

# NANOPOROK, NANOFÉMEK, NANKERÁMIÁK, POLIMER NANOKOMPOZITOK ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

Göbl Nándor - Zádor István<sup>1</sup>

*A HM Fejlesztési és Logisztikai  
Ügynökség Tudományos Tanácsa  
által meghirdetett Pályázat díjazott  
tanulmányának szerkesztett  
változata.*

*Szerkesztőség*

*A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen 2008. június 04-én sikeresen megvédtem PhD értekezésemet. Írásomban az értekezés legfontosabb megállapításait szeretném közreadni. Különösen szeretném kiemelni azokat a tanulságokat, amelyek a jelenleg meglévő logisztikai rendszerben is hasznosíthatók.*

Katonai pályafutásom meghatározó részét – a **37 évből mintegy 27 évet** – a **Fegyverzettechnikai Szolgálat különböző beosztásaiban töltöttem**. A fennmaradó közel tíz év is, alapszakmámhoz közel, haditechnikai és logisztikai beosztásokban telt el. Pályafutásom alatt megtapasztaltam, hogy a szakmai eredmények egyik sikere a gyökerek, a szakmai tapasztalatok ismerete. Ezért folyamatosan kutatom a szakma történetét. Ezt a törekvésemet elősegítette a Magyar Honvédség vezetése is a fegyvernemek és szakszolgálatok napjáról történő megemlékezések szabályozásával. A Magyar Honvédség parancsnokának **26/1993. (HK 13.)** számú intézkedése **augusztus 01-jét** a **FEGYVERZETTECHNIKAI SZOLGÁLAT NAPJÁVÁ** jelölte ki.

Ez adta az első impulzust történelmi kutatásaimhoz. Kutatásom kezdeti célja volt, hogy a magyar hadtörténelem lapjait fellapozva, vázlatosan összeállítsam a **fegyver- és lőszerbiztosítás** történetét. Ezzel hozzá kívántam járulni ahhoz, hogy a fegyverzettechnikai szolgálat jelenlegi állománya, az utánunk jövő nemzedék és minden érdeklődő

---

<sup>1</sup> Dr. Göbl Nándor, Phd. St-Metál-98 Kft. tudományos munkatárs.

Zádor István, St-Metál-98 Kft. tudományos munkatárs.

megismerhesse e szolgálat küzdelmét, melyet az elmúlt évszázadokban folytatott azért, hogy a hadműveletekhez, harcokhoz szükséges fegyverek és lőszeresek mindig üzemképesen rendelkezésre álljanak.

Kezdeti kutatásaimat **1994-ben**, a **MH Fegyverzettechnikai Szolgálatfőnökség** kiadásában megjelent, „*A fegyver- és lőszerbiztosítás története*” című könyvben összegeztem. Folytatva a kutatásokat, 1997-ben megjelent egy jelentősen bővebb változatban. „*A fegyver- és lőszerbiztosítás története Magyarországon a honfoglalástól napjainkig*” című kiadvány. Ezen kívül tudományos eredményeimet **több cikkben** is publikáltam.

## Bevezetés

**Három rövid információval illusztráljuk a nanotechnológia jövőbeni haditechnikai jelentőségét:**

- *Tudósok előrejelzései szerint 2025-re a fejlett hadseregek katonáit komoly nanotechnológiai háttér segíti majd a túlélésben – írja a BBC [1].*
- *2002 márciusában az U.S. Army 50 millió dolláros szerződéssel létrehozta a Massachusetts Institute of Technology (MIT) keretén belül az Institute for Soldier Nanotechnologies (ISN) nevű intézményt, melynek fő feladata a nanotechnológia kutatása-fejlesztése a jövő katonái túlélési esélyeinek növelése érdekében.*
- *2008 október 2.-án a Nemzetközi Nanotechnológiai Héten az U.S. Army kutatás-fejlesztési vezetője, Dr Jacob Staley beszélt a hadsereg nanotechnológiával kapcsolatos terveiről, igényeiről. Az öt fő fejlesztési terület [2]:*

- *a harcoló katonák támogatása (geoinformatika, védőeszközök, műveleti támogatás),*

- *felszerelések,*



**1. sz. ábra**

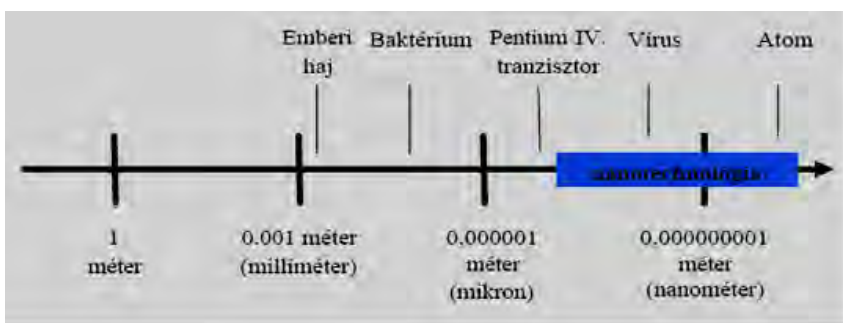
- környezeti hatások,
- vízellátás,
- információs technológia.

A **nanotechnológia** leegyszerűsítve mindazon technikák és kutatások összessége, melyekben az anyagi világot atomi és/vagy molekuláris skálán vizualizáljuk és manipuláljuk. Vagyis a nanotechnológiában atomokat és molekulákat egyenként nézünk és ragadunk meg, illetve mozgatunk különböző célokból (2.sz. ábra).

*A nanotechnológia története rövid múlttra tekint vissza: 1959. december 29-én az Amerikai Fizikai Társaság előtt tartott előadásában Richard O. Feynman Nobel-díjas amerikai fizikus szellemes gondolatmenetben mutatott rá arra, hogy a novivilág milyen nagy dimenziókat rejt.*

A nano méretű alkotókat ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) tartalmazó anyagok tulajdonságai számos esetben alapvető változásokat mutatnak, a makroszkópi méretű anyagokkal szemben. Pl. a 100 nanométernél kisebb kerámia vagy fém részecskékből készített kompozitok sokkal nagyobb szilárdságot mutatnak, mint az a jelenleg alkalmazott anyagtudományi modellek alapján várható lenne. **Ezen drasztikus változások oka kvantumfizikai.** Az anyagok makroszkópikus tulajdonságai az atomi rendszerekben működő kvantumerők átlagából vezethetők le. Amint az anyagrészecskék méreteit csökkentjük, bizonyos határon túl az átlagolás már nem érvényes.

