

# Textilní nanomateriály

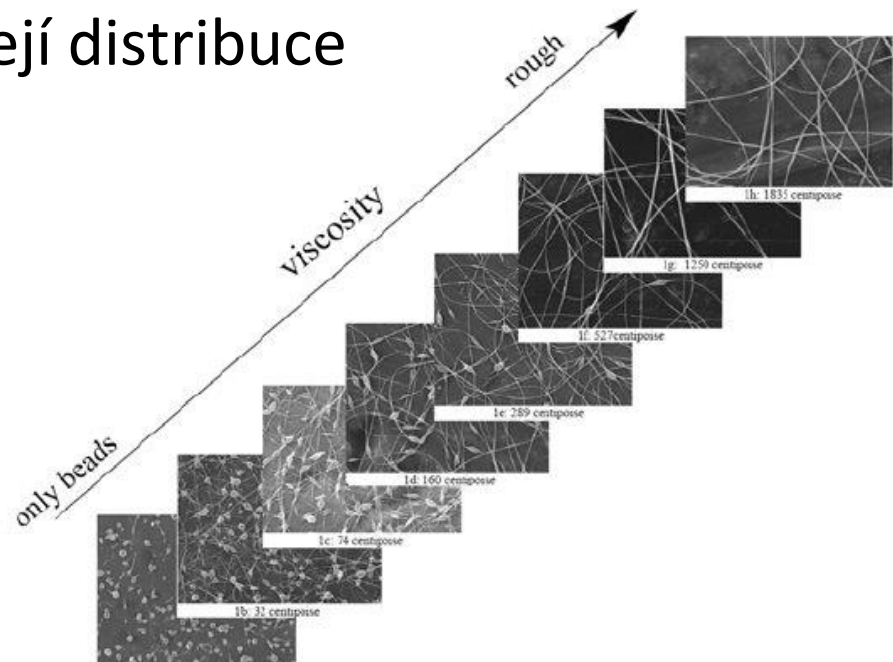
Parametry ovlivňující elektrické zvlákňování

Procesní podmínky

# Opakování

Materiálové podmínky:

- Typ polymeru
- Molekulová hmotnost a její distribuce
- Koncentrace
- Rozpouštědlový systém
- Elektrická vodivost
- Viskozita
- Povrchové napětí
- Aditiva



# Podmínky ovlivňující elektrické zvlákňování

Procesní podmínky  $\times$  materiálové podmínky

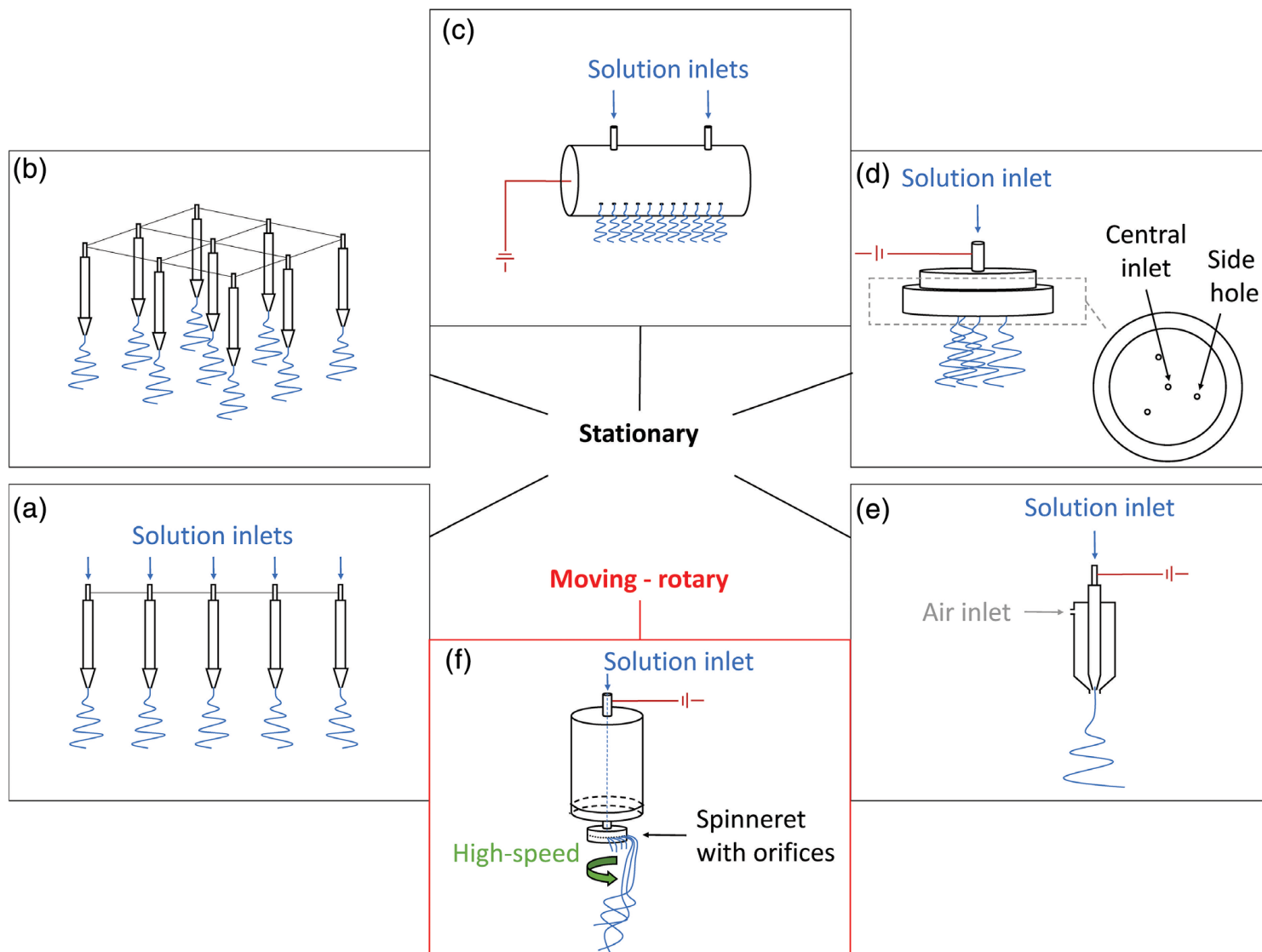
# Procesní podmínky

- Uspořádání spinneru
- Elektrické napětí
- Vzdálenost kolektoru od elektrody
- Dávkování roztoku
- Kolektor
- Podkladový materiál
- Teplota
- Vlhkost

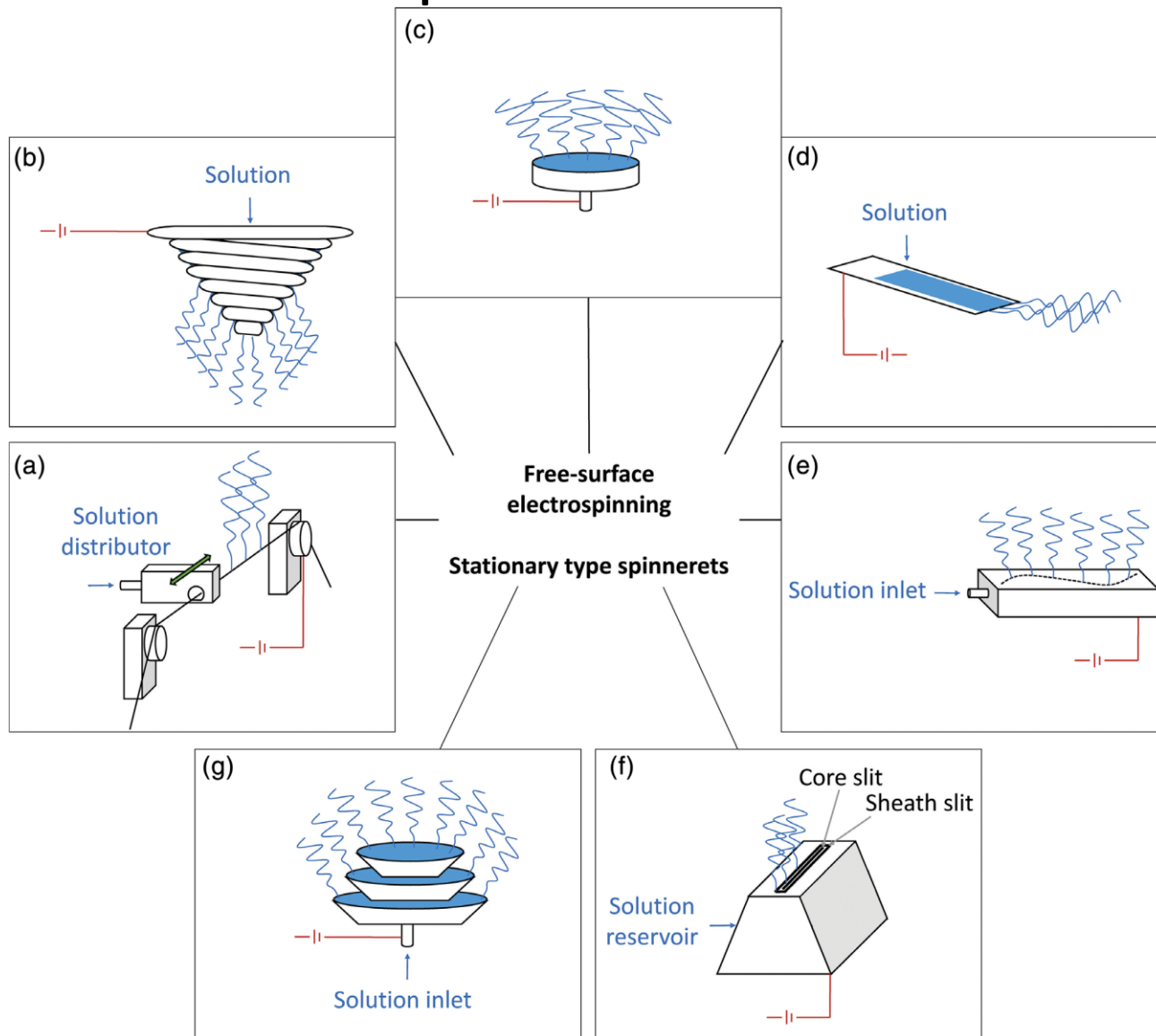
# Uspořádání spinneru

- Uspořádání ovlivňuje elektrické napětí a elektrické pole během procesu zvlákňování, dále uspořádání ovlivňuje průměry vláken a výrobnost celého procesu
- Typ elektrody:
  - Jehlové zvlákňování x Bezjehlové zvlákňování
- Konfigurace zařízení:
  - Elektroda: nabitá / uzemněná
  - Kolektor: nabitý / uzemněný

