

# Netkané textilie a kompozitní materiály

Grayson, M.: Encyclopedia of Composite Materials and Components, Wiley-Interscience, 1983

Agarwal, D., A.: Lawrence, J., B.: Vláknové kompozity, SNTL, Praha 1987

Bareš, R., A.: Kompozitní materiály, SNTL, Praha 1988

Sodomka, L.: Textilie jako ortotropní kompozitní materiály, Textil, 40, č. 7, 8, 9.

Doc. Ing . Eva Kuželová Košťáková, Ph.D.

Katedra chemie, FP, TUL

[Eva.kostakova@tul.cz](mailto:Eva.kostakova@tul.cz)

Tel.: 48 535 3489

Budova C, 3. patro

## Definice kompozitních materiálů:

Za nejobecnější definici lze považovat definici navrženou Sodomkou v [5]:

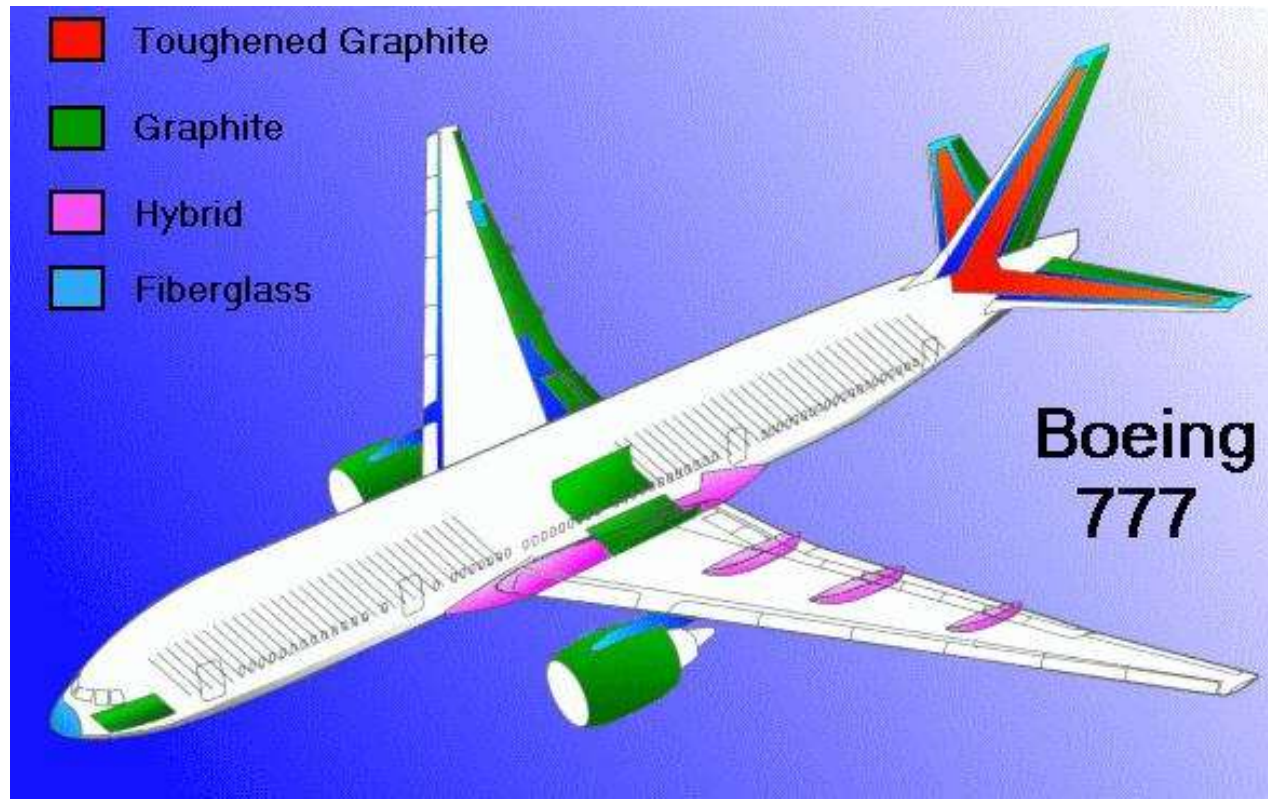
**( i ) Kompozitní materiály se skládají nejméně ze dvou *konstituentů* z nichž alespoň jeden je tuhý**

**a**

**( ii ) jejich vlastnosti se odlišují od vlastností původních konstituentů a vlastností získaných jejich adicí.**

V literatuře nalezneme řádu definic *kompozitních materiálů* [3, 4], některé z nich jsou uvedeny dále.

„Jakýkoli materiál, který není čistá látka a *obsahuje více než jednu složku*, může být teoreticky klasifikován jako kompozitní materiál. Ale odlišení kompozitního materiálu od běžné heterogenní materiálové směsi je tzv. *synergický efekt*. Synergický efekt nám říká, že kombinací materiálů je nutné získat *nové, odlišné vlastnosti*, než poskytují samotné materiály nebo lepší vlastnosti než je jen prostý součet vlastností materiálů z nichž se kompozitní materiál skládá. *Synergický účinek je tedy objektivní charakteristika, kterou se kompozitní materiály odlišují od ostatních.*“





### **Example: wet laid glass mat**

#### **Textile glass mat**

weight: 150g/m<sup>2</sup>

width: 125cm

1 roll = 200m<sup>2</sup> (30kg)

