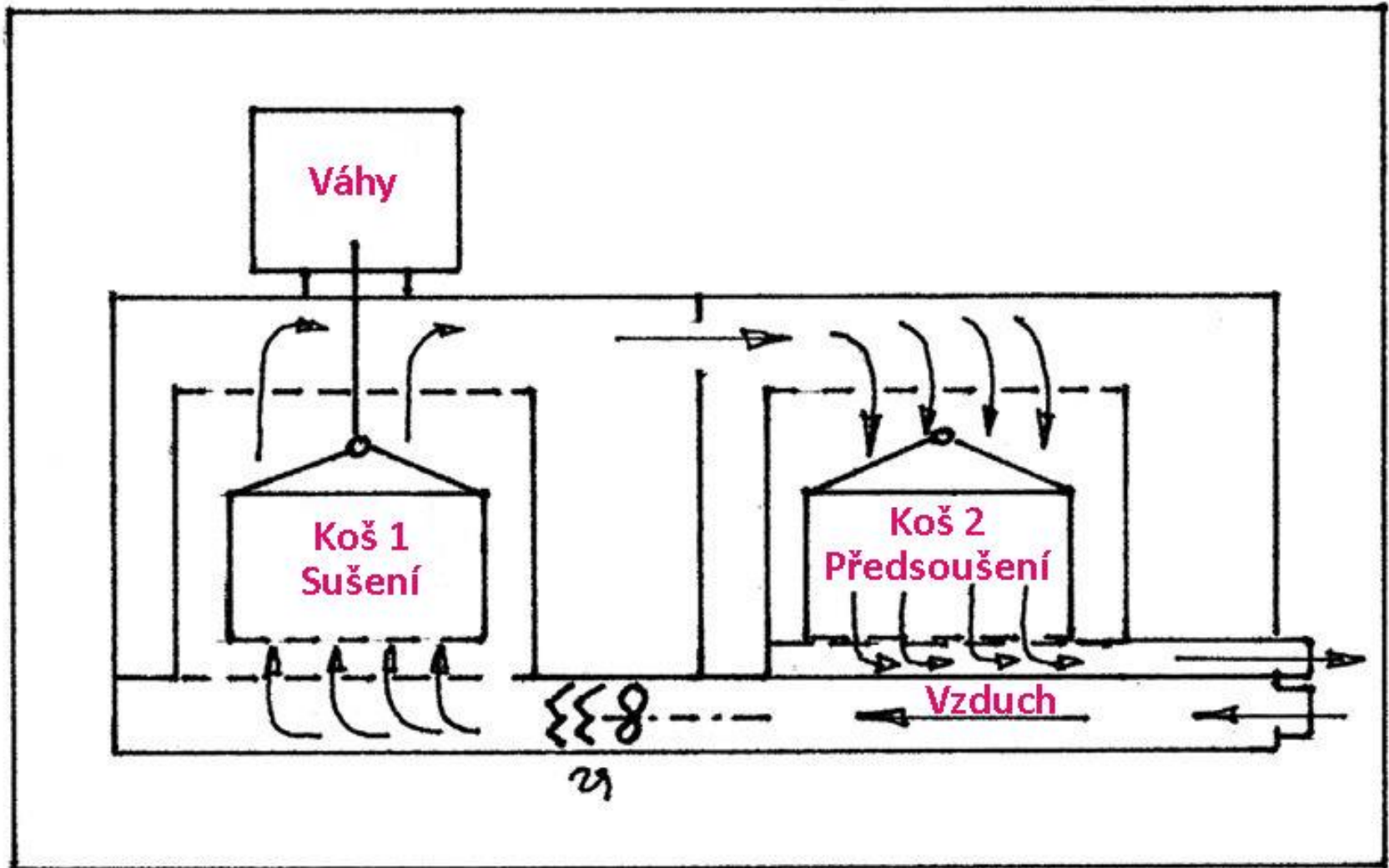
Ponechá se tam po dobu potřebnou k tomu, aby se textilie uvedla do rovnovážného stavu s ovzduším

Není-li stanoveno jinak, předpokládá se, že:

**Textilie je v rovnovážném stavu tehdy,  
když následná vážení provedená v intervalech  
2 h nevykazují *vzestupnou změnu hmotnosti*  
**vyšší než 0,25% !!!****

