

Nanotechnologie – „spása lidstva“ s bezpečnostními riziky?

MIROSLAV TŮMA

Abstract: The aim of the article is to provide readers with general information on nanotechnology and possibilities of its use, as well as to refer to some of its relevant security risks. The author currently mentions claims of some scientists and NGOs warning against possible misuse of nanotechnology due to the insufficient control over the research and the application. So far, less anticipated consequences of nanotechnology, converging with genetics, robotics, informatics and cognitive science, on all branches of the economy and social and other relations require that sufficient information should be given not only to the Czech experts but to general society as well. The real threat of the misuse of nanotechnology towards the research, development and the production of the new types of chemical, biological and nuclear weapons and other security risks increase that need.

In spite of the long-term knowledge of nanotechnology, the possibilities of its use in a revolutionary way increased from 80th of the last century. It was due to the new types of microscopes enabling for the first time precise manipulation of the nano-scale particles. Results of nanoscale exploration are more and more visible e.g. in various consumer products and according to the views of some scientific circles we could witness dramatic transformation of the economy in the near future. The article points out the rapid increase of spending on basic nanoscience research, growing number of governmental, private and multinational corporations and various national nano-initiatives dealing with this kind of research and development, accepted mainly in the high-industrialized countries.

In the article there are mentioned some reservations and concerns of the prominent American scientists and NGOs in association with the important goal of the nanotechnology research focused on the process of self-reproduction, self-repair and self-assembly. Various arms control and disarmament experts pay attention to the connections of the nanotechnological research with the possibility of production of the new types of nuclear weapons of the 4th generation.

In conclusion the author expresses his view on the usefulness to create efficient system of the governmental and public control of this sphere of the scientific research and the need to devote sufficient attention by the appropriate officials and experts to the security aspects of nanotechnology.

Key words: International security, defence policy/security policy, weapons of mass destruction, key technology, nanotechnology, military research and development, security risks.

K sepsání této stati mě vedlo poznání, že o nanotechnologii¹ je česká veřejnost, především laická, obecně málo informována, a to i přes její současný a především budoucí nezpochybnitelný význam pro všechna odvětví národního hospodářství. V úvahu by se přitom měly brát rovněž zatím nepříliš jasné dopady na *vývoj dané problematiky z hlediska všech jejích souvislostí, tj. nejen ekonomických, ale též společenských, etických, zdravotních, sociálních, ekologických, legislativních a bezpečnostních*. S ohledem na své právnické vzdělání jsem si nemohl klást za cíl podat důkladný vědecký rozbor a k tématu jsem přistoupil s pokorou laika, kterého především ohromily nepředstavitelné možnosti uplatnění nanotechnologie a současně i její bezpečnostní rizika, včetně případného zneužití tzv.

rizikovými státy či teroristickými organizacemi. Stať má rovněž upozornit na vzrůstající zájem některých západních nevládních organizací, ale i jednotlivců zejména z řad vědeckých kruhů rozšířit informovanost široké veřejnosti, zastupitelských orgánů a představitelů státní správy o podstatě a různých směrech tohoto vědeckého výzkumu a vývoje a o jejich možných rizicích pro lidstvo i pro životní prostředí. V této souvislosti se objevuje též otázka důsledné vládní kontroly nad výzkumem a nad jeho aplikací (na semináři k této problematice, svolaném z podnětu kanadské nevládní organizace ETC Group na 11. 6. 2003 do bruselského sídla Evropského parlamentu, někteří vystupující např. požadovali moratorium na nanotechnologický výzkum a vývoj /*Supporting responsible nanotechnology...*, 2003, s. 1–2/), včetně přijetí příslušné mezinárodní úmluvy. Existuje rovněž snaha přenést diskuzi o těchto otázkách na mezinárodní fóra, zejména na Organizaci spojených národů.

Rychlost dosahovaných vědeckých výsledků a jejich možné bezpečnostní i další implikace proto vyžadují, aby také česká veřejnost byla informována o všech aspektech výzkumu a vývoje nanotechnologie. K případnému zahájení diskuze o této otázce by měla sloužit i tato stať, která by však v žádném případě neměla být chápána jako „strašák“. Následující kapitoly poskytují čtenáři základní informace o nanotechnologii, o možnostech jejího využití, o jejím postavení ve světovém výzkumu a vývoji. Převážná část statí je věnována případným bezpečnostním rizikům, zejména v důsledku možnosti nekontrolovaného samoreprodukčního vývoje, jakož i z hlediska nanotechnologického zneužití k výrobě nízkorázních jaderných zbraní tzv. čtvrté generace.

NĚCO MÁLO O NANOTECHNOLOGII JAKO TAKOVÉ

Nejjednodušší definicí nanotechnologie je manipulace s materiály o rozměru nanometru ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$, 1 miliardtina metru), což je rozměr atomů a molekul. Přitom nanotechnologie není nic nového, protože manipulace s nanomateriály je známa přinejmenším sto let. S nanomateriály pracuje např. většina chemických laboratoří, objev jaderné energie pro vojenské i civilní využití byl možný díky výzkumům s nanočásticemi.

V posledních dvaceti letech minulého století se však podařilo něco, co nebylo předtím možné, a to *přesná* manipulace s nanomateriály. Ačkoli potenciál atomového inženýrství v rozměru 1–100 nanometrů byl předvídan již po desetiletí, zejména v nejslavnější přednášce amerického fyzika a nositele Nobelovy ceny Richarda Feynmana z roku 1959, zahájení seriózního výzkumu bylo možné až v 80. letech v důsledku schopnosti nového rastrovacího tunelového mikroskopu (*Scanning Tunneling Microscope – STM*) nejen trojrozměrně zobrazit objekty atomární velikosti, ale i jednotlivé atomy „uchopit“ a pohybovat s nimi (*Howard, 2002, s. 2*). Zatím posledním výsledkem vývoje mikroskopů STM je tzv. AFM (*Atomic Force Microscope*), (*Novák, 1999*). A právě v posledních letech minulého století se tato přesná manipulace začala zahrnovat pod jeden termín – *nanotechnologie* – a identifikovala se jako vznikající „průmysl“. Vědci, jejichž pracovní náplň zahrnuje nanotechnologii – chemici, fyzici, biologové, kognitivní vědci, elektroinženýři, vědci pracující v oblasti struktury kovů –, začali vzájemně komunikovat s cílem výměny informací o „nanorozměrovém“ fenoménu. Již stovky tun nanorozměrových částic můžeme najít ve spotřebních výrobcích jako např. v ochranných krémech proti slunečnímu paprskům, v automobilových součástkách, v tenisových míčcích, ve sklech brýlí či v barvách. Tento seznam je den ode dne delší a přitom jde pouze o začátek (*Nanotech Un-goood...*, 2003).

Nanotechnologie není limitována vývojem nových materiálů s novými vlastnostmi. Vědci také doufají, že někdy zvládnou nové formy výroby molekul, které by se mohly přetvořit do všeho, co je ve světě vyrobeno, včetně surovin. Nanotechnologie by tak mohla způsobit nejdramatičtější ekonomickou transformaci, jakou kdy svět zažil. Podle tvrzení *the US National Science Foundation* by globální trh s nanotechnologickými produkty mohl v roce 2015 přesáhnout 1 trilion \$ (pro srovnání dodám, že odhadovaný roz-

sah globálního trhu v roce 2003 představuje cca 45,5 mld. \$), (*Nanotech Un-gooed...*, 2003, s. 2).