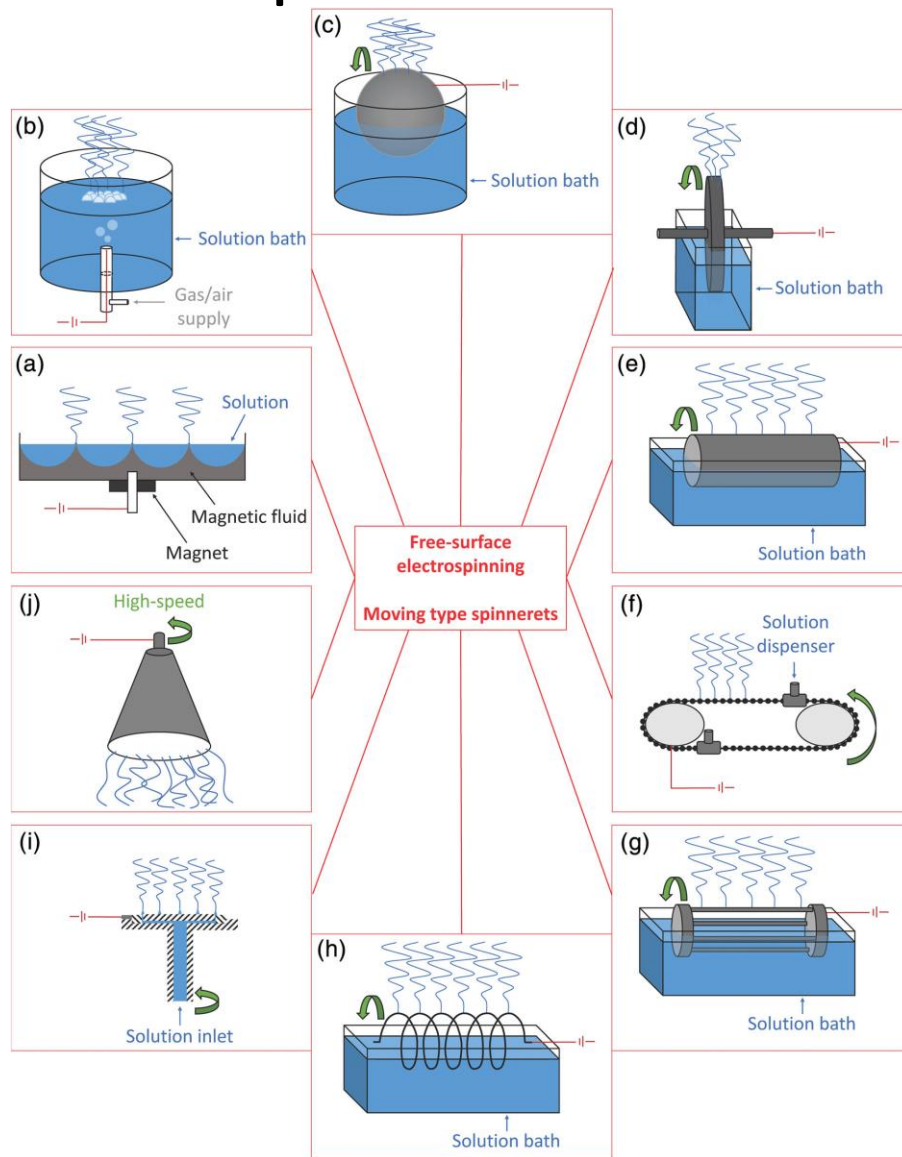
# Uspořádání spinneru



# Uspořádání spinneru



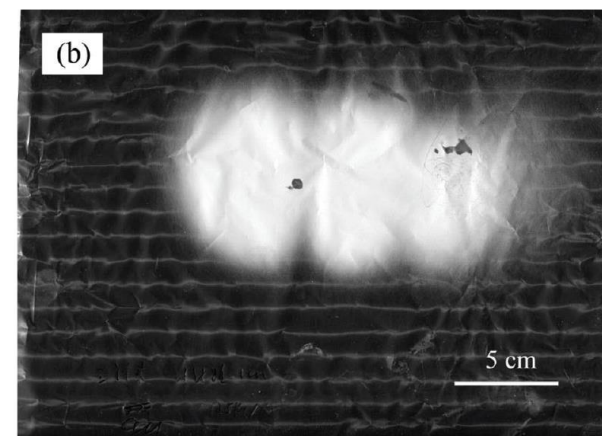
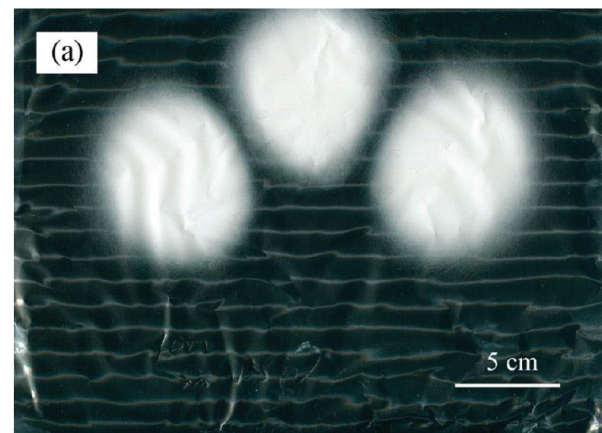
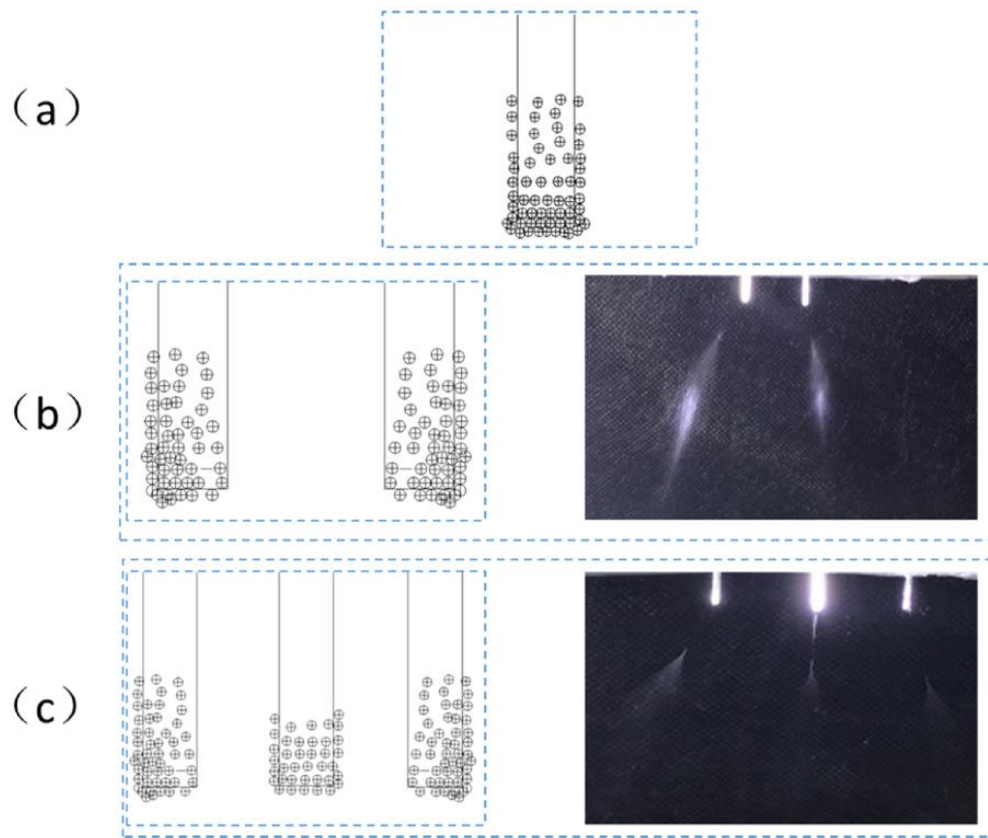
# Uspořádání spinneru