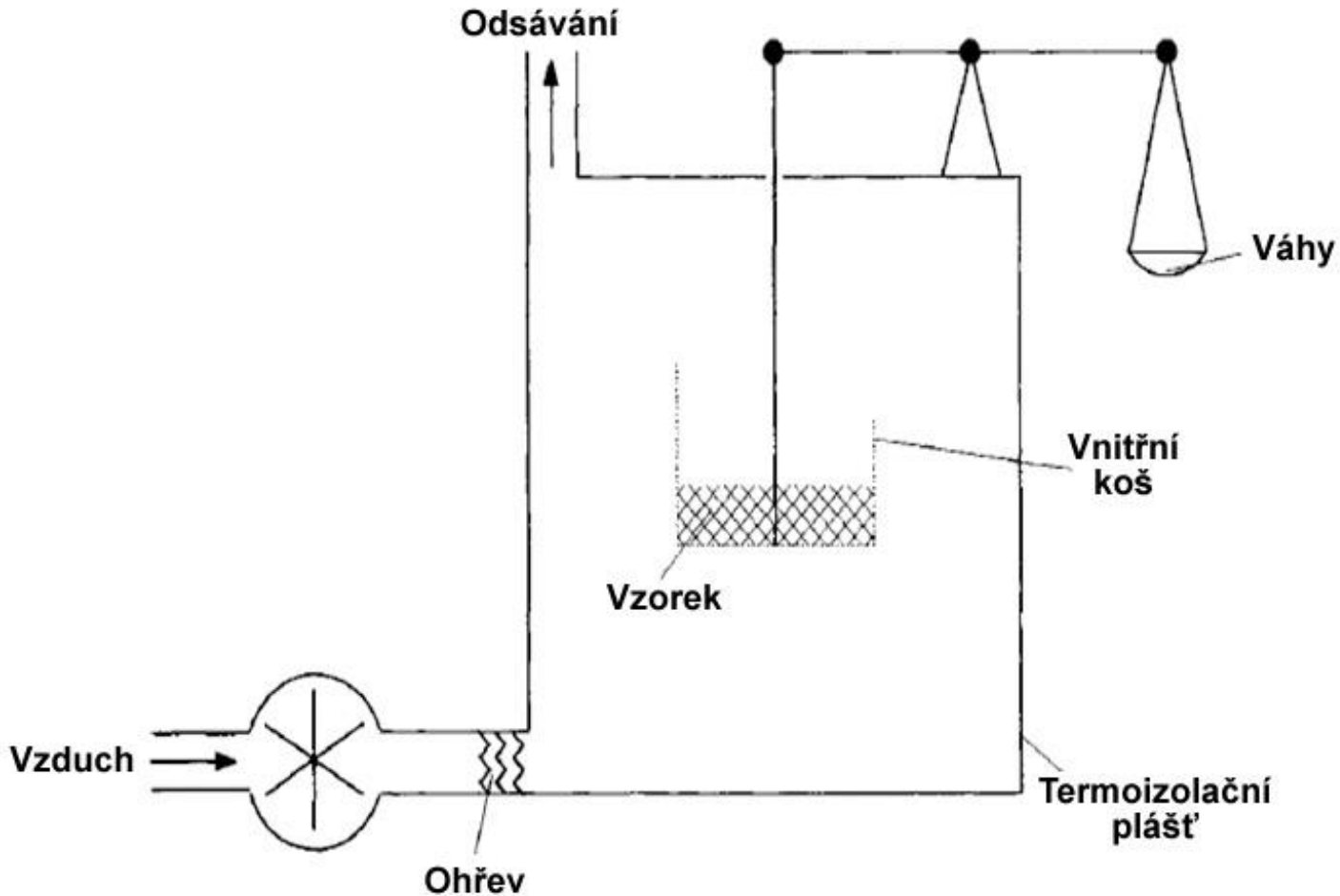


# Kondicionační přístroj



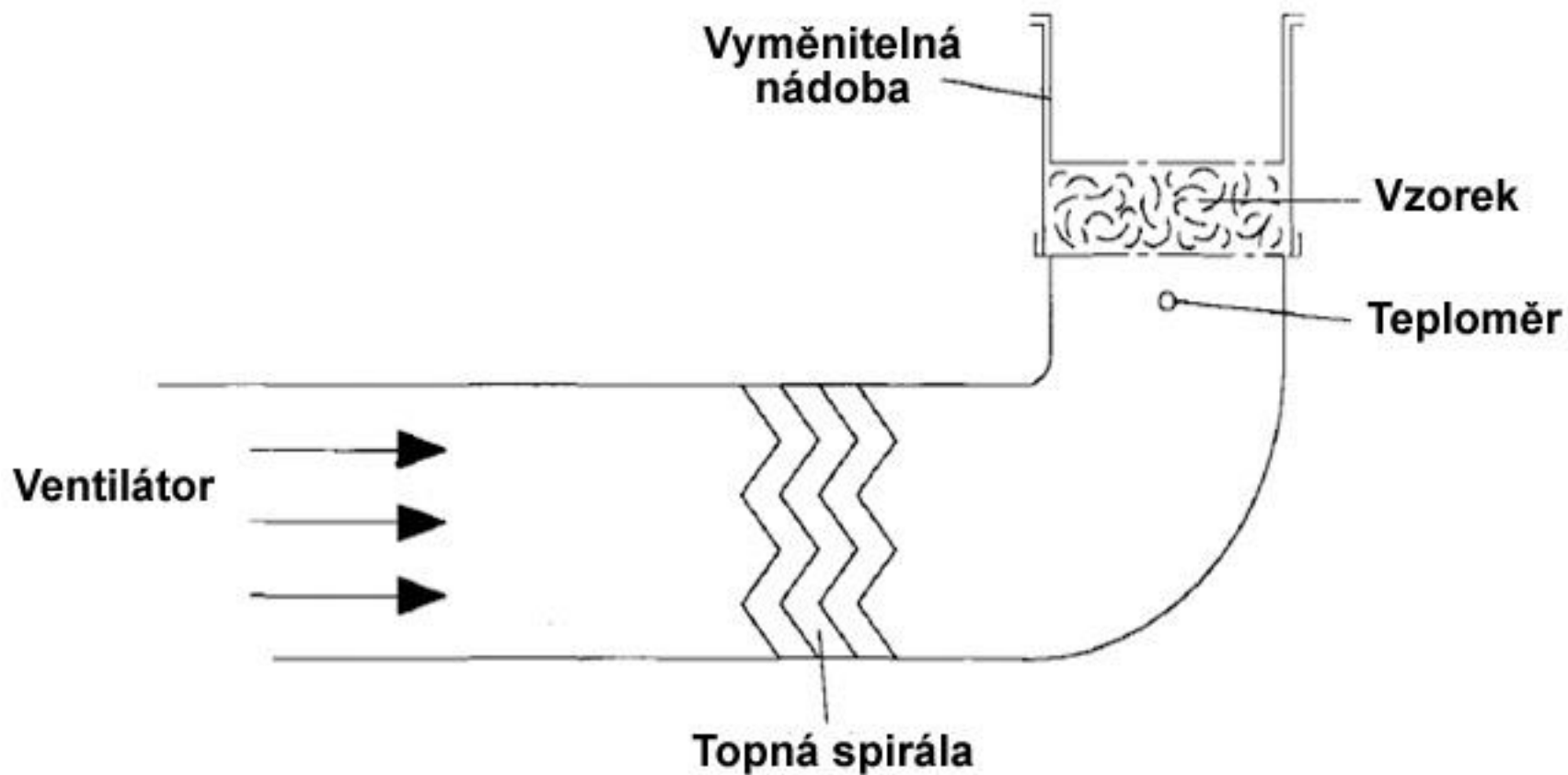