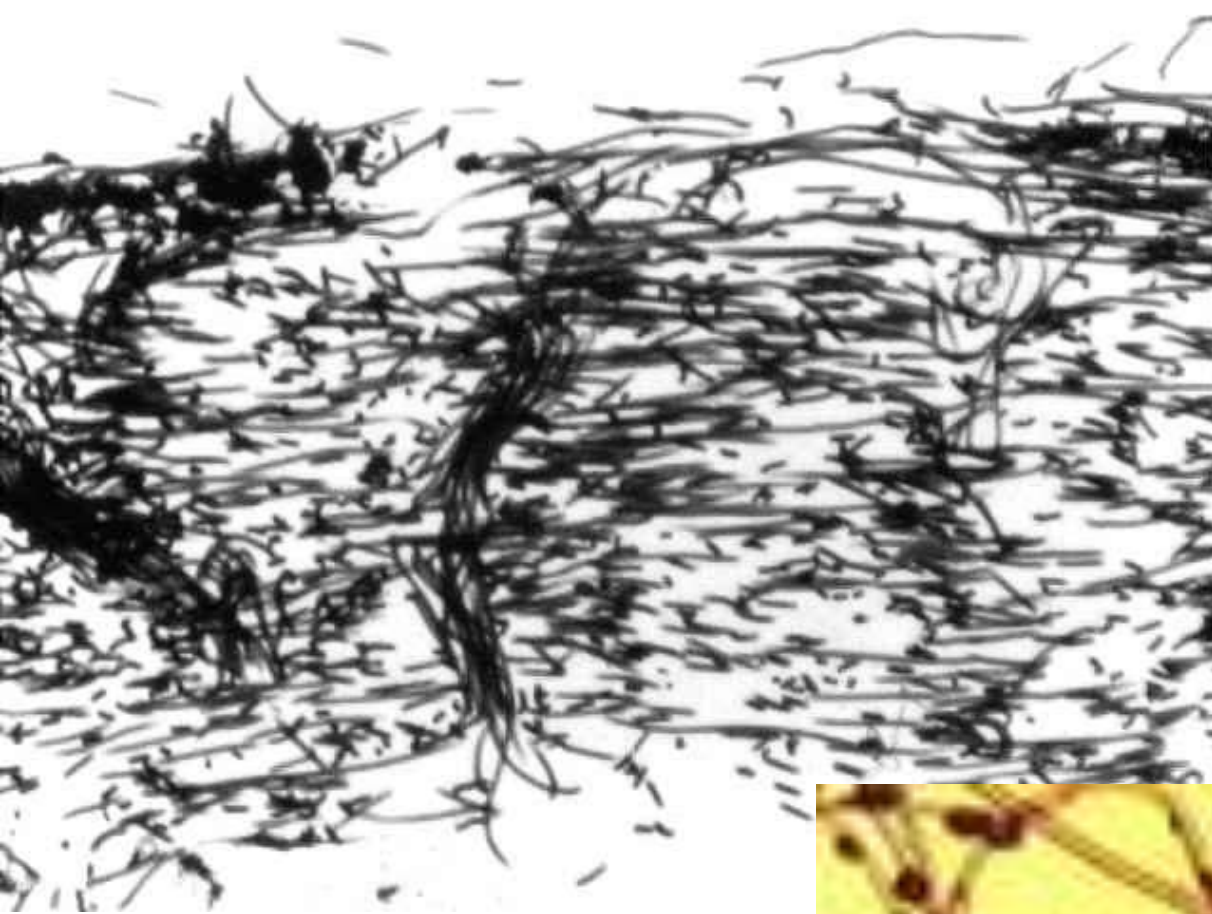
#### **Areas of application**

- car-building
- design of models
- boat building
- tank construction
- garden ponds and swimming pools

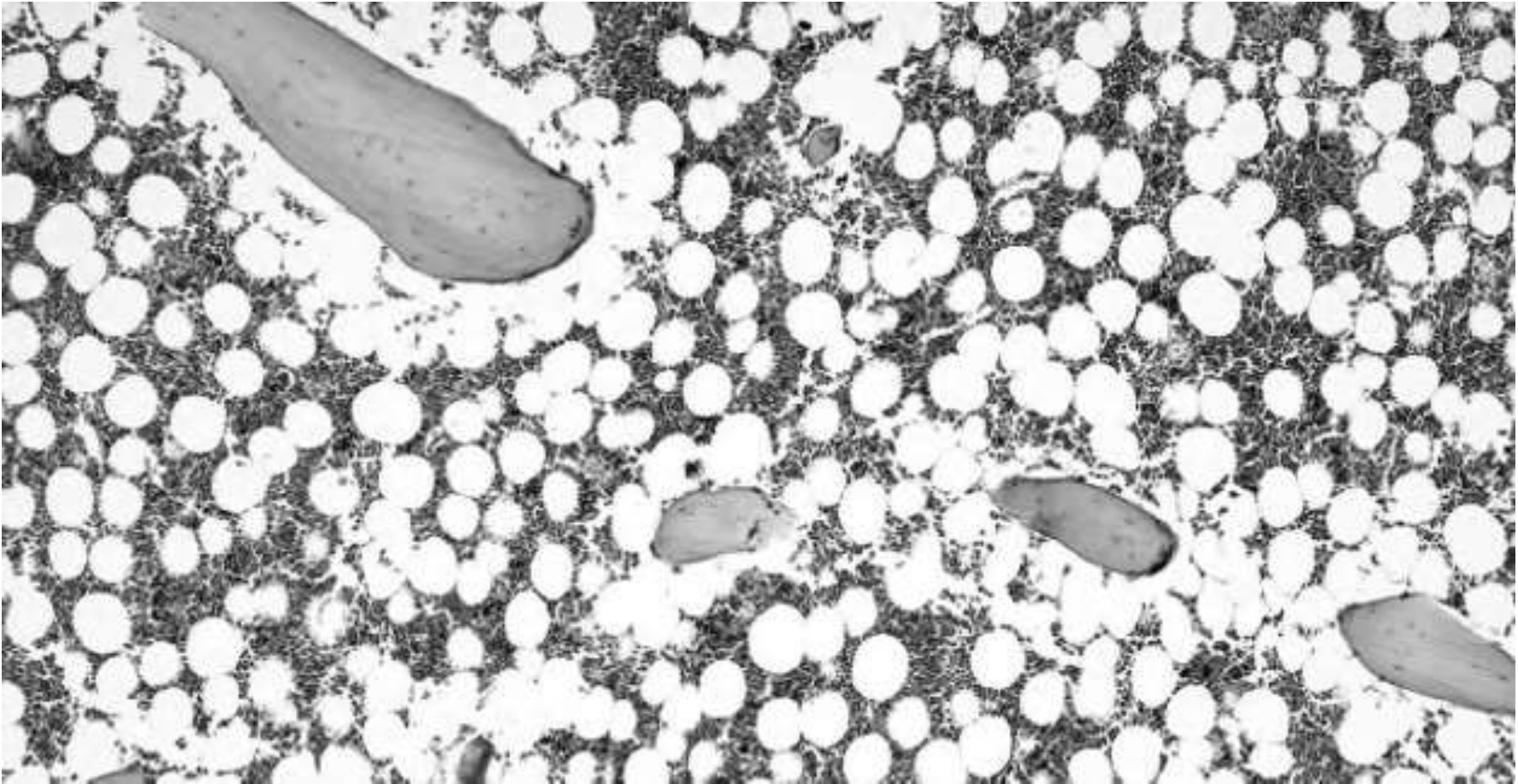


Výroba cihel z jílu  
promíseného se sušenou  
slámou. Vlákna slámy  
zabraňovala křehkému lomu  
cihel.





Nyní se budeme zabývat terminologií popisu kompozitních materiálů. Zároveň objasníme neznámý pojem "**konstituent**" obsažený v **části (i)** definice kompozitních materiálů.



*Mikroskopický snímek kosti s viditelnými kolagenovými vlákny, které fungují jako výztuž.*

# Terminologie popisu struktury kompozitních materiálů

**Konstituent** je společný název pro složku a fázi. Oba dva poslední pojmy můžeme chápat v termodynamickém smyslu, který je znám z Gibbsova pravidla fází.