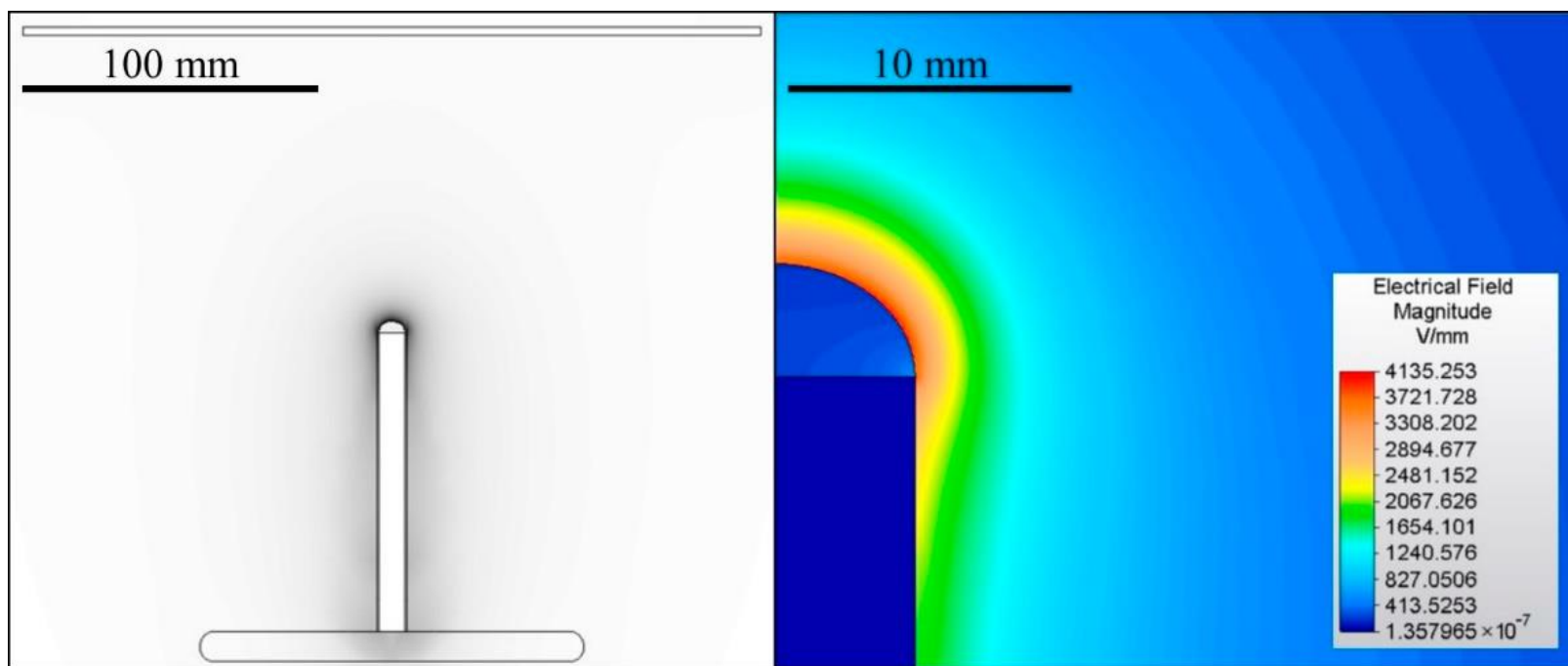


# Uspořádání spinneru

- Počet elektrod ovlivňuje rozložení elektrického pole a tím i ukládání vzniklých vláken



# Uspořádání spinneru

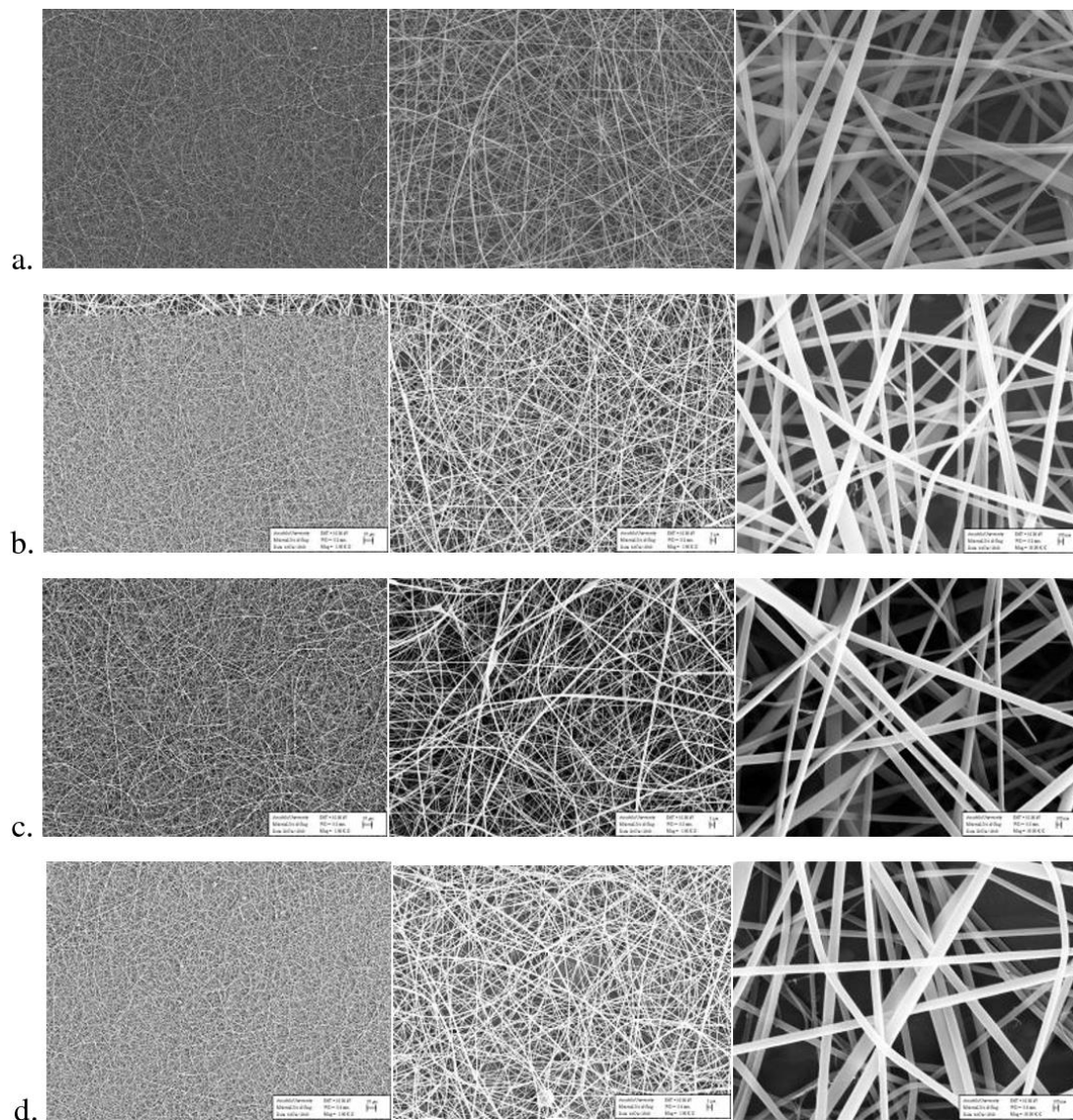


The geometry of the DC electrospinning system (a) and a detail of the corresponding electrostatic field (b).

# Průměr jehel

| Sample No. | Needle Gauge (Needle Diameter) | N   | Mean    |
|------------|--------------------------------|-----|---------|
| S1         | 22G (0.70mm)                   | 100 | 149.778 |
| S2         | 20G (0.90mm)                   | 100 | 155.336 |
| S3         | 19G (1.06mm)                   | 100 | 162.438 |
| S4         | 18G (1.25mm)                   | 100 | 171.464 |

Descriptives for nanowebbs produced from 18wt% SF solution



SEM images of samples a.S1; b.S2; c.S3; d.S4

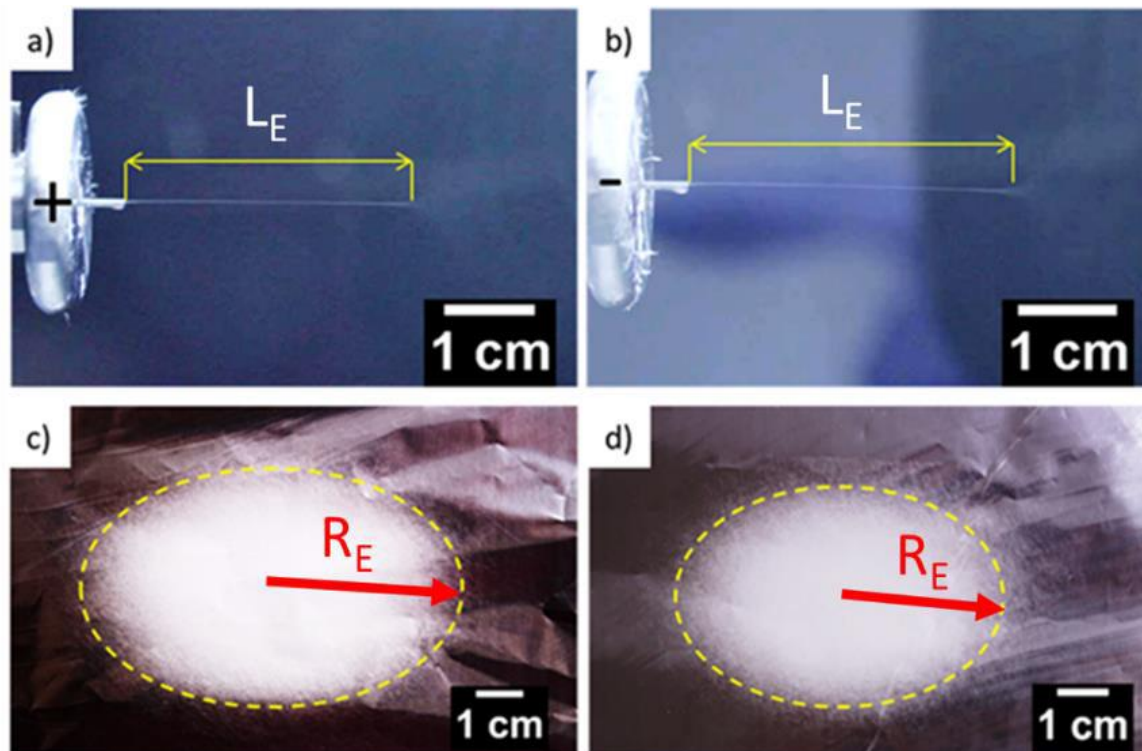
# Elektrické napětí

- Rozdíl elektrických potenciálů mezi dvěma body

$$U [V]$$

- Rozlišujeme: stejnosměrné napětí x střídavé napětí
- Nejdůležitější faktor elektrického zvlákňování
  - Ovlivňuje vznik Taylorova kužele a morfologii vrstvy
- Zvýšením napětí dochází k tvorbě homogenních vláken, tedy dochází k odstranění perliček