# Kondicionační komora



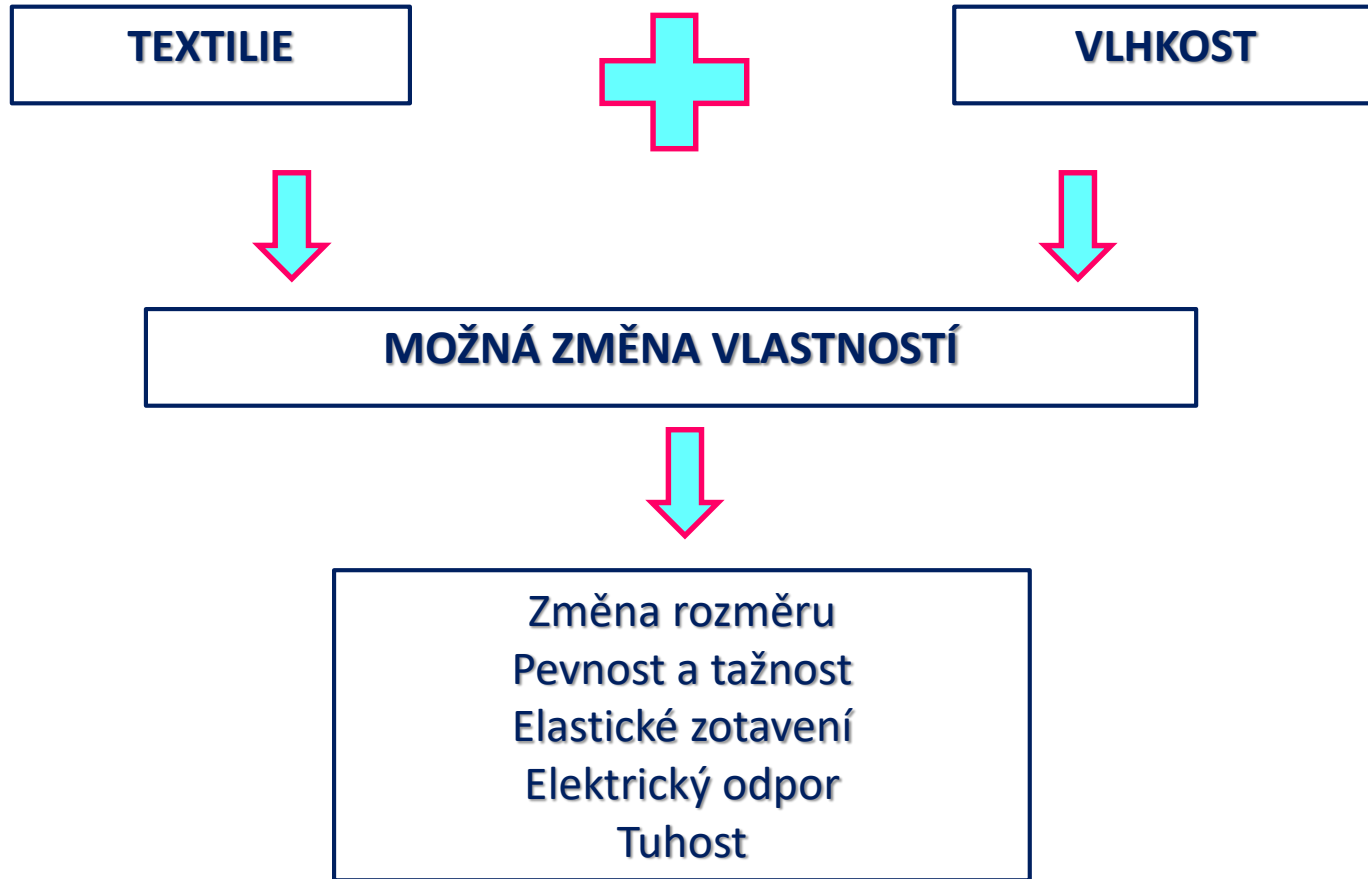


# Rychlá sušárna





# Vliv vlhkosti na vlastnosti vláken