Článek z amerického *A White House Fact Sheet* z 21. 1. 2000 s názvem *National Nanotechnology Initiative: Leading to the Next Industrial Revolution* předvídal vyhlídky světa, ovlivněného uvedeným výzkumem. V tomto článku se mj. uvádělo, že „povede k bezprecedentnímu pochopení a ke kontrole nad základními stavebními bloky všech fyzikálních předmětů. Tento vývoj pravděpodobně změní téměř všechno – od vakcín k počítačům [píše se např. o použití bakteriální bílkoviny v úloze počítačové paměti (Koubský, 2002) – pozn. aut.], k automobilovým pneumatikám a k věcem, které si zatím neumíme představit. Nanotechnologie je nové pole působnosti a jeho potenciální dopad je nepřekonatelný: tato iniciativa [National Nanotechnology Initiative (NNI), vyhlášená bývalým prezidentem Clintonem – pozn. aut.] vytváří velké výzvy k financování mezidisciplinárního výzkumu a výchovných týmů..., které pracují pro velké a dlouhodobé cíle.“ (Cit. dle Howard, 2002, s. 2–3.)

V září 2001 magazín *Scientific American* vydal zvláštní číslo s názvem *Megabucks for Nanotech*, věnované vyhlídkám v nové „vědě o mikrosvětě“ (*science of the small*). V tomto čísle je nastíněn vývoj ve čtyřech hlavních oblastech výzkumu:

- v počítačovém systému,
- v nové konstrukci „supermateriálů“,
- v lékařské diagnostice a v terapeutických aplikacích,
- v nanorobotice.

Všechny uvedené oblasti se navzájem překrývají, podobně jako nanotechnologie samotná splývá se dvěma jinými „průkopnickými“ disciplínami – s genetickým inženýrstvím a s robotikou. Ještě z širšího hlediska je nanotechnologie považována za potenciálně významný krok směrem k „unifikaci“ přinejmenším z hlediska programu ústředního výzkumu a vývoje fyziky, chemie a biologie. V úvodu článku se mj. konstatuje: „Protože vývoj nástrojů a technik pro charakterizování a výstavbu nanostruktur může mít dalekosáhlou aplikovatelnost napříč všemi vědami, mohla by nanotechnologie sloužit jako shromažďovací místo (*rallying point*) pro fyziky, chemiky a biology.“ Je však otázkou, jak „dalekosáhlou aplikovatelnost“ by „nanostruktura“ mohla mít pro represivní vlády, pro high-tech ozbrojené síly nebo pro teroristické organizace (Howard, 2002, s. 5).

Mezi symboly nanotechnologie byla zařazena mj. vize molekulárního počítače, který by měl umožnit umístění informací Kongresové knihovny (největší knihovna na světě) do zařízení velikosti kostky cukru. Mluví se o nových materiálech desetkrát pevnějších než ocel a se zlomkem její váhy (Krejčí, 2000). V případě nanotechnologie/atomové technologie se již nedá hovořit ve smyslu zda, nýbrž kdy.

Pro ilustraci rychlosti dosahování pokroku ve vědeckém výzkumu a vývoji v posledních 10–20 letech mohu jako příklad uvést dekodování genomu kvasnic v roce 1996, které se uskutečnilo po desetiletém snažení cca 1 000 vědců, v porovnání s dekodováním genomu nemoci SARS v roce 2003, k němuž došlo v průběhu osmi dnů (*Nanotech Un-gooed...*, 2003, s. 7).

Ve velmi blízké budoucnosti lze od nanotechnologie očekávat následující výrobky:

- „chytré“ tkaniny, které se budou lišit kapacitou „odchylovat“ nebo pohlcovat teplo;
- supersilná povrchová úprava vozidel, snižující jejich rozlámání a rozpadnutí v případě srážky;
- lehké neprůstřelné oděvy pro civilní, vojenské i policejní použití;
- povrchová úprava staveb, která jim umožní „dýchat“, tj. propouštět vzduch;
- bezúdržbová vnější úprava budov a nerozbitná skla nebo plasty;
- povrchová úprava oblečení a budov, umožňující změnu barvy v závislosti na změnách okolního prostředí;
- s objevením velkorozměrových potahových konstrukcí nanomateriálu budou trupy lodí, letounů i kosmických lodí vybaveny speciálním povrchem (*The Big Down*, 2003, s. 50).

NĚKTERÉ ÚDAJE O POSTAVENÍ NANOTECHNOLIE VE SVĚTOVÉM VÝZKUMU A VÝVOJI

Nanotechnologii jako směr vědeckého výzkumu a vývoje nejmenších částí stavby živé a neživé hmoty charakterizuje v posledních letech v celosvětovém měřítku bez nadsázky nejdynamičtější rozmach. Svědčí o tom mj. rychlý nárůst vynakládaných prostředků a počtu společností, věnujících se tomuto směru výzkumu a vývoje, jenž by měl v příštích letech významně ovlivňovat všechna hlavní ekonomická odvětví (*Nanotechnology...*, 2002). Předpokládá se, že na základě dosažených výsledků v manipulaci a ovládnání jednotlivých atomů a molekul bude možné vyrábět stroje o velikosti lidské buňky nebo materiály žádaných vlastností, což by mělo vést k další průmyslové revoluci a změnit každou stránku našeho života. Ve sdělovacích prostředcích se čas od času můžeme dočíst zejména o současných a především možných budoucích pozitivních dopadech nanotechnologického výzkumu zejména na zdraví lidí (např. o minirobotech ničících přímo v lidském těle cholesterol a nádorové buňky, popřípadě dopravující léky či živiny přímo na ohrožená místa organismu). Ekologové zase věří, že zařízení založená na nanotechnologiích dovolí účinnou likvidaci odpadních látek i skleníkových plynů. Píše se o oblastech využití tzv. „chytřích materiálů“, měnících např. barvu podle potřeby, umožňujících samočištění. A v takovém výčtu převratných dopadů by se dalo pokračovat. Na úrovni atomů už totiž nefunguje běžná newtonovská fyzika, ale kvantová mechanika, jejíž zákony často odporují tomu, co jsme si zvykli nazývat „zdravý rozum“ (*Novák, 2003*). Zároveň se však objevují též úvahy o možné zneužitelnosti vývoje tohoto směru vědeckého bádání, projevující se např. naprostou ztrátou soukromí, možnostmi dálkového ovládnání lidského těla i psychiky, katastrofálním dopadem na ekologii v případě, že se technika vymkne kontrole či v důsledku výroby nových zbraní. Znepokojení vyvolává rovněž otázka nerovnoměrnosti dostupnosti výsledků bádání na vnitrostátní i mezinárodní úrovni, mající za následek další prohlubování propasti mezi bohatými a chudými vrstvami státu a rozvinutým a rozvojovým světem (*Novák, 2003*).

Odhaduje se, že v roce 2001 činily světové náklady na nanotechnologie (veřejné a soukromé) přibližně 4 mld. \$ a že ve světě (zejména v USA, v Evropě a v Japonsku) aktivně působí cca 500 nanotechnologických společností. Přes 30 vlád již přijalo různé nanotechnologické iniciativy.

Ve Spojených státech takovou iniciativu vyhlásil v lednu 2000 tehdejší prezident W. J. Clinton pod názvem Národní nanotechnologická iniciativa (*National Nanotechnology Initiative – NNI*) s počátečním vkladem 497 mil. \$.² Rozpočet Bushovy administrativy pro NNI na rok 2002, jenž činil 518,9 mil. \$, Kongres USA zvýšil na 604,4 mil. \$. Návrh rozpočtu na rok 2003 byl 679 mil. \$. Z deseti partnerů americké vlády v rámci NNI se největším příjemcem finančních prostředků stala Národní vědecká nadace (*the National Science Foundation – NSF*), (*Howard, 2002, s. 3*). Dne 19. 6. 2003 po předchozím přijetí příslušným výborem Sněmovny reprezentantů Kongresu USA senátní výbor schválil návrh zákona (*The 21st Century Nanotechnology Research and Development Act/S.189*), kterým Kongres vyčlenil na příští tři roky více než 2 mld. \$ na výzkumné a vývojové programy v oblasti nanotechnologie pro *the National Science Foundation, the Department of Energy, the Department of Commerce, NASA, the Environmental Protection Agency*. V návrhu se vyžaduje vytvoření poradního panelu expertů prezidenta pro otázky nanotechnologie, Národního nanotechnologického koordinačního úřadu a nového Amerického nanotechnologického pohotovostního střediska. Přijetí uvedeného návrhu zákona podpořilo několik předních vědeckých, technologických i obchodních organizací (*Mark, S. l.*).