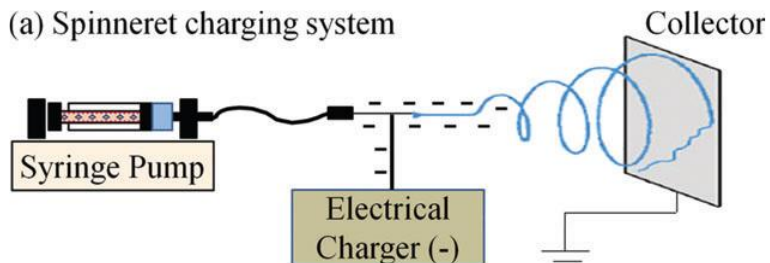
# Elektrické napětí



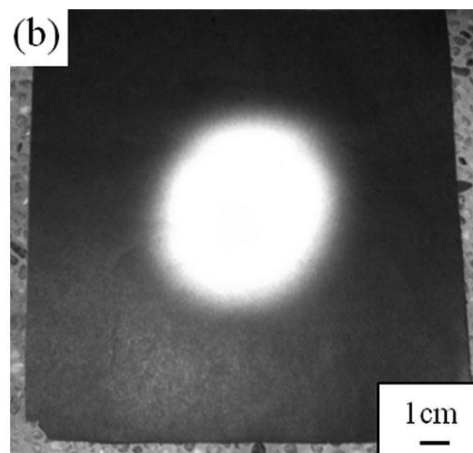
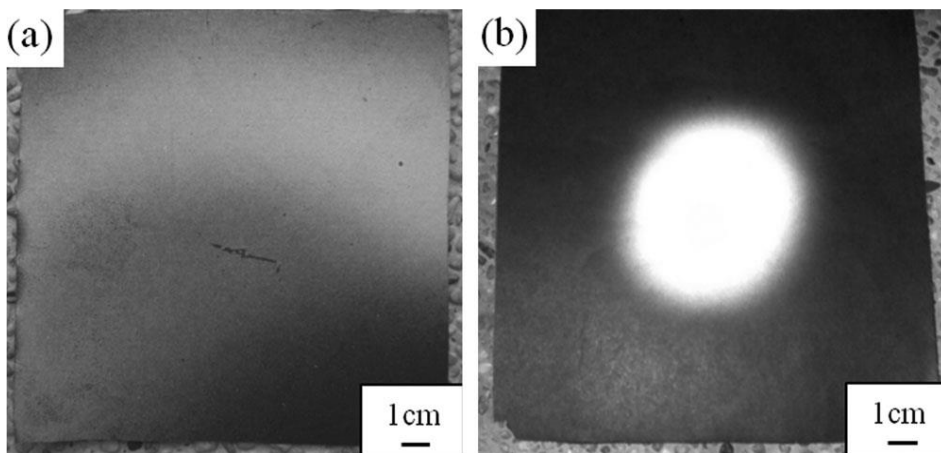
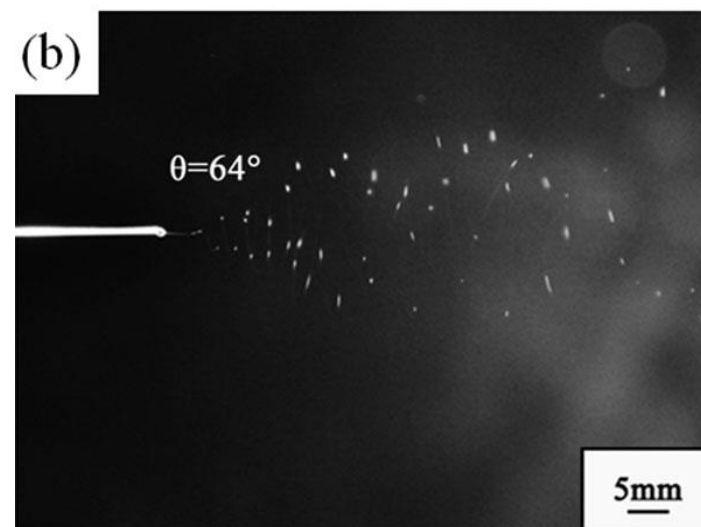
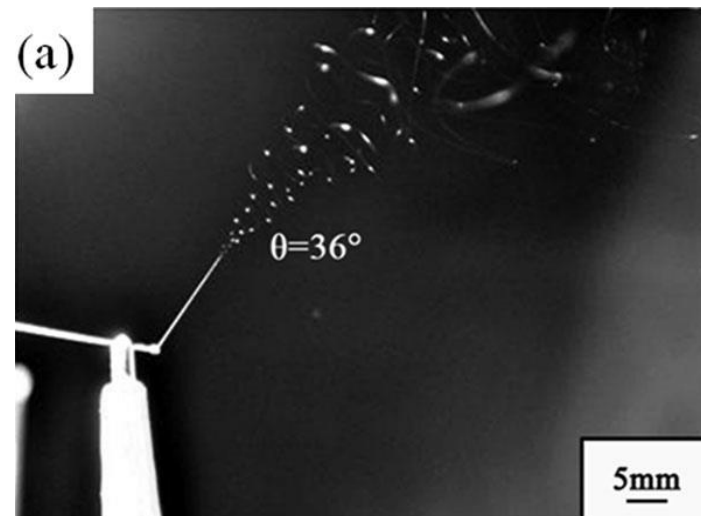
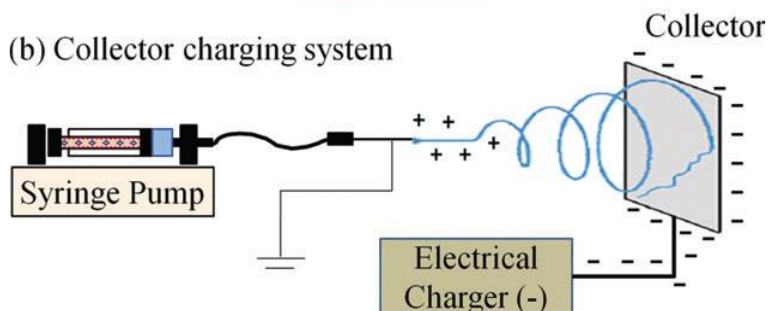
Images of the electrospinning polymer jet length before the bending instability begins and the area of deposited random fibers on Al foil for poly(methyl methacrylate) (PMMA)+ (a,c) and PMMA- (b,d), respectively.

# Elektrické napětí

(a) Spinneret charging system



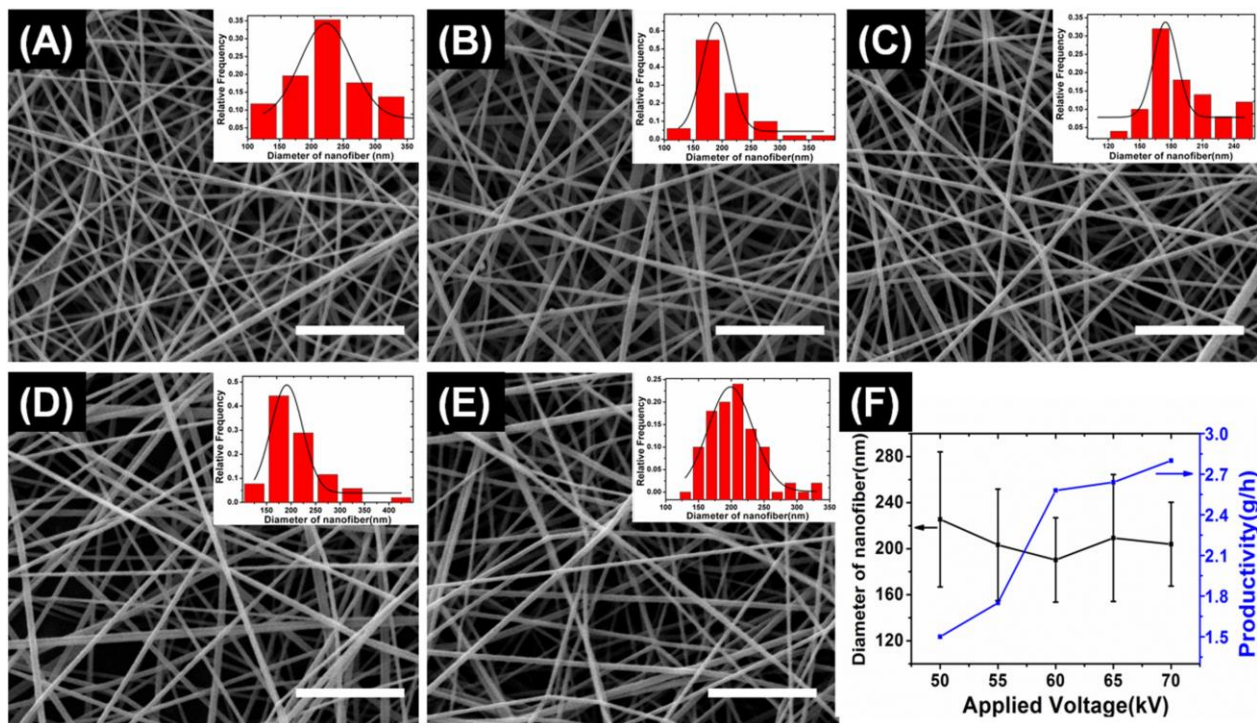
(b) Collector charging system



Images of jet movement for (a) spinneret charging system, (b) collector charging system, at electrospinning conditions: applied voltage: 20 kV, working distance: 18 cm, flow rate: 0.008 mL/min, RH%: 40%

# Elektrické napětí

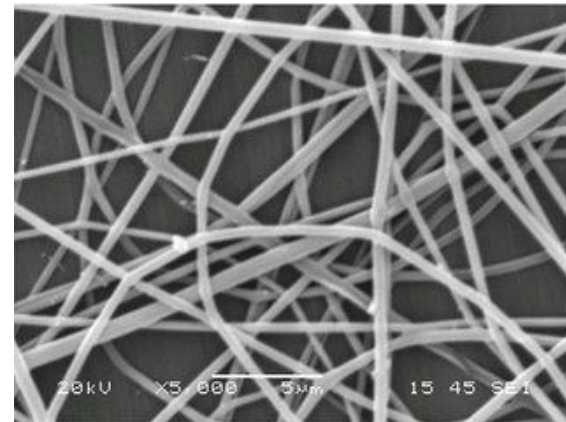
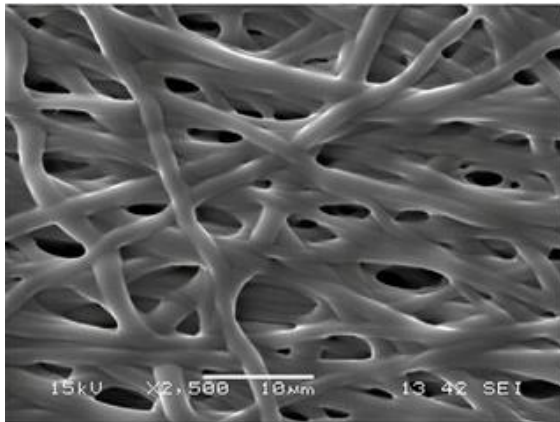
- Změnou napětí ovlivníme především produktivitu procesu



SEM images of electrospun PAN nanofibers from different applied voltages: (A) 50 kV, (B) 55 kV, (C) 60 kV, (D) 65 kV, (E) 70 kV. Insert images: the distribution of nanofiber. (F) The productivity and diameters of nanofibers with different applied voltages.