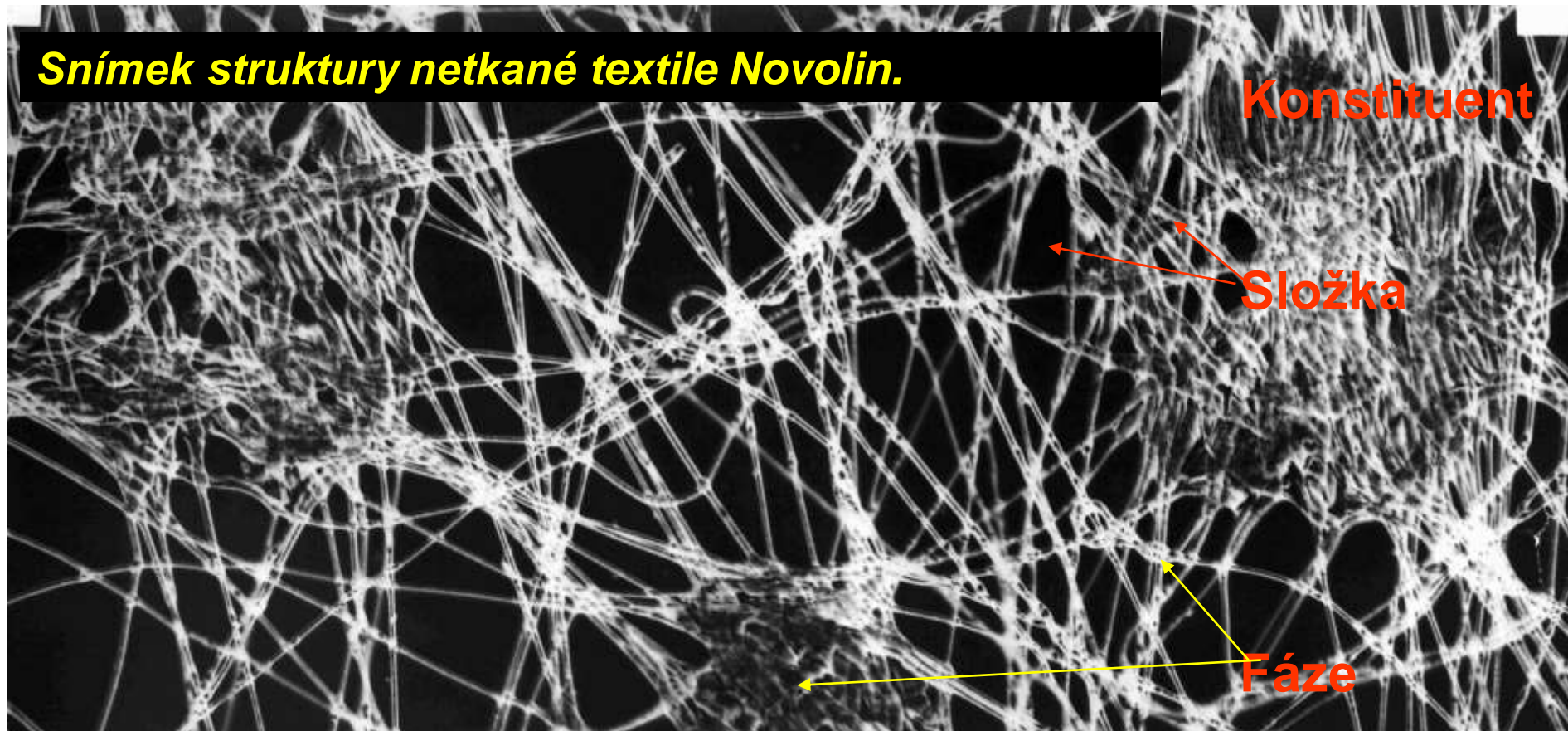
(Gibbsovo fázové pravidlo definuje počet fází, které mohou koexistovat v jedné asociaci za termodynamické rovnováhy.)

**Složka** je chemická látka skládající soustavu. Soustavou zde rozumíme kompozitní materiál (netkanou textilií).

Za **fází** kompozitního materiálu označujeme odlišné struktury jedné složky, což je podobné Gibbově definici fáze jako homogenní části soustavy oddělené hranicí od ostatních fází fázovým rozhraním.



## **Snímek struktury netkané textile Novolin.**



<i>Složky Novolinu</i>	<i>Fáze Novolinu</i>	<i>Konstituenty Novolinu</i>
<b>Viskóza Polyester Vzduch</b>	<b>Viskózová vlákna – jedna fáze Vzduch – jedna fáze Polyesterová vlákna - dvě fáze (jednou je vlákno a druhou jsou oblasti přeměněné na destičky účinkem rastru kalandru)</b>	<b>Viskózová vlákna Polyesterová vlákna Polyesterové destičky Vzduch</b>

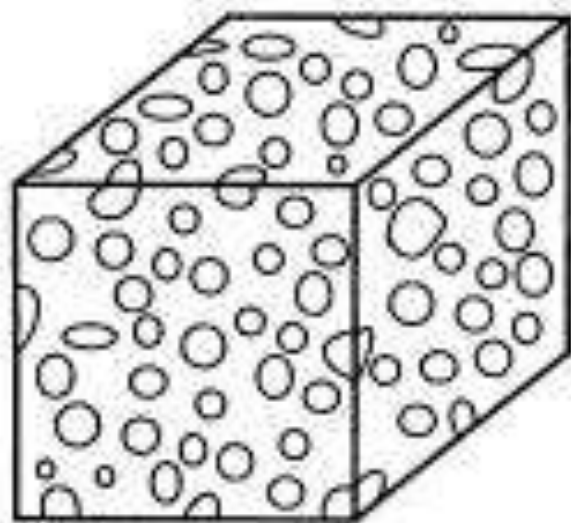
Konstituenty kompozitních materiálů (netkaných textilií) rozdělujeme do dvou tříd a to na **disperované neboli nespojité konstituenty** a na **matrice neboli spojité konstituenty**.

Samotné kompozity se rozlišují podle druhů nespojitých konstituentů v nich obsažených. Rozlišujeme tři skupiny kompozitních materiálů:

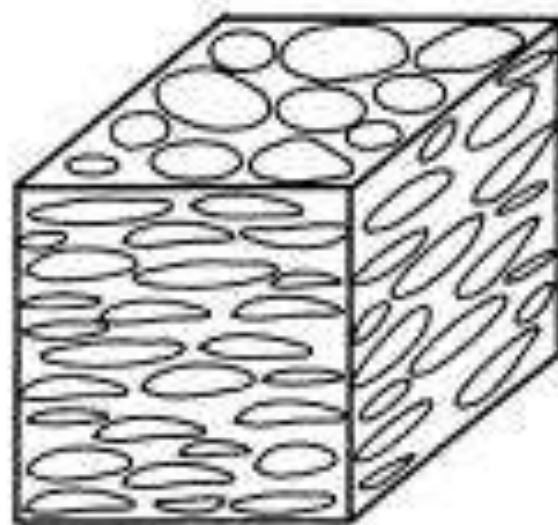
1 ) První jsou **částicové kompozitní materiály** (partikulové kompozity) jejichž disperzované konstituenty jsou částice. Za **částici** považujeme takový objekt jehož délkové charakteristiky ve třech vzájemně kolmých směrech jsou srovnatelné při jakékoli orientaci objektu. Částicovým kompozitem je například beton.

2 ) Do druhé skupiny patří **vláknové kompozitní materiály**. Sem patří například netkané textilie mechanicky vázané. Dispergovaná fáze těchto kompozitních materiálů je tvořena vlákny.