2.sz. ábra



A nanotechnológia tehát magában foglalja a 100 nanométernél kisebb skálán szervezett anyag létrehozását, precíz kezelését és tervszerű

*elrendezését, mérését és modellezését, más szóval, azokat a folyamatokat amelyek lehetővé teszik, hogy a molekulákat egyenként oda helyezzük, ahova és amikor akarjuk, azért, hogy segítségükkel megvalósítsuk az előre eltervezett működést.* A 100 nanométeres határ azért fontos, mert ez a küszöb, amely alatt az anyag viselkedésében dominánssá válnak azok a hatások, amelyek a megszokott makroszkópos méretekhez viszonyítva újszerű tulajdonságokat eredményeznek. Másik fontos definíció a nanotechnológiára vonatkozóan, hogy a nanoszerkezet ember által előállított legyen (másként a nanotechnológia körébe sorolnánk a természetesen kialakult biomolekulákat és anyagrészecskéket). Fentiek figyelembe vételével a nanotechnológiára a következő definíciót fogadhatjuk el [3]:

## 1. Nanotechnológia

*Anyagszerkezetek, eszközök és rendszerek tervezése, minősítése, gyártása és alkalmazása, a méretek és alakok nanométeres tartományban történő ellenőrzött, szabályozott kezelésével, előállításával, melyek révén új vagy javított tulajdonságú szerkezetek, eszközök és rendszerek hozhatók létre.*

A méretek csökkenésével azonban a hagyományos technológiák elérik alkalmazhatóságuk határait, és a továbbiakban a hagyományostól teljesen eltérő eljárásokat kell alkalmazni, ahol a komponensek kialakítása és ezek kapcsolatainak létrehozása is atomi méretekben és atomnyi pontossággal történik. Ez a molekuláris nanotechnológia, amelynek alapját a nanoszerkezetek jelentik. Ezek fizikai, kémiai és elektronikai tulajdonságai határozzák meg a nanotechnológia lehetőségeit. A nanoszerkezeteket olyan nanoanyagokból készítik, amelyeknek mechanikai, optikai, elektronikai stb. tulajdonságait atomi méretű szerkezetük szabja meg. Ilyenek lehetnek például a **nanocsövek**. [4]

*A fentiek alapján kijelenthető lenne:* a nanotechnológia a nagyon kis dolgok gyártásának tudománya. A nanotechnológia egy gyökeresen más technológia, amelynek vezérelvei alapjaiban térnek el az úgynevezett klasszikus technológiáétól. Míg a klasszikus technológiák az első korszakok pattintásától napjaink integrált áramköréig úgy állították elő a szükséges javakat, vagy azok részegységeit, hogy „*kifaragták*” őket egy nagyobb darab nyersanyagból, azaz egy tervhez viszonyítva eltávolították a „*felesleget*”, a nanotechnológia egészen más vezérelvek szerint alakul: **atomonként akarja összerakni a dolgokat.**

A valódi nanotechnológia „szerszámokként” igyekszik felhasználni az elmúlt évezredek alatt megismert természeti törvényeket ahhoz, hogy rábírja az atomokat és molekulákat, bizonyos tervek, előre kigondolt kívánalmak szerint kapcsolódjanak össze. [5]

A nanotechnológia különböző részterületei még sokszor a kísérleti stádiumban, vagy az üzleti felhasználási lehetőségek feltárásának kezdeti szakaszában vannak. Jellemzőjük, hogy a K+F kiadások nagy arányban bővülnek, de azok abszolút nagysága még távol van attól, hogy akár a tömegtermelés, akár a fogyasztás területén a közeljövőben áttörésre kerüljön sor.

***Felmérések szerint 2007-ben a nanotechnológiák piaca 11,5 milliárd \$ összérték volt. 2008-ra 12,7 milliárd \$-t, míg 2013-ra 27 milliárd \$-t prognosztizálnak, az 1. táblázat illetve a 3. ábra szerinti megoszlásban.***

**1. táblázat**

Nanotechnológiai terület	A piac összforgalma (milliárd \$)			
	2007		2008	2013
nanoanyagok	10,005	(87%)	10,8	18,7
nanoszerszámok	1.472	12,8%	1,9	8,0
nanogépek, berendezések	0,023	0,2%	26,2	366,2
összesen	11,5	100%		



A nanotechnológia legnagyobb végfelhasználója 2007-ben a környezetvédelem (56%), az elektronika (20,8%) és az energia szektor (14,1%).[6]

A világszertei előrejelzések a nanotechnológia gyors növekedését jósolják 2013-ig. [7], [8].

## 2. A nanotechnológia jelenlegi műszaki színvonala világviszonylatban

*Ezen fejezetben összefoglaljuk a szakirodalomból megismert nanoanyag előállítási eljárásokat, a nanoanyagok – mint alapanyagok – feldolgozására kidolgozott technológiákat és a fő alkalmazástechnikai kutatási irányokat.*

A nanotechnológia különböző részterületein lényegében most zajlik az a folyamat, amelynek során kialakulnak azok a módszerek és eljárások, amelyek révén egyre szélesebb körű gazdasági felhasználásra kerülhet sor a jövőben.

## 2.1. Nanoanyagok (nanoméretű előtermékek) legismertebb előállítási technológiái

*(A nano előtermékek legismertebb előállítási technológiáit soroljuk fel, a hivatkozott publikációk részletesen ismertetik az egyes eljárásokat):*

- Örlés [9], [10]
- Lézerabláció [9], [11]
- Kémiai leválasztás [11]
- Plazma ív [9], [11]
- Elektrodinamikus technológia [10], [12]
- Fotoredukciós eljárás [13], [14]
- CVD (chemical vapour deposition [10], [11])
- Szolgel szintézis [10], [15]
- Robbantásos [10], [12]
- Gamma-, elektron- és ionsugárzás [16]

## 2.2 Nano előtermékek feldolgozási technológiái

A szakirodalom egyelőre főként a nanoanyagok előállítására fókuszál, feldolgozási technológiát keveset publikálnak.

*A megismert irodalom alapján az alábbi, jelenleg alkalmazott technológiákat emeljük ki:*

- Plasma Pressure Consolidation (P2C): 850 C0-on, 63 Mpa nyomáson készítenek tömörítvényt nano vasporból [17].
- Pressurized Reaction Synthesis vagy Self-propagating High-temperature Synthesis (SHS). Az eljárás a nanopor alkotók közötti exotherm reakciókon alapul.

- Hot Pressing (HP): Alumíniumoxid tömörítvényeket készít nanoporokból, meleg sajtolással [18].
- Isostatic pressing: Hideg és meleg izosztikus sajtolással készít bulkokat ZrO<sub>2</sub> nanoporokból.
- Plasma Pressure Consolidation (PPC): Nanoméretű vasport tömörít grafit tartályban, grafit dugattyúval, majd áramimpulzust alkalmaz a tömörítvényre. Ez a részecskék között villamos ívet hoz létre és kontaktust létesít az anyagrészecskék között. [19].
- Spark plasma sintering (SPS) Ni (99.9%), Al (99.9%), Ti (99.9%) és grafit C (99.7%) nanokompozitot hoz létre) [20].