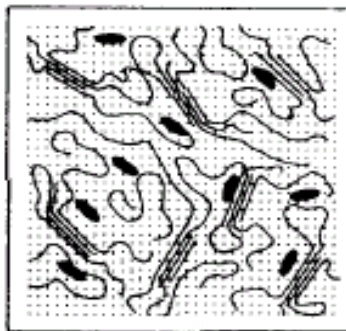
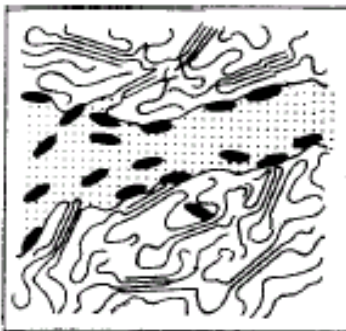
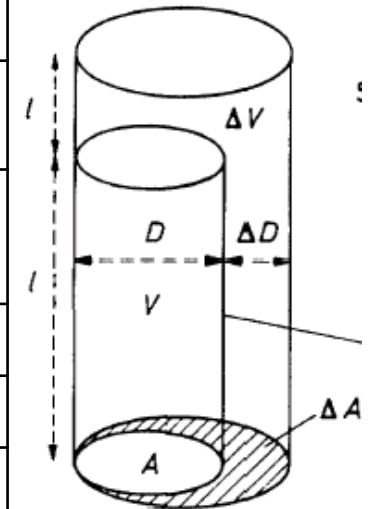