# Vzdálenost od kolektoru

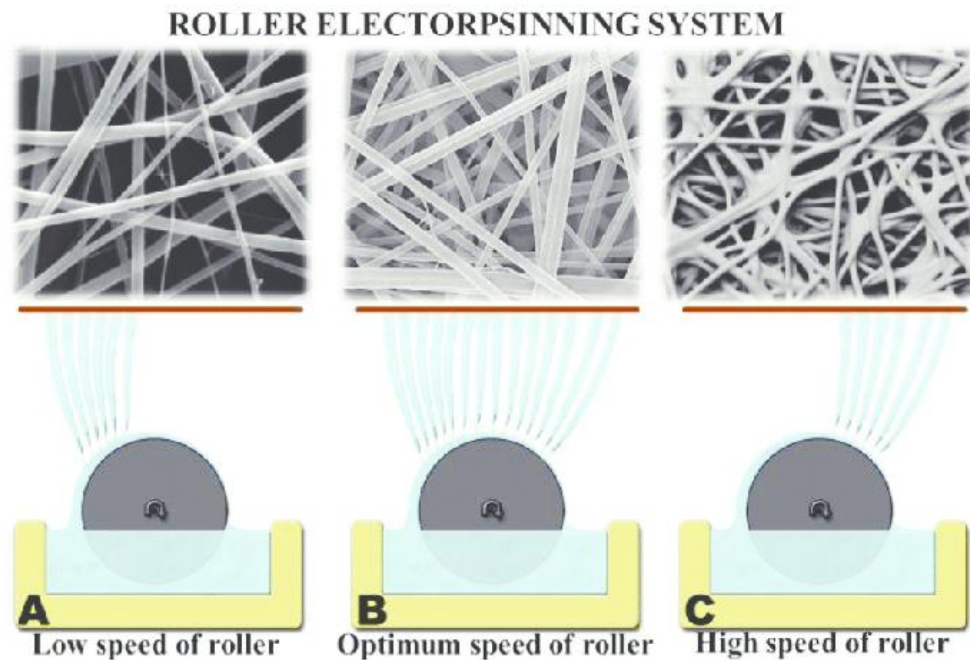
- Vzdálenost elektrody od kolektoru ovlivňuje morfologii vrstvy
- Příliš malá vzdálenost elektrody od kolektoru vede k nedostatečnému odpaření rozpouštědla a vzniku spojených vláken





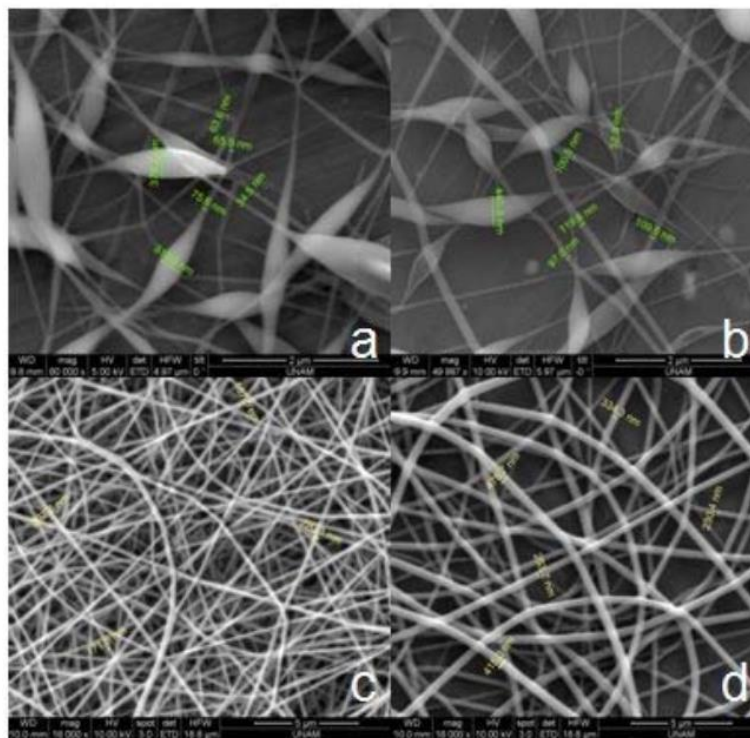
# Dávkování

- Změna dávkování platí pro jehlový i bezjehlový spinner
- Dávkování ovlivňuje průměry vláken a strukturu výsledné vrstvy



# Dávkování

- Příliš velké dávkování vede k tvorbě defektů



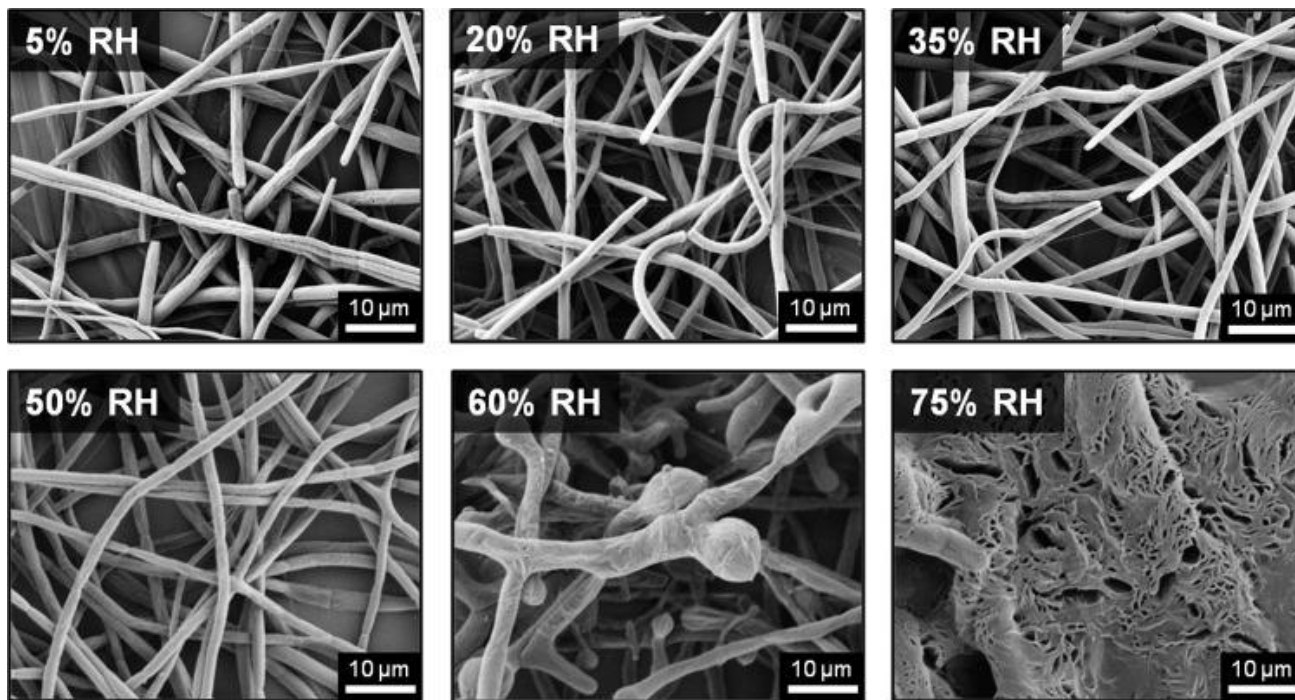
SEM images of electrospun nanofibers a) flow rate of 10 ml/h, 30-60 nm fiber diameter, 300 nm bead diameter, b) flow rate of 6ml/h, 50-100 nm fiber diameter, 440 nm bead diameter, c) flow rate of 1.6 ml/h, 170-220 nm fiber diameter, non-beaded structure d) flow rate of 1.1 ml/h, 230-476 nm fiber diameter, non-beaded structure.

# Vlhkost

- Vlhkost okolního prostředí velmi ovlivňuje proces elektrického zvlákňování
- Okolní vlhkost má vliv na průměry vláken, defekty, ale také na velikost pórů ve vláknech
- Optimální vlhkost okolního prostředí je nutné určit pro každý zvlákňovaný polymer

# Vlhkost

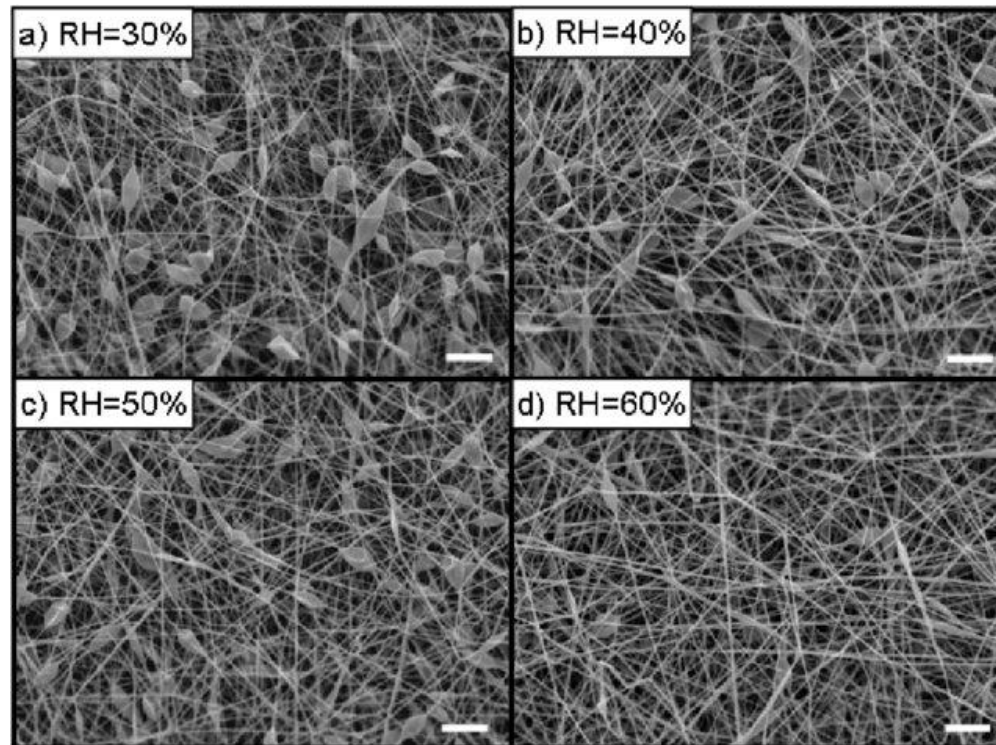
- V případě zvlákňování PEG vede vyšší vlhkost k tvorbě defektní struktury



Scanning electron micrographs of poly(ethylene glycol) (PEG) electrospun at relative humidity (RH) ranging from 5% to 75%.