## 2.3 Kutatási irányok

*Ezen fejezetben elsősorban azokat az irodalomban tárgyalt alkalmazási lehetőségeket vizsgáljuk, melyek nanoanyagok felhasználásán alapulnak.*

### 2.3.1. Tiszta ivóvíz ellátás

Bár a Föld felszínének 70%-át víz borítja, a tiszta és megbízható ivóvíz hiányával a közeljövőben számos országban számolni kell. A nanotechnológia az alábbi négy területen segítheti az ivóvíz ellátást: ellenőrzés (monitoring), sótalánítás, tisztítás és szennyvíz regenerálás. [21], [22] A tiszta ivóvíz biztosítása alapvető igény mind a fejlett, mind a fejlődő országokban. Egy 2002-es ENSZ felmérés szerint 1,1 milliárd ember nem jut megfelelő tisztaságú vízhez. (Ennek számos nem műszaki oka is van és a nanotechnológia révén számos területen javítható a vízkezelés és a remediáció, illetve a nanoszenzorokkal a szennyezések érzékelése [23]. Egy 2006 évi fórum összegezte a nanotechnológia alkalmazási lehetőségeit a fejlődő országokban. Fontossági sorrendben harmadik a vízkezelés és a remediáció [24]. A hagyományos vízsűrési eljárásokkal viszont már nem lehet kielégíteni a fejlődő országok (India, Kína) összetett igényeit. Számukra a nanotechnológiát alkalmazó vízsűrési eljárások ígéretesek [25].

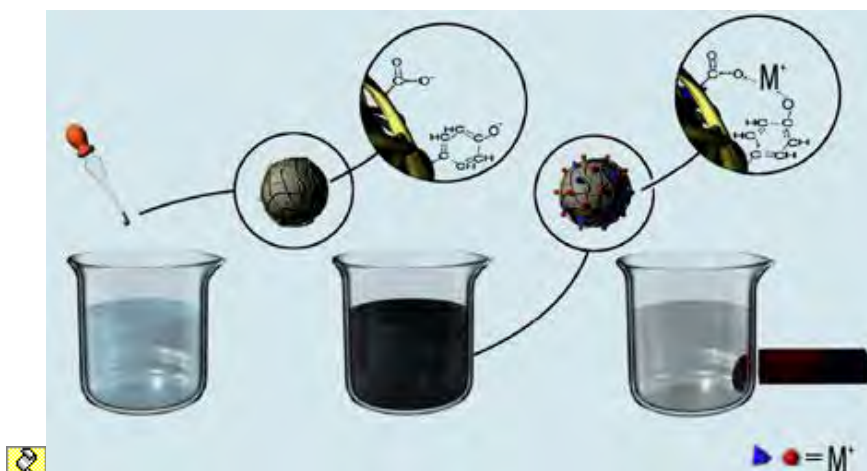
A bakteriális szennyezéseken túl a legnagyobb veszélyt az ivóvizek arzéntartalma jelenti. (Egy USA-beli összegzés szerint a kiemelten veszélyeztetett országok: Argentína, Ausztrália, Banglades, Chile,



Franciaország, Ghana, **Magyarország**, Mexikó, Taiwan, Anglia, és az USA.) [26]

További problémát jelent az ivóvizek nehézfém-tartalma. Ezek eltávolítására dolgozták ki a mágneses nanorészecskék alkalmazásán alapuló szeparálást, (4.sz. ábra). [27]

4.sz. ábra



***Nehézfémek ivóvízből való eltávolításának sémája, hiloruon savval bevont  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mágneses nanoanyag felhasználásával.***

A nano ezüstnek, a nano vasnak és a szén nanocsőnek jelentős szerepe lehet mind a víz, mind a gázszűrésben. [6], [22], [23] [24], [25], [26]. Az aktív szenes, nanoezüsttel kombinált szűrő fontos szerephez juthat.

### 2.3.2. Energiatárolás

- Szuperkapacitások készítéséhez  $\text{SnO}_2$  nanokristályokat és  $\text{SnO}_2/\text{C}$  nanokompozitokat alkalmaznak [22], [23].
- Hidrogéntárolás Mg/C kompozitokkal.
- C nanoanyagot (CNM) készítenek HERF eljárással. Egyrészt ezt, másrészt grafitot felhasználva golyós malomban történő őrléssel Mg-grafit, Mg/Ni-grafit és Mg-CNM kompozitokat készít. [24].

- Hidrogéntárolás Cu/carbon nanoszál kompozitokkal [27].
- Nanoszerkezetű lítium elemek [25], [26].

### **2.3.3. Nanoelektronika**

Nanohuzalok, vezetékek előállítására (nanoméretű, elektromosan vezető szemcsék segítségével lehetséges áramkört nyomtatni, ha a nyomtató képes egy szemcse átmérőjének megfelelő méretű csíkot húzni) [33].

### **2.3.4. Gázok érzékelése**

- Szénhidrogén érzékelők.
- Polimer mátrixba ágyazott CdSe nanoanyagok felhasználásával érzékeny szénhidrogén szenzorokat készítenek [28], [35].
- Hidrogén érzékelők [36].
- Szén nanocső és katalitikus palládium kompozitot hoz létre Positive Dielektrophoresis (DEP) eljárással.

### **2.3.5. Egészségügyi alkalmazások (nanomedicina)**

Mind az arany, mind az ezüst orvosi hatása évszázadok óta ismert.

A legújabb szakirodalmak alapján ezen nemesfémek nanoméretben történő alkalmazása a modern orvostudomány számára előnyös [37], [38], [39]. ***A lehetséges fő alkalmazási területek az alábbiak:***

#### **Fertőzések megelőzése**

A fertőzések megelőzése nanoezüst tartalmú burkoló, kötöző, védőanyagokkal valósul meg. Ezen termékeket az ezüst antibakteriális hatására alapozva fejlesztették és fejlesztik. A termékek egy része – melyek hordozzák, beágyazzák a nanoméretű ezüst részecskéket – már megjelent a piacon.

#### ***Néhány példa:***

Nanoezüsttel bevont polietilén sebkötöző anyag (Acticoat-7, Smith and Newpew, UK).

Nanoezüst – aktív szén hordozón (Actisorb Silver 220, Johnson & Johnson, USA).

Ezüst nanoanyaggal impregnált carboxymethylcellulose hordozóanyag (Aquacel-Ag hydrofiber Marketed by Convatec, Skillman, USA).

***A fertőzések megelőzését szolgáló további lehetőségek:*** az orvosi műszerek, tűk, katéterek és kötszerek felületére ezüst nanorészecskéket juttatva csökkenteni lehetne a kórházi fertőzések számát. [40].