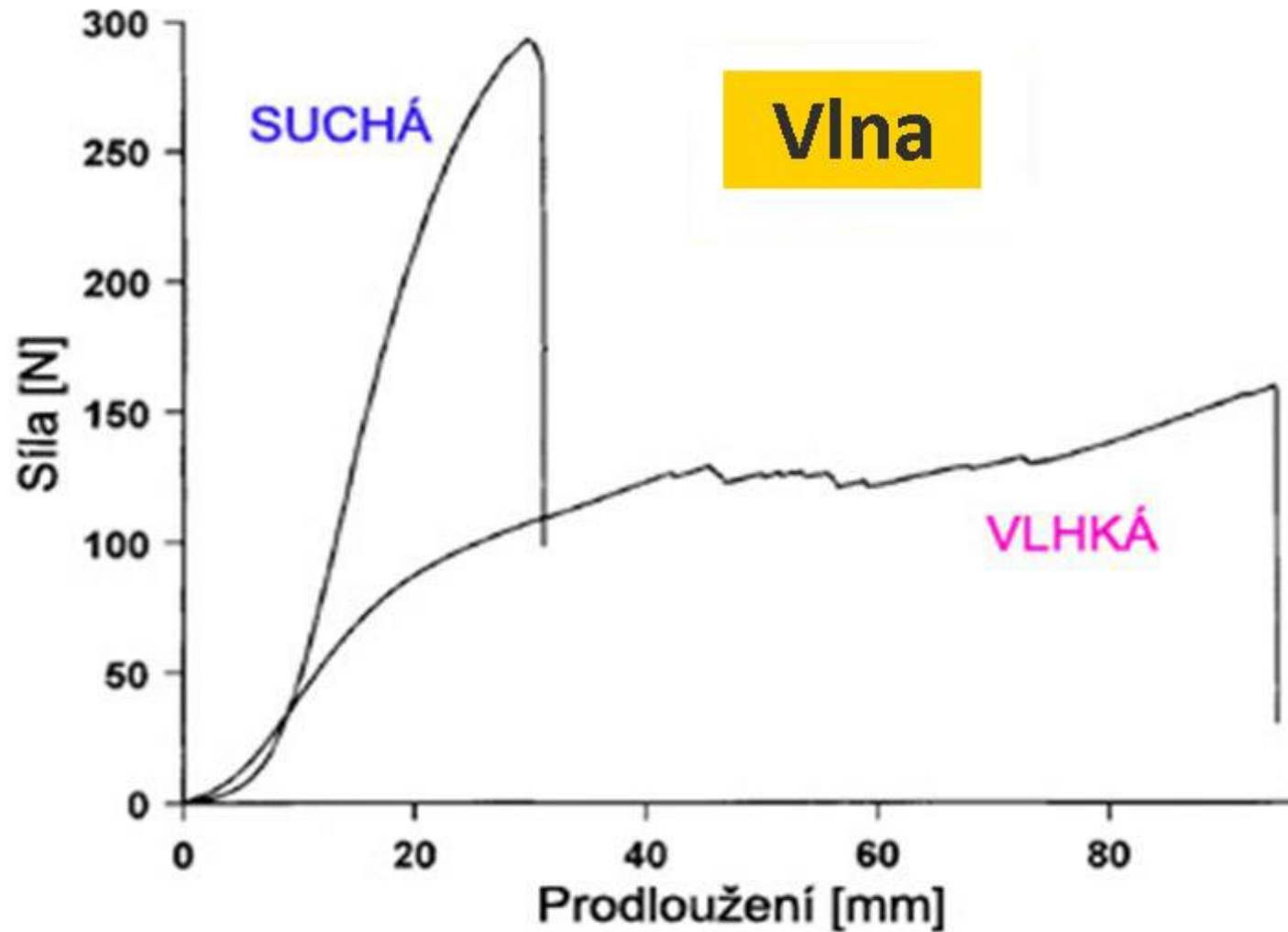
# Rozměrové změny – bobtnání

Vlákno	Příčné bobtnání		Podélné bobtnání	Objemové bobtnání
	Průměr [%]	Plocha [%]		
Bavlna	20, 23, 7	40, 42, 21		42, 44
Mercerovaná bavlna	17	46, 24	0.1	
Viskóza	25, 35, 52	50, 65, 67, 66, 113, 114	3.7, 4.8	109, 117, 115, 119, 123, 126, 74, 122, 127
Acetát	9, 11, 14, 0.6	6, 8	0.1, 0.3	
Vlna	14.8 – 17	25, 26		36, 37, 41
Hedvábí	16.5, 16.3 – 18.7	19	1.3, 1.6	30, 32
Nylon	1.9 – 2.6	1.6, 3.2	2.7 – 6.9	8.1 – 11.0