# Vlhkost

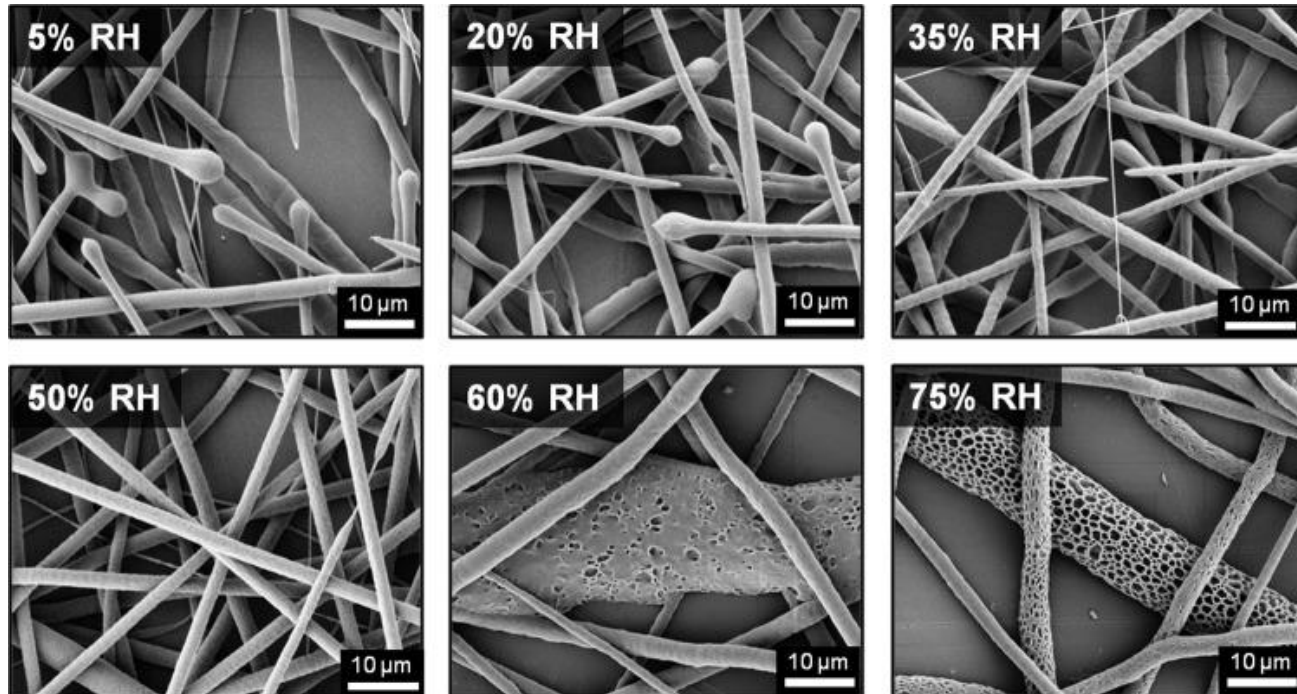
- V případě zvláknování P(L)LA vede vyšší vlhkost k odstranění perliček



Effect of relative humidity on P(L)LA beaded fibre SEM micrographs of PLLA fibres electrospun at a) RH = 30%, b) RH = 40%, c) RH = 50% and d) RH = 60%. Scale bar = 10  $\mu\text{m}$ .

# Vlhkost

- Zvýšením vlhkosti je možné vytvořit porézní vlákna
- Vyšší okolní vlhkost vede k větším pórům ve vláknech



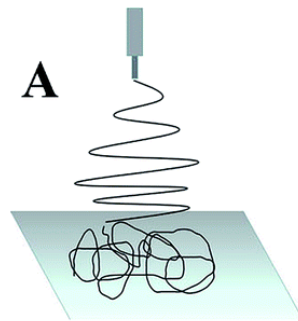
Scanning electron micrographs of polycaprolactone (PCL) electrospun at relative humidity ranging from 5% to 75%.

# Kolektor

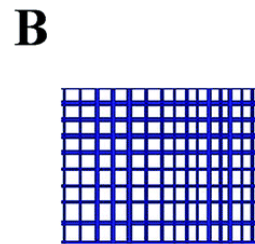
- Vyrobená nanovláknna je nutné nějakým způsobem zachytit pro další zpracování
- Záchytné zařízení – kolektor je zkonstruován podle požadavků na výsledný výrobek
- Tvar a struktura kolektoru má výrazný vliv na strukturu výsledného nanovláknenného výrobku

# Kolektor

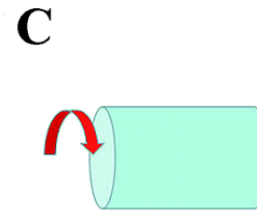
- Použitím speciálních kolektorů můžeme vytvářet orientované vlákenné struktury, nebo vlákenné struktury s reliéfem kolektoru



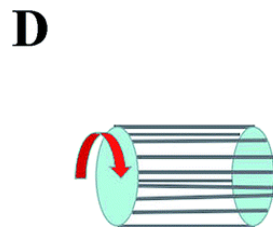
•solid collector



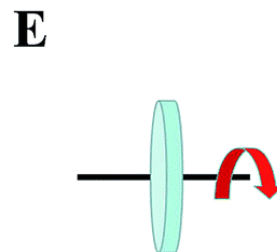
•guide wires collector



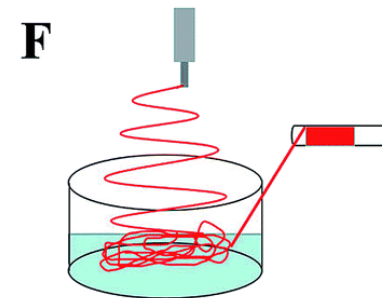
•rotating mandrel



•rotating wire drum



•rotating disk

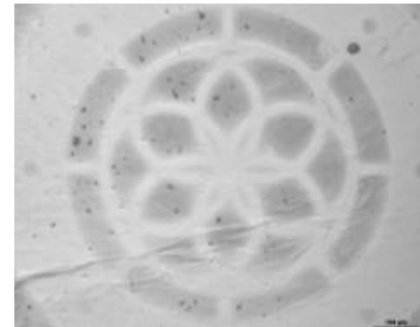
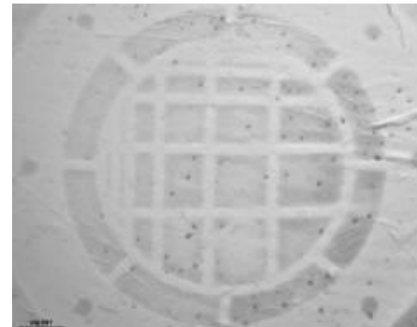
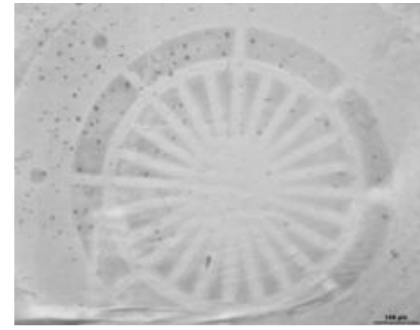
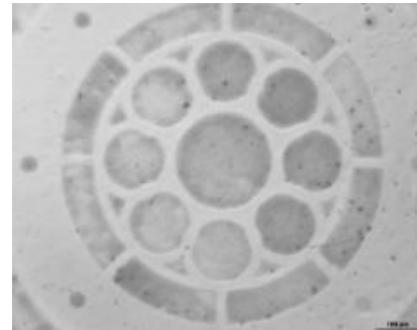
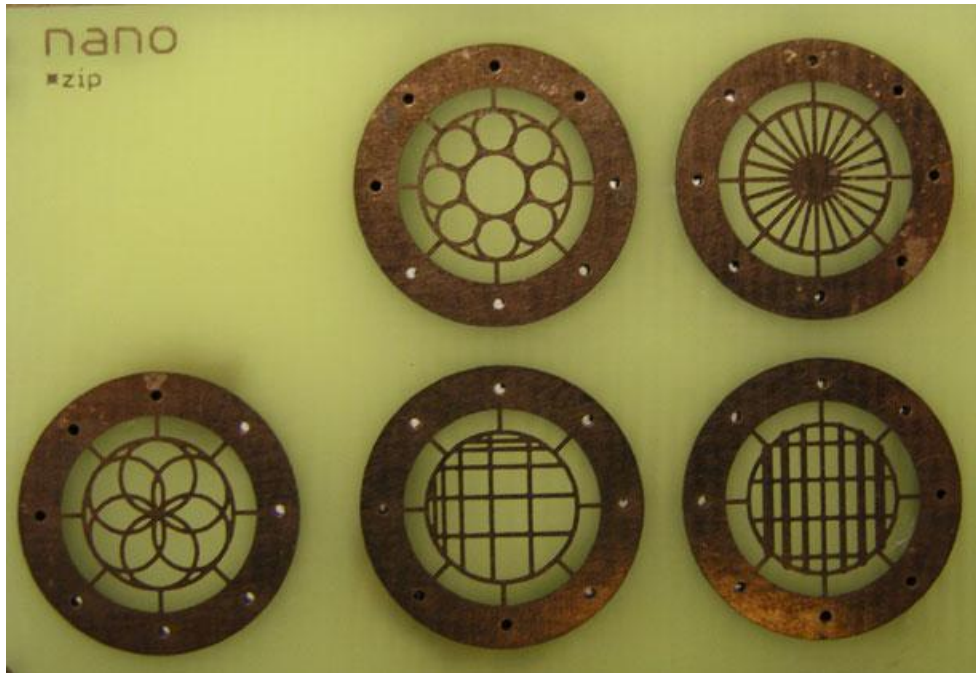