## **Implantátumok**

Olyan vegytiszta titánból készült implantátumok előállítására a cél, amelynek a teherbíró képessége jobb, mint a „**hagyományos**” titáné. Ezt az ezüst részecskékhez hasonlóan a szemcseméret csökkentésével lehet elérni. [41]

## **Fertőtlenítő ruha**

Az eljárás során a pamutrostokat egy olyan oldatba mártják, ami pozitív töltésekkel ruházza fel a ruha rostjait. Egy másik, negatív töltésű oldat tartalmazza a 10-20 nanométer átmérőjű ezüst nanorészecskéket, amelyeket citromsavban szintetizáltak; ez meggátolja, hogy a részecskék összetapadjanak. Miután elkészült a pozitív töltésű rostanyag, a szövetet belemártják a negatív töltésű oldatba, majd a nanorészecskék a töltéskülönbség hatására hozzátapadnak a rostokhoz. [42]

## **Gyógyszerek célba juttatása**

- Alumínium, nikkell és gyémánt nanorészecskékhez köthető különböző szérumproteinek [43].
- Nanoporózus alumíniumoxid membránok alkalmazásával nanoméretű gyógyszerek szállíthatók célirányosan. [44], [45].

## **Új jelenségek felhasználása**

Vastartalmú nanorészecskék váltakozó mágneses térrel kezelve lokális hőképzésre használhatók [46]

## **Égési sebek kezelése**

Égési sebek kezelésére már a nanoanyagok megjelenése előtt alkalmazták az ezüstöt. [47], [28], [35], [36]. Ugyanakkor kutatók az ezüst toxikus hatását mutatták ki égési sérüléseknél a nanoezüsttel impregnált többrétegű kötőanyag alkalmazásának egyes eseteiben. [48].

### **2.3.6. Gázszűrés**

Elsősorban légkondicionáló berendezésekben, egyéni védőfelszerelésekben alkalmazzák már ma is a nanoezüstöt. Példaként említjük a SAMSUNG által kidolgozott Silver Nano egészségvédelmi rendszert [33] és az Usa-beli Caware Int'l Co által kidolgozott aktív szenes-nanoezüstös légszűrőket (5.sz. ábra). [49]

**5.sz. ábra**



***Aktív szenes gázszűrő betét [50]***

### **2.3.7. Szenzorok**

- NO<sub>2</sub>, CO, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> and NH<sub>3</sub> gázérzékelőket készítettek: szén nanocsőre termikus gőzöléssel ezüst illetve arany nanofémeket vittek fel, majd a fémezett nanocsövet két fénoxid hordozóhoz (SnO<sub>2</sub> and WO<sub>3</sub>) adagolták. [51].
- Szénhidrogén szenzorokat készítenek: polimer mátrixba ágyazott CdSe nanoanyagok felhasználásával [3].

- Hidrogén érzékelőket készítenek: szén nanocső és katalitikus palládium kompozitot hoz létre Positive Dielektrophoresis (DEP) eljárással.
- Az autóipar számos miniatűr szenzort (nyomásérzékelő, üzemanyag és levegőszabályozó stb. alkalmaz, melyek nanotechno-lógiával előállíthatók [52].

### 2.3.8. Új jelenségek felhasználása

**Hőcső:** Réz hőcsőben munkafolyadékként 20 nm nano ezüstöt alkalmaztak, különböző koncentrációkban (20%, 40%, 60%, 80%) Lokális hőfejlesztés: Vastartalmú részecskék váltakozó mágneses térrel lokális hőkeltésre használhatók.

## 3. A témakör hazai műszaki lehetőségei

*Az előző fejezetben bemutatott nanoanyag gyártási és feldolgozási eljárások kutatásával, fejlesztésével hazai intézmények is foglalkoznak. A magyarországi nanotechnológiai K+F munkákat elsősorban a nagy kutatóközpontok végzik. Néhány gazdasági vállalkozás is beindította a nanotechnológiai tevékenységét. 2008 májusában létrejött a hazai nanotechnológiai kutatást koordináló Integrált Mikro- és Nanorendszerek Technológiai Platformja.*

### 3.1. Kutató központok

Minden olyan egyetem, kutatóintézet, amely biológiával, fizikával, kémiával vagy anyagtudománnyal foglalkozik, felismerte, hogy az európai projektekben abszolút preferenciát élvez a nanotudomány. Az erőforrásokat azonban hasznos koncentrálni. **Budapest** és a természettudományos egyetemi képzés városaiban (**Miskolc**, **Szeged**, **Debrecen**, **Székesfehérvár**) ezek az erőforrások az elmúlt évtizedekben kiépültek.

**A legjelentősebbek:**

- Nanotechnológiai Kutatói Központ, Miskolc ([www.nanopolis.hu](http://www.nanopolis.hu)).

- Szegedi Tudományegyetemen működő Környezet- és Nanotechnológiai Regionális Egyetemi Tudásközpont ([www.u-szeged.hu/object](http://www.u-szeged.hu/object)).
- Székesfehérvári Alba Innovációs Parkban Nanotechnológiai Innovációs Központ ([www.albamag.hu](http://www.albamag.hu))

*Példaként az 6.sz. ábrán bemutatjuk a Miskolci Nanotechnológiai Kutatási Központ működési modelljét. (A tervek szerint a Központ egyik partnere a HM FLŰ!).*

*6.sz. ábra*



*A Központ két fő egysége a Nanotechnológiai Innovációs Park és a Nanotechnológiai Ipari Park.*

*3.1.1. Nanotechnológiai Innovációs Park* (a Nanotechnológiai Kutatási Központ, A Nanotechnológiai Oktatási Központ és a Nanotechnológiai Innovációs Központ együttese).

- A Nanotechnológiai Kutatási Központ a NANOPOLIS Kft. koordinálásával jönne létre a **Bay Zoltán Nanotechnológiai Kutatólaboratórium**, a **HM Technológiai Hivatal**, valamint a **Miskolci Egyetem** nanotechnológiai kutatóegységeinek egy helyre integrálásával. A **Kutatási Központ** működését egy világszínvonalú eszközparkkal felszerelt központi laboratórium, valamint az egyes egységek speciálisan felszerelt laborjai biztosítanák. A **Bay Zoltán Nanotechnológiai Kutatólaboratórium** biztosítaná a vállalati kutatás-fejlesztési igények kiszolgálását, a **HM Technológiai**

**Hivatal** nanotechnológiai kutatólaboratóriuma védelmi technológiák fejlesztésével foglalkozna, a Miskolci Egyetem kutatólaboratóriuma pedig alapkutatással foglalkozna.