# Změny mechanických vlastností



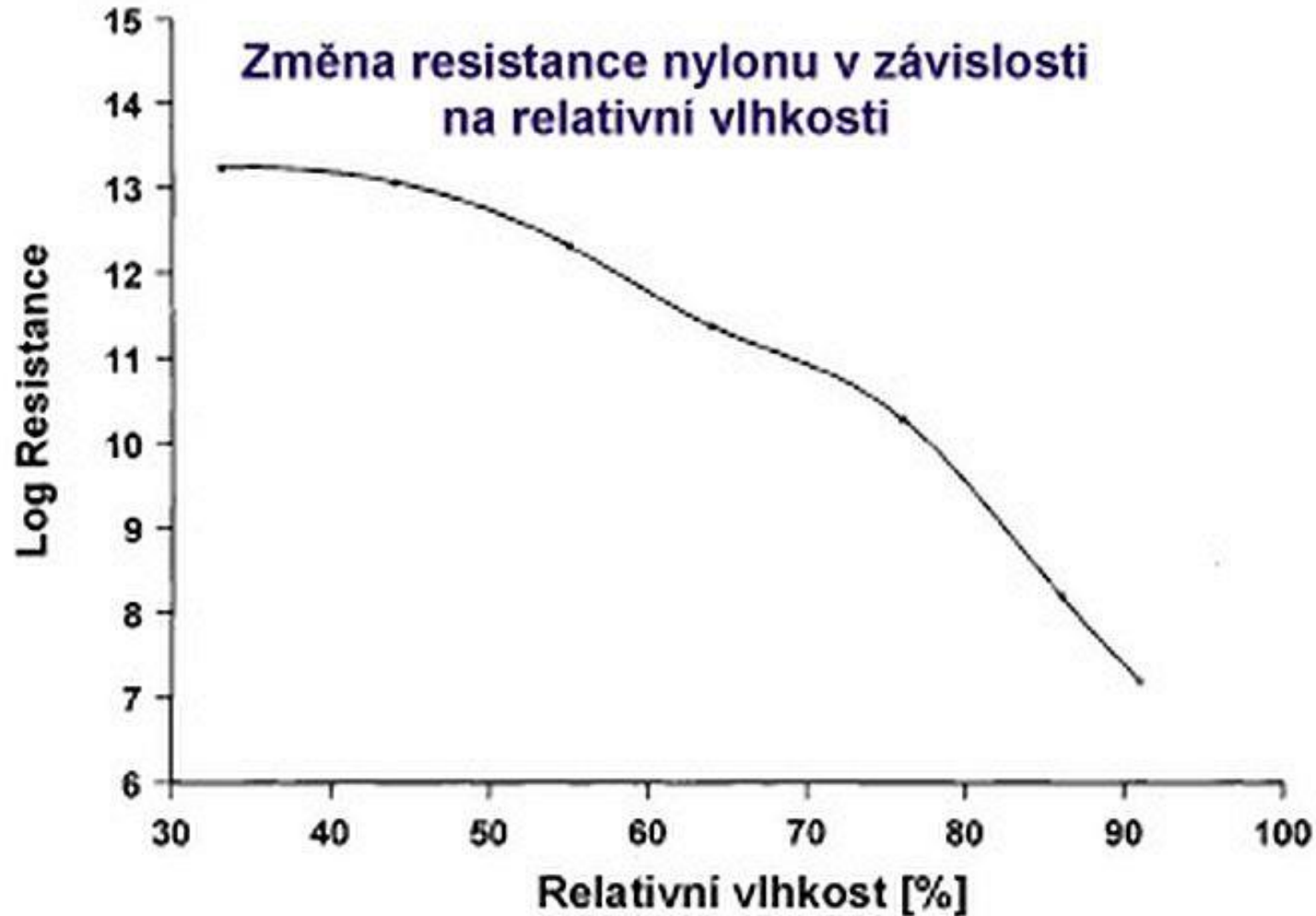


## Poměr hodnot vlastností vláken ve vlhkém (RH = 100%) a klimatizovaném stavu (RH = 65 %)

Vlákno	Pevnost	Prodloužení	Modul
Bavlna	1.11	1.11	0.33
Viskóza	0.50	1.58	0.03
Př. hedvábí	0.92	1.63	0.25
Vlna	0.69	1.33	0.40
PAD	0.80	1.05	0.82
Akryl	0.84	1.08	1.00
PES	1.00	1.00	1.00



# Změny elektrických vlastností





# Stanovení vlhkosti z elektrického odporu

Při měření se vychází ze známých vztahů elektrického odporu:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1}{S} \cdot R_M \quad [\Omega]$$