V *Evropské unii* (EU) probíhá podpora tohoto vědního odvětví v kontextu rámcových programů pro výzkum. Podle Renza Tomelliniho, vedoucího oddělení pro nanovědy a nanotechnologie Evropské komise, začalo poskytování finančních prostředků EU na tyto oblasti v průběhu 4. rámcového programu (*the Fourth Framework Programme – FP4*) v letech 1994–1998. Financování dále pokračovalo v rámci FP5 (1999–2002) a jeho rozsah se vý-

razně zvýšil, když se „nanotechnologie a nanovědy, poznané multifunkční materiály a nové výrobní procesy a zařízení“ staly prioritou pro 6. rámcový program (2003–2006), (*Supporting responsible nanotechnology...*, 2003, s. 1). Na příslušné projekty tohoto programu bylo vyčleněno cca 1,3 mld. Euro.³ Tyto projekty mají podle Tomelliniho tvrzení integrovaný charakter, protože tam, kde je to vhodné, zahrnují také bezpečnostní, etické, metrologické a výchovně-vzdělávací aspekty (*Supporting responsible nanotechnology...*, 2003, s. 1–2).

V Japonsku došlo k velkému nárůstu vynakládaných prostředků na výzkum a vývoj nanotechnologií. Zatímco v roce 1997 činil objem těchto prostředků 120 mil. \$, v roce 2002 to bylo již 750 mil. \$ (*Novák, 2003*). K hlavním vládním organizacím sponzorujícím tuto technologii patří především Ministerstvo mezinárodního obchodu a průmyslu, Agentura pro vědu a technologii, Ministerstvo vzdělání, vědy, sportu a kultury. Z mamutích korporací jsou to Hitachi, NEC, NTT, Fujitsu, Sony a Mitsubishi.

V ČLR jsou výsledky nanovědy široce aplikovány v elektronice, v metalurgii, v chemickém průmyslu a ve vojenství. O významu, který čínské vedení přikládá nanotechnologii, svědčí mj. oznámení představitelů Čínské akademie věd, Pekingské univerzity a univerzity v Čching-chua z 22. 3. 2003, že spojí své výzkumné kapacity k vytvoření národního nanovědeckého centra k zajištění veřejné technologické platformy pro dlouhodobý národní vývoj v oblasti nanovědy a technologie. Počáteční státní příspěvek pro toto středisko by měl činit 250 mil. jüanů (cca 31 mil. \$). Činnost střediska bude obsahovat především čtyři aspekty: nanopostupy a nanozařízení, důležité nanomateriály a nanostruktury, nanoaplikace v lékařství a v oblastech „živé“ vědy, jako je např. genetika či biologie, předváděcí metody, technologie nanostruktur a funkcí.⁴

JSOU PŘÍPADNÁ BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA NANOTECHNOLOGIE REÁLNÁ A ZVLÁDNUTELNÁ?

Varovné hlasy o možných negativních důsledcích nanotechnologie přicházejí jak ze strany vědců, kteří se touto technologií dlouhodobě zabývají (např. přední američtí vědci Ray Kurzweil a K. Eric Drexler, dále přední počítačový vědec Bill Joy, spoluzakladatel Sun Microsystems), tak i některých nevládních organizací. *Za alarmující je považována absence pravidel k ochraně spotřebitelů této nové technologie a nedostatek studií, potvrzujících bezpečnost nanočástic* (*Prospects in Nano-tech, 2002, s. 3*). *Obavy jsou vyslovovány zejména v souvislosti s důležitým cílem hlavního směru nanotechnologického výzkumu, kterým je proces samoreprodukce, samoprav a samomontáže.* Podle některých kritických hodnocení by právě takové procesy, a to buď neúmyslně, nebo podle plánu, mohly způsobit rychlé a drastické změny životního prostředí, struktur, žijících tvorů *zevnitř*. V extrémním případě by se taková změna mohla vyvinout do „soudného dne“, do nanotechnologického ekvivalentu jaderné řetězové reakce, do nekontrolovatelného, exponenciálního a samoreprodukcujícího šíření „nanozařízení“, rozměňujících atmosféru, otravujících oceány apod. (jak bude níže uvedeno, kanadská nevládní organizace ETC Group použila pro označení tohoto katastrofického scénáře název *Grey Goo*, převzatý z knihy K. Erica Drexlera *Engines of Creation* z roku 1986), (*Howard, 2002, s. 6–7*).

O významu, jež Kongres USA přikládá informovanosti americké veřejnosti o nanotechnologii, v souvislosti s publikováním některých knih, zabývajících se možným katastrofickým scénářem (např. novela Michaela Crichtona *Prey*, jejíž český překlad pod názvem *Kořist* vydala Euromedia Group, k. s., v roce 2003), které vyvolaly znepokojení amerických čtenářů, svědčí mj. uskutečnění kongresového slyšení dne 9. 4. 2003 za účasti předních vědeckých expertů s cílem „*zkoumat společenské implikace nanotechnologie a H.R. 766, the Nanotechnology Research and Development Act of 2002*“. Průběh tohoto jednání mj. potvrdil, že hlavní kontroverzní otázkou je možnost nekontrolované samoreplikace (*Angelica, 2003*). Podle britského tisku z dubna 2003 princ Charles po přečtení zprávy *The Big Down: From Genomes to Atoms* požádal Královskou vědeckou společnost o svolání panelu kritiků a podporovatelů nanotechnologie, který by problematiku projednal a ná-

sledně ho informoval o tom, jak dostatečně je tato technologie regulována (Feder, 2003). Znepokojení prince Charlese vyvolala zejména pasáž zprávy, věnovaná tzv. *Grey Goo*, tj. riziku uskutečnění apokalyptické hrozby, že se samoreplikace molekulárních robotů (nanobotů) probíhající exponenciálně vymkne kontrole a zahltní naši planetu (Feder, 2003; *The Big Down*, 2003, s. 30).

Jak Ray Kurzweil upozornil ve své knize *The Age of Spiritual Machines*, jestliže potenciál pro atomovou samoreprodukci ji prakticky vylučuje, u nanotechnologie tento potenciál existuje a s ním i reálné riziko. „Bez samoreprodukce není nanotechnologie ani prakticky využitelná, ani ekonomicky dosažitelná. A tady je druhá strana problému. Co se stane, jestliže malý softwarový problém (v důsledku nepozornosti či jinak) neuspěje při zastavení samoreprodukce? Můžeme mít více nanorobotů, než je žádoucí. Mohly by »vyjít«, tj. zlikvidovat vše, co je v jejich dosahu... Věřím, že bude možné vyvinout samoreprodukční nanoroboty takovým způsobem, že v důsledku nepozornosti nedojde k nežádoucí populační explozi... Ale největším nebezpečím je úmyslné nepřátelské využití nanotechnologie. Jestliže jednou bude základní technologie k dispozici, nebude obtížné přizpůsobit ji jako nástroj války nebo terorismu... Jaderné zbraně vzhledem k jejich zničujícímu potenciálu mají ve svých důsledcích alespoň relativně místní účinky. Samoreprodukční podstata nanotechnologie však představuje daleko větší nebezpečí.“ (Howard, 2002, s. 6–7.)

