

Seminārs
„3D druka – darba vides aspekti: riski un risinājumi”

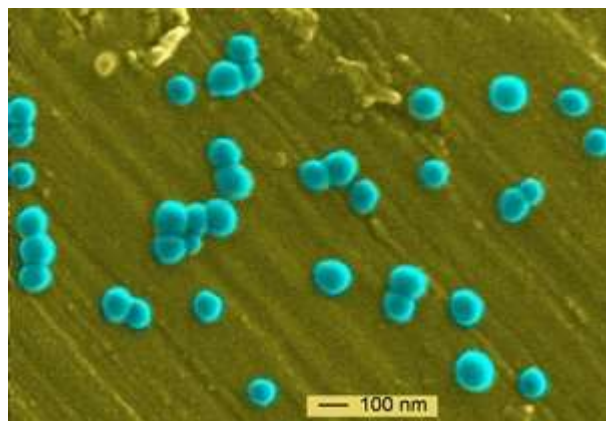
**Nanodaļiņas jeb ultrasīkie
putekļi 3D drukāšanā**

Žanna Martinsone
Darba drošības un vides veselības institūts,
Rīgas Stradiņa universitāte
Rīga, 3.12.2018

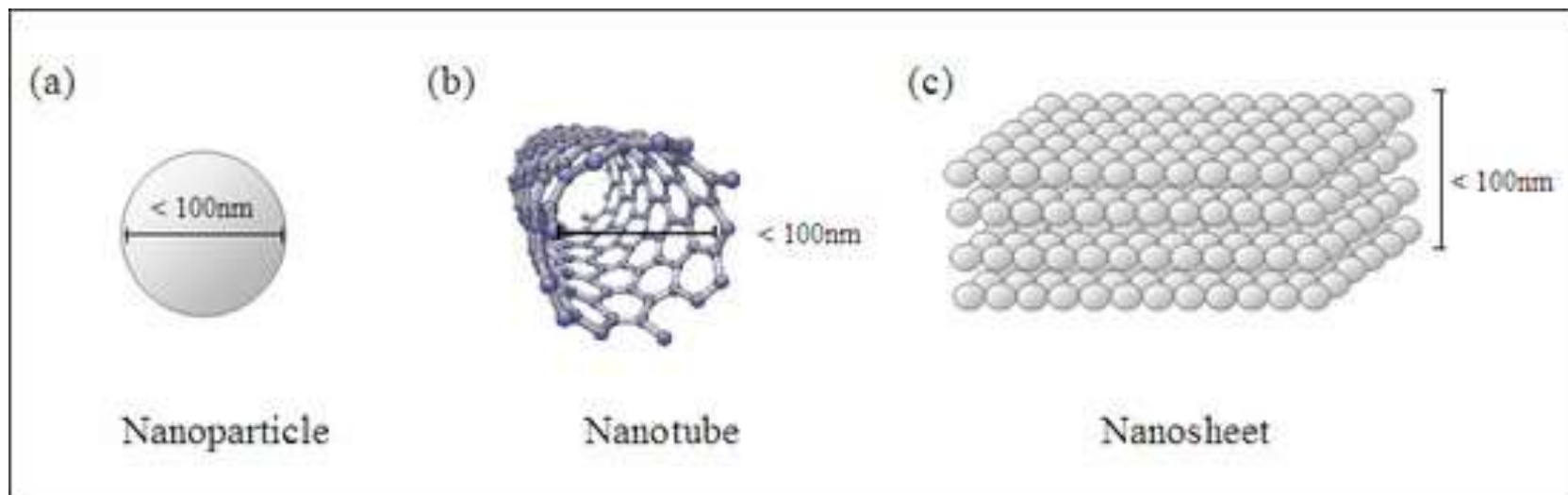
Saturs

- Kas ir nanodaļiņas jeb ultrasīkie putekļi?
- Nanodaļiņas 3D drukāšanā
 - » starptautiskie mērījumu dati
 - » Latvijas mērījumu dati
- Veselības riski
- Secinājumi

Kas ir nanodaļiņas?



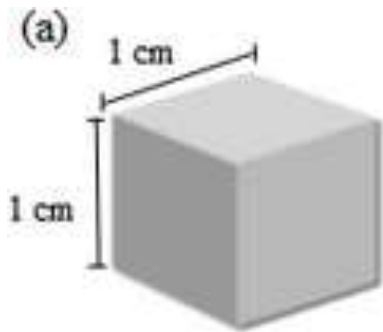
Nanodaļiņas - daļiņas, kas vienādas vai mazākas par 100 nm (vismaz vienā dimensijā – plaknē).



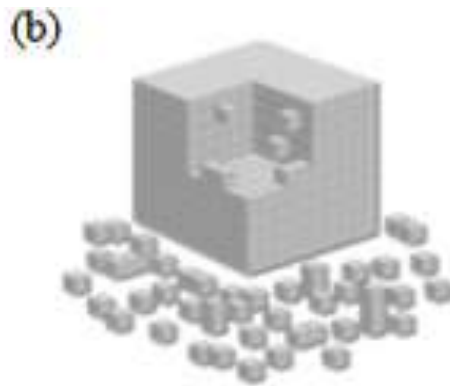
Avots: http://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/programme_rafs_ft_01_04_Nanotechnology.html

Nanodaļiņas raksturo:

- masa
- diametrs
- virsmas laukums

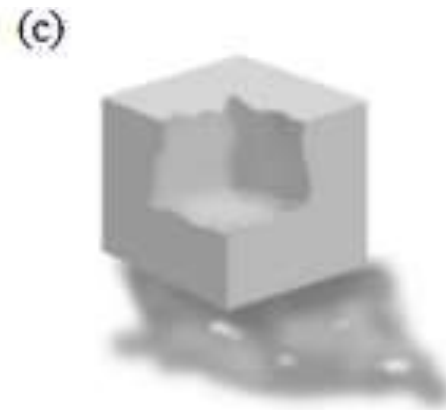


Total surface area: 6 cm^2



Total surface area: 60 cm^2

(All 1 mm cube)



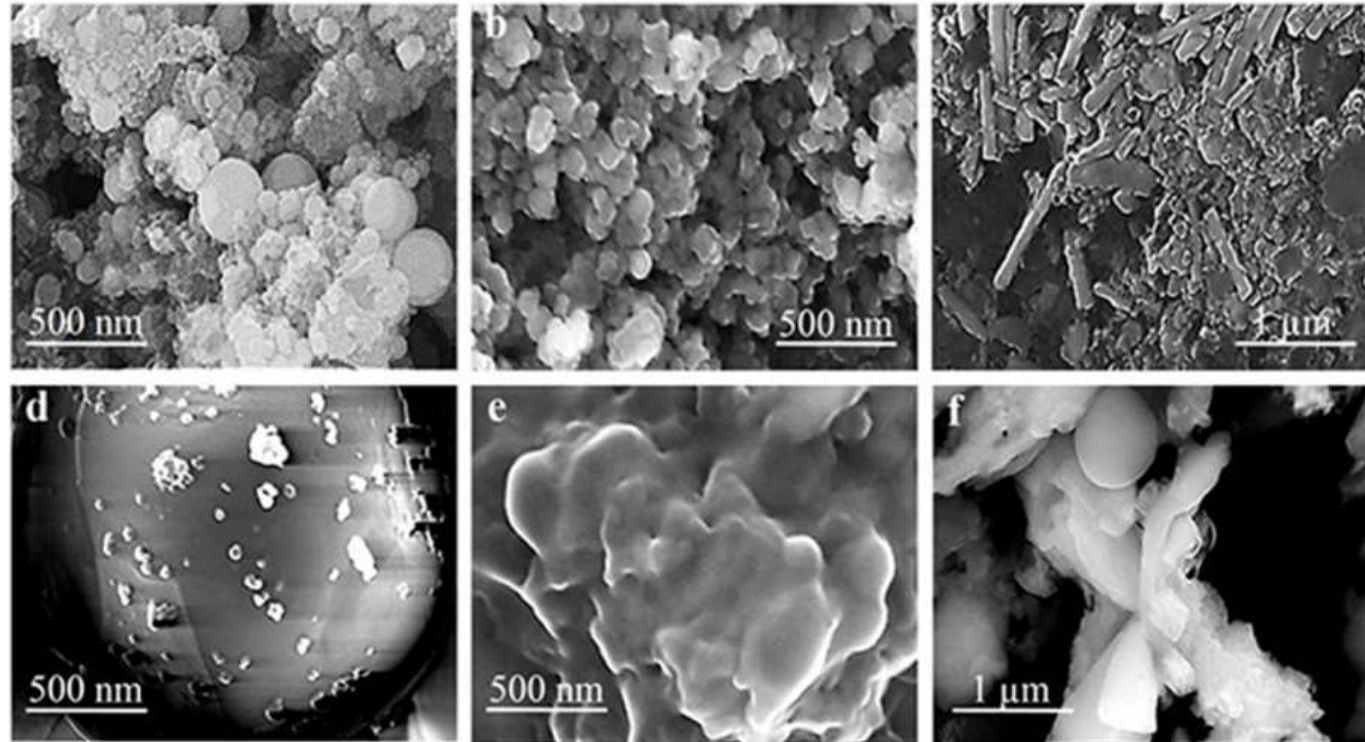
Total surface area: $60,000,000 \text{ cm}^2$

(All 1 nm cube)

-
- sastāvs (t.sk., ķīmisko vielu, alergēnu klātbūtne)
 - lādiņš, u.c.

Putekļu forma

- Nozīme ir arī daļiņu formai un struktūrai (īpaši cietībai).

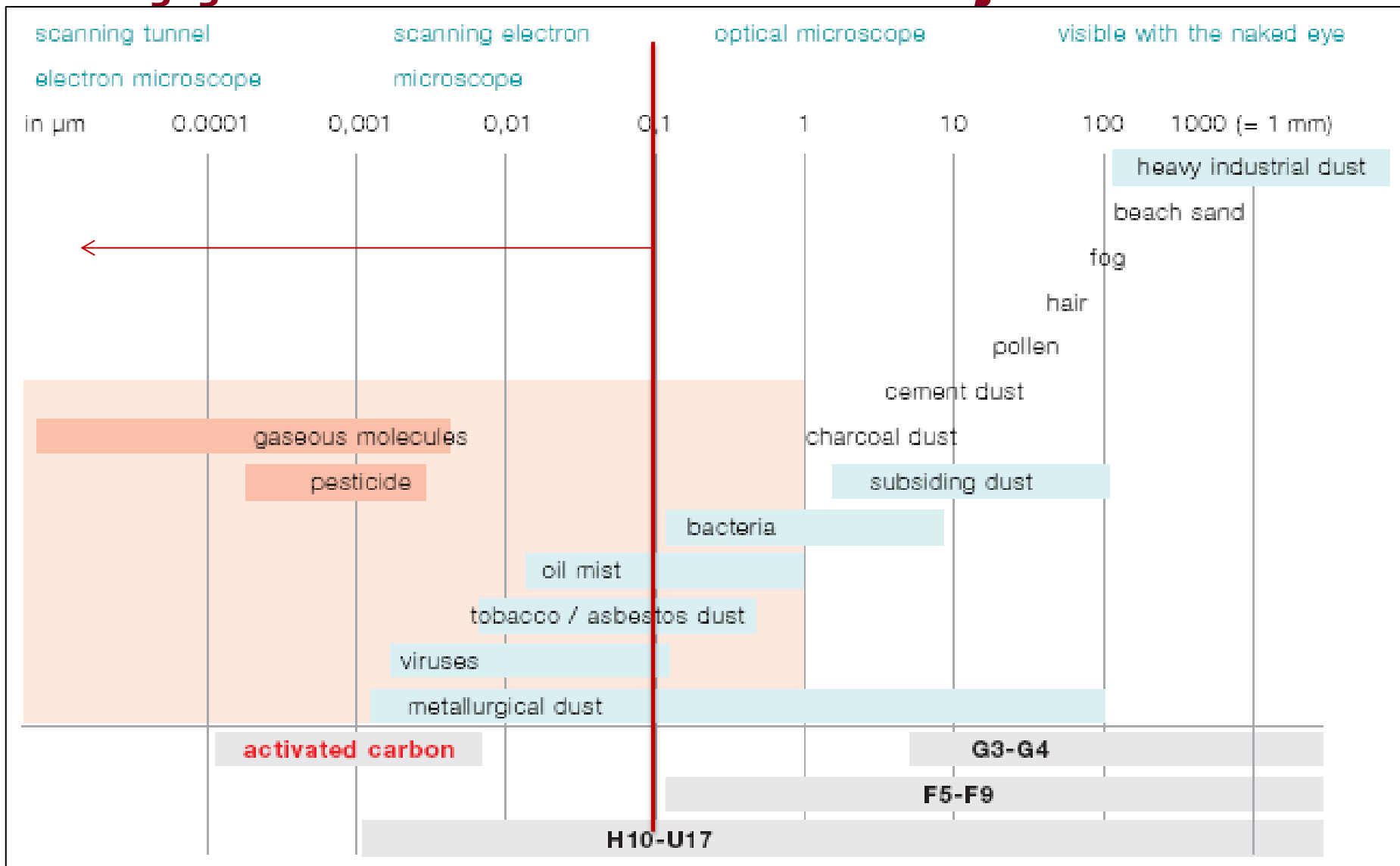


Picture 3. Dust particles by their chemical composition and shape (a - silica, b - iron oxide, c - zinc oxide, d - organic dust with iron oxide inclusions, f - organic dust, silica spheres and sodium chloride crystals)