**U** – napětí [V]

**I** – proud [A]

**S** – průřez „vodiče“ (zde vláknenného materiálu) [m<sup>2</sup>]

$$R_M = \frac{k}{r^n} \quad [\Omega m]$$

**R<sub>M</sub>** – měrný (specifický) odpor [Ωm]

**r** – vlhkost vlákna [%]

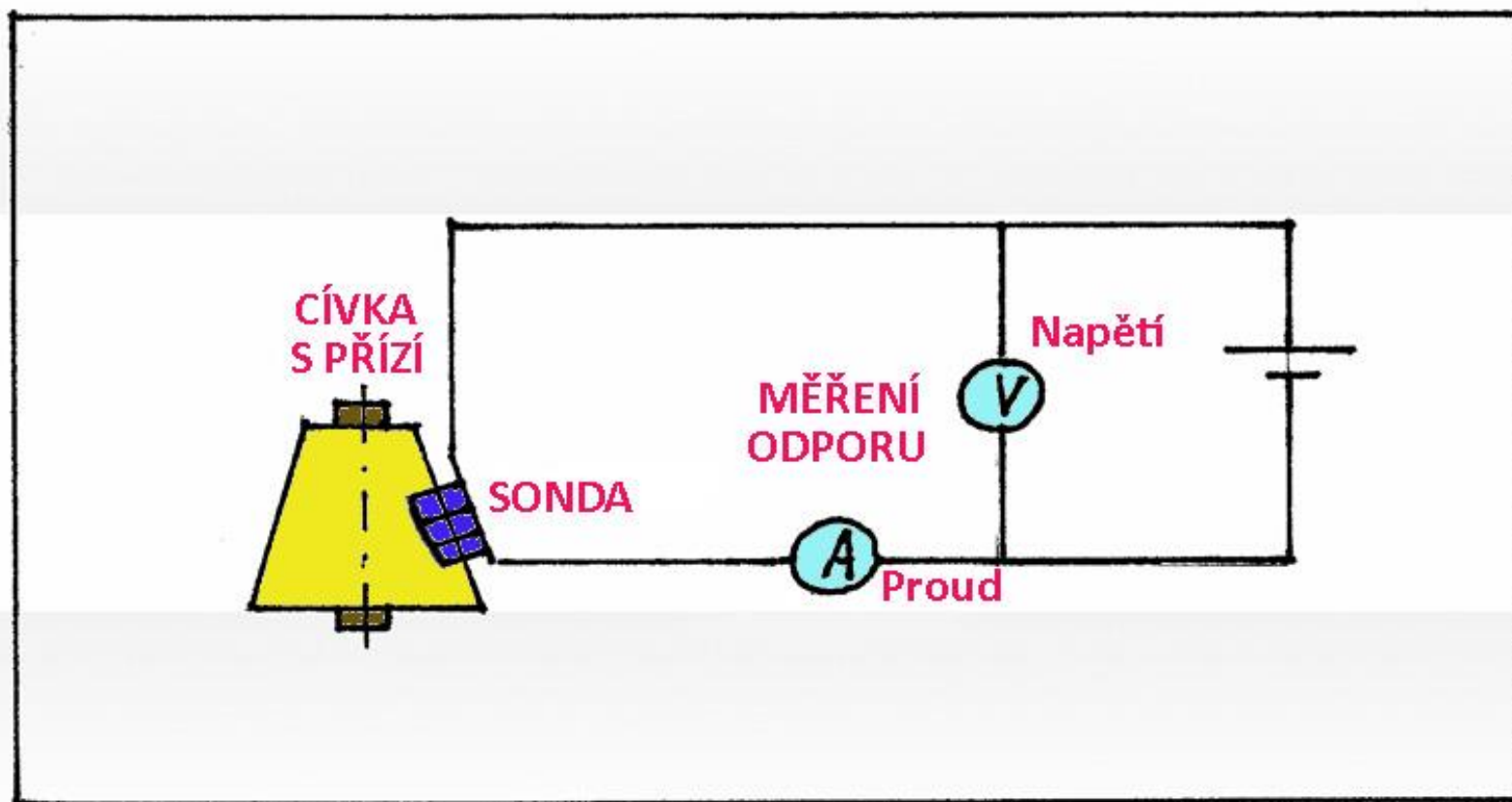
**k, n** – konstanty (65%, 20°C) – závisí na chemickém složení vody v pórech, na vlastnostech tuhé fáze a na objemové hmotnosti