K. Eric Drexler,⁵ vycházející z předpokladu, že se prokáže dosažitelnost reprodukce, poukázal na možnost uskutečnění nejhorší varianty, a to ve své knize *Engines of Creation*: „Replikátory mohou být potentnější než jaderné zbraně; zničení Země bombami by vyžadovalo velké množství zbraní a vzácných izotopů, ale ke zničení života replikátory by byla nutná pouze jednoduchá tečka, vyrobená z obyčejných prvků. Replikátory budou působit v jaderné válce jako její spolčení tím, že budou potenciálním důvodem zániku, dávající širší kontext k zániku jako k morálnímu znepokojení.“ (Drexler, 1986, s. 174; Howard, 2002, s. 7.) Je ovšem mnoho úrovní znepokojení, a to nižších, než je finální apokalypsa. Použití a zneužití jsou neoddelitelnými dvojčaty, zrozenými z kontrolované reprodukce. Šíření nanosystémů přesně kontrolovatelným a předprogramovaným způsobem ke zničení rakovinových buněk, k předání léků nebo k opravě kontaminovaného prostředí může být také „zařízením“ ke zničení, k otravě a k zamoření. Řetězové reakce, které jsou součástí jaderných explozí, jsou precizní a kontrolované ještě více než dávky v chemoterapeutickém léčení. Ve vědním oboru atomové inženýrství arzenál žádaných technologií ke zmírnění znepokojení ze selhání hrozby se zdá jako pravděpodobný zdroj funkčního masového zničení (Howard, 2002, s. 7).

Bill Joy ve svém článku v časopise *Wired* z dubna 2000 vykreslil ještě pochmurnější obraz: „Při zvyknutí si na život s téměř rutinními vědeckými objevy musíme se ještě smířit s faktem, že nejpodmanivější technologie 21. století – robotika, genetické inženýrství a nanotechnologie – představují odlišnou hrozbu než dosud známé technologie... Čím se lišilo 20. století? Zajisté tím, že technologie, umožňující vytvořit zbraně hromadného ničení – jaderné, biologické a chemické –, byly účinné a uvedené zbraně představovaly enormní hrozbu. Budování jaderných zbraní vyžadovalo však přinejmenším v určité době přístup k omezeným zdrojům potřebných surovin a k vysoce utajovaným informacím; programy biologických a chemických zbraní vyžadovaly rozsáhlejší aktivity. Technologie 21. století jsou tak mocné, že se mohou stát podhoubím pro celou novou třídu nepředvídaných událostí (nehod) a zneužití. Nejnebezpečnějším jevem bude to, že poprvé budou tyto nepředvídané události (nehody) a zneužití široce dosažitelné jednotlivci nebo malými skupinami... A tak máme možnost mít nejen zbraně hromadného ničení (weapons of mass destruction – WMD), ale rovněž znalosti umožňující hromadné ničení (knowledge-enabled mass destruction – KMD), přičemž tato destruktivnost bude enormně zvětšena silou samoreprodukce.“ (Joy, 2000; Howard, 2002, s. 9–10.) Joy identifikoval a zabýval se dvěma nejdůležitějšími otázkami: Když je nebezpečí tak velké, proč by se veřejnost neměla varovat již nyní? Co by se mělo udělat, aby k takové katastrofě nedošlo? „Ve skutečnosti

jsme měli léta v rukou jasná varování o nebezpečí, spočívající v rozšířené znalosti o technologiích GNR (genetika, nanotechnologie a robotika), s možností samotné znalosti umožňující masové ničení. Ale tato varování nebyla široce publikována a veřejná diskuze byla zřetelně nepřiměřená. Důvodem je skutečnost, že z publikování o nebezpečí není žádný zisk. V tomto věku triumfální komercializace, technologie... přináší sérii téměř magických vynálezů, které jsou velmi lukrativní. Agresivně se věnujeme slibným výsledkům těchto nových technologií v rámci nezměněného systému globálního kapitalismu s jeho mnohonásobným finančním oceněním a s konkurenčními tlaky.“ (Joy, 2000; Howard, 2002, s. 8.) Z hlediska širokého finančního a vědeckého příslibu existuje tendence hledat technologický ustalovač (fix), nanotechnologický ekvivalent protiraketového obranného systému, jenž by měl zažehnat jakékoli „démony“ té samé technologie, která je může vyvolat. Při odmítnutí této varianty Joy koncipuje jediný zbývající dosažitelný závěr, že vývoj těchto technologií by se měl omezit (Joy, 2000; Howard, 2002, s. 9).

K nevládním organizacím kriticky sledujícím problematiku nanotechnologie patří především kanadská ETC Group (původní název RAFI), jedna ze čtyř nevládních organizací s tímto zaměřením. Jejím cílem je zahájit otevřený a poctivý dialog o nanotechnologické bezpečnosti a užitečnosti. Zpráva této nevládní organizace z ledna 2003 *The Big Down: From Genomes to Atoms* kromě podrobného popisu historie vzniku, možných rizik a současných výsledků (včetně vojenské využitelnosti) obsahuje též návrh doporučující zastavit veškerý výzkum i vývoj výroby molekul a vyhlásit moratorium na komerční výrobu nových nanomateriálů. Hlavní prioritou ETC Group je však dosáhnout sjednání *Mezinárodní úmluvy o hodnocení nových technologií (International Convention for the Evaluation of New Technologies – ICENT)*, která by vládám *de facto* poskytla návod, jak standardně měřit vědecké, sociální i ekonomické výsledky a účinky všech vznikajících technologií. S poukazem na současný stav světa, charakterizovaný mj. pokračujícím prohlubováním rozdílu mezi bohatými a chudými státy, zpráva zpochybňuje „skvělé možnosti“ nanotechnologie ve snižování chudoby a hladu, ve zlepšení zdravotnické péče aj., protože ti nejchudší nebudou mít nadále prostředky na to, aby si nanovýrobky pořídili. Zpráva navrhuje rovněž vytvoření mezinárodního fóra pro ohodnocování nových technologií a doporučuje, aby OSN byla v čele úsilí o monitorování korporací se vztahem k novým technologiím a k jejich trhům. ETC Group již uspořádala několik seminářů k problematice nanotechnologie v různých částech světa, naposledy dne 11. 6. 2003 v Evropském parlamentu v Bruselu.

K návrhu na případné pozastavení výzkumu nanotechnologie se vyslovil již K. Eric Drexler. Podle jeho názoru by nemělo smysl zakázat výzkum nanočástic, s nimiž by se mělo zacházet podle stávajících předpisů, týkajících se nových substancí, chemikálií apod. Za dvě potenciální hrozby označil jednak to, že se tyto technologie dostanou do rukou neodpovědných osob, a jednak to, že by mohlo dojít k pokusu zavést příliš přísnou kontrolu nad touto technologií (*Halting nanotech..., 2003*).

Představitelé americké neziskové organizace *the Center for Responsible Nanotechnology* Mike Treder a Chris Phoenix se zabývají problematikou nastupujícího věku pokročilé molekulární výroby a jejího potenciálu „otřást základy naší globální společensko-ekonomické struktury“. Za zvláštní nebezpečí v souvislosti s vývojem nanotechnologie nepovažují vznik „nanobotů“, ale spíše možností ekonomického rozvratu, terorismu, černých trhů a závodů ve zbrojení (*Brown – Gefter, 2003*).