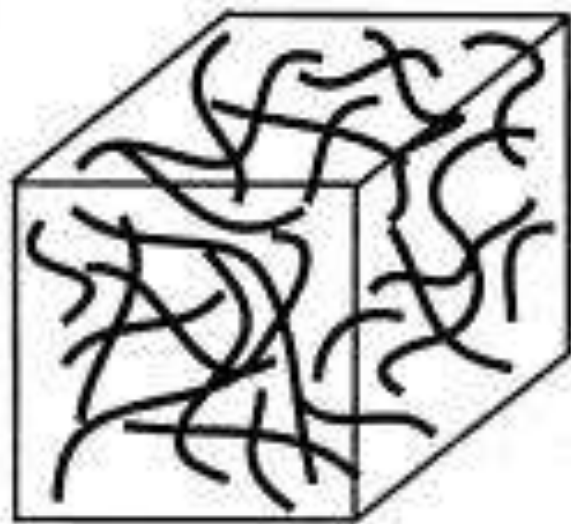
3 ) Posledním druhem jsou **kompozitní materiály kombinované**. Jejich dispergované konstituenty jsou vlákna i částice. Do této skupiny patří převážně pojené netkané textilie.



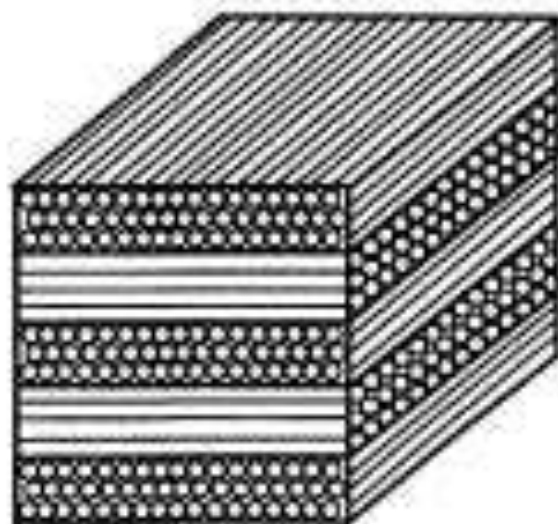
Particulate composite



Flake composite



Fiber reinforced composite



Laminated composite

Strukturu kompozitních materiálů popisujeme zpravidla na třech níže uvedených úrovních.

1 ) Hovoříme-li o **makrostruktuře** máme na mysli znalost druhů konstituentů, jejich rozložení v kompozitním materiálu a jejich vzájemné vazby v makroskopickém měřítku.

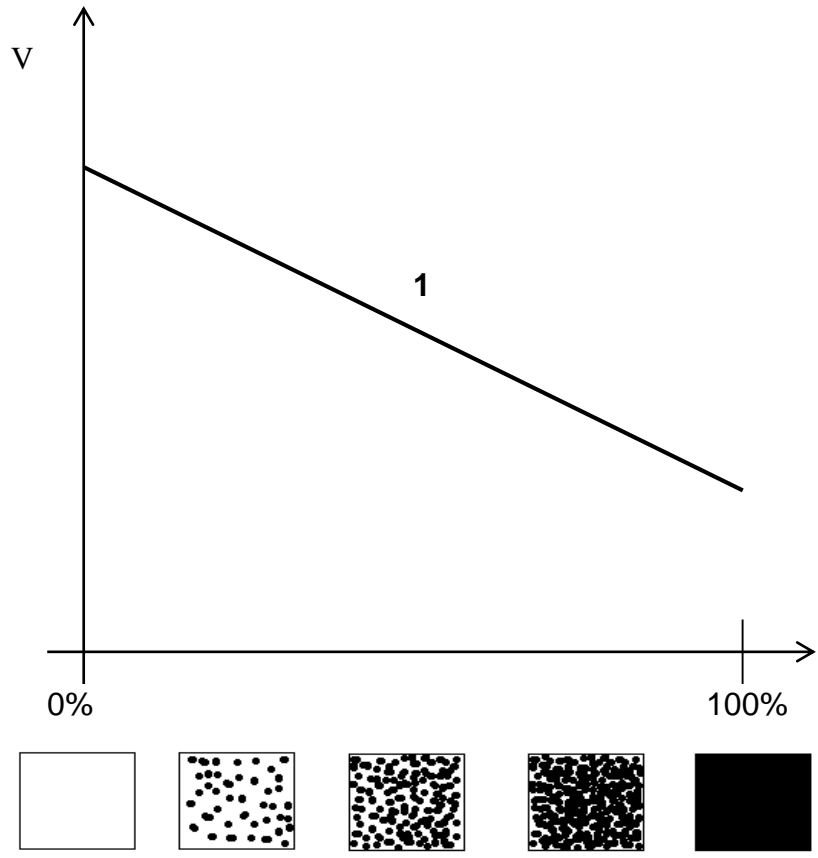
2 ) **Infrastrukturou** rozumíme strukturu jednotlivých konstituentů bez ohledu na přítomnost ostatních částí materiálu.

3 ) Za **mikrostrukturu** kompozitního materiálu považujeme strukturu konstituentů a rozhraní mezi konstituenty na molekulární či atomární úrovni.



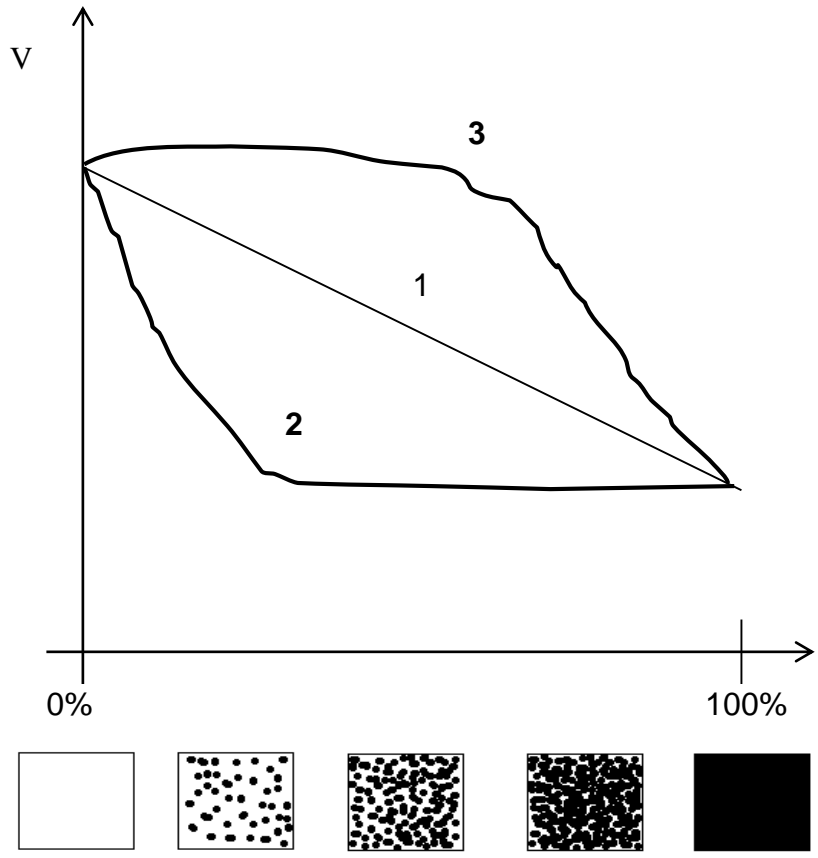
**2D C-C composite cross-section.**

**Bod (ii)** výše uvedené definice kompozitních materiálů popisuje jejich typické chování, kterému se říká **kompozitní působení (synergický efekt)**.