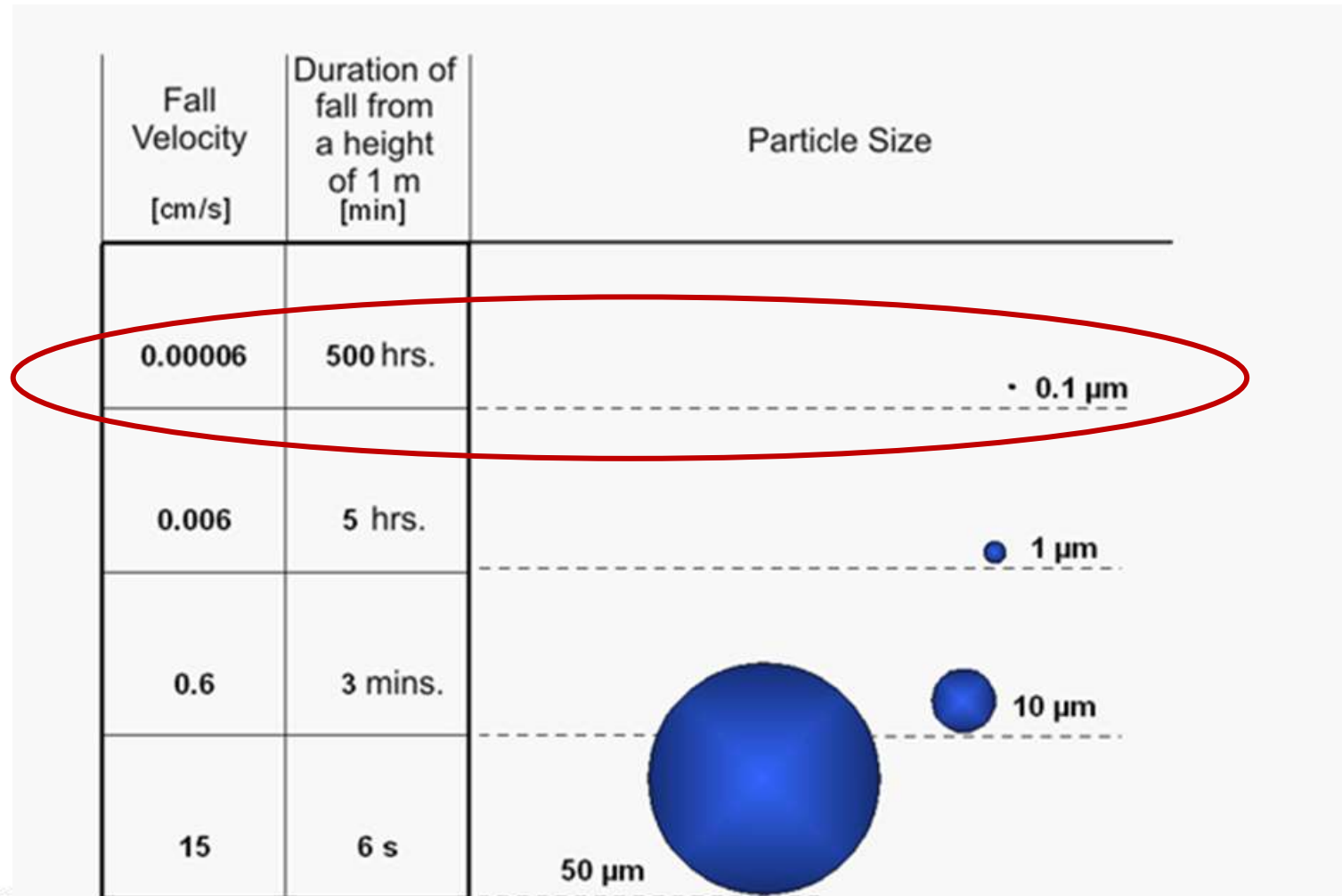
Piemērs: vara toksicitāte atkarībā no daļiņu izmēra

Daļiņu izmērs	Daļiņu skaits N/ μg	LD ₅₀ (p.o. žurkām)
17 μm	44 / μg	5610 mg/kg
0,0235 μm (23,5nm)	1,7 x 10 ¹⁰ / μg	119 mg/kg

Dauņu veida un izmēra iedalījums

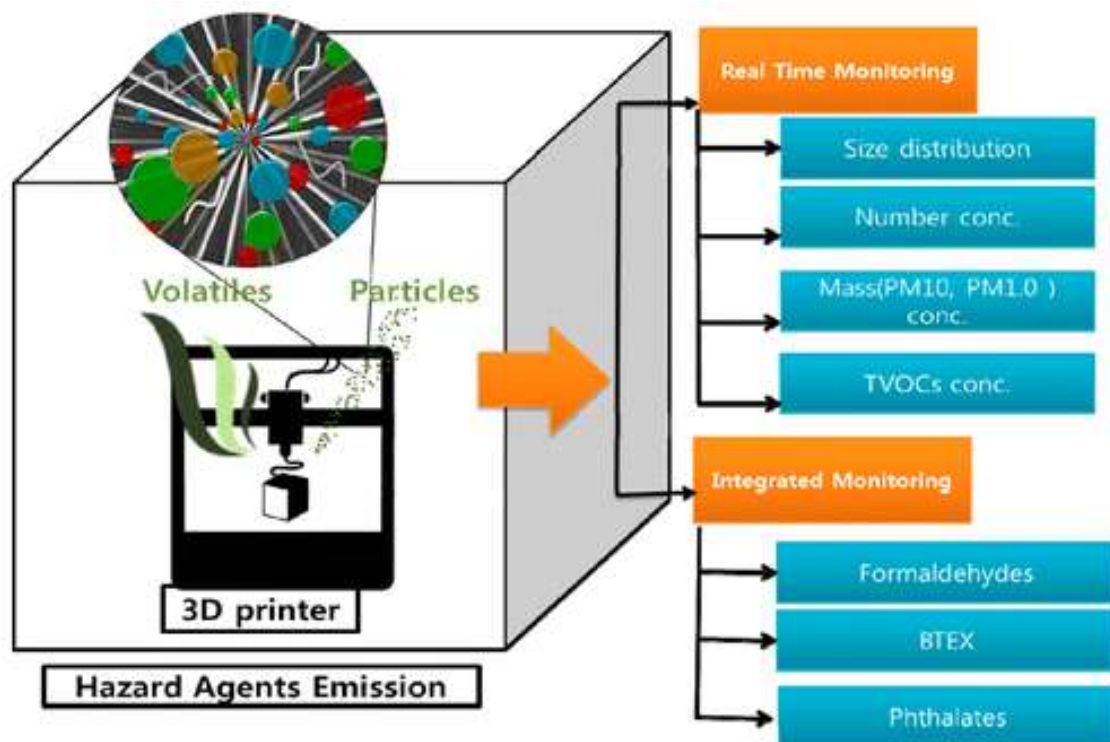


Redzami putekļi nosēžas samērā strauji un tāpēc ir mazāk bīstami par mikroskopiskajiem putekļiem, kas nosēžas ļoti lēni.

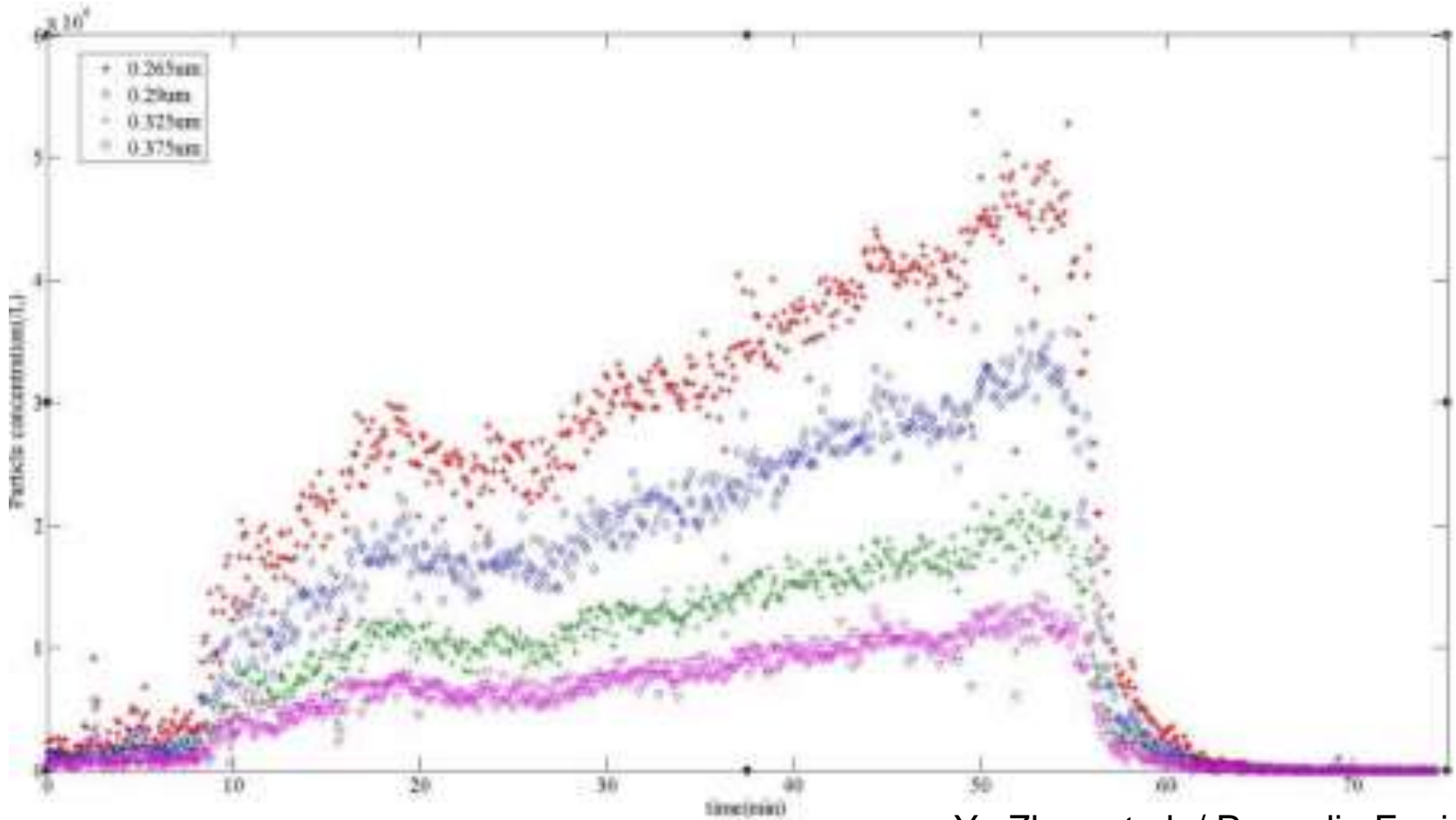


No kurienes nanodaļiņas rodas 3D drukāšanā?

- 3D drukāšanas process notiek paaugstinātā temperatūrā (virs 200 °C), kā rezultātā no 3D drukāšanā izmantotā materiāla izdalās daļiņas, gaistoši savienojumi.



Mērījumi tīrā telpā – viena 3D iekārta



Yu Zhou et al. / Procedia Engineering
121 (2015) 506 – 512

Fig. 3. Particle concentrations with single printer in the clean room at position three.