- A Nanotechnológiai Innovációs Központ a NANOPOLIS Kft. koordinálásával, a Nanotechnológiai Kutatási Központtal együttműködésben jönne létre a Miskolci Egyetem közelében. A vállalati formában működő innovációs központ egyrészt a Nanotechnológiai Kutatási Központ által létrehozott szellemi termékek értékesítésével foglalkozna, másrészt induló és működő nanotechnológiai vállalkozások részére biztosítana inkubátor szolgáltatásokat.
- A Nanotechnológiai Oktatási Központ a NANOPOLIS Kft. és Miskolci Egyetem koordinálásával jönne létre a megfelelő számú és jól képzett szakemberek hosszú távú biztosítása érdekében a Nanotechnológiai Kutatási Központ, a Nanotechnológiai Innovációs Központ és a nanotechnológiai vállalkozások számára. A világszínvonalú oktatólaborok és oktatási módszertan kialakításával megkísérelni integrálni a Miskolci Egyetem, a Kassai Egyetem, és a Debreceni Egyetem nanotechnológiai oktatási egységeit, kialakítva a Miskolc-Kassa-Debrecen innovációs tengelyt.

### ***3.1.2. Nanotechnológiai Ipari Park:***

- A Nanotechnológiai Ipari Park magán befektetők és a miskolci önkormányzat koordinálásával, a Nanotechnológiai Innovációs Központtal együttműködésben jönne létre a miskolci önkormányzat tulajdonában lévő 30 ha területen, 1 km-re az M30-as autópályától. Az ipari park alpinfrastruktúrát biztosítana magyar és külföldi nagyberuházások számára, nanotechnológiai termékek vagy nanotechnológiával előállított termékek gyártásának.

## **3.2. Integrált Mikro- és Nanorendszerek Technológiai Platformja (IMNTP)**

*A hazai mikro és nanotechnológiai oktatás, kutatás-fejlesztés és innováció elősegítésére hatvankét magyarországi kutatóintézet, egyetem és cég összefogásával 2008. május 16.-án Budapesten megalakult az Integrált Mikro- és Nanorendszerek Technológiai Platformja (IMNTP) a Nemzeti Kutatás-fejlesztési és Technológiai Hivatal*

**közreműködésével.** A Nemzeti Kutatás-fejlesztési és Technológiai Hivatal (NKTH) által 36,7 millió forinttal támogatott kétéves projektet az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézete (MTA MFA), a hazai mikro- és nanotechnológiai integráció központja koordinálja. A platformprojekt vezetője Bársony István, az MTA MFA igazgatója.

Az MTA MFA K+F pályázati irodavezetőjének magyarázata szerint a platformok azonos jellegű tevékenységet folytató szervezetekkel alkotnak konzorciumot, s az úgynevezett tudásháromszög (kutatás, felsőoktatás, vállalkozások) együttműködése révén állnak össze. Így teljes innovációs lánc jön létre, amely az alapkutatások eredményeitől az alkalmazott kutatásokon és fejlesztéseken át a késztermékig vezet. A platformban résztvevő fontos intézményeket az 1. sz. mellékletben soroljuk fel.

### 3.3. Vállalkozások

Több magyarországi vállalkozás foglalkozik azzal, hogy az általa, vagy más intézmények által elért **K+F** eredményeket a gyakorlatba átültesse. *Ezek közül az alábbiakat mutatjuk be:*

**ANTE Kft** ([www.ante.hu](http://www.ante.hu))

***Főbb szakterületek a nanotechnológia témáján belül:***

- Szén nanocsövek (előállítás, kezelés, vizsgálat).
- Természetes fotonikus kristályok (pillangószárny).
- Szilíciumnitrid és szén nanocső kerámia kompozitok (nagy termikus sokk ellenállás, nagyon kicsi kopási állandó).
- Biokompatibilis kerámiák orvosi alkalmazásokhoz (hidroxiapatit és kalciumfoszfát alkalmazásával).
- Nemegyensúlyi fázisátalakulások.

**THALES Kft** ([www.cvonline.hu/new](http://www.cvonline.hu/new))

***A Thales Nanotechnológiai zrt. Egyedülálló kémiai berendezése (H-Cube) nyerte a 2005. évi Ipari Innovációs Díjat.*** A Gazdasági és Közlekedési Minisztérium által felajánlott díj minden évben annak a találmánynak jár, amelyet a szakmai és gazdasági szakemberekből álló



zsűri valamilyen iparágban kiemelkedően innovatív megoldásnak értékelt. A győztes H-Cube a világ első nagynyomású, folyamatos üzemmódú mikrofluidikai hidrogénező készüléke, amely kapszulába zárt nanostruktúrált heterogén katalizátorokkal működik. Szemben az eddigi elterjedt nagyméretű készülékekkel, amelyek működéséhez külön robbanás-biztos helyiségre van szükség, a cipős doboz nagyságú H-Cube a szokásos kémiai laboratóriumok fülkéjében is használható. Az H-Cube készülékkel a reakcióidők jelentősen lerövidülnek, sőt, eddigi megvalósíthatatlannak hitt kémiai átalakítások is véghezvihetők vele. A termék a tavalyi év során elnyerte az „*Innovációs Oscar*”-nak is nevezett amerikai R&D 100 Award díjat, amely az adott év technológiailag legjelentősebb termékeit és eljárásait tünteti ki.

### **METAL-ART ZRT ([www.metal-art.hu](http://www.metal-art.hu))**

*A Metal-Art Nemesfémipari Zrt. évek óta foglalkozik különféle nano anyagok előállításával és ezek hordozóra történő felvételével, különféle ipari célcsoportokra irányulva.* Az NKTH finanszírozási lehetőségével ezek a fejlesztések felgyorsultak a METANANO projekt keretében.

#### *A fejlesztési irányzatok eddigi kiemelkedő eredményei:*

- Nano ezüst hatóanyag (vizsgálatokkal alátámasztott) előállítása, melyek mind a Gramm-pozitív, mind a Gramm-negatív baktériumokra, mind a gombákra egyidejűleg hatnak, gyógyászat, sebkezelés.
- Karbon nanocső Ag, Pd, Pt nano fémrészecskékkel történő bevonása, mely a katalizátorok területén nagy előrelépést jelenthet, pl. hidrogén katalízis.
- Karbon nanocsövek nemesfémekkel történő bevonása és polimer mátrixokba történő bevitele, híradástechnikai fejlesztések, szenzortechnika,
- Ivóvízszűrés, hordozóra felvitt nano antibakteriális határu kompozitok fejlesztése,
- Nano TiO<sub>2</sub> fotokatalitikus hatásának alkalmazása,

A fejlesztések kapcsán nano üzem telepítése folyik mely lehetőséget ad az ipari léptékű gyártmányok előállítására.