Zastoupení konstituentu A (černý)

a)



Zastoupení konstituentu A (černý)

b)

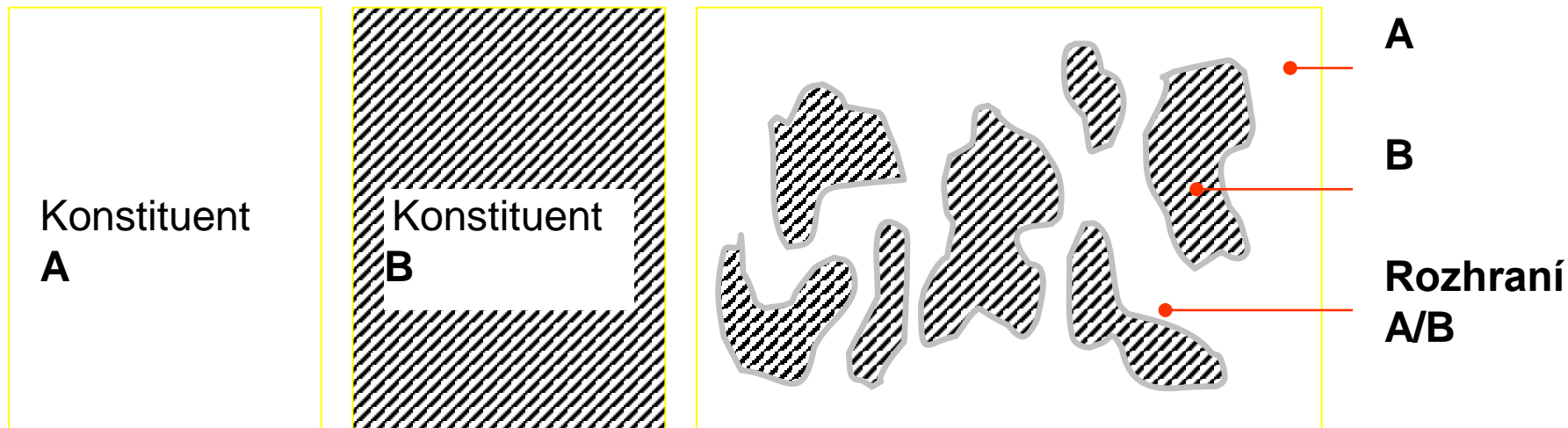
*Závislost hodnoty vlastnosti V (např. ohybové tuhosti, pevnosti, filtračních vlastností atd.) materiálu složeného ze dvou konstituentů A a B na zastoupení konstituentu A.*

## Příčiny jevu zvaného **kompozitní působení** vysvětlujeme komplikovanou strukturou kompozitních materiálů.

V některých případech je pro kompozitní působení rozhodující **makrostruktura**. Podrobněji se tímto případem budeme zabývat v kapitole nazvané "Pevnost netkané textilie armované lineárními útvary".

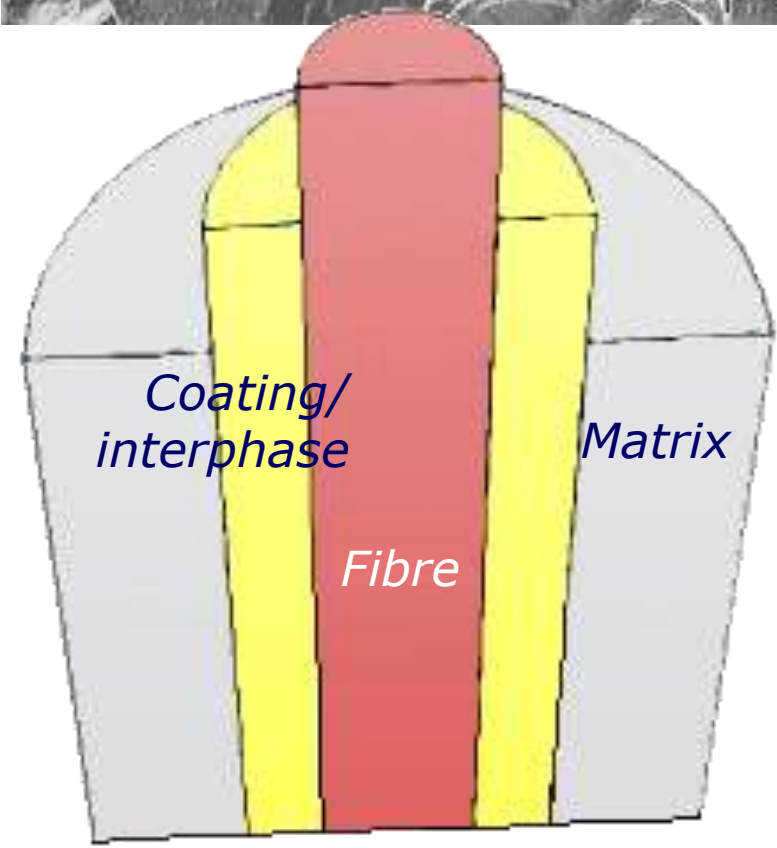
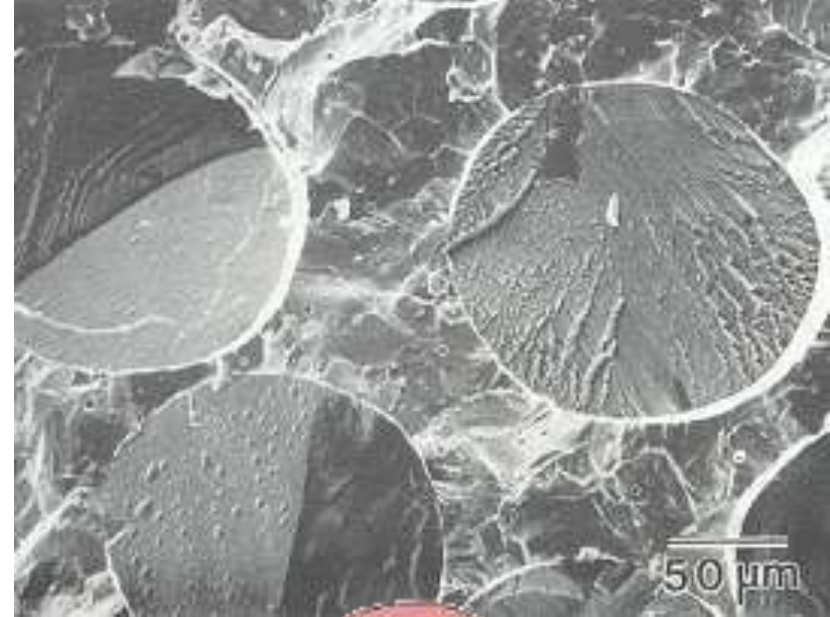
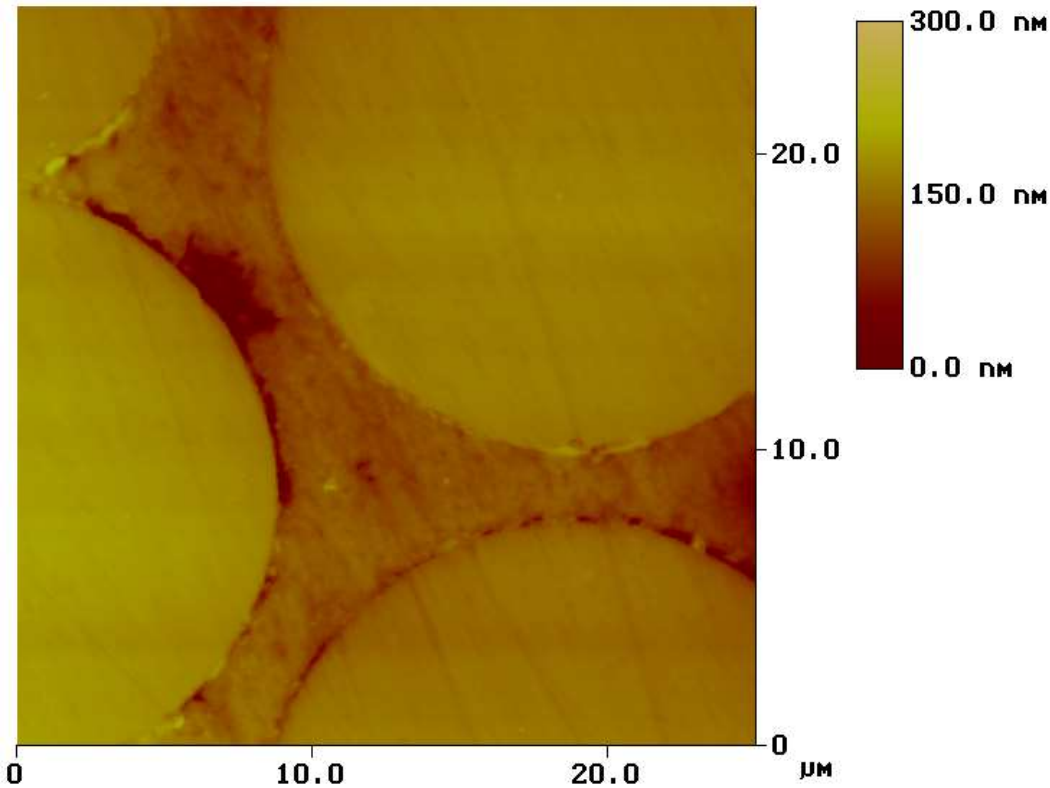
Druhé možné vysvětlení kompozitního působení je na úrovni **mikroskopické**: Na rozhraní konstituentů vznikají vrstvy mající diametrálně odlišnou mikrostrukturu a chování v porovnání s vnitřními oblastmi jednotlivých konstituentů.