Mērījumi tīrā telpā – viena drukas iekārta

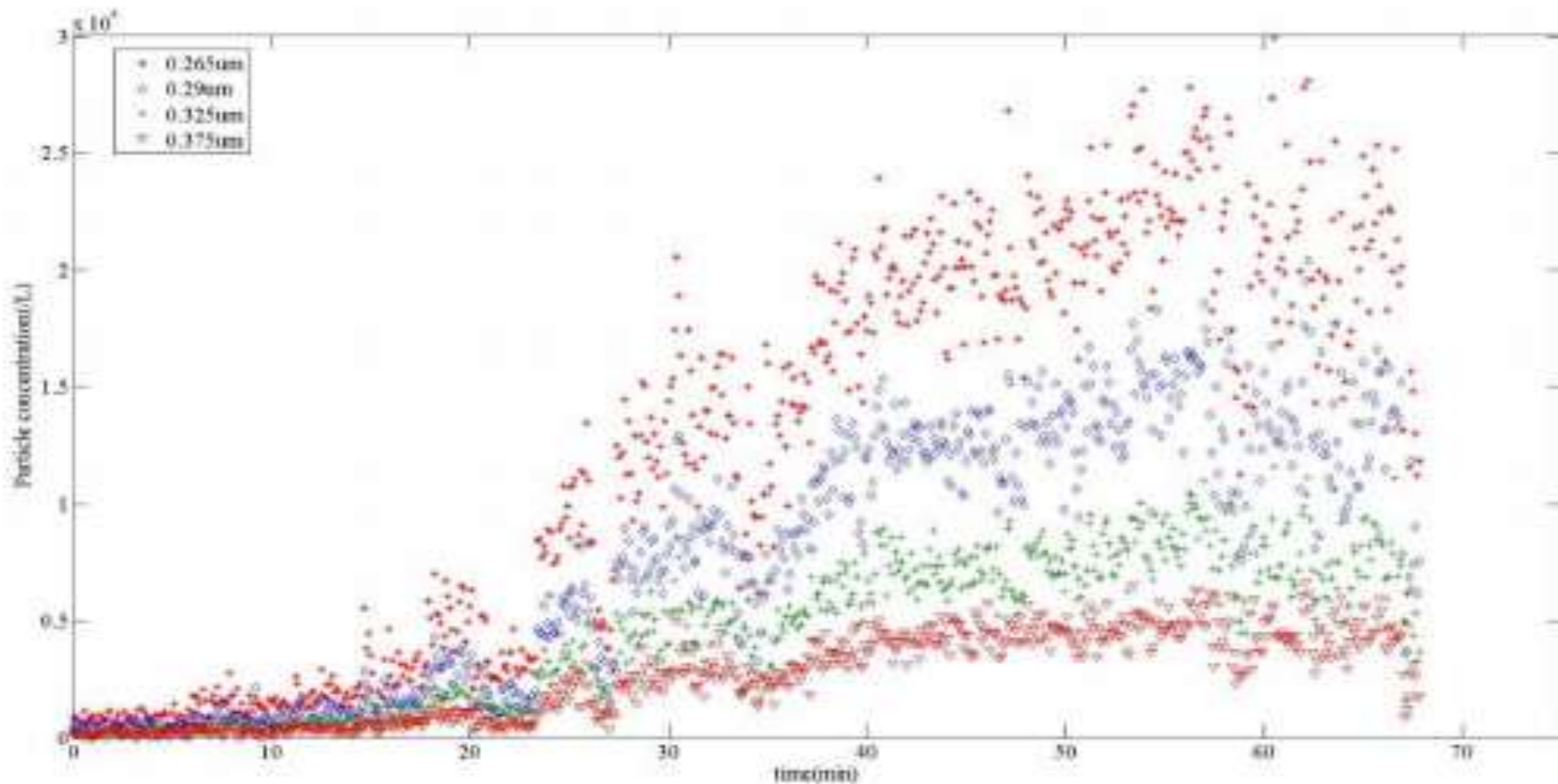


Fig. 4. Particle concentrations with single printer measured in the clean room at position one.

Mērījumi tīrā telpā – 3 dažādas pozīcijas

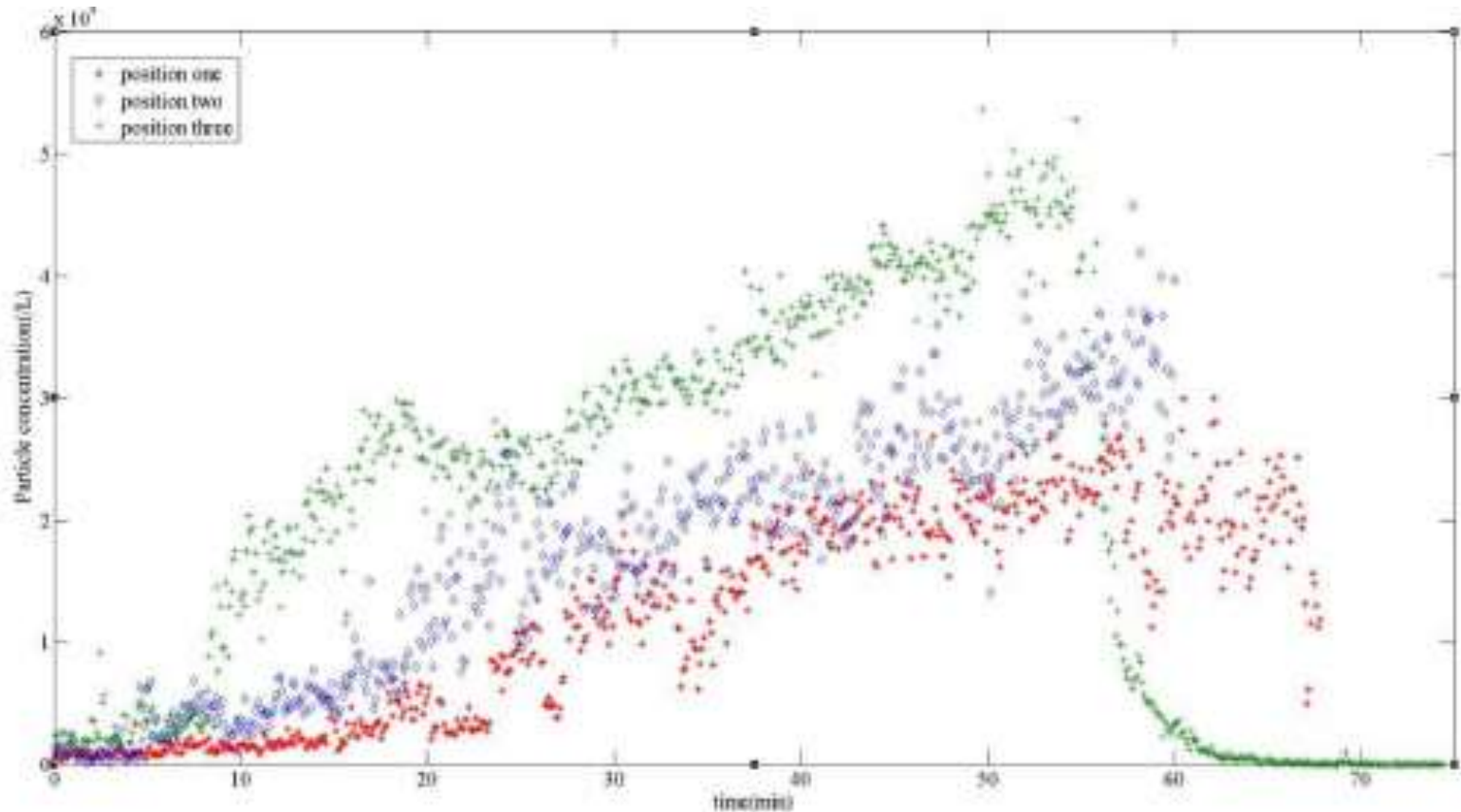


Fig. 5. Comparison of particle concentrations at three different positions with single printer.

Mērījumi tīrā telpā

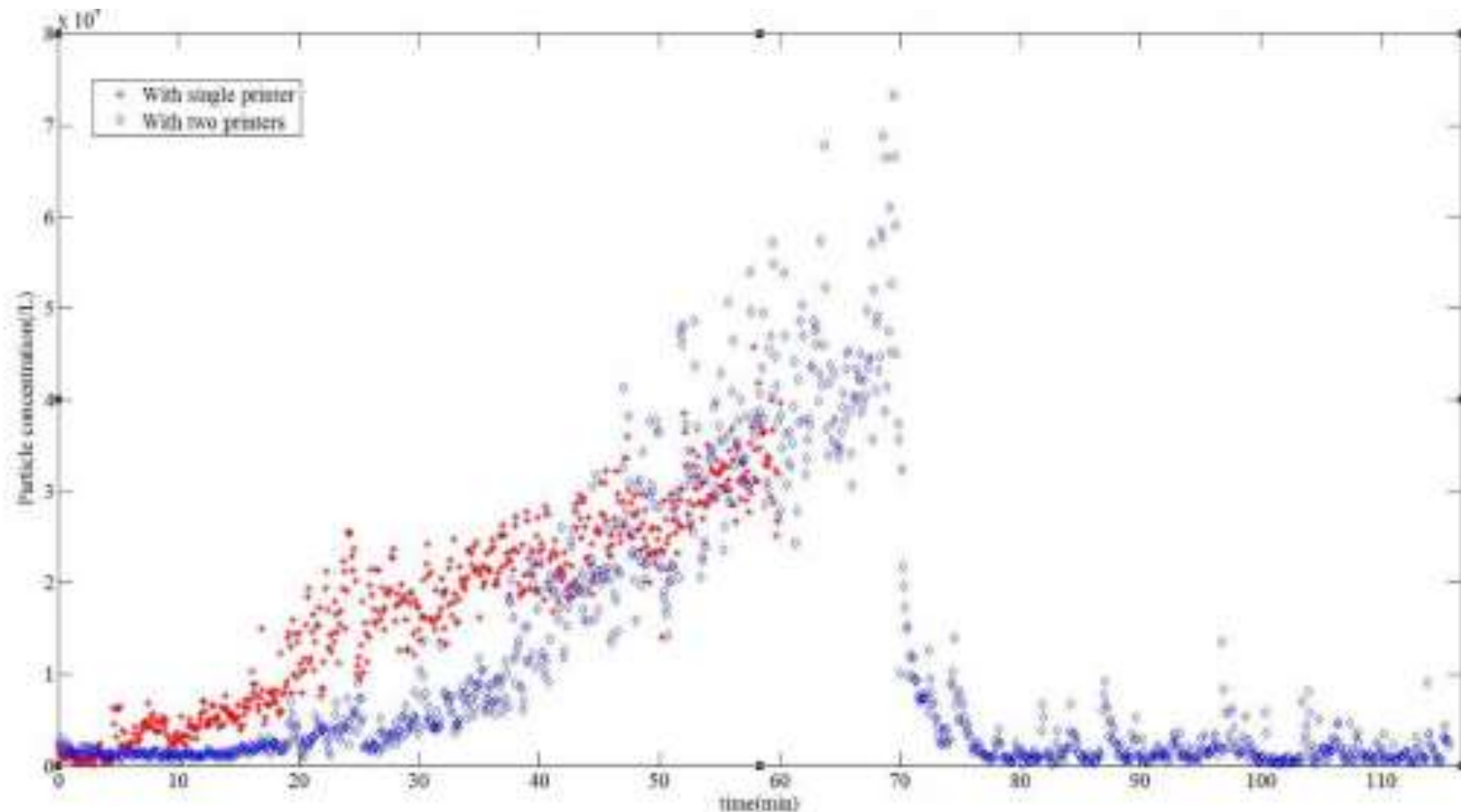


Fig. 6. Comparison of particle concentrations with single printer and two printers at the position two with particle size of $0.265\mu\text{m}$.

Mērījumi tīrā telpā – divas 3D iekārtas

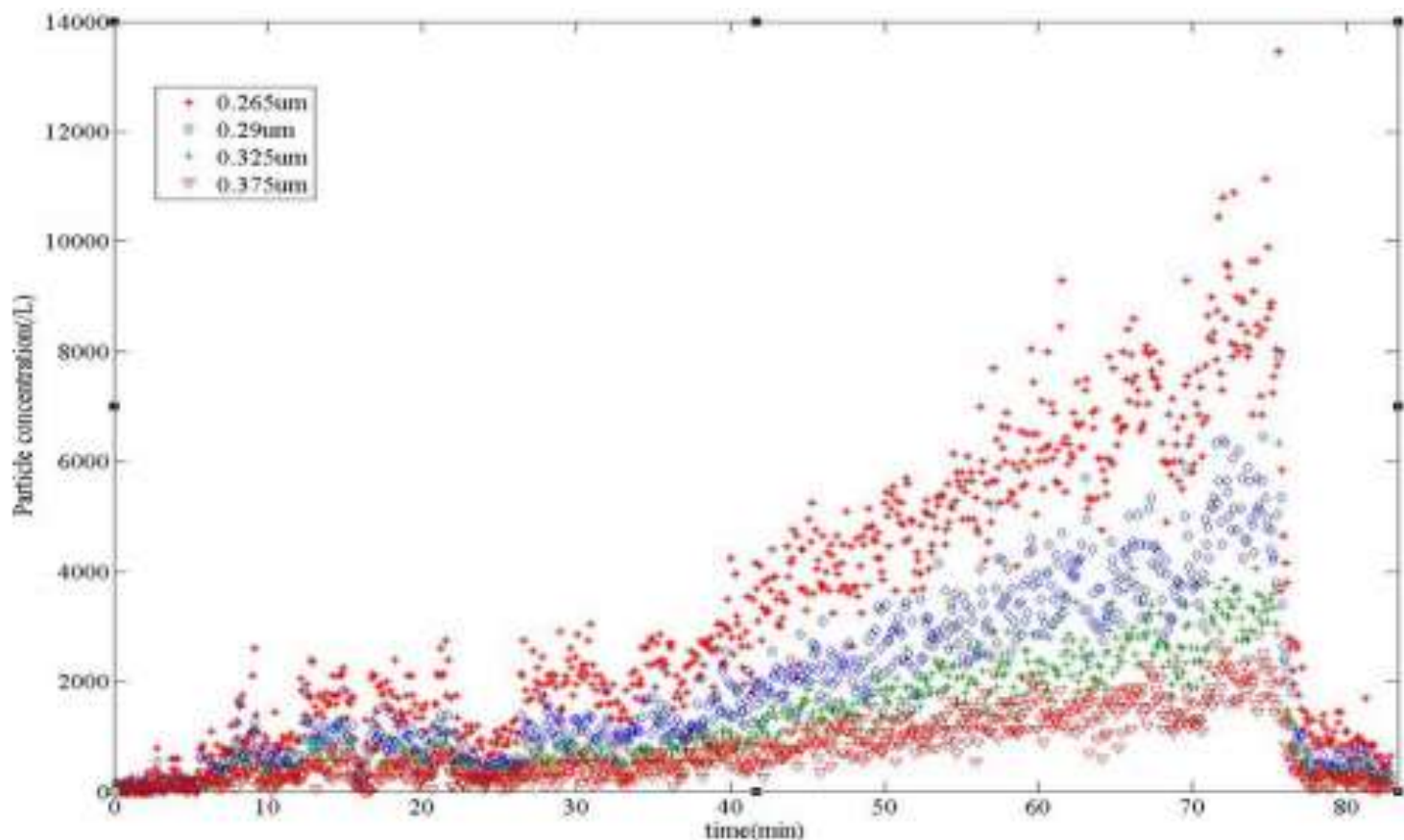
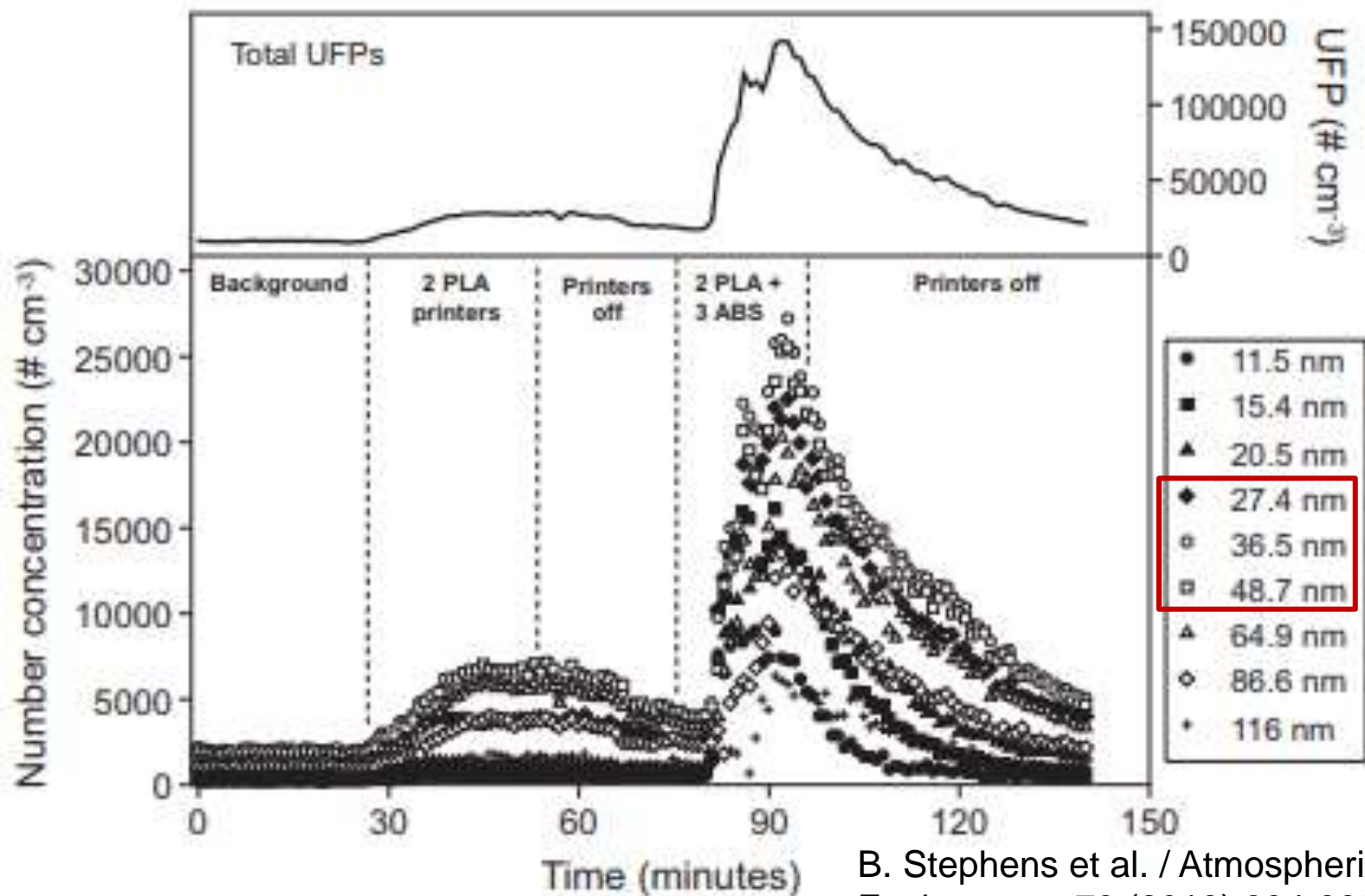


Fig. 7. Particle concentrations with two printers measured in the clean room at position one.

3D drukāšana – pasaules dati (ASV) 2

Particle size	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	
	$C_{L_{50},in,br}$ (# cm ⁻³)	$C_{L_{50},in,2PLA}$ (# cm ⁻³)	$C_{L_{in,2PLA} + 3ABS}$ (# cm ⁻³)	L_1 (h ⁻¹)	R^2
	Mean (s.d.)	Mean (s.d.)	Peak		
11.5 nm	158 (25)	495 (33)	8977	4.01 ± 0.20	0.91
15.4 nm	544 (27)	557 (33)	17,438	5.65 ± 0.08	0.99
20.5 nm	975 (25)	1085 (63)	14,356	4.19 ± 0.06	0.99
27.4 nm	1779 (64)	3712 (99)	22,475	2.89 ± 0.05	0.99
36.5 nm	2025 (76)	5976 (164)	27,185	2.58 ± 0.05	0.98
48.7 nm	1793 (76)	6671 (229)	25,473	2.54 ± 0.06	0.98
64.9 nm	1372 (66)	5649 (218)	20,265	2.54 ± 0.06	0.98
86.6 nm	1038 (45)	3695 (161)	13,479	3.09 ± 0.09	0.97
116 nm	695 (58)	1575 (137)	142,211	4.42 ± 0.35	0.80
UFP	9684 (248)	27,838 (658)	6345	2.97 ± 0.04	0.99

3D drukāšana – pasaules dati (ASV)



B. Stephens et al. / Atmospheric Environment 79 (2013) 334-339

3D drukāšana – pasaules dati (ASV) 3

Particle size bin	UFP emission rates per printer (# min ⁻¹)			
	PLA (Period 2)		ABS (Period 3)	
	Central estimate	Range	Central estimate	Range
11.5 nm	5.8×10^8	$[4.7-6.8] \times 10^8$	1.4×10^{10}	$[1.1-1.7] \times 10^{10}$
15.4 nm	2.8×10^7	$[2.6-3.0] \times 10^7$	3.2×10^{10}	$[2.8-3.6] \times 10^{10}$
20.5 nm	1.7×10^8	$[1.6-1.8] \times 10^8$	2.5×10^{10}	$[2.2-2.7] \times 10^{10}$
27.4 nm	2.4×10^9	$[2.2-2.5] \times 10^9$	3.0×10^{10}	$[2.8-3.3] \times 10^{10}$
36.5 nm	3.6×10^9	$[3.4-3.7] \times 10^9$	3.4×10^{10}	$[3.2-3.7] \times 10^{10}$
48.7 nm	4.5×10^9	$[4.2-4.7] \times 10^9$	3.1×10^{10}	$[2.8-3.3] \times 10^{10}$
64.9 nm	4.0×10^9	$[3.8-4.3] \times 10^9$	2.2×10^{10}	$[2.0-2.4] \times 10^{10}$
86.6 nm	3.0×10^9	$[2.8-3.2] \times 10^9$	1.5×10^{10}	$[1.3-1.6] \times 10^{10}$
116 nm	1.5×10^9	$[1.2-1.7] \times 10^9$	6.9×10^9	$[5.4-8.5] \times 10^9$
Total UFPs (<100 nm)	2.0×10^{10}	$[1.9-2.0] \times 10^{10}$	1.9×10^{11}	$[1.8-2.0] \times 10^{11}$

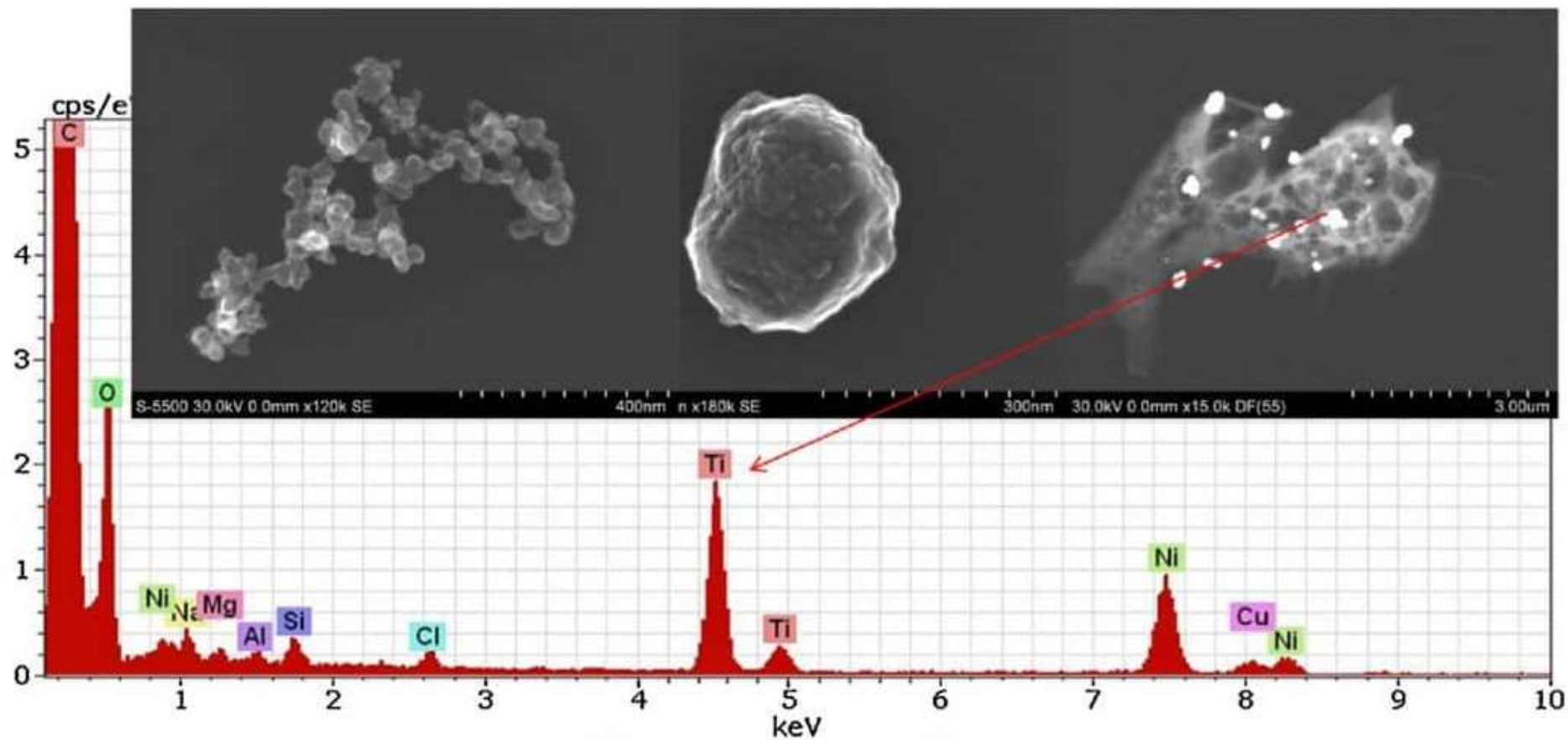
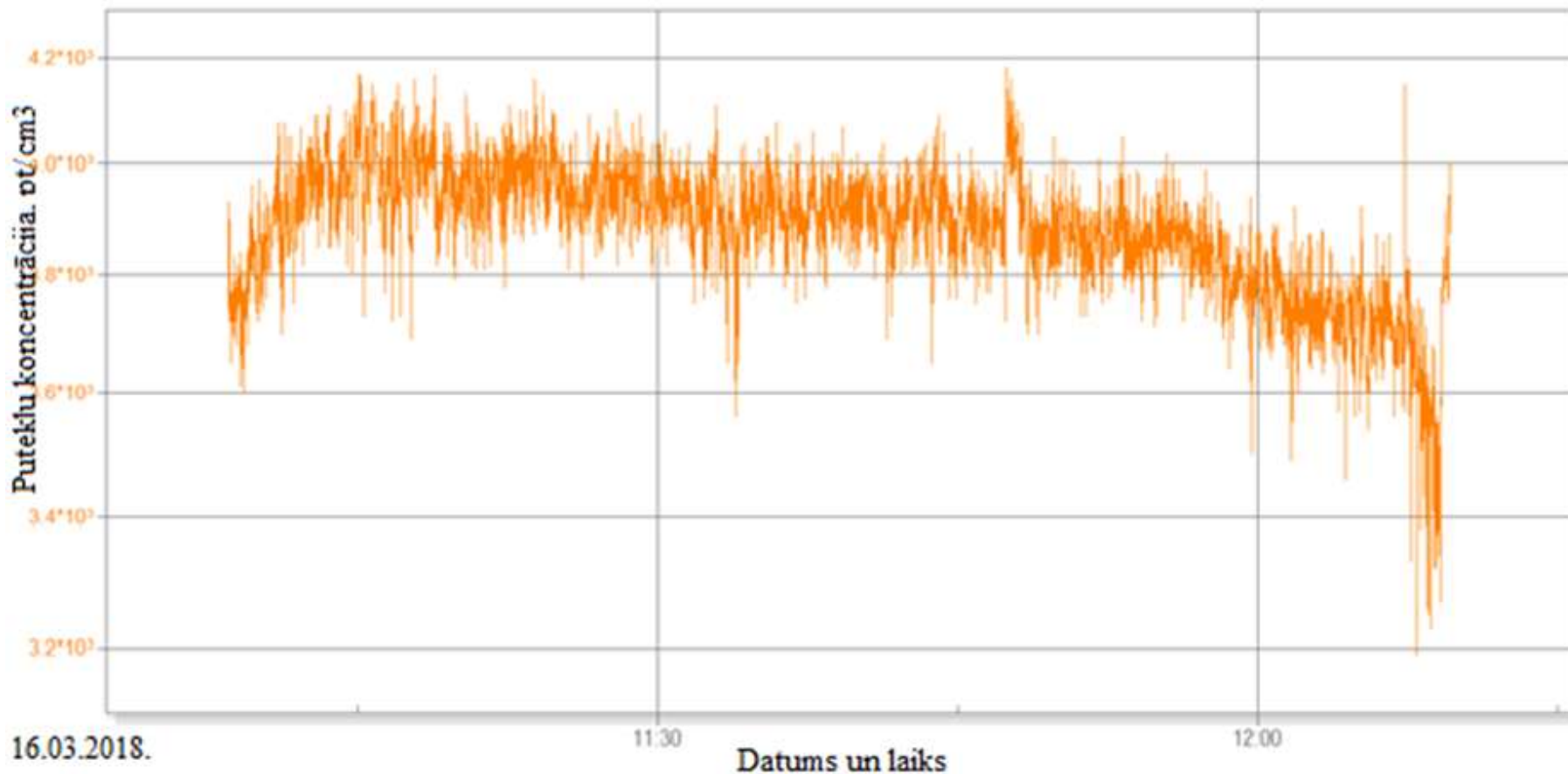
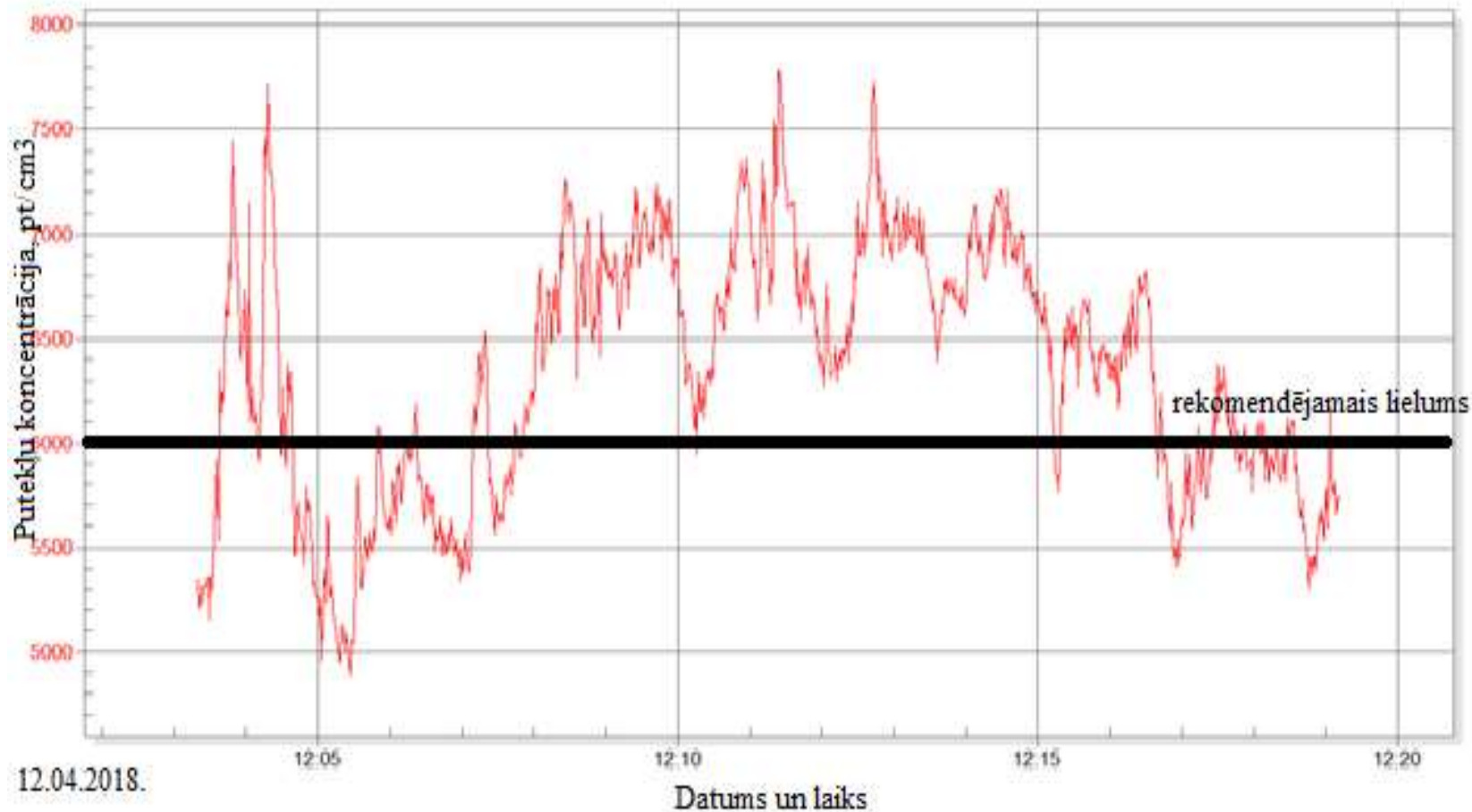


Figure 2: Volatile Organic Compounds in PLA, Source [2].

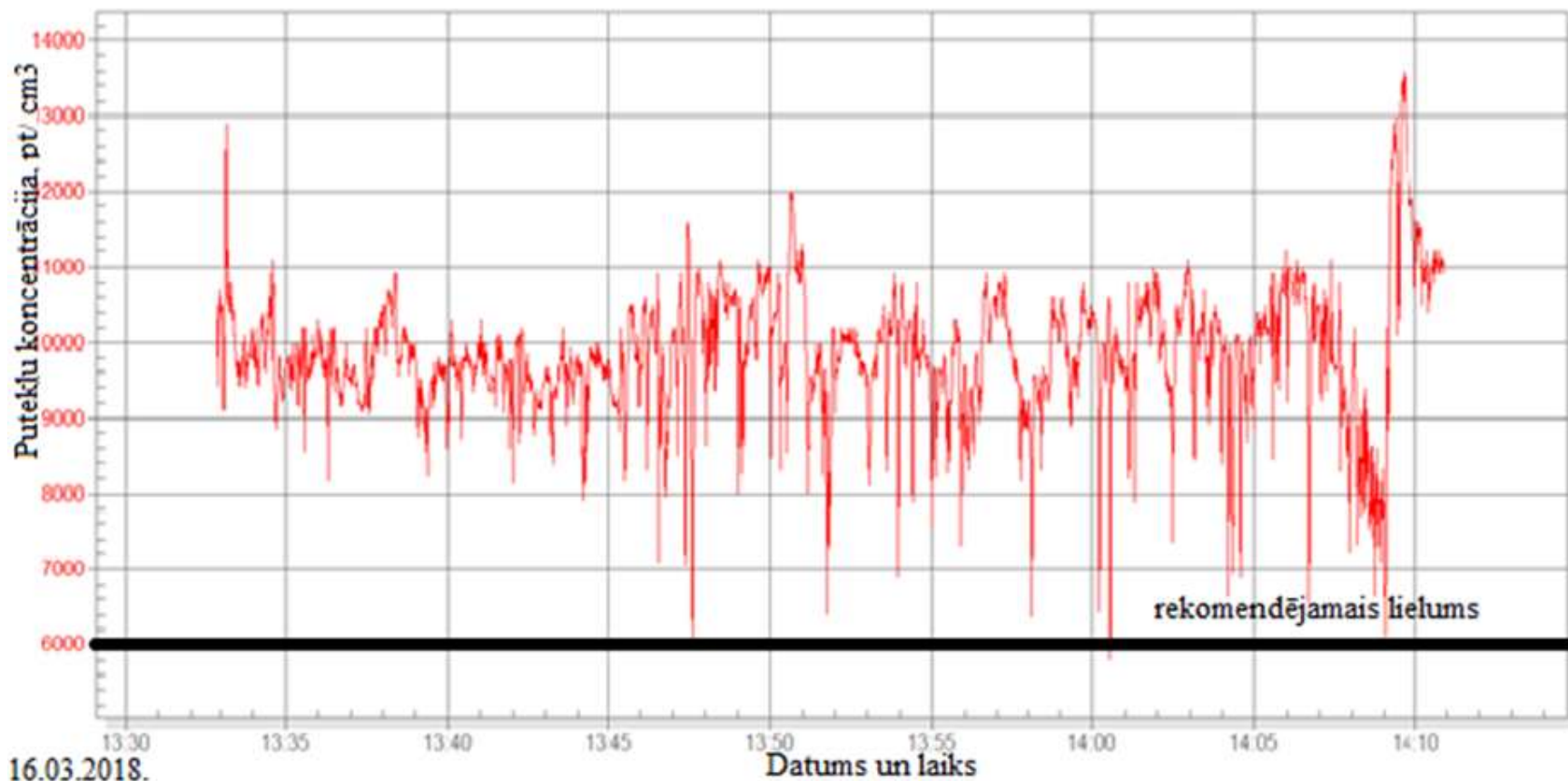
Latvijas dati - mazais birojs



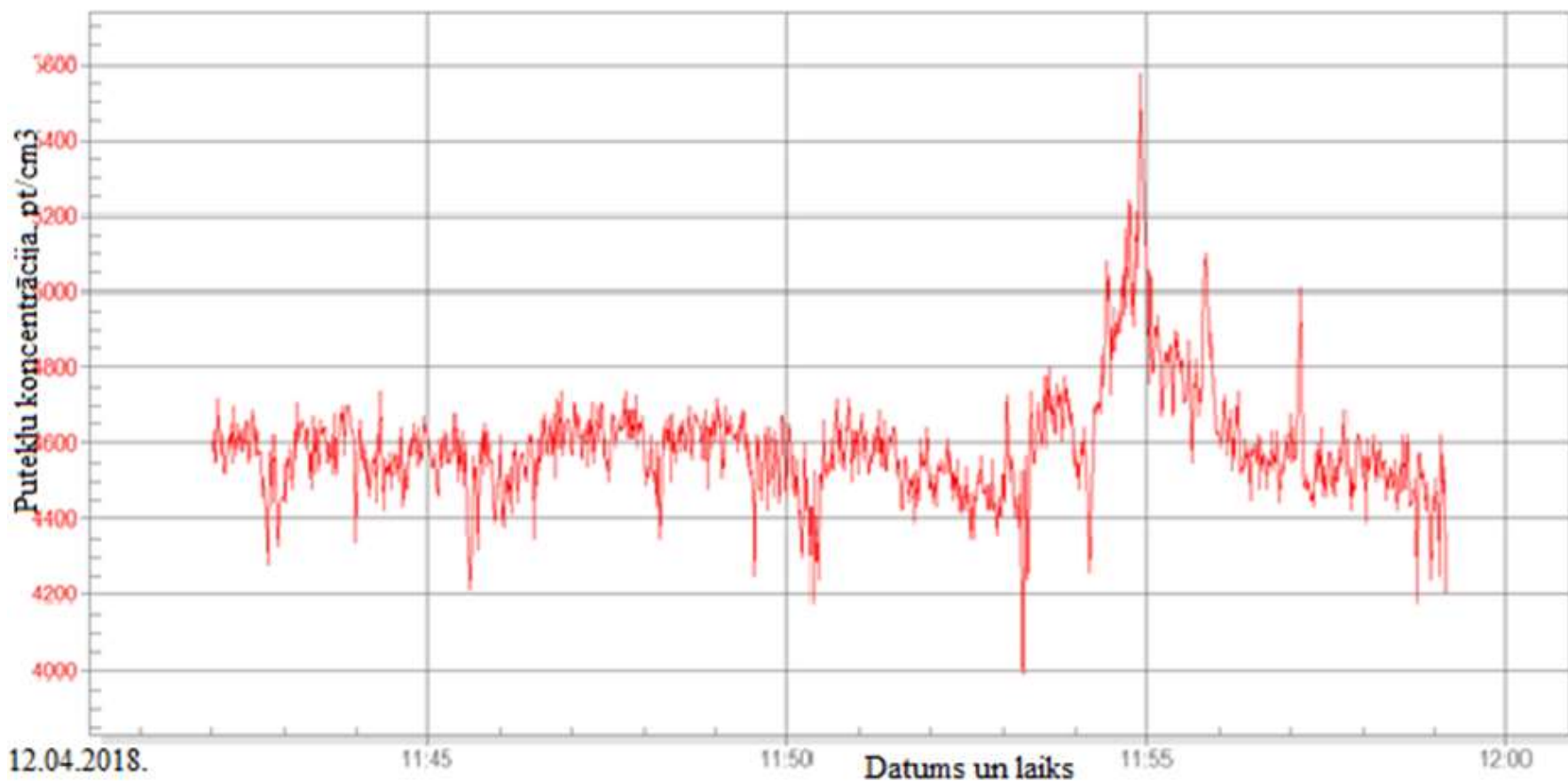
Latvijas dati - mazais birojs (atvērts logs)



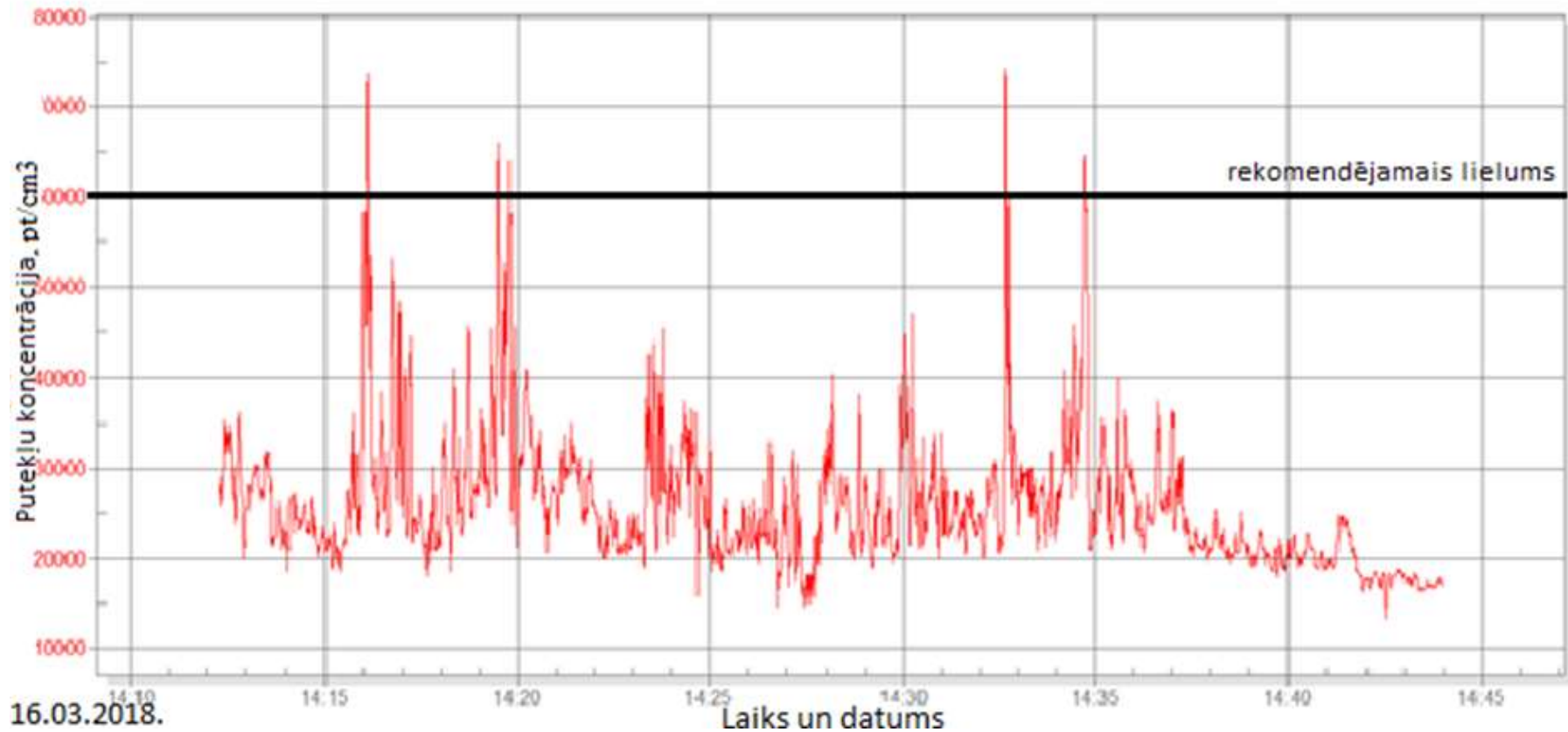
Latvijas dati - Lielais birojs (ar atvērtām durvīm uz 3D)



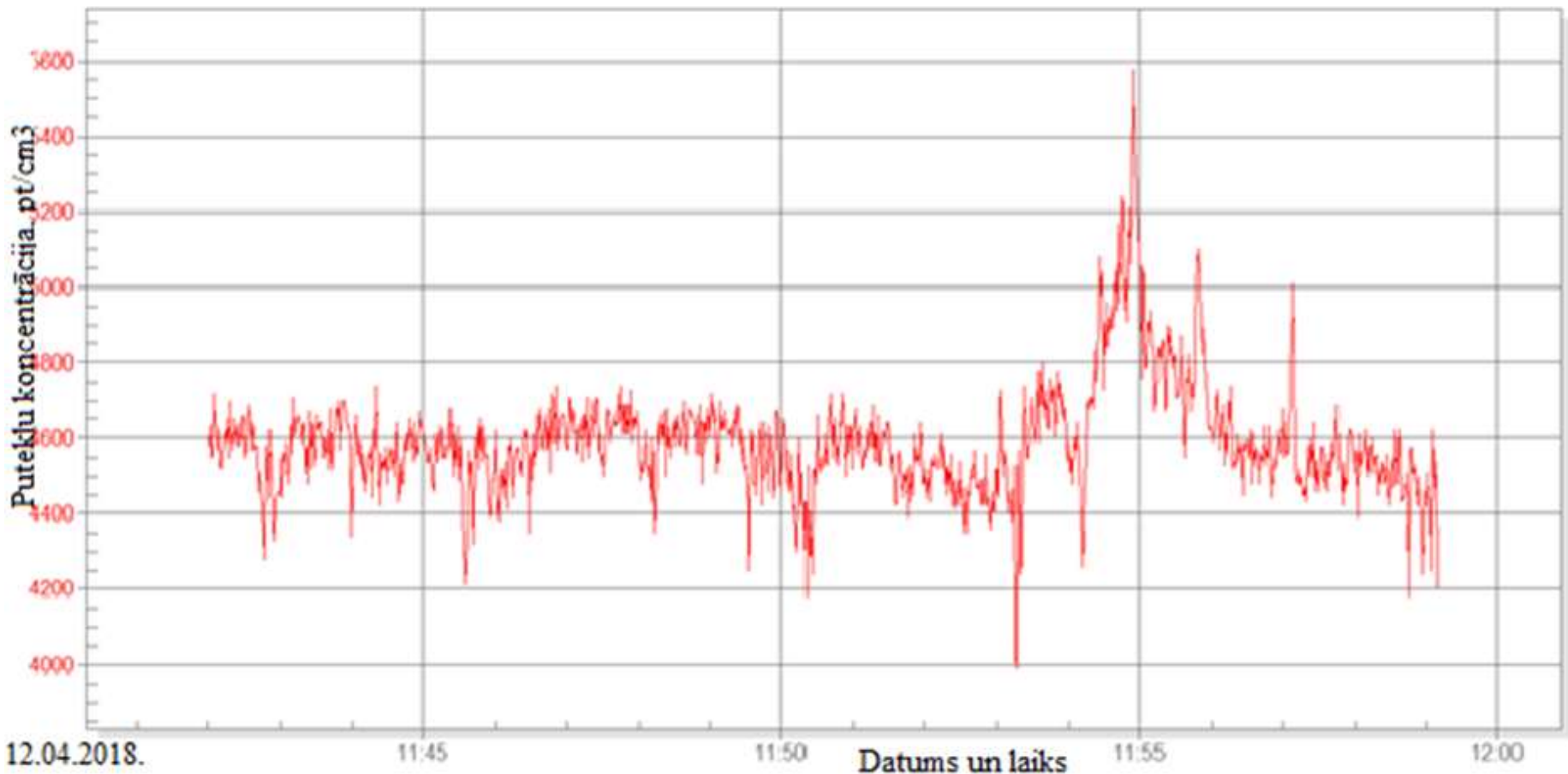
Latvijas dati – Liels birojs (ar aizvērtām durvīm uz 3D)



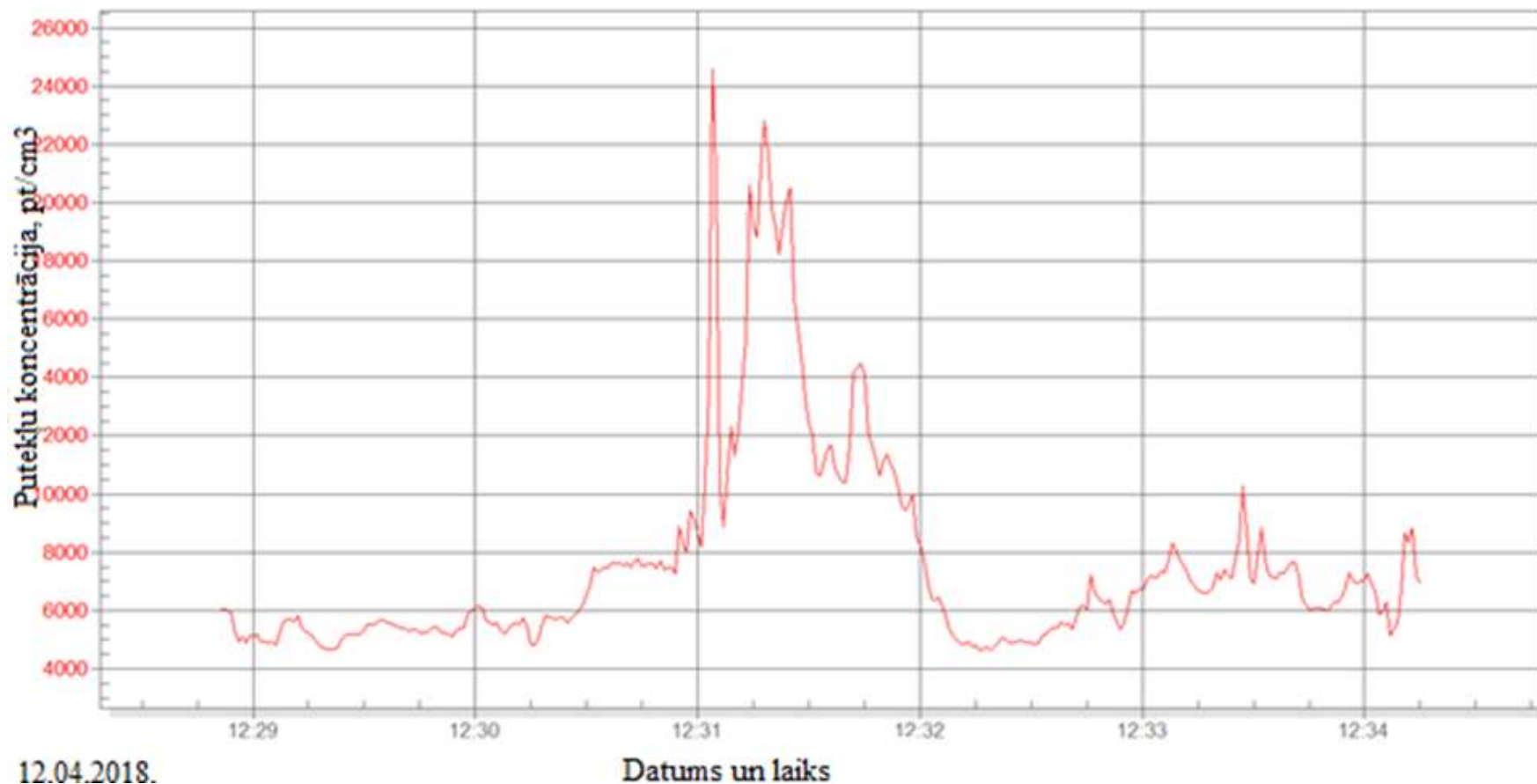
3D drukas telpa (ar atvērtām druvīm uz Lielo ofisu)



3D drukas telpa (ar aizvērtām durvīm uz Lielo ofisi)



Latvijas dati – fons ārā (svarīgi)!



Latvijas rezultātu apkopojums daļiņām izmāros no 20 nm – 10 μm)

	MAZĀ BIROJA TELPA	MAZĀ BIROJA TELPA ar atvērtu logu	LIELĀ BIROJA TELPA ar atvērtām durvīm uz 3D drukas telpu	LIELĀ BIROJA TELPA, ar aizvērtām durvīm uz 3D drukas telpu	3D DRUKAS TELPA ar atvērtām durvīm uz lielo biroju	3D DRUKAS TELPA ar aizvērtām durvīm uz lielo biroju
Putekļu daļiņu skaits (pt/cm ³)	vid. 3882	vid. 6345 ↑	vid. 9850 ↑	vid. 4590	vid. 25937 ↑	vid. 5085

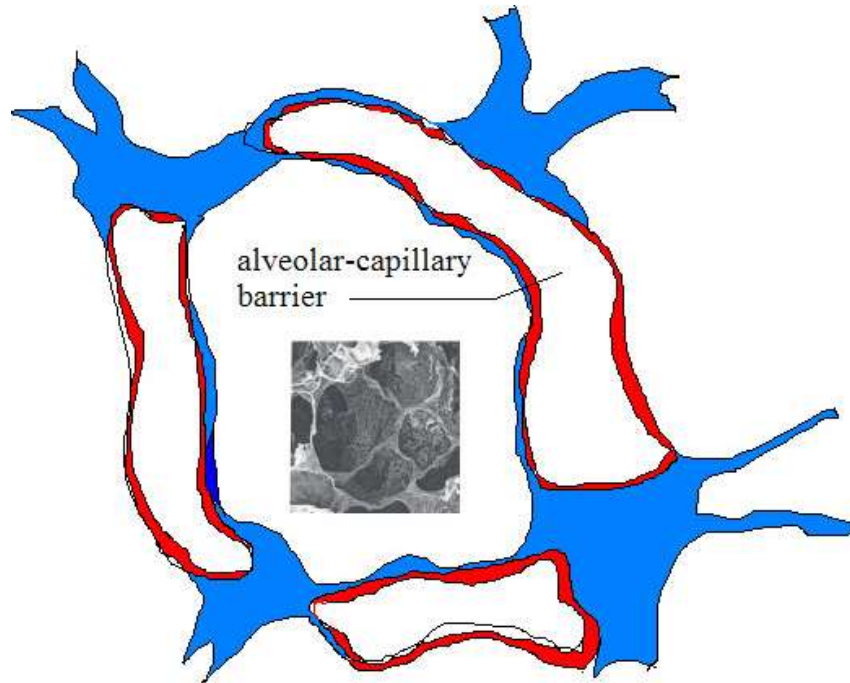
Putekļu daļiņu skaits, virsmas laukums vai masa....

Diapazons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Kopā Diapazons no 6 nm – 10 µm	Count median diameter, µm
Geom.vid.diametrs, µm	0.01	0.02	0.04	0.07	0.09	0.16	0.32	0.49	0.76	1.23	1.96	3.09	5.17	8.15		
Skaitis, daļiņas/cm³:																
<u>Biroji</u>	0	5850	2864	1233	888	491	237	115	21	5	1	1	0	0	11707.0	0.039
<u>Metālapstrāde (metināšana)</u>	66942	19593	27109	50541	51968	37175	13593	4549	663	140	54	22	11	8	272370.0	0.054
<u>Kokapstrāde (pulēšana)</u>	69670	6177	2738	874	661	266	86	23	6	2	2	2	1	1	80510.0	0.012
Masa, mg/m³:																
<u>Biroji</u>	0	0	0	0	0.001	0.002	0.004	0.001	0.001	0.01	0.004	0.02	0.029	0.091	0.17	4.394
<u>Metālapstrāde (metināšana)</u>	0.00	0.00	0.001	0.01	0.05	0.16	0.23	0.27	0.15	0.14	0.21	0.34	0.78	2.36	4.71	3.509
<u>Kokapstrāde (pulēšana)</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.10	0.37	0.52	6.554

Nanodaļiņu iedarbība

- Caur elpošanas sistēmu
- Caur ādu
- Caur gremošanas sistēmu

Iedarbība ieelpojot (1)



- Alveolās nav gļotādas, bet aizsargfunkciju veic makrofāgi
- Var nonākt asinsritē, nonākt citos orgānos un uzkrāties

Iedarbība ieelpojot (2)

Daļiņu lielums:

- 10 – 25 μm – augšējos elpceļos un tiek izvadītas;
- < 2,5 μm – bronhos;
- < 1 μm – alveolās.

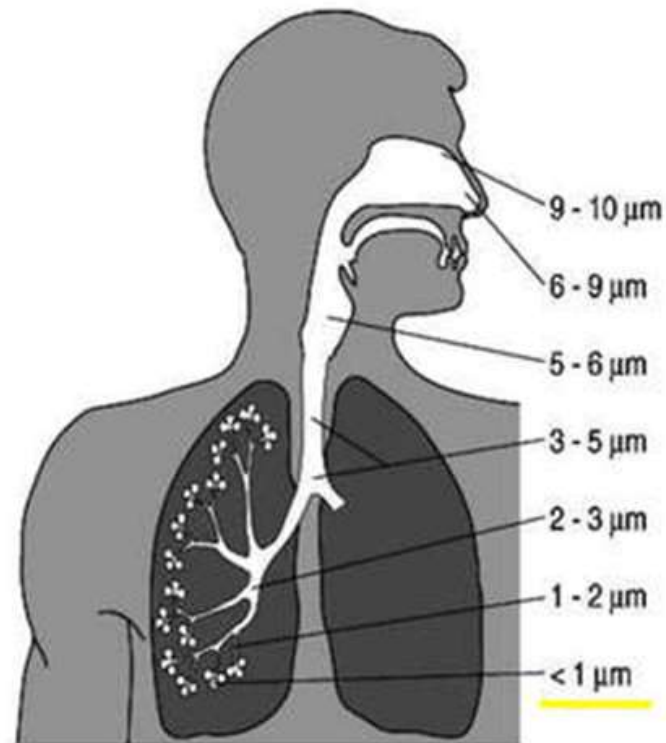
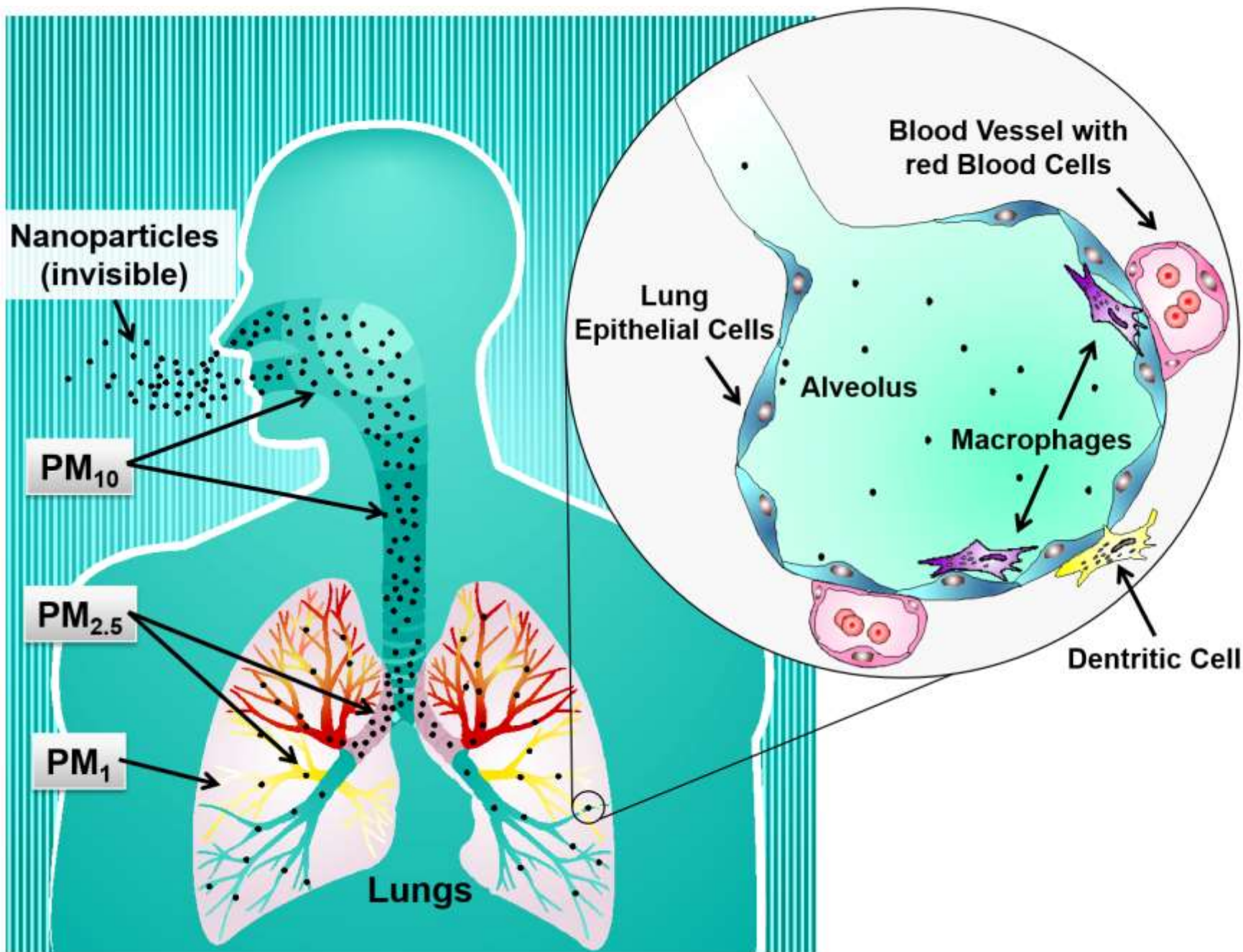


Figure 2 Particle deposition in respiratory system



Nanodaļiņu piesārņojums vidē

Normāls līmenis:

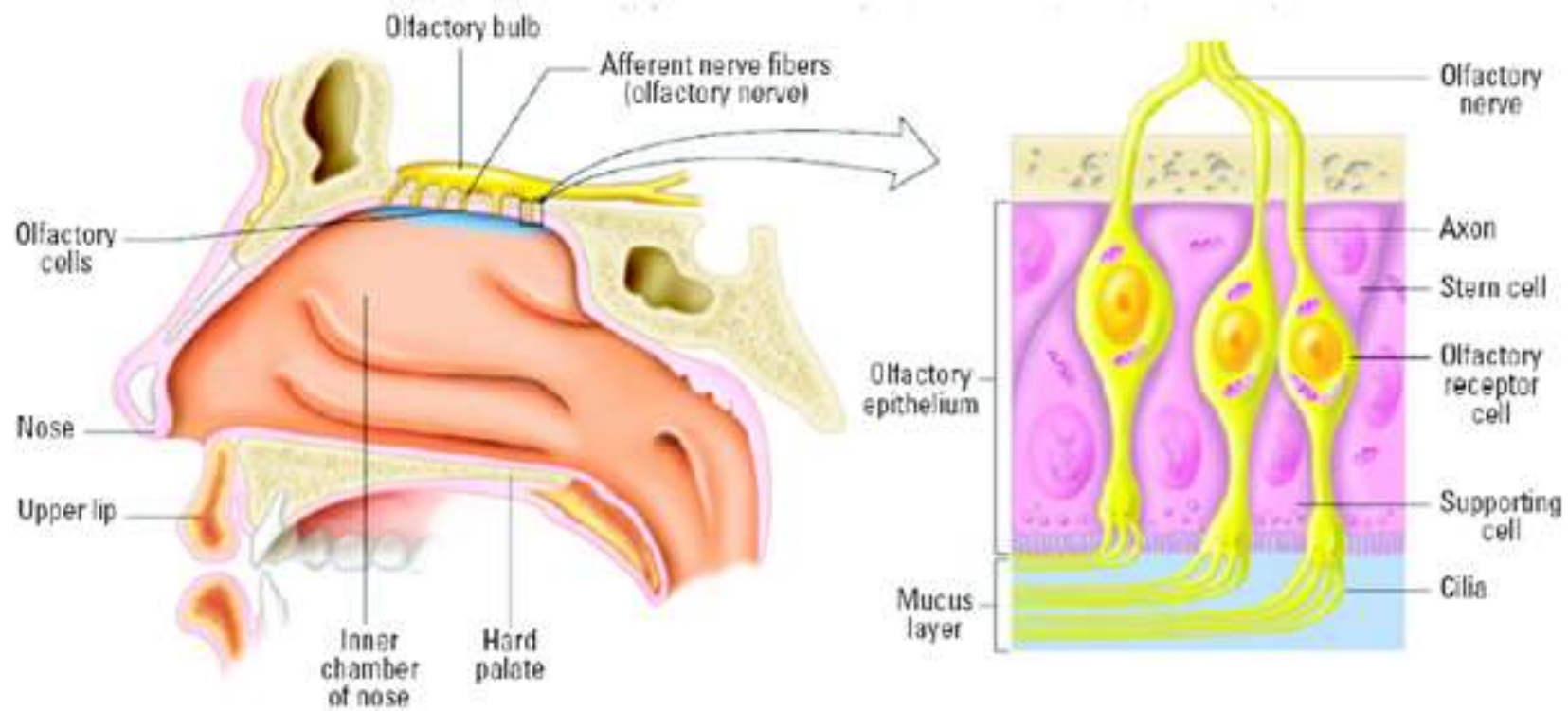
- 5000 daļiņas/ml;
- 50 miljoni daļiņas/24h;
- plaušās – 500 miljoni alveolas
- 5 miljoni alveolāro makrofāgu
- 1 makrofāgs – 10 daļiņas/24h

Piesārņojums:

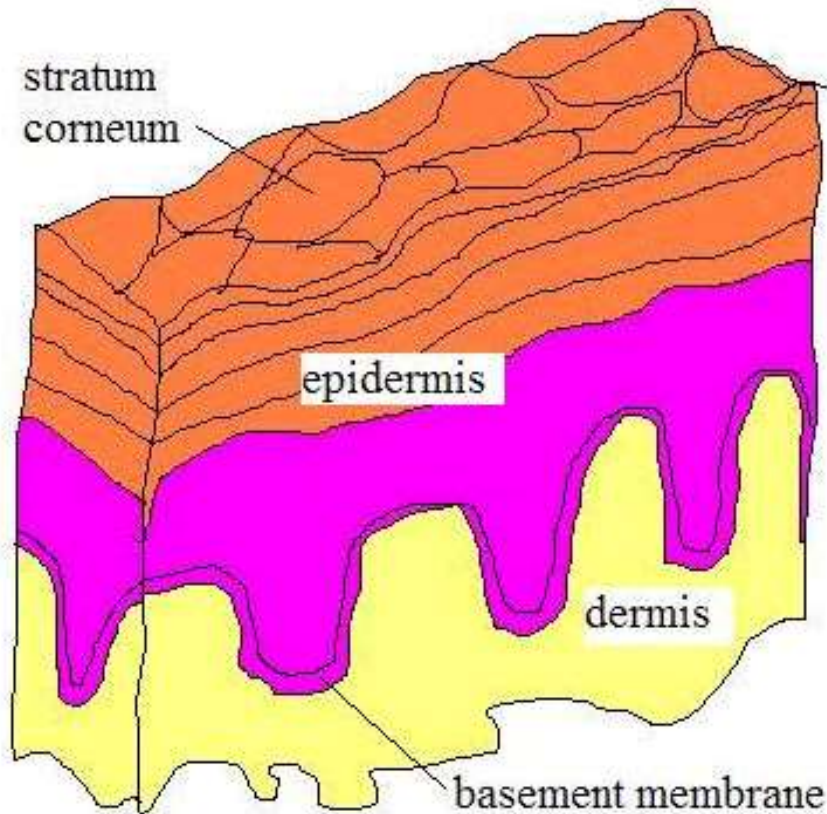
- 100 000 daļiņas/ml;
- 1000 miljoni daļiņas/24h;

- 1 makrofāgam jātiek galā ar vairāk par 200 daļiņām/24h

Nanodaļiņu transports pa ožas nervu uz smadzenēm (piem., metālu daļiņas izgulsnējas smadzenēs)

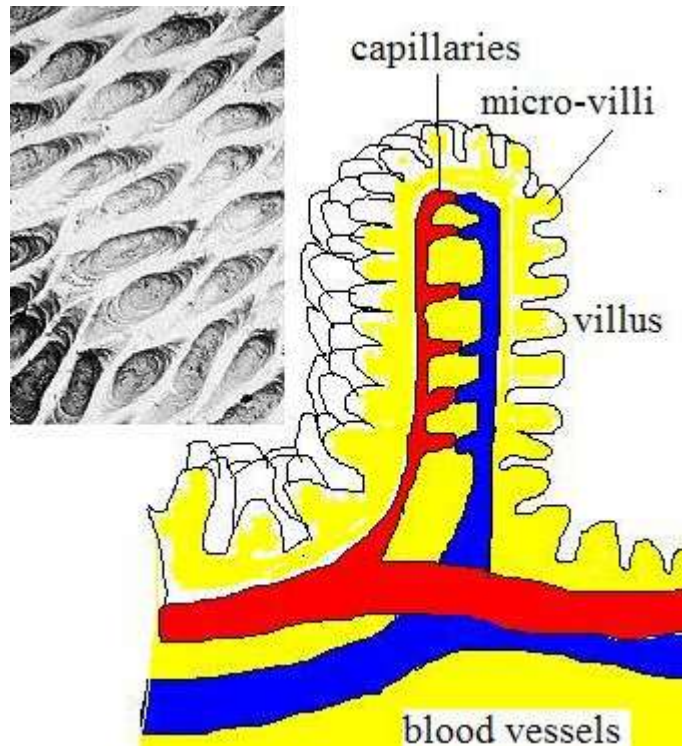


Iedarbība caur ādu



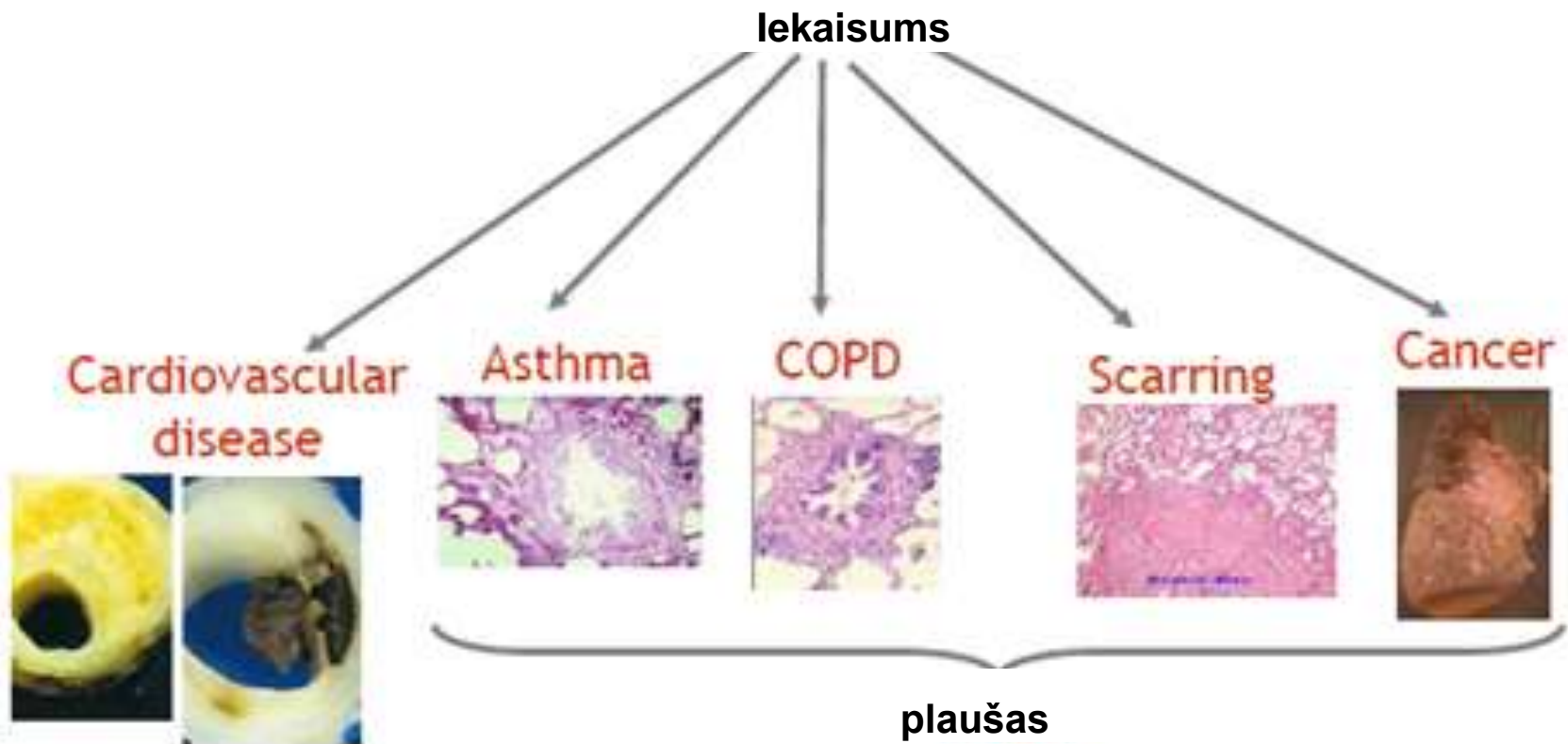
- Nanodaļiņas var uzkrāties epidermā un netikt izvadītas
- Absorbējoties var izraisīt kairinājumu
- Var nonākt perifēros nervos

Caur gremošanas sistēmu



- Nanodaļiņas (10 nm – 500 n) nonāk zarnās
- Var nonākt asinsritē caur zarnu gļotādas epitēlijšūnām

Nanodaļiņu līdzdalība slimību attīstībā



Secinājumi

- 3D drukāšanas procesā visvairāk izdalās nanodaļiņas izmēros no 20 – 50 nm, bet kopumā daļiņu sadalījums ir pat līdz 10 μm .
- 3D drukāšanas process ar augstākām temperatūrām un lielāku darbības ātrumu rada augstākas nanodaļiņu koncentrācijas gaisā.
- Efektīvas ventilācijas sistēmas (vispārējas un vietējas) un slēgtas 3D drukas iekārtas samazina nanodaļiņu un ķīmisko vielu klātbūtni gaisā
- 3D drukas iekārtu radīto piesārņotāju iedarbības risks saistīts ar daļiņu lielumu, koncentrāciju un ķīmisko sastāvu.

Paldies par uzmanību!