*Az Egyetemek, Kutatóintézetek és a vállalkozások gyakorlati együttműködéséből jönnek létre a K+F+I eredmények.*

### 3.4. A magyarországi nanotechnológiára vonatkozó összefoglaló értékelés

A *Nemzeti Kutatás-fejlesztési és Technológiai Hivatal Stratégiai Főosztályának* szakértői a következőkben foglalták össze a hazai nanotechnológia helyzetét, perspektíváit és a teendőket. [54]

#### *Mit ígér a nanotechnológia?*

- „Tiszta” energiaforrást
- Mindenki számára elérhető „tiszta” vizet
- Hosszabb és egészségesebb emberi életet
- A mezőgazdaság termelékenységének maximalizálását
- Hatékony, mindenki számára elérhető információs technológiát
- Az űrkutatás rohamos fejlődését

*2.sz táblázat*

#### **Piaci lehetőségek:**

<b>1.</b>	<b>Generáció</b>	<b>Napjaink</b>
	Passzív nanostruktúrák: bevonatok, nanoszemcsés, nanostruktúrált fémek, polimerek, kerámiák.	
<b>2.</b>	<b>Generáció</b>	<b>0-5 év</b>
	Aktív nanostruktúrák: félvezetők, célzott gyógyszer adagolás.	
<b>3.</b>	<b>Generáció</b>	<b>2010 után</b>
	3-D nanorendszerek: heterogén nanovegyületek, különböző „szerveződési” technikák, hálózatok a nanotartományban, új architektúrák	
<b>4.</b>	<b>Generáció</b>	<b>2020 után</b>
	Heterogén molekulákból álló molekuláris nanorendszerek, melyek modellezik az életfolyamatokat.	

***Nanotechnológiák széleskörű elterjedéséhez megoldandó feladatok:***

- Élettartam vizsgálatok
- Biztonsági, toxikológiai vizsgálatok
- Nanometrológiai standardok kidolgozása
- Etikai kérdések szabályozása
- Alkalmazhatóság szigorú kontrolja

***Hazai lehetőségek az ipar számára. Honnan nőhet ki a magyar nanoipar?***

- Kis és közepes vállalatok: rugalmasabbak, piacérzékenyebbek, innovatívabbak.
- Az egykori nagy ipari kutatóintézetek, nagyvállalatok „romjain” alakult új - elsősorban kis-, és közepes vállalatok – vállalkozások: több évtizedes szakmai kultúrák, felhalmozott tudás és szakmai kapcsolatok.
- Tradicionális magyar ágazatok: gyógyszeripar, kolloidika, katalizátorok, festékipar.
- Nagy hozzáadott értékű termékek: gyógyszeripar, orvostechnika.
- Spin-off vállalkozások: egyetemi, kutatóintézeti „tudásbázis” háttérrel.
- Egyetemek-kutatóintézetek – vállalkozások konzorciumai: tudásbázis + hardwer (műszerpark, vizsgáló berendezések) + piacismeret Interdiszciplináris tudomány.

***Milyen forrásból kell felnőni a magyar nanoiparnak?***

- Állami finanszírozás -> Teljes technológia-váltás.
- Magántőke -> Hatékonyság, közös kockázatvállalás.
- Nemzetközi (EU) finanszírozás -> Interdiszciplináris terület.
- Multifunkciós termékek.

### ***Oktatási kérdések:***

- Nanotechnológia vagy nanotudomány? Nem szabad megismételni azt a hibát, hogy nem oktatunk technológiát. Esélye a kutatóegyetemnek van.
- Legyen-e akkreditált felsőfokú szakképzés? Igen. Pl.: nanotechnológiai mérnök. MSc-vel kell kezdeni (nem menedzser, hanem szakember képzés). Szükséges ipari, félüzemi, laboratóriumi gyakorlat kül- és belföldön.
- Fontos a felsőfokú képzést megalapozó, előkészítő középfokú képzés a nanotudományok terén.

### ***Javaslatok:***

- Általános és specializált tanszékek (pl. Nanoelektronika) kellene;
- Karközi képzés (pl. BME terméktervező mérnök képzés);
- Stabil informatikai ismeretek.

### ***Ajánlás:***

***Kell egy nemzeti nano stratégia, melynek négy fejezete legyen:***

- K+F
- Ipar
- Oktatás
- Társadalmi aspektusok

### ***Nano-SWOT:***

#### ***Strengths***

- Erős alapkutatási háttér az MTA és egyetemi kutatóhelyeken.
- Erős kibontakozó hajlam az interdiszciplináris megközelítésre.
- Európai nagyberendezési hozzáférés, kapcsolatok.

### ***Weaknesses***

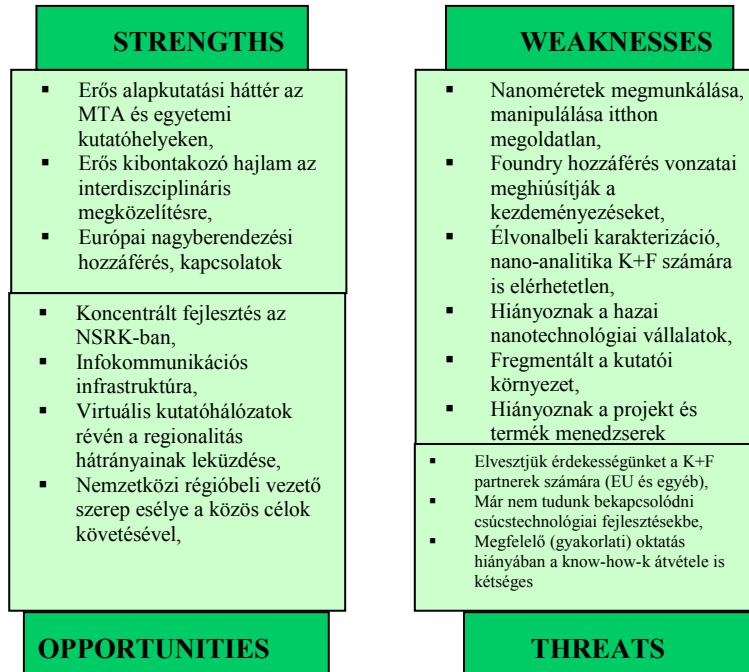
- Nanoméretek megmunkálása, manipulálása itthon megoldatlan.
- Foundry hozzáférés vonzatai meghiúsítják a kezdeményezéseket.
- Élvonalbeli karakterizáció, nano-analitika K+F számára is elérhetetlen.
- Hiányoznak a hazai nanotechnológiai vállalatok.
- Fregmentált a kutatói környezet.
- Hiányoznak a projekt és termék menedzserek.

### ***Opportunities***

- Koncentrált fejlesztés az NSRK-ban.
- Infokommunikációs infrastruktúra.
- Virtuális kutatóhálózatok révén a regionalitás hátrányainak leküzdése.
- Nemzetközi régióbeli vezető szerep esélye közös célok követésével.

### ***Threats***

- Elvesztjük érdekességünket a K+F partnerek számára (EU és egyéb).
- Már nem tudunk bekapcsolódni csúcstechnológiai fejlesztésekbe.
- Megfelelő (gyakorlati) oktatás híján a know-how-k átvétele is kétséges.