Pak je možné říci, že kompozitní materiál se skládá nejen z konstituentů A a B, ale i z jejich **rozhraní** a právě projevy rozhraní mezi konstituenty mají za následek kompozitní působení.



K vysvětlení **kompozitního působení** na úrovni mikrostruktury: kompozitní materiál obsahuje **kromě konstituentů A a B** také jejich **rozhraní A/B**. Toto rozhraní má odlišné vlastnosti od vnitřních oblastí konstituentů a způsobuje jev známý jako kompozitní působení.



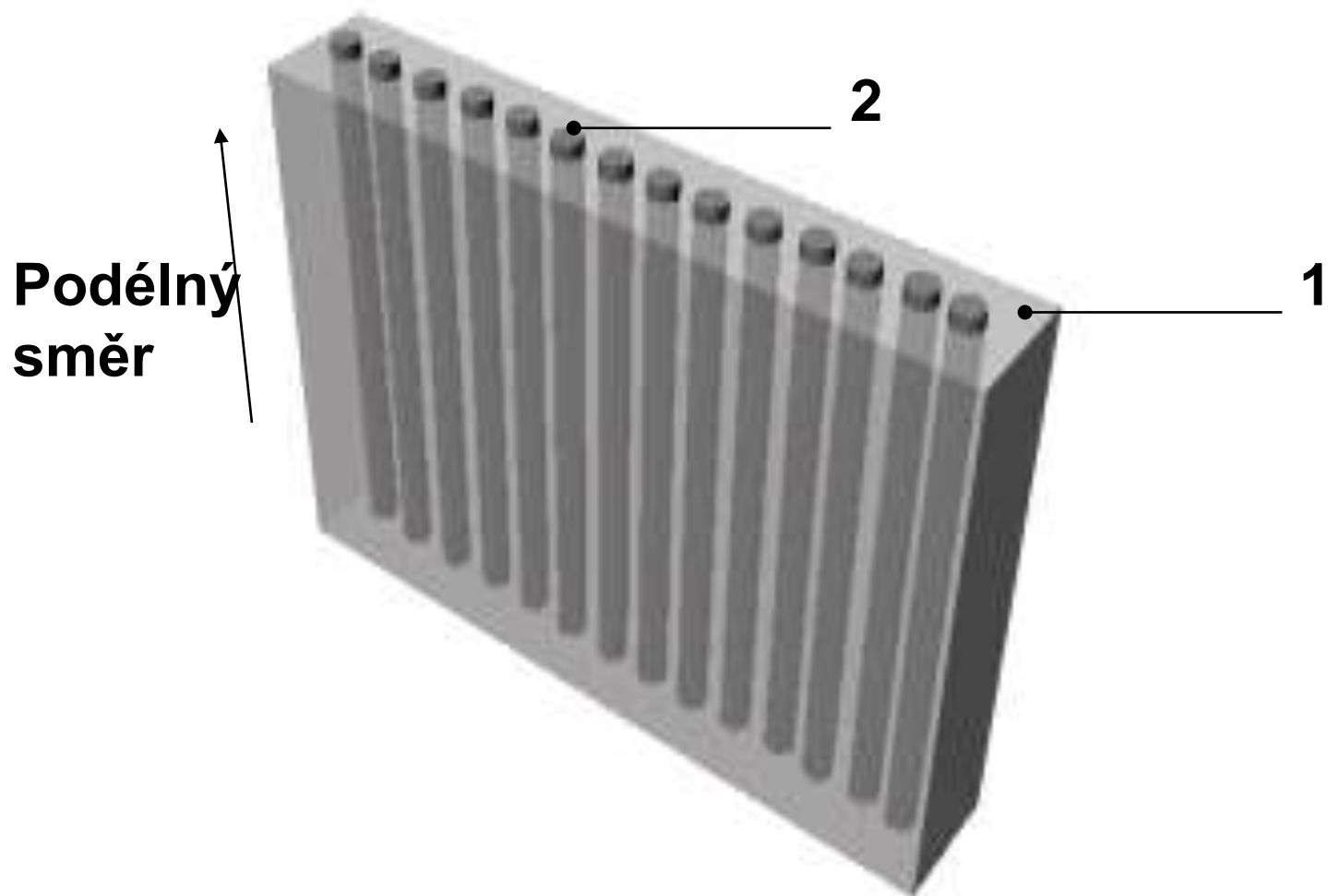


The glass fiber-reinforced epoxy composite shown in this image was exposed to a moist environment. Interfacial debonding, which caused a reduction in the strength of this material, can be observed between the glass fibers and the epoxy matrix in this AFM topographic image.

