

Obsah

1	Úvod	10
2	Nanotechnologie a nanomateriály	12
2.1	Nanotechnologie a její vývoj	12
2.2	Nanomateriály	16
2.2.1	Obecné poznatky o nanomateriálech	16
2.2.2	Charakteristiky nanomateriálů	17
2.3	Nanomateriály v životním a pracovním prostředí	21
2.3.1	Bionanoobjekty	21
2.3.2	Přírodní nanočástice v atmosféře	23
2.3.3	Antropogenní nanočástice v životním prostředí	28
2.3.4	Nanočástice v pracovním ovzduší	28
2.3.5	Nanočástice ve výfukových plynech vznětových a zážehových motorů	30
2.3.6	Nanočástice v domácím ovzduší	32
2.3.7	Cigaretový kouř	34
2.3.8	Prach vznikající při demolicích budov	35
2.3.9	Nanomateriály ve spotřebním zboží	37
2.4	Technické nanomateriály	39
2.4.1	Uměle vyráběné nanomateriály	39
2.4.2	Uhlíkové nanotrubky a fullereny	41
2.4.3	Nanomateriály tvořené kovy	42
2.4.4	Nanomateriály tvořené oxidy kovů	43
2.4.5	Kvantové tečky	43
2.4.6	Dendrimery	44
3	Interakce nanomateriálů s organismem	45
3.1	Cesty vstupu nanočástic do organismu	45
3.2	Příjem nanočástic dýchacím ústrojím	46
3.2.1	Místa průniku	46
3.2.2	Translokace	48
3.2.3	Negativní účinky na zdraví v rámci dýchacího ústrojí	52
3.2.4	Zatížení plic	53
3.3	Příjem nanočástic trávicím ústrojím	54
3.3.1	Místa průniku	54
3.3.2	Translokace	55
3.3.3	Negativní zdravotní účinky spojené s příjmem trávicím ústrojím	56
3.4	Příjem nanočástic přes kůži	58

3.4.1	<i>Místa průniku</i>	58
3.4.2	<i>Translokace</i>	60
3.4.3	<i>Negativní zdravotní účinky příjmu přes kůži</i>	60
3.5	<i>Příjem nanočástic injekčním podáním</i>	61
3.5.1	<i>Místa průniku</i>	61
3.5.2	<i>Translokace</i>	61
3.5.3	<i>Negativní zdravotní účinky příjmu do oběhového systému</i>	62
3.6	<i>Působení nanočástic v těle člověka</i>	63
3.6.1	<i>Akumulace, metabolismus a vyloučení</i>	63
3.6.2	<i>Metabolismus na buněčné úrovni</i>	65
3.6.3	<i>Interakce nanočástic s buněčnou membránou</i>	65
3.6.4	<i>Interakce nanočástic s krevními buňkami</i>	68
3.6.5	<i>Antioxidační reakce</i>	69
3.7	<i>Obranné reakce organismu</i>	69
3.7.1	<i>Mukociliární clearance v horních cestách dýchacích</i>	71
3.7.2	<i>Fagocytóza a pasivní příjem</i>	73
3.7.3	<i>Aktivace krycího povlaku a funkcionalizace</i>	76
3.7.4	<i>Adaptace vůči nanomateriálům</i>	76
4	Účinky nanočástic na lidské zdraví	77
4.1	<i>Onemocnění způsobená nanočásticemi a jejich predikce</i>	77
4.2	<i>Faktory ovlivňující toxické účinky nanočástic</i>	79
4.3	<i>Pronikání nanočástic do dýchacího ústrojí</i>	81
4.3.1	<i>Pulmonální toxicita</i>	81
4.3.2	<i>Depozice v plicích</i>	81
4.3.3	<i>Systémové účinky</i>	83
4.4	<i>Pronikání nanočástic do nervového systému</i>	84
4.4.1	<i>Neuronální absorpce přes olfaktorické nervy</i>	84
4.4.2	<i>Neuronální absorpce přes hematoencefalickou bariéru</i>	86
4.4.3	<i>Negativní zdravotní účinky neuronálního příjmu nanočástic a léčba</i>	86
4.5	<i>Pronikání nanočástic do jater, sleziny a ledvin</i>	88
4.6	<i>Nemoci vyvolané profesionální expozicí aerosolům</i>	89
4.6.1	<i>Statistika onemocnění dýchacích cest</i>	89
4.6.2	<i>Silikóza</i>	91
4.6.3	<i>Uhlokopská pneumokonióza</i>	92
4.6.4	<i>Azbestóza</i>	93
4.6.5	<i>Profesionální alergická rinitida</i>	94
4.6.6	<i>Profesionální bronchiální astma</i>	95
4.6.7	<i>Exogenní alergická alveolitida</i>	97
4.7	<i>Specifické odezvy organismu na vybrané technické nanomateriály</i>	98
4.7.1	<i>Fullereny</i>	98
4.7.2	<i>Uhlíkové nanotrubky</i>	99
4.7.3	<i>Organické nanočástice</i>	101