#### 4. Hadiipari alkalmazási lehetőségek a világban

*Ezen fejezetben elsősorban az USA-ban kidolgozott közép- és hosszútávú fejlesztési terveket elemezzük, mert ezek számos olyan elemet tartalmaznak, amik megfontolandók lehetnek a hazai kutatások tervezésénél.*

A világ majd minden hatalma erőfeszítéseket tesz a nanotechnológia kutatására és fejlesztésére a hadiipar számára. Ázsia és Európa országai - kivéve Svédországot – elsősorban a **hagyományos védelmi eszközöket** fejlesztik nano anyagok segítségével, de nem dolgoztak ki speciális programot a nanotechnikával szembeni védekezésre.

*Nem így az USA hadereje, mely nagy erőfeszítéseket tett a folyamatos fejlesztésre mind a támadás, mind a védekezés terén. Az USA nano anyagokkal kapcsolatos teljes fejlesztési költségvetése 30% -át*

a védelmi szektor állja. A teljes költségvetés 2007-ben például 523 millió dollár volt.

*A fejlesztéseknek nagyon sok iránya van [50], [55], [57], [58]:*

- Robbantás területén (vegyi összetétel, hatáskör).
- Biológiai és gyógyászati.
- Biológiai és vegyi szenzorok.
- Elektronika.
- Teljesítmény elektronika.
- Szerkezeti anyagok.
- Légi és vízi járművek.
- Bevonatok.
- Szűrők.
- Gyártástechnológia.

#### **4.1 Institute for Soldier Nanotechnologies**

A nanotechnológia haditechnikai jelentőségét bizonyítja, hogy az USA-ban, a Massachusetts Institute of Technology (MIT) keretén belül 2002-ben létrehozták az intézményt (ISN).[60] Az ISN küldetése szerint az alaptudományok és a mérnöki kutatás-fejlesztés segítségével *az alábbi területekre fókuszál:*

- A jövő katonáinak védelme a vegyi és biológiai fegyverekkel szemben.
- A sérülések kezelése és gyógyítása.
- Az emberi teljesítőképesség fokozása.

*Ennek megfelelően a haditechnikai kutatások – többek között – az alábbi területekre fókuszálnak:*

- Könnyű, multifunkcionális anyagok.
- Védő harci öltözék.

- Robbanás és lövedék elleni védelem.
- Vegyi és biológiai anyagok érzékelése.

A fenti célok realizálása érdekében **5 Stratégiai Kutatási Területet** (Strategic Research Area, SRA) alakítottak ki és a munkát 27 specifikus projekt keretében végzik. ***Ezek a következők:***

**SRA 01: Könnyű, nanoszerkezetű szálak és anyagok** (Light Weight, Multifunctional Nanostructured Fibers and Materials).

***Ez az SRA a katonák védelmét és túlélőképességét szolgáló ruházatok és egyéb eszközök nanotechnológiai alkotóelemeinek kutatását-fejlesztését célozza.***

- Felületaktív multifunkcionális szálak anyagok és termékek.
- Intelligens kvantum egységek: gyártás, érzékelés, azonosítás.
- Szén nanocsöves képalkotó és érzékelő eszközök.
- Összetett anyagú szálak anyagok (fiberek).
- Funkcionális és válaszképes elasztomer anyagok.
- Fény és hang egyidejű szabályozására szolgáló nanoanyagok.

**SRA 02: Hadi ruházat által szolgáltatott gyógykezelés** (Battle Suit Medicine ).

***Ez az SRA a katonák orvosi kezelésének javítását célozza aktív és passzív, helyszíni és távkezelési eljárások kidolgozásával.***

- Nanoszerkezetű aktuátorok: a gyártás elveinek lefektetése.
- Nanoszerkezetű filmek és funkcionális felületek harcmezőn történő gyógyításra.
- Nem invazív orvosi vizsgálat és gyógyszeradagolás.



**SRA 03: Lövedékek és robbanások elleni védelem (Ballistic and Blast Protection).**

*Ez az SRA a katonák robbanások elleni védelmére fókuszál, vizsgálva, elemelve az emberi szervezet (pl. agyszövet) és a robbantások kölcsönhatásait.*

- Könnyű nanoszerkezetek rendkívül erős, energiaelnyelő anyagokhoz.
- Mechanikai tulajdonságok molekuláris szintű megközelítése, lövedékek elleni védelemhez.
- Lövedékek elleni védelemet és sérülések csökkentését szolgáló anyagok és szerkezetek.
- Természetes anyagok mechanikai tulajdonságainak javítása.
- Robbantások elleni védelemet és sérülések csökkentését szolgáló anyagok és szerkezetek.
- Lökéshullámok kölcsönhatásának vizsgálata komplex anyagokkal, (emberi szövetek), a lökéshullámok terjedésének vizsgálata, modellezése és szimulációja szilárd anyagokban.

**Ezen eredmények alapján:**

- Információkat nyújtani a robbantás elleni védelmet nyújtó-
- Megelőzni emberek és szerkezetek robbantás általi sérülését ultra könnyű anyagok és szerkezetek tervezéséhez.
- Ultra könnyű merevítő szerkezetek és fotótechnikai nanokompozitok:

(Könnyű, nanokristályos ötvözetek robbantások elleni védelemre)

- Lövedék és robbanásálló anyagok és szerkezetek célirányos tervezése.
- Könnyű, nanokristályos ötvözetek ütközések, becsapódások és robbantások elleni védelemre.

**SRA 04: Vegyi és biológiai anyagok – detektálás és védelem**  
(Chem/Bio Materials Science – Detection and Protection).

*Ez az SRA a veszélyes anyagok és közegek érzékelésének módjaira és az ellenük való védelem megoldásaira fókuszál.*

- Multifunkcionális, kapcsolható (vezérelhető) felületek, védelemre és túlélőképesség javítására Toxikus anyagok érzékelésére és ellenük való védekezésre alkalmas nanoanyagú bevonatok kifejlesztése

(CVD technikával készített polimer nanobevonatok, kapcsolható (vezérelhető) felületek és újszerű elasztomerek a sejtfunkciók és a sejttalajú bioszenzorok teljesítőképességének javítására.)

- Ultraérzékeny vegyianyag detektorok.

**SRA 05: Nanorendszerek integrálása** (Nanosystems Integration).

*Ez az SRA a nanoméretű FET tranzisztorok, optikai szálak és egyéb szerkezetek fejlesztésére fókuszál, melyek lehetővé teszik a nem RF sávban folytatott kommunikációt, érzékelést és információközlést.*

- Nanoelektronika.
- Integrált szálanyag-elasztomer rendszerek.
- Nem RF kommunikáció.

**4.2 Megvalósított illetve fejlesztés alatt álló haditechnikai alkalmazások**

Számos haditechnikai vonatkozású fejlesztés valósult már meg illetve érkezett a megvalósítás stádiumába.