•liquid bath collector



# Kolektor

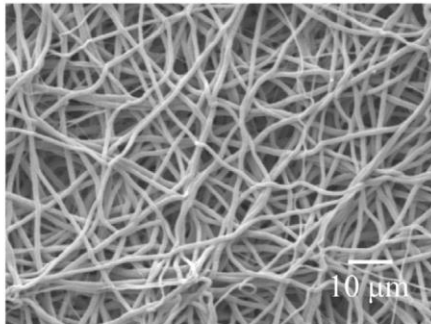
- Využitím strukturovaného kolektoru lze získat nanovláknennou vrstvu se stejnou strukturou



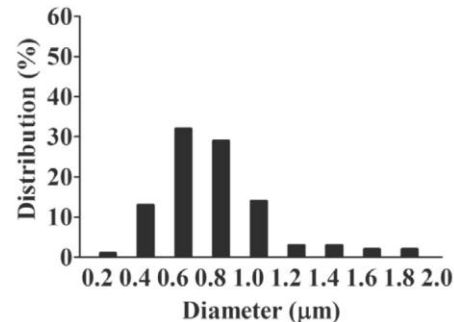
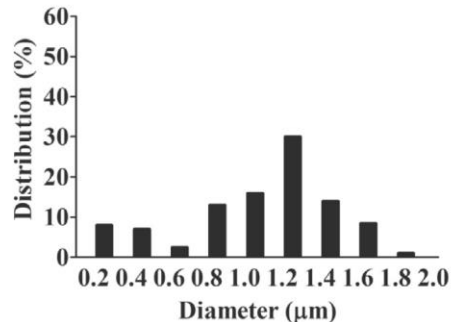
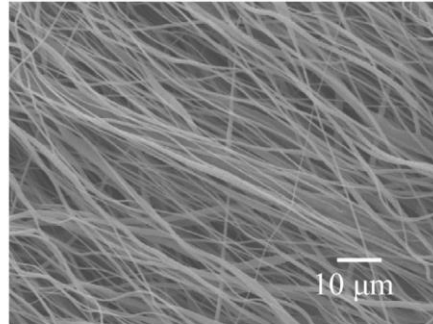
# Kolektor

- Orientace vláken může probíhat pomocí rotačního bubnu, nebo třeba pomocí tištěných spojů

0 rpm



2000 rpm



SEM images and their respective fiber diameter distribution, showing the effect of rotational speed on the characteristics of fibers collected on the rotating drum.



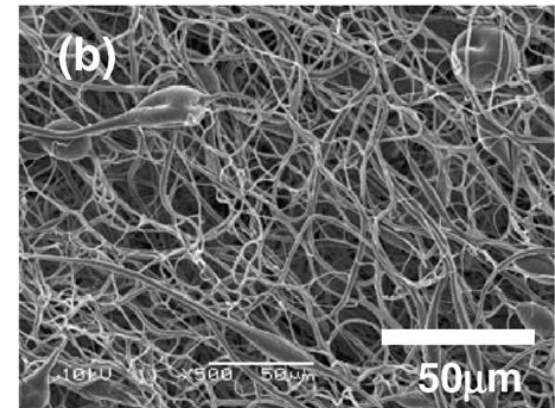
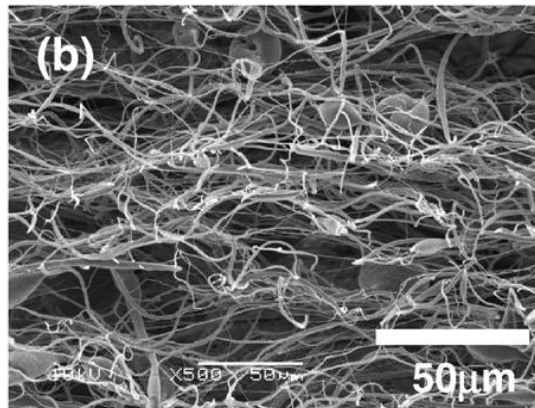
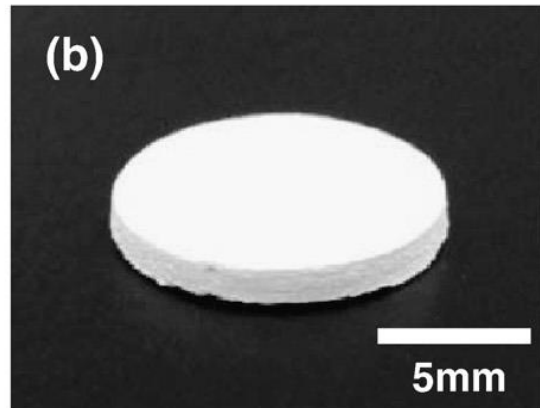
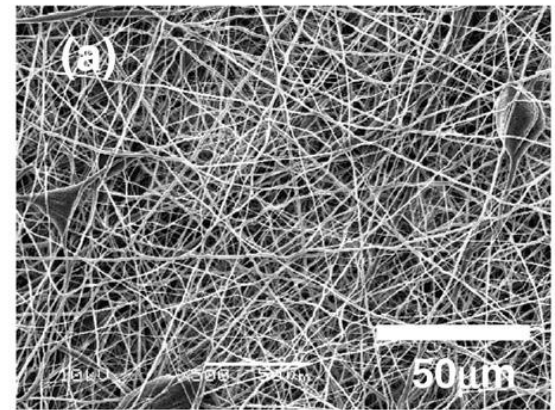
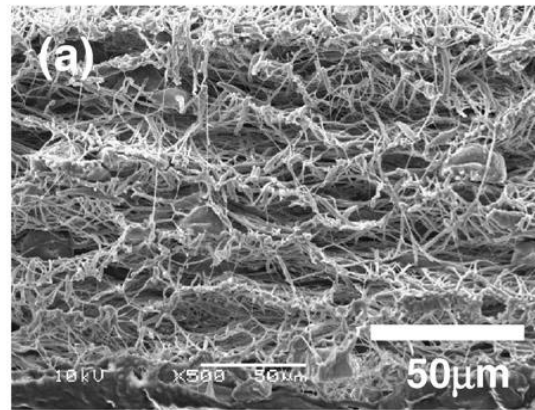
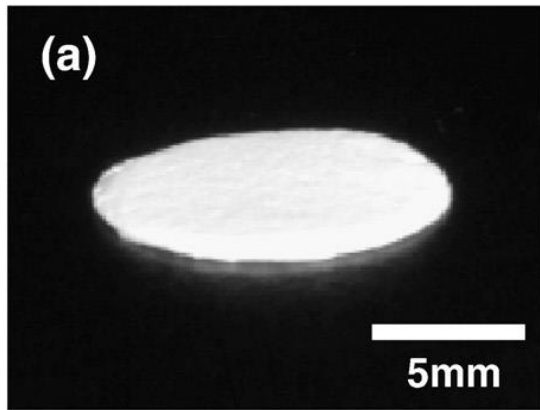
Detail rotačního diskového kolektoru se čtyřmi hroty.