# Ověřování provozní vlhkosti

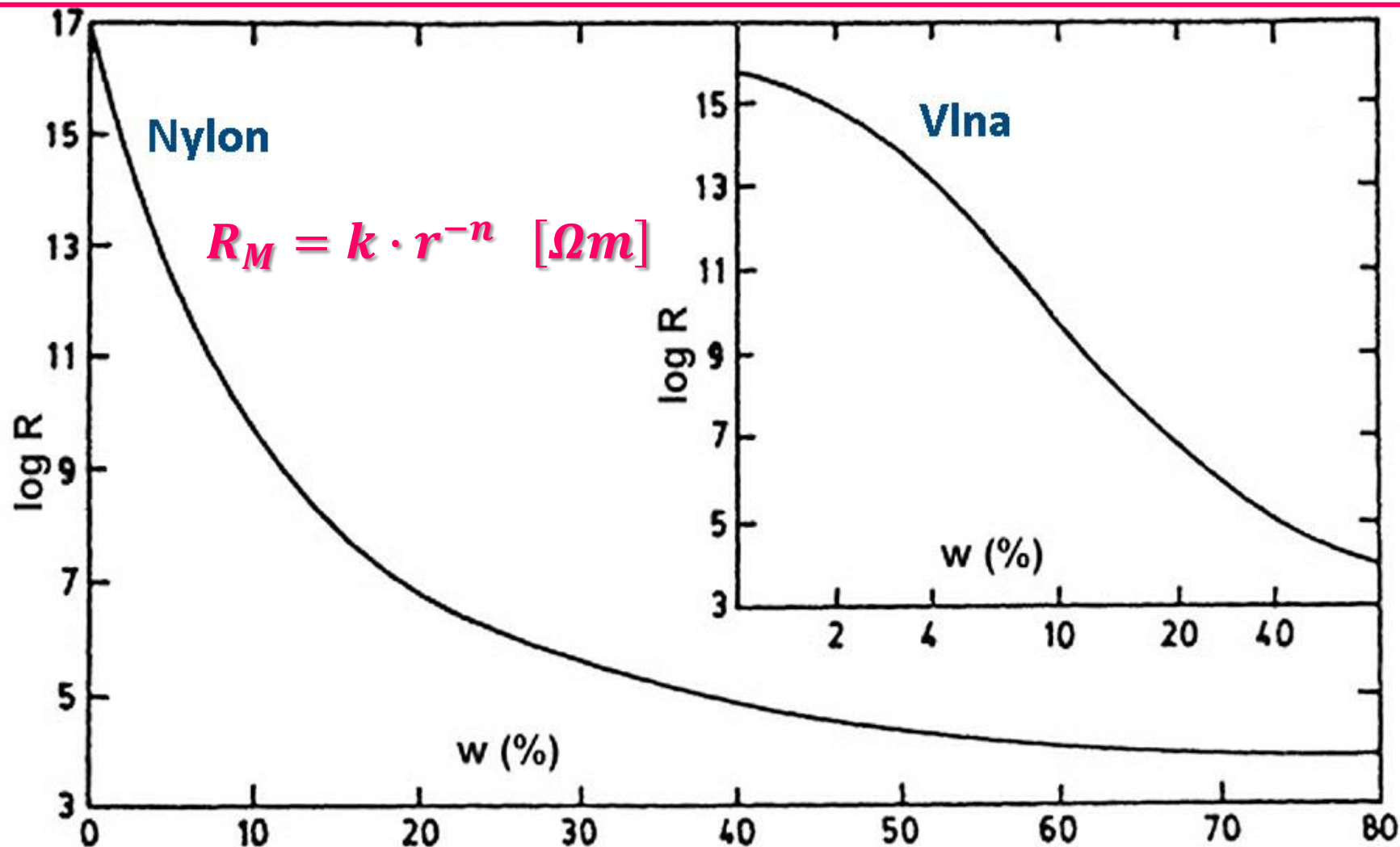
## Elektrické přístroje na měření vlhkosti

*Funkce změny relativního odporu vláken, který se mění s vlhkostí*





Normované měření vlhkosti v klimakomoře  $\Rightarrow$  vlhkost od 25% do 100% sleduje se pokles odporu  $\Rightarrow k, r \Rightarrow$  empirické hodnoty odvozené z průběhu funkce





# Vybrané normy pro stanovení vlhkosti

- Použitelné normy:
  - ČSN EN ISO 3344 „Výztuže – Stanovení obsahu vlhkosti“
  - ČSN EN ISO 291 „Plasty – Standardní prostředí pro kondicionování a zkoušení“
  - ČSN ISO 554 „Standardní prostředí pro aklimatizaci a/nebo zkoušení – Specifikace“
  - ČSN ISO 4677-1 „Prostředí pro aklimatizaci a zkoušení – Stanovení relativní vlhkosti – Část 1: Měření aspiračním psychrometrem“
  - ČSN ISO 4677-2 „Prostředí pro aklimatizaci a zkoušení – Stanovení relativní vlhkosti – Část 2: Měření mávacím psychrometrem“