SOUVISLOST NANOTECHNOLOGIE SE ZBRANĚMI HROMADNÉHO NIČENÍ A SE ČTVRTOU GENERACÍ JADERNÝCH ZBRANÍ

V centru pozornosti různých expertů, zejména těch, kteří působí v oblasti kontroly zbrojení, je možná aplikace nanotechnologie v rámci ozbrojených sil USA, a to především s ohledem na jejich jedinečné postavení ve světě v důsledku nejmodernější výzbroje, kterou disponují, a rovněž v souvislosti s novou strategickou koncepcí z roku 2002. Podle vy-

jádrění Clifforda Laua, náměstka amerického ministra obrany v Úřadu základního výzkumu (*the Office of Basic Research*), nanotechnologie možná změni způsob válčení více než vynález střelného prachu. Rovněž uvedl, že nanotechnologie ovlivní každý aspekt, týkající se výzbroje, spojovací techniky i péče o vojáky (*Feder, S. I., s. 2*). Zejména v USA se objevuje názor, že nanotechnologie může a měla by být zařazena do kampaně proti terorismu a že možné výhody daleko převyšují riziko zneužití (*Howard, 2002, s. 6*).

Jak již bylo výše uvedeno, návrh rozpočtu USA pro Národní nanotechnologickou iniciativu (NNI) na rok 2003 byl 679 mil. \$. Z deseti partnerů americké vlády v rámci NNI se druhým největším uživatelem stalo Ministerstvo obrany, jemuž připadlo 180 mil. \$ (největším příjemcem finančních prostředků byla Národní vědecká nadace ve výši 199 mil. \$), (*Howard, 2002, s. 3*). Jak uvedl Sean Howard, nebyly ve Spojených státech dosud údajně vyčleněny žádné finanční prostředky specificky určené na vývoj nových zbraní.⁶ Nicméně pracuje se již na různých studiích (např. jde o výzkum nových typů pancířů) a na pravděpodobném převzetí k posouzení druhu nanotechnologických systémů, s nimiž mohou být ozbrojené síly USA konfrontovány, nebo v budoucnosti těmito systémy vybaveny. Takové zbraně by přinejmenším v podstatné míře mohly zahrnovat zbraně hromadného ničení, ať již pokud jde o výlučně nové zbraně hromadného ničení, nebo o nanotechnologické „vylepšení“ existujících zbraní (*Howard, 2002, s. 3*).

Z posledních tří válek (tj. v Iráku, v Afghánistánu a v Jugoslávii), v nichž se prokázala v plném rozsahu vojenská převaha Západu, byla podle dr. André Gsponera⁷ získána dvě důležitá strategická poučení:

- 1) Množství konvenčních výbušnin, které mohly být vyslány na cíle pomocí přesně naváděných nosičů, jako jsou řízené střely s plochou dráhou letu, bylo směšné při srovnání s jejich náklady. Některé cíle mohly být zničeny pomocí početných nosičů, zatímco jediný z nich, jenž by obsahoval hlavici o silnějším výbušném potenciálu, by byl účinnější.
- 2) Použití zbraní produkujících nízkou úroveň radioaktivity se zdá být přijatelné, a to jak z vojenského hlediska, protože taková úroveň nenarušuje vojenskou akci, tak i z politického hlediska, protože většina politických vůdců a těch, kteří ovlivňují veřejné mínění, nenamítala nic proti použití ochuzeného uranu na válčišti.

Tato poučení vedou k závěru o pravděpodobné vojenské představě nutnosti zavedení nových konvenčních nebo jaderných hlavic a o pravděpodobném politickém přijetí takových hlavic, pokud neprodukují velké množství zbytkové radioaktivity. Navíc během těchto válek a po nich se často objevovaly názory, že některé nové zbraně proti podzemním úkrytům jsou nezbytné ke zničení hluboko ukrytých podzemních velitelských míst či zařízení se vztahem ke zbraním hromadného ničení (jejich skladiště, místa výroby apod.). Není proto překvapivé, že jsme dnes svědky objevení se finančně dobře zajištěného vědeckého úsilí, pravděpodobně směřujícího k vytvoření technologické základny, potřebné k výrobě nových silnějších zbraní. Tato snaha není veřejnému mínění a politickým vedoucím představitelům prezentována jako úsilí o zachování vysoké úrovně vojenské převahy, ale spíše jako úsilí o rozšiřování lidské iniciativy v dosud neprozkoumané oblasti, tj. mikrosvětě (*innerspace*), a to pomocí vědního oboru nanotechnologie (*Gsponer, 2002, s. 1–2*).

Historicky je nanotechnologie produktem průmyslového komplexu orientovaného na výrobu zbraní hromadného ničení, a proto se nejdalekosáhlejší a nevyhnutelné dopady nanotechnologie mohou projevit právě v této oblasti (*Gsponer, 2002, s. 1–2*). Rozvíjející se oblast nanotechnologie vytváří potenciál k výrobě nových typů zbraní hromadného ničení. Americký vědec Bill Joy spatřuje tento předpoklad v možném podstatném zvýšení kapacity masového ničení chemickými a zvláště biologickými zbraněmi, podobně jako došlo ke kvalitativnímu skoku od atomových k termonukleárním zbraním. A je to právě oblast chemických a biologických zbraní, v nichž pravděpodobně nanotechnologie bude představovat první velkou výzvu pro kontrolu zbrojení.⁸

Z názvů, používaných v souvislosti s nanotechnologií, jako je např. *mikromechanické inženýrství (micromechanical engineering)* a *mikroelektromechanické systémy (microelectromechanical systems – MEMS)*,⁹ lze usuzovat, že se nanotechnologie zrodila před několika desítkami let v laboratořích, zaměřených na výrobu jaderných zbraní. Je proto logické předpokládat, že další možnou oblastí aplikace nanotechnologie budou jaderné zbraně, tj. nanotechnologické zkvalitňování současných jaderných zbraní a vývoj zejména tzv. čtvrté generace těchto zbraní (za první a druhou generaci jaderných zbraní jsou považovány atomové a vodíkové bomby, vyvinuté ve 40. a 50. letech minulého století, třetí generaci těchto zbraní představuje neutronová bomba, vyrobená na základě koncepcí objevených mezi 60. a 80 lety, která však nikdy nebyla dlouhodobě zařazena do vojenských arzenálů). Odhaduje se, že půjde o krátkodobé a střednědobé cíle (*Gsponer, 2002, s. 5*).

Nanotechnologické zlepšení existujících typů jaderných zbraní spočívá v usnadnění použití hybridních kombinací mechanických a elektronických systémů, které mají výhodu podstatného snížení možnosti společného druhu chyb a snižující citlivosti vůči vnějším faktorům. A je to právě výzkum, orientovaný na maximalizaci spolehlivosti a pevnosti (trvanlivosti), jenž popohání vývoj a aplikaci nanotechnologie a inženýrství v oblasti MEMS vědeckého výzkumu jaderných zbraní. Další vylepšování stávajících jaderných zbraní se očekává od aplikace nanotechnologie do inženýrství (techniky) materiálů. Nové kondenzátory, nové radiačně-rezistentní integrované obvody, nové složení materiálů, schopných odolávat vysokým teplotám a zrychlením aj., umožní další úroveň miniaturizace a odpovídající zvýšení bezpečnosti a použitelnosti jaderných zbraní. Následně se zvýší funkčnost a možnost jejich předem nastavení, stejně jako možnosti pro nové mise (*Gsponer, 2002, s. 4–5*).