# Kolektor

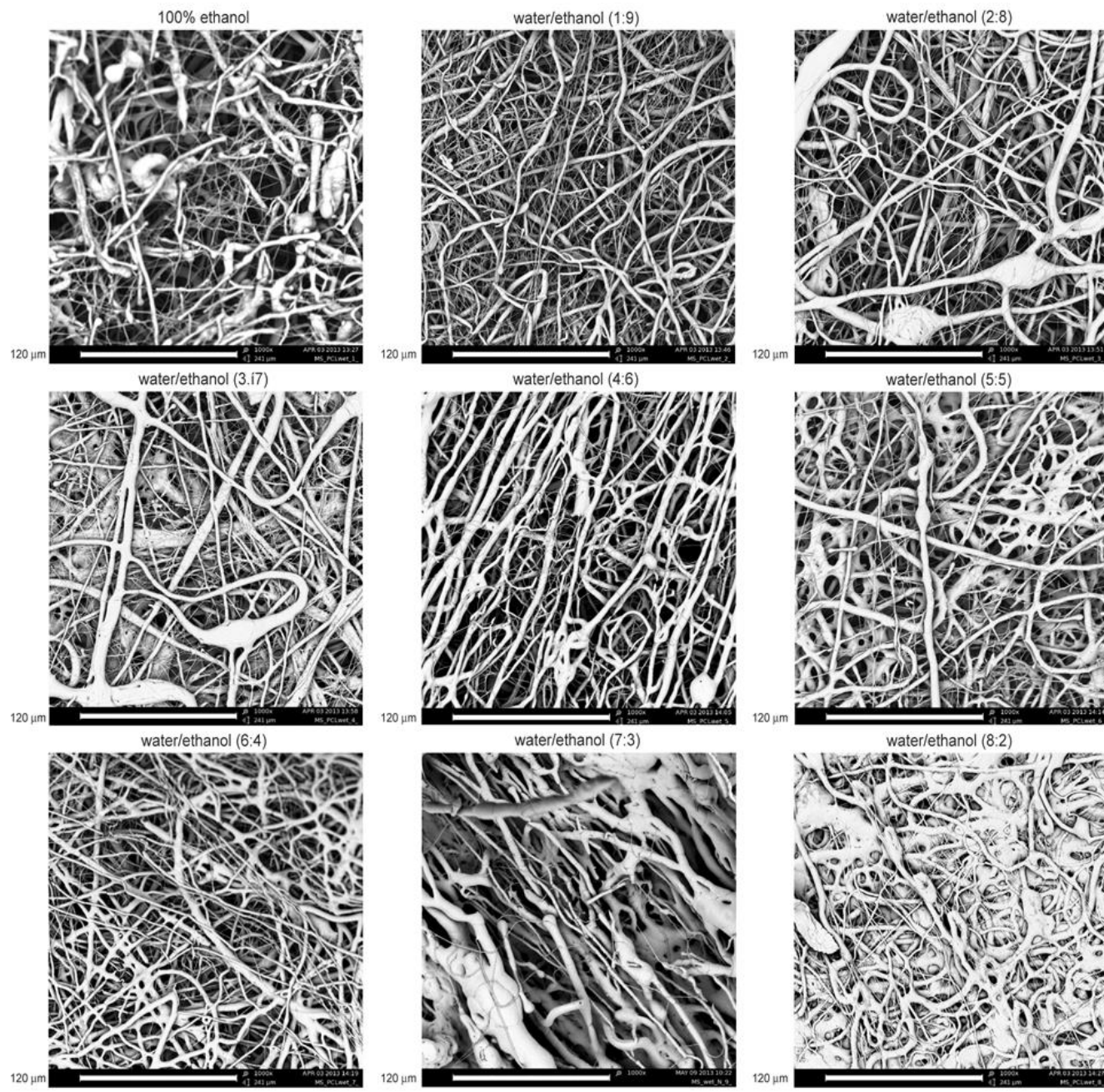
Photo

Cross section

Surface

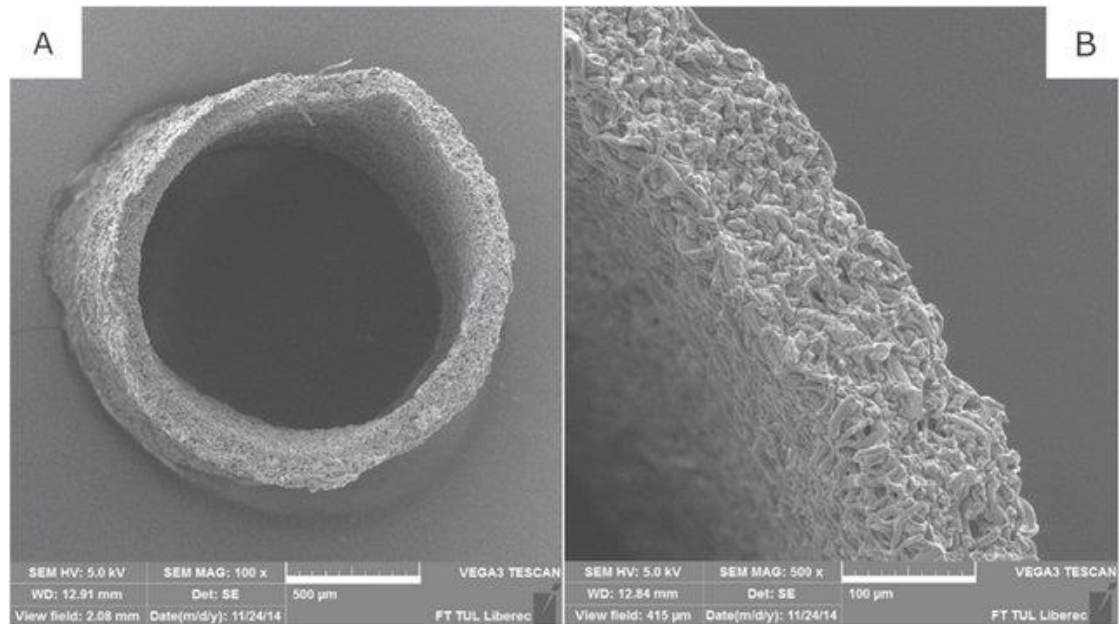
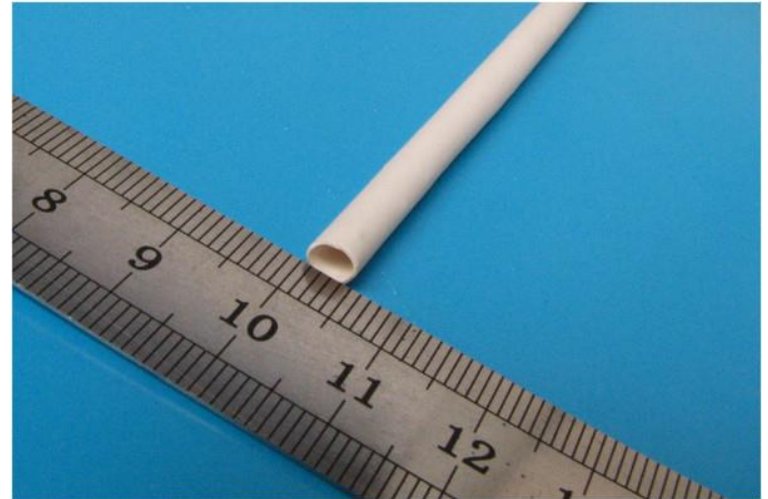
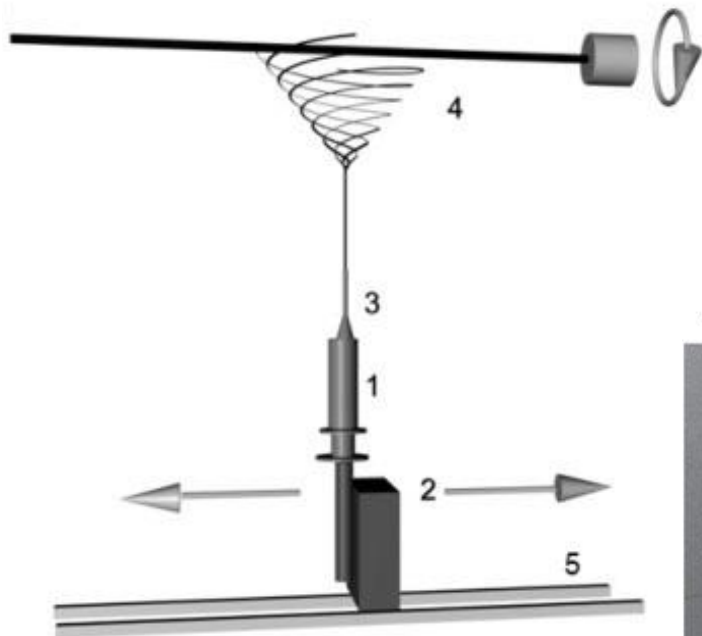


Photos and SEM images of PGA non-woven mat prepared by traditional system (a) and spongiform PGA fabric with solvent system (b).

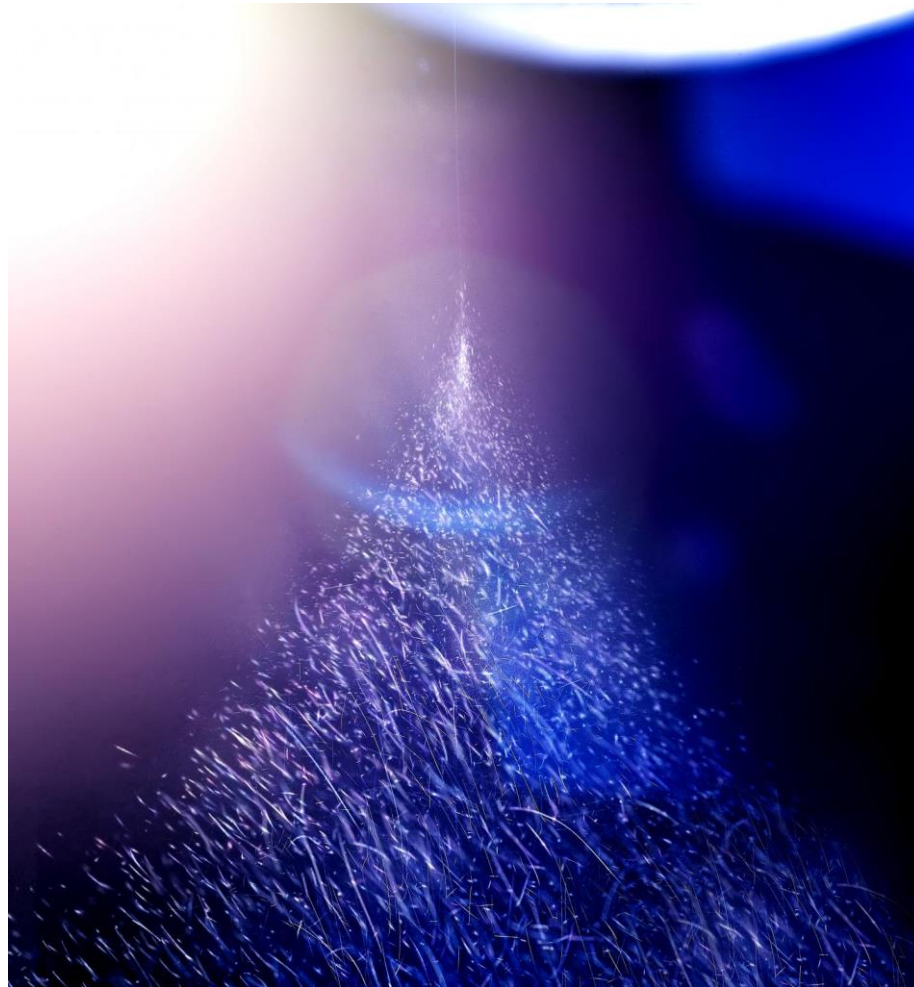


Scanning electron images of electrospun materials: PCL fibers (from chloroform/ethanol 9:1 solution) wet electrospun into different liquid collectors described above each image.

# Kolektor



Děkuji za pozornost!



# TEST

- Jaké materiálové podmínky ovlivňují proces zvlákňování?
- Jaké procesní podmínky ovlivňují proces zvlákňování?
- Jaký je vztah mezi elektrickým napětím a vzdáleností od kolektoru?
- Jak okolní vlhkost ovlivňuje proces elektrického zvlákňování?