# **Pevnost netkané textilie armované lineárními útvary**

Eva Košťáková a David Lukáš

[1] Agarwal, D., A.: Lawrence, J., B.: Vláknové kompozity, SNTL,  
Praha 1987



*Struktura armované NT složené z rouna (1) zpevněného vpichováním a přízí (2), které jsou uloženy paralelně s podélným směrem výrobku.*

## Faktory ovlivňující hodnotu pevnosti kompozitního materiálu (NT vyztužené lineárními útvary):

- a ) **Anisotropie** materiálu: Jinou pevnost armované NT naměříme při deformaci v podélném směru a jinou při deformaci v příčném směru.
- b ) Nehomogenost neboli **nestejnoměrnost**: Pevnost netkané textilie může být ovlivněna kolísáním její plošné hmotnosti. Slabá místa jsou zpravidla přednostně porušována a od nich se začínají šířit trhliny.
- c ) **Vazba rozhraní konstituentů**: Příze a rouno mohou být vázány mechanicky, pojením nebo mezi nimi vazba být nemusí.
- d ) Chování kompozitu je přirozeně ovlivněno **chováním konstituentů** samotných.
- e ) Pevnost kompozitu je závislá na **zastoupení jeho konstituentů**. Toto plyne přímo z definice kompozitních materiálů.
- f ) Pevnost je ovlivněna **způsobem zatěžování** kompozitu, které může být cyklické, necyklické, jednoosé, dvouosé, lokální nebo celkové.

ad a) Armovanou NT budeme zkoumat při **zatěžování ve směru podél armujících vláken.**

ad b) Rouno i armující příze budeme pokládat za **dokonale homogenní.**

ad c) Předpokládejme, že mezi přízí a zpevněným rounem je **velmi slabá vazba.** To znamená, že porušená příze se na dalším přenosu napětí nepodílí.

ad d) Pro rozbor, který je naším cílem, musíme zjistit **deformační chování** samotné příze a samotného zpevněného rouna bez příze.

ad e) Zastoupení příze v armované NT budeme vyjadřovat pomocí poměru **lineární hmotnosti všech úseků příze  $M_p$**  ve vzorku netkané textilie o celkové lineární hmotnosti vzorku  $M_L$ , skládajícího se z rouna i příze.

ad f) Pevnost Armované NT budeme určovat z běžného testu pro textilní materiály, kterým je **jednocyklický test v jednoosé napjatosti s konstantní rychlostí přetvoření.**

# Kvalitativní rozbor

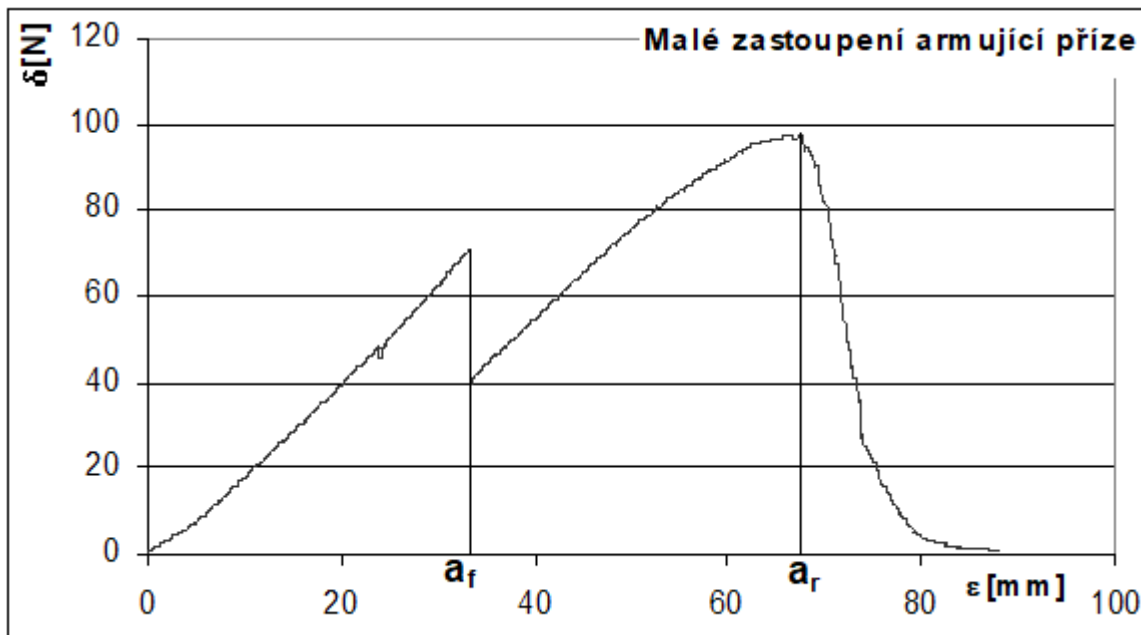
## Deformační křivka na obrázku

a) znázorňuje výsledek deformačního testu jednou přízí armované netkané textilie vyrobené technologií spun-lace.

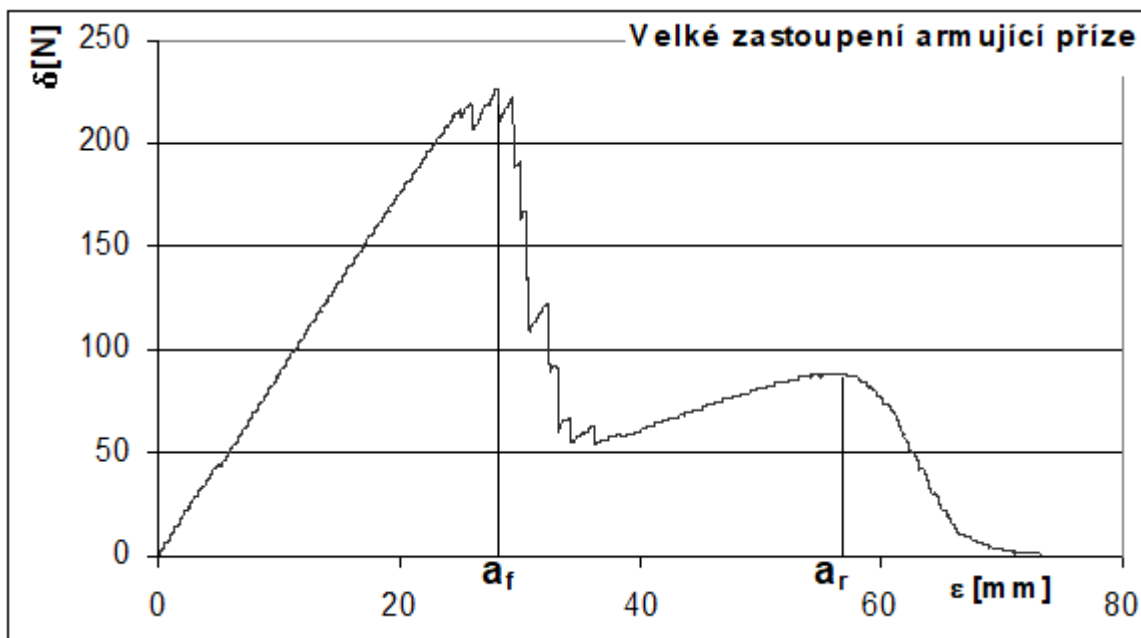
b) platí pro tentýž spun-lace materiál armovaný osmi přízemi.