Pokud jde např. o problematiku koncepce hlavic nízké ráže proti podzemním cílům („*low-yield“ earth penetrating warhead*), volání vojáků po takové zbraní vyplývá z přirozené obtížnosti ničení podzemních cílů. Pouze 15 % energie z povrchového výbuchu se převede do země, zatímco tlakové vlny jsou rychle ztlumeny, když pronikají zemí. Ani několikamegatonový povrchový výbuch nebude schopen zničit podzemní cíl, který se nachází v hloubce více než 100–200 m pod povrchem země. Proto se navrhuje radikální alternativa, tj. vytvoření hlavičky vybuchující po proniknutí do hloubky země deset metrů a více. Protože v důsledku volného pádu nebo navedením řízené střely nedojde k proniknutí povrchu do hloubky více než deset metrů, je potřebné mít nějaký druh průnikového mechanismu. Z toho vyplývá, že samotná jaderná zbraň, včetně podpůrných komponentů, bude muset vydržet extrémní tlakové podmínky až do doby, než bojová hlavička vybuchne (*Gsponer, 2002, s. 5*).

Ve vztahu k otázce nových jaderných zbraní tzv. čtvrté generace je předpoklad, že tyto nové zbraně nebudou používat žádný (nebo téměř žádný) štěpný materiál, a proto nebudou produkovat radioaktivní spad (či pouze ve velmi omezeném rozsahu). Jde o nové typy jaderných výbušnin, které mohou být vyvinuty, aniž by porušovaly ustanovení *Smlouvy o všeobecném zákazu jaderných zkoušek (CTBT)*.¹⁰ Tyto výbušniny jsou vyvíjeny pomocí speciálních zařízení (*Inertial Confinement Fusion – ICF*), k nimž patří *National Ignition Facility (NIF)* v USA a další pokročilé technologie, které se aktivně vyvíjejí ve všech hlavních státech vlastnících jaderné zbraně a v hlavních průmyslových zemích jako např. v Německu a v Japonsku. Stručně řečeno, při definování technické charakteristiky tzv. čtvrté generace jaderných zbraní je jejich spouštění (*triggering*), uskutečněné nějakou pokročilou technologií jako např. superlaserem, magnetickou kompresí či antihmotou, relativně malým termojaderným výbuchem, při němž je směs deuteria a tritia spálena v zařízení, jehož váha a rozměr nejsou větší než několik kilogramů a litrů.

CO ŘÍCI NA ZÁVĚR?

Vycházím-li z faktu, že se vývoj vědy nedá zastavit, což se vztahuje i na oblast nanotechnologie, je třeba počítat s tím, že se tato technologie se všemi jejími výzvami v tom pozitivním i negativním smyslu stane nevyhnutelnou součástí naší nejbližší budoucnosti.

Nejen s přihlédnutím k současným, ale především budoucím předpokládaným enormním „výnosům“ různých ústavů, státních i soukromých obchodních a průmyslových společností spjatých s touto technologií, jejichž cílem je především dosažení maximálního zisku a rychlé návratnosti vložených prostředků, ale i s přihlédnutím k některým dosavadním nepříznivým zkušenostem s přehlížením ochrany zdraví a životního prostředí (*Phoenix*, 2003, s. 5) by zřejmě bylo velmi žádoucí s určitým předstihem vytvořit pro nanotechnologii účinný systém vládní a veřejné kontroly.

Jestliže bereme v úvahu, že nanotechnologie je již nedílnou součástí vývoje moderních zbraní, je důležité si uvědomit, že její bezprostřední potenciál k vylepšení existujících zbraní (konvenčních nebo jaderných), její krátkodobý potenciál k vytvoření nových zbraní a možnost zneužití ze strany teroristických organizací jsou dostatečným důvodem ke zvýšení pozornosti zejména ze strany politických činitelů a bezpečnostních expertů, včetně odborníků na kontrolu zbrojení a odzbrojení, a nevládních organizací.¹¹

Z výše uvedených hledisek by potenciální dlouhodobé aplikace nanotechnologie (a její předvídatelné sociální i politické implikace) neměly být ani podceňovány, ani přeceňovány. Jestliže by se uvažovalo o sjednání nějaké smlouvy, která by v souvislosti s těmito existujícími a potenciálními nebezpečími a riziky spíše kontrolovala než zakazovala vývoj nanotechnologie, měla by být navržena takovým způsobem, aby pokrývala všechny přiměřené dlouhodobé aplikace.

¹ Ve vědeckých člancích a publikacích nevládních organizací se nejvíce používá termín nanotechnologie. Termín atomotechnologie použila kanadská nevládní organizace ETC Group ve své zprávě *The Big Down*, 2003.

² Projev prezidenta W. J. Clintona v Kalifornském technologickém ústavu (the California Institute of Technology), 21. 1. 2000, <http://www.nano.gov> for the official NNI website

³ 6. rámcový program EU pro výzkum byl přijat dne 3. 3. 2002, Evropský parlament schválil pravidla jeho účasti dne 27. 6. 2002 při respektování zásady, že kandidátské země budou do programu zahrnuty za stejných podmínek jako členské státy Unie. Programy byly zavedeny v roce 1984. Hlavním cílem 6. rámcového programu je přispět k vytvoření Evropského výzkumného prostoru (European Research Area – ERA). ERA je vizí pro budoucnost výzkumu v Evropě, základem pro účinnou evropskou výzkumnou politiku. Má zajistit prvotřídní vědecké výsledky, zlepšenou konkurenceschopnost a inovace tím, že bude podporovat prohlubování kooperace, větší komplementaritu a dokonalejší koordinaci na všech úrovních. Ve srovnání s předchozím byl 6. rámcový program nově koncipován a organizován s cílem soustředit evropské úsilí na menší množství priorit, zejména však na ty, kde je obzvláště důležité vytvořit „evropskou přidanou hodnotu“, přispět k rostoucí integraci výzkumných činností na různých úrovních, podporovat takové výzkumné činnosti, u nichž lze očekávat trvalý strukturální dopad či posílení celkové vědecké a technologické základny Evropy, využít vědeckého potenciálu kandidátských zemí k přípravě a usnadnění jejich členství v Unii. Podle návrhu Komise dosáhne rozpočet 6. rámcového programu výše 17,5 mld. Euro (zvýšení oproti 5. rámcovému programu o 17 %). Na výzkum nyní připadá 3,9 % celkového rozpočtu Evropské unie a 5,4 % všech veřejných výdajů na výzkum v Evropě (Olšovský, 2002).

⁴ Pro zajímavost lze uvést, že čínští restaurátoři použili výsledky nanotechnologie k ochraně slavných 2000 let starých terakotových koní a válečnicků dynastie Čchin proti plísni (China to Set up Nano Science Center, 2003).

⁵ K. Eric Drexler, autor známé knihy *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology* z roku 1986, se dlouhodobě zabývá problematikou nanotechnologie. Je zakladatelem a předsedou kalifornského the Foresight Institute, což je nezisková organizace, orientovaná na poskytování pomoci při přípravě společnosti na pokročilé technologie (*The Big Down*, 2003, s. 75).