*Példaként említjük az alábbi fejlesztéseket:*

- Védőkesztyű: Olaj- katonai vegyianyag- és lángálló nanoréteggel kombinált gumikesztyű. [61].

- Lővedékálló Kevlár mellény, víz- és baktériumálló nanoanyag bevonattal. [61].
- **„Dinamikus páncél”** kb. 100 mikron szélességű üreges szálatokat megtöltenek mágneses nanoanyagot tartalmazó részecskékkal. Mágneses tér hatására a részecskék rendeződnek és merev szerkezetet képeznek. [62].
- Nanoanyagokkal megerősített polimerből készülő sisakok 40-60 százalékkal könnyebbek, mint a hagyományos acélsisak – egy teljes felszerelés akár húsz százalékkal könnyebb lehet. [2].
- Hogyan alkalmazható a nanotechnológia az elhagyott harcterek megtisztítására (beleértve a biológiai, vegyi és nukleáris szennyezettséget) úgy, hogy a víz és a talaj ne szennyeződjék. [39].
- Az azonosítások érdekében kifejlesztett műanyag ID kártyák, jelszavak pinkódok kicserélhetőek biológiai tulajdonságokkal, mint például ujjlenyomat, retinaszkener, hangazonosítás. Ezen a területen a nanotechnológia és a biometrika közös területein folynak kutatások a hadiipar számára az Egyesült Államokban. [63].
- Irakban szükséges volt a harci járműveknek alkalmazkodni az aknákhöz illetve a különböző útviszonyokhoz. Ez teszi szükségessé a páncélzat fejlesztését, mely könnyebb és ezzel egyidejűleg erősebb lehetne Ezen újításokat új anyagok fejlesztésével lehet megvalósítani. Egy amerikai cég (Reactive Nanotechnologies Inc. ) szabadalma szerint, melynek tárgya egy úgynevezett nanofoil technológia, ez megvalósítható, többrétegű illesztéssel szilikon karbid, és titánium segítségével. [64], [65].
- Biológiai és vegyi háborúk esetére fejlesztettek ki Amerikában olyan szenzorokat a nanoanyagok segítségével, mely könnyűek, kicsik, és többségükben nano arany játssza a kulcsszerepet. Ilyen veszélyhelyzetek megoldására is fejlesztettek különböző anyagokat. A jövő bombái fémoxidokkal tölthetők meg a levegőt, melynek roncsoló hatása lehet a szervezetbe jutva. Erre fejlesztették ki azt a szert, melyet a testbe injekciózva megköti a fém

hulladékokat, mivel nano mágneses részecskéket tartalmaz. [66].

- Litium-titanát energiatároló elemeket fejlesztenek az USA Haditengerészete számára, az eddig alkalmazott diesel generátorok kiváltására. Robbanóanyagok és vegyi harcanyagok detektálására fejlesztenek nanoszenzorokat. [67].
- Robbanóanyagok (TNT, PETN, RDX) nagy távolságból történő detektálására alkalmas eszköz. [41].
- Fertőző és szennyező anyagok szűrésére szolgáló nanoanyagokat fejlesztettek az amerikai haderő részére. [42].
- Sisakra erősíthető ultra könnyű kézpalkotó rendszer katonák és pilóták számára. [43].
- Veszélyes vegyi anyagokat kezelő katonák számára nanoanyagú bevonattal ellátott védőkesztyű. [44].
- Újszerű robbanóanyagok gyártására szolgáló nanoalumínium anyagok. [45].

### **4.3 A nanotechnológia haditechnikai alkalmazásai az USA-n kívül**

*Természetesen nemcsak az USA fordít nagy figyelmet a nanotechnológia haditechnikai alkalmazásaira. Példaként közöljük az alábbi információkat:*

- Japánban és Németországban is kutatják a nano anyagok DNA „szabályozását” 2011-re várható lényeges eredmény. Ez a fajta kutatás nagy hatással lehet a hadászatra de a polgári alkalmazásokra is a jövőben. [68] .
- A francia hadsereg ultrakönnnyű hőkamerák és kézpalkotó rendszerek fejlesztését rendelte meg. [46].
- Jürgen Altmann szakíró szerint a következő 10-20 évben a fejlődés iránya a nano anyagok robbanásszerű fejlődése miatt kissé megváltozik. A fő csapásirányok ezután a kicsi robotok, rakéták, lövedékek, szatellitek, szenzorok lesznek, továbbá könnyebb és erősebb anyagok a jármű és hadi ipar számára, pl. implantátumok

formájában katonákba, fémmentes lőfegyverek, kisebb biológiai és vegyi fegyverek. Ez a fejlődés komoly veszélyeket is rejt, melyekre fel kell készülnie a haderőnek illetve fel kell készíteni a civileket is. [69].

- Az Indiai Kutatási Intézet a Védelmi Minisztériummal együtt közös kutatáson dolgozik, hogy felderítsék a nano technológia hadászatban alkalmazható jövőjét. Biztosak a nano anyagok széleskörű elterjedésében, hiszen így sokkal megfelelőbb anyagok gyárthatók alkalmazás specifikusan, majd hogy nem atomokból. Az országban nagyon gyors ütemben fejlődik a nanoanyag előállítás és vele párhuzamosan az ezt alkalmazó technológia. Fejlesztnek ma vékony szenzorokat, intelligens anyagokat, melyek fényre vagy hőre reagálva változtatják a tulajdonságaikat és természetesen nano robotokat is.

***Szerintük a nanoanyagok újszerű haditechnikai alkalmazásait az alábbi hatásokra lehet alapozni:***

- Nano anyag nagyon agresszíven károsítja a tüdőt, mint azt a diesel üzemanyagok és erőművek melléktermékei méretüknél fogva bekerülnek a tüdőbe és fém , hidro-karbon anyagokat hoznak magukkal.
- Bőrön keresztül is bejut a nanoanyag a szervezetbe és a vérárammal az agyba is eljuthat. Az emberi szervezetnek még nincs természetes immunitása ezekkel az anyagokkal szemben hiszen még nem ismeri őket, ezért sokkal mérgezőbb hatásúak.
- Nano bomba: Tartalmaznak olyan önszaporító vírusokat, amik városokat országokat tudnak letörölni a térképről.

Ilyen jövőbeli háborúban nem kell csatákat vívni és a „**katonák**” sosem fogják tudni, hogy nano fertőzöttek. [70].

## **5. Hazai nano anyag és technológia fejlesztési lehetőségek a hadiipar számára**

*A fentiek alapján a hadiipari kutatási és fejlesztési irányokat a világban a következőképpen részletezhetjük:*

### ***Támadó jellegű***

- Modern fegyverzet.
  - Súlycsökkentés.
  - Merevség növelés.
  - Hatékonyság növelés.
  - Robbanóanyagok.
  