Na vertikální osu je vynášena síla  $\delta$ , na horizontální prodloužení  $\varepsilon$ .

a)



b)



# Kvantitativní popis

$$F = F_R + F_P.$$

Ve zvoleném okamžiku  
deformačního testu přenáší  
vzorek silu  $F$ .

$$\sigma M_L = \sigma_R M_R + \sigma_P M_P,$$

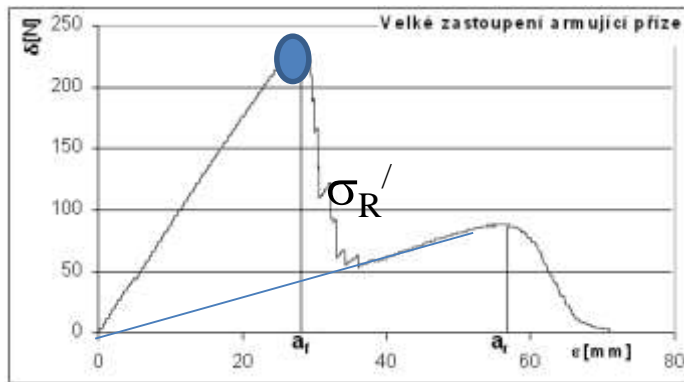
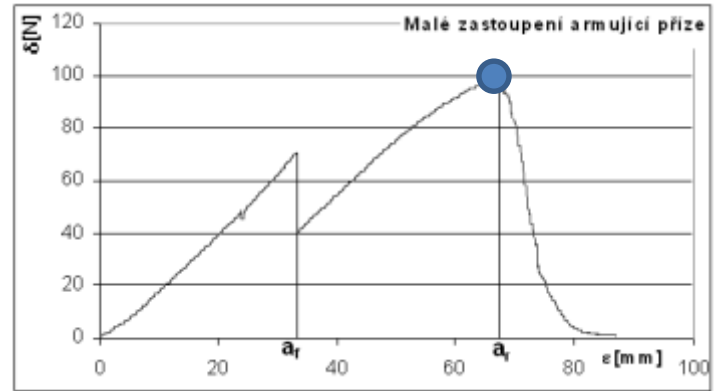
$M$  – lineární  
hmotnost  
(jemnost)

$$M_L = M_R + M_P,$$

$$\sigma = \sigma_P \frac{M_P}{M_L} + \sigma_R \left( 1 - \frac{M_P}{M_L} \right).$$

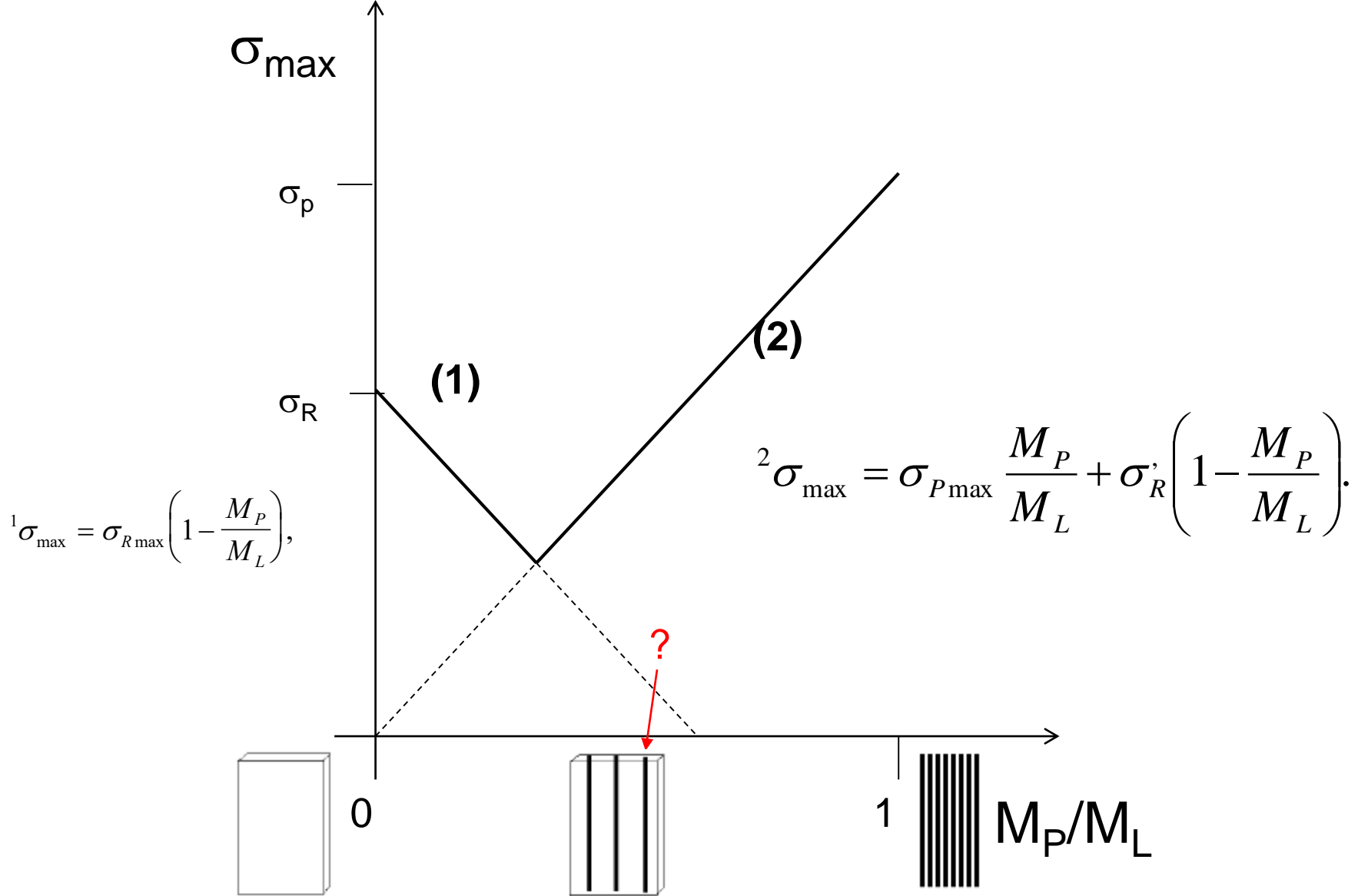
$$\sigma = \sigma_P \frac{M_P}{M_L} + \sigma_R \left( 1 - \frac{M_P}{M_L} \right).$$

$$^1 \sigma_{\max} = \sigma_{R \max} \left( 1 - \frac{M_P}{M_L} \right),$$



$$^2 \sigma_{\max} = \sigma_{P \max} \frac{M_P}{M_L} + \sigma_R' \left( 1 - \frac{M_P}{M_L} \right).$$





*Závislost pevnosti Geofiltexu (rouno zpevněné vpichováním a přízemi)  $\sigma_{\max}$  na zastoupení armující příze  $M_P/M_L$*