⁶ Podle zprávy amerického The Massachusetts Institute of Technology (MIT) z března 2002 MIT získal pětiletý kontrakt od Pozemního vojska USA ve výši 50 mil. \$ na vytvoření Institute for Soldier Nanotechnologies (ISN). Tento ústav tvoří okolo 150 osob, včetně 35 profesorů z MIT. Součástí tohoto kontraktu je údajně též plán na vytvoření vojenských uniforem, které mohou potlačit účinky biologických zbraní a odstranit jejich nositele. Unikátní lehké materiály, vytvořené pomocí nanotechnologie, budou představovat kvalitativní revoluci, která podle MIT pomůže vyrobit molekulární vnější skelet pro vojáky. ISN plánuje vyzkoumat také možnost výroby měkkého a téměř neviditelného oblečení, které by se v případě zranění vojáka mohlo přetvořit na lékařský obvaz nebo v případě boje na „předloketní karatistickou rukavici“. Výzkumníci doufají, že se jim podaří vyvinout i určitý druh molekulárního krunýře, jenž by mohl vychylovat střely. (Jedním z vůbec významnějších projektů, vedoucích k výraznému posílení úderné síly amerických vojáků, je projekt Land Warrior, zahájený již v roce 1991. Tento projekt se opírá o tři základní priority – o ničivost úderné síly, o schopnost bojovníka přežít, o řízení a o komunikace. Program, v jehož rámci elitní jednotky dostanou 45 ti-

síc kompletních výbav, má do roku 2014 stát asi 2 mld. \$. Hlavním dodavatelem zmíněného projektu se stala společnost Raytheon Systems, na subdodávkách se podílejí nejrenomovanější společnosti /např. Gentex, Honeywell, Motorola nebo Omega/. V tomto vývoji, jenž se bude týkat mj. nové generace armádních uniforem, budou značnou úlohu hrát nanotechnologie. Lze předpokládat, že obdobnými projekty, které mají pomoci vyspělých technologií výrazně zdokonalit možnosti současných vojáků, se zabývají výzkumná pracoviště všech vyspělých zemí světa /Otava, 2002; Nanotechnologie převratně změní výstroj vojáků, 2001/. Kromě ochrany vojáků budou mít tyto radikálně odlišné materiály efekt také v útočné taktice, přinejmenším v psychologické oblasti. Jak uvedl ředitel ISN Ned Thomas, je možné představit si jejich psychologický dopad na nepřítel, jestliže se střetne se skupinou zdánlivě neviditelných bojovníků, chráněných pancířem a obdařených nadlidskými vlastnostmi jako např. schopností přeskakovat stěny vysoké šest metrů. V této souvislosti Sean Howard ve svém článku uvádí, že by se rovněž dalo hovořit o psychologickém dopadu na lidi na celém světě, kteří si poprvé uvědomí, že začíná obrovské rozšíření militarizace do nanosféry, a pak se začnou podivovat, kde by takový proces mohl skončit. Proč se zastavit u pancíře bez nových zbraní? A jestliže to povede k novým zbraním, jaké budou? (Howard, 2002, s. 3–4.) Na rozdíl od zmíněných a zřejmě zatím spíše futuristických nanotechnologických aplikací vojenské námořnictvo, letectvo a pozemní vojsko již využívá např. speciální nanotechnologické úpravy povrchu těch technických součástí, které působí v extrémních podmínkách jako turbíny, motory apod. Dodavatelem je např. americká firma Inframat, vyrábějící sloučeninu hliníku a titanu pod názvem Nanox, která zvyšuje mj. pružnost a tepelnou odolnost a tím prodlužuje operační životnost zmíněných součástí (Feder, S. I., s. 2–3).

⁷ Dr. André Gsponer je ředitelem Nezávislého vědeckého výzkumného ústavu (Independent Scientific Research Institute – ISRI) v Ženevě, založeného v roce 1982 s cílem studovat kontrolně zbrojná a odzbrojovací implikace nově vznikajících technologií (Gsponer, 2002, s. 8).

⁸ Dr. Sean Howard, editor časopisu Disarmament Diplomacy, Adjunct Professor of Political Science at the University College of Cape Breton (UCCB) v Kanadě, říká: „Analogie s vývojem termonukleárních zbraní je také instruktivní v souvislosti s pravděpodobným zřeknutím se vědecké práce (byl její nezmapované a vyzývající oblasti) z morálních důvodů, mimo strachu z úplné destrukce, která může následovat. V roce 1949 vědecký orgán General Advisory Committee (GAC) Atomové energetické komise USA (US Atomic Energy Commission – GAC) sestavil zprávu o možném vývoji vodíkových bomb vojenskými kruhy USA. Zpráva, přijatá osmi fyziky, včetně vědeckého ředitele Manhattanského projektu Roberta Oppenheimera, se zastavila na okraji doporučení, aby tento pokus nebyl učiněn: »Je jasné, že použití této zbraně by přineslo zničení bezpočtu lidských životů... Její použití... přináší politiku vyhlazování civilního obyvatelstva mnohem dále než samotná atomová bomba... Všichni doufáme, že... vývoji těchto zbraní je možné se vyhnout.« Podpírný dokument, předložený fyzikům I. I. Rabim a Enrico Fermim, přinesl však poslední krok. Argumentovali, že destruktivní kapacita vodíkové bomby »činí její vlastní existenci a znalost její konstrukce nebezpečím pro lidstvo jako celek. Je nezbytné hodnotit věc přinášející zlo v jakémkoli světle.« Pro Joyho je to nanotechnologie. Avšak pro většinu vědců je tento případ odlišný od případu fyziků z roku 1930, znalých, ale skeptických k vyhlídce rozsáhlého uvolnění energie z atomového jádra a téměř bez výjimky oddaných zkoumání vztahujícího nového světa a profesionálním příležitostí otevřeným kvantovou mechanikou. I po objevení jaderného štěpení v roce 1938 mnoho prominentních fyziků, včetně Nielse Bohra, velmi pochybovalo o možnosti praktického sestavení zbraně použitelné pomocí nosiče. Částí motivace fyziků k jejímu sestavení byla obava, aby tuto zbraň neměl jako první Hitler. Za předpokladu, že se rizika nanotechnologického masového ničení stanou široce přijatelná, co dnes představuje srovnatelnou obavu? Především terorismus. Avšak teroristé mohou pouze doufat, že získají nové prostředky masového ničení podobnou cestou, jakou se snaží získat jaderné, chemické i biologické zbraně, tj. krádeží a odvracením pozornosti od vysoce vyvinuté znalostní základny a infrastruktury. Podle názoru Joyho je přesně takový dárek v současné době sestavován a balen, velkomyslně financován a nekriticky podporován při téměř úplné absenci hlavního politického proudu nebo širší demokratické kontroly či účasti. My všichni sejeme vítr a my všichni můžeme sklízet.“ (Howard, 2002, s. 10 a 11.)

⁹ „Prvním podnětem k vytvoření těchto systémů byla potřeba získat extrémně pevný a bezpečný zbrojný (odjišťovací) a spouštěcí mechanismus pro jaderné zbraně jako např. atomové dělostřelecké náboje. V takových bojových hlavících jaderná výbušnina a její spouštěč podstupují vysoké zrychlení (desetisíckrát větší, než je zářez při vystřelení munice z těžkého děla). Cílem je proto vyrobit klíčové spouštěcí komponenty co možná nejmenší. Z obdobných důvodů vysoké bezpečnosti, spolehlivosti a odolnosti vůči vnějším faktorům byly detonátory a různé zabezpečovací mechanismy jaderných zbraní konstruovány jako stále sofistikovanější mikroelektromechanické systémy. V tomto důsledku laboratoře pro jaderné zbraně jako např. the Sandia National Laboratory v USA mají ve světě vedoucí úlohu v převádění nejmodernějších koncepcí inženýrství MEMS do praxe. Druhým historickým podnětem pro MEMS a nanotechnologii je pokračující tendence k miniaturizaci jaderných zbraní a příbuzné hledání jaderných výbušnin o velmi nízké ráži, které by mohly být použity jako zdroj jaderné energie ve formě kontrolovaných mikroexplozí. Takové exploze (s ráží v rozsahu od několika kilogramů do několika tun vysoce výbušného ekvivalentu) by v zásadě mohly být zvládnuty. Právě tak by mohly být využity pro zbraně s vhodně vyvinutým kompaktním spouštěčem. V tomto zaměření výzkumu bylo brzy objeveno, že je snazší sestavit mikrofúzní výbušninu než munici založenou na štěpení. Mikrofúzní výbušnina má navíc tu výhodu, že při ní dojde k mnohem menšímu radioaktivnímu spadu než u mikroštěpného zařízení stejné ráže. Od té doby došlo k podstatnému pokroku a výzkum těchto mikrofúzních pum se stal nepokročilejší aktivitou zbraňového výzkumu v laboratořích pro jaderné zbraně, které používají taková gigan-