4.7.4	Anorganické nanočástice.....	101
4.7.5	Kvantové tečky a nanokrystaly.....	103
4.8	Antimikrobiální účinky	103
5	Odhad rizik spojených s toxickými účinky nanomateriálů	105
5.1	Fyzikálně-chemické vlastnosti ovlivňující toxicitu nanomateriálů	105
5.1.1	Závislost toxicity na dávce	105
5.1.2	Závislost toxicity na velikosti částic	106
5.1.3	Závislost toxicity na měrném povrchu částic.....	107
5.1.4	Závislost toxicity na hmotnostní koncentraci částic	108
5.1.5	Závislost toxicity na chemických vlastnostech a krystalické struktuře nanočástic	108
5.1.6	Závislost toxicity na tvaru nanočástic	109
5.2	Hodnocení rizika toxického účinku	111
5.2.1	Odhad závažnosti expozice.....	111
5.2.2	Vztah dávky a účinku	114
5.2.3	Stanovení NOAEL a extrapolace na oblast nízkých dávek.....	115
5.2.4	Výpočet expoziční dávky	118
5.2.5	Výpočet rizika karcinogenity	121
5.2.6	Odhad rizika při nedostatku toxikologických údajů.....	122
6	Analýza a hodnocení pracovních rizik	124
6.1	Požadavky na hodnocení pracovních rizik a nejistoty	124
6.2	Metodika IVAM.....	128
6.2.1	Identifikace nebezpečí.....	130
6.2.2	Inventarizace pracovních postupů	131
6.2.3	Odhad pravděpodobnosti expozice nanomateriálům při pracovních činnostech	131
6.2.4	Určení kategorie rizika.....	131
7	Opatření pro prevenci rizik na pracovištích	134
7.1	Prevence rizik.....	134
7.2	Eliminace nebo snížení rizika u zdroje	135
7.2.1	Design.....	136
7.2.2	Náhrada nebezpečných látek, procesů a vybavení	136
7.2.3	Bariéry.....	136
7.3	Technická opatření.....	137
7.3.1	Nucená výměna vzduchu.....	137
7.3.2	Odtah aerosolů u emisního zdroje.....	137
7.3.3	Čištění vzduchu v uzavřeném okruhu.....	139
7.3.4	Monitoring kontaminace pracovního ovzduší.....	140

7.4	Organizační opatření.....	142
7.4.1	Administrativní prostředky.....	142
7.4.2	Zkrácení expoziční doby.....	142
7.4.3	Předběžná opatrnost.....	142
7.4.4	Školení a výcvik.....	143
7.4.5	Kontrolovaná pásma.....	143
7.4.6	Čistota na pracovišti.....	144
7.4.7	Osobní hygiena.....	144
7.4.8	Lékařské preventivní prohlídky.....	144
7.4.9	Řízení provozu a preventivní údržba.....	145
7.5	Osobní ochrana.....	146
7.5.1	Prostředky pro ochranu dýchacích orgánů.....	146
7.5.2	Ochranné oděvy.....	147
8	Management rizik.....	149
8.1	Současný pohled na nová rizika spojená s nanomateriály.....	149
8.2	Priorizace opatření pomocí metod Control Banding.....	150
8.3	Strategie snižování expozice nanomateriálům.....	153
8.4	Strategie přidělování prostředků osobní ochrany.....	154
8.5	Bezpečnostní list.....	155
8.6	Bezpečnostní značení.....	156
8.7	Likvidace nežádoucích úniků.....	157
9	Měření aerosolů v pracovním ovzduší s důrazem na nanočástice.....	158
9.1	Velikostní parametry měřených aerosolů.....	158
9.2	Používané metody.....	159
9.2.1	Měření na principu urychlení aerosolových částic v proudu vzduchu.....	160
9.2.2	Měření na principu difuze.....	166
9.2.3	Měření využívající foretické jevy.....	168
9.2.4	Měření na principu kondenzace.....	169
9.2.5	Měření na principu pohyblivosti v elektrickém poli.....	170
9.2.6	Měření na základě optických vlastností.....	171
9.2.7	Mikroskopie.....	172
9.3	Umístění měřicího přístroje nebo odběrového systému.....	178
9.4	Strategie měření.....	180
9.5	Měřicí postup.....	181
9.6	Volba podmínek měření.....	182
9.6.1	Reprezentativní měření.....	182
9.6.2	Měření v nejhorším případě.....	182
9.7	Zohlednění vlivu faktorů prostředí a referenční podmínky.....	182
9.8	Odběry vzorků z pracovního ovzduší.....	183
9.8.1	Plán odběrů.....	183

9.8.2	Vyhodnocení vzorku gravimetrickou metodou	184
9.8.3	Vyhodnocení kontinuálního měření pomocí čítačů částic	186
10	Profesionální expozice nanoaerosolům.....	189
10.1	Výběr pracovníků pro stanovení expozice.....	189
10.2	Odhad expozice.....	190
10.2.1	Základní strategie.....	190
10.2.2	Určení možné expozice	191
10.2.3	Určení faktorů ovlivňujících expozici na pracovišti.....	194
10.2.4	Stanovení expozice	194
10.3	Vyhodnocení inhalační expozice.....	196
10.3.1	Konvence.....	196
10.3.2	Stanovení expoziční dávky v respiračním systému.....	198
10.3.3	Výpočet frakce depozice částic v dýchacím systému.....	199
11	Nakládání s odpadem obsahujícím nanomateriály	202
12	Použitá literatura.....	203
13	Rejstřík.....	229