- tická zařízení jako např. National Ignition Facility (NIF) v USA a Laser Mégajoule ve Francii. Malé kuličky, používané v těchto experimentech, obsahující termojaderné palivo předurčené k výbuchu, jsou bezesporu nejménějšími a nejsostifikovanějšími nanoinženýrskými zařízeními, která existují. Třetím hlavním podnětem pro nanotechnologii je rostoucí požadavek na lepší materiály (a součásti z nich vyrobené) s výjimečně dobře charakterizovanou specifikací. Může se jednat o nové materiály, jako jsou např. vylepšené izolátory, které zvýší skladovací kapacitu kondenzátorů používaných v detonátorech, či nanoinženýrské razantní trhaviny pro vylepšené zbraně. Mohou být také konvenčními materiály o extrémní čistotě nebo nanoinženýrskými komponenty výjimečné přesnosti. Čtvrtým a posledním hlavním podnětem pro MEMS a nanotechnologii, jenž se nejvíce překrývá s nevojenskými potřebami, je příslib jejich nových vysoce výkonných senzorů (čidel), měničů, pohonných prvků a elektronických komponentů. Od vývoje této aplikační oblasti se očekává, že nahradí stávající zařízení mikroelektronického průmyslu, což bylo původně vyvoláno vojenskými potřebami, a poskytují doporučení pro předpověď nanoprůmyslového rozmachu a finanční prosperity. Avšak existují dva hlavní rozdíly. Za první, elektronická zařízení, která mohou být vyrobena ve velkém množství a při nízkých nákladech, jsou dvojrozměrná, zatímco MEMS jsou trojrozměrná zařízení, která mohou zahrnovat pohyblivé části. Za druhé, potřeba MEMS mimo profesionální kruhy (lékařské, vědecké, policejní, vojenské) je zcela omezena, takže trh by nemohl být tak široký, jak se očekávalo. Např. detekce a identifikace hrozby chemických a biologických zbraní prostřednictvím specifických molekulární odpovědi může vést ke všem druhům lékařské aplikace, avšak pouze k několika druhům spotřebního zboží.“ (Gsponer, 2002, s. 2–3.)
- ¹⁰ Smlouva o všeobecném zákazu jaderných zkoušek (CTBT) dosud nevstoupila v platnost, protože ji neratifikovalo všech 44 zemí, adresně vyjmenovaných v její příloze 2. Spojené státy za prezidenta Clintona ji sice podpsaly, ale Kongres USA ji odmítl ratifikovat. Bushova administrativa několikrát vyhlásila, že nehodlá usilovat o ratifikaci smlouvy, nicméně potvrdila platnost rozhodnutí pokračovat v moratoriu na jaderné zkoušky (Tůma, 2002).
- ¹¹ Kromě toho by se mělo brát v úvahu, že zatímco nanotechnologie převážně zdůrazňuje prostorové rozšíření materiálu v rozměru nanometru, časová dimenze mechanického inženýrství nedávno dosáhla poslední hranice v rozsahu femtovteřiny (čas, za nějž oběhne elektron okolo atomu). Tak se stává možným vytvořit výbuchy energie ve vhodné „zabalených“ pulzech v prostoru a v čase, které mají kritické aplikace v nanotechnologii, a zaměřit pulsy částicových nebo laserových paprsků o extrémně krátkém trvání na několik mikrometrů dolů na několik cílů o rozměru několika nanometrů. Vynález tohoto „superlaseru“ je možná nejvýznamnějším nedávným pokrokem ve vojenské technologii. Toto zvýšení má stejný význam jako faktor 1 mil. rozdílu v hustotě energie mezi chemickou a jadernou energií (Gsponer, 2002, s. 4).

Literatura

- Angelica, Amara D. (2003): Congressional hearing addresses public concerns about nanotech. Published on KurweilAI.net April 14, 2003, <http://www.kurweilai.net/articles/art0558.html>
- Brown, Douglas – Gefter, Amanda (2003): Voices from the grass roots call for responsible nano policy. Small Times, 13. 5. 2003, http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=5995
- Drexler, K. Eric (1986): Engines of Creation. Anchor Books, 1986.
- Feder, Barnaby (2003): Nanotechnology creates a royal stir in Britain. International Herald Tribune, 20. 5. 2003.
- Feder, Barnaby J. (S. 1.): Defense Department expands nanotechnology research. New York Times, <http://www.siliconvalley.com/mld/siliconvalley/news/5585217.htm>
- Gsponer, André (2002): From the Lab to the Battlefield? Nanotechnology and Fourth-Generation Nuclear Weapons. Disarmament Diplomacy, Issue No. 67, October–November 2002, <http://www.acronym.org.uk/dd/dd67/67op1.htm>
- Halting nanotech research „illogical“, says pioneer (2003). New Scientist, 29. 4. 2003, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99993674>
- Howard, Sean (2002): Nanotechnology and Mass Destruction: The Need for an Inner Space Treaty. Disarmament Diplomacy, Issue No. 65, July–August 2002, <http://www.acronzm.org.uk/dd/dd65/65op1.htm>
- China to Set up Nano Science Center (2003). Beijing Time, 25. 3. 2003, http://english.peopledaily.com.cn/200303/25/eng20030325_113947.shtml
- Joy, Bill (2000): Why the Future Doesn't Need Us. Wired, April 2000.
- Koubský, Petr (2002): Počítače ze zkumavky. Respekt, 4. 2. 2002.
- Krejčí, Oskar (2000): Vědění je moc. EKONOM, číslo 6 (2000).
- Mark, Roy (S. 1.): Senate Committee Approves Nanotech R & D Bill, <http://dc.internet.com/news/article.php/2224851>
- Nanotech Un-gooed Is the Grey/Green Goo Brouhaha the Industry's Second Blunder? (2003). ETC Group, Communiqué, Issue No. 80, July–August 2003, www.etcgroup.org
- Nanotechnologie převratně změní výstroj vojáků (2001). Hospodářské noviny, 2. 10. 2001.
- Nanotechnology is fast emerging as a powerful industrial force and is set to become the defining technology of the new century (2002), http://www.etcgroup.org/documents/atominvite_inside.jpg
- Novák, Jan (1999): Na pomezí pohádky a reality. Nanotechnologie otevírá cestu k zázrakům. Mladá fronta Dnes, 30. 1. 1999.
- Novák, Jan (2003): Roboty v lidském těle: léčí i špehují. Lidové noviny, 15. 3. 2003.

KONZULTACE: NANOTECHNOLOGIE

- Olšovský, Ludvík (2002): Unie má nový program pro výzkum. Hospodářské noviny, 8. 8. 2002.
- Otava, Bořek (2002): Armádní rambové 21. století už nastupují. Hospodářské noviny, 2. 5. 2002.
- Phoenix, Chris (2003): Ethical Administration of Nanotechnology. December 2002, Nanotechnology Now, The nanotech report 2003, <http://www.nanotech-now.com/papers?area=reader&read=00003>
- Prospects in Nano-tech. 6 November 2002, Businessworld (Philippines) via NewEdge Corporation: Friena P. Guerro, 11. 5. 2002, <http://www.ice.org>
- Supporting responsible nanotechnology research will benefit Europe's citizens, says head of unit (2003). CORDIS News, 24. 6. 2003, <http://www.cordis.lu/nanotechnology>
- The Big Down: From Genomes to Atoms (2003). ETC Group publication, January 2003, www.etcgroup.org/documents/TheBigDown.pdf
- Tůma, Miroslav (2002): Nešíření zbraní hromadného ničení, kontrola zbrojení, odzbrojení a Česká republika. Praha: ÚMV – ÚSS VA v Brně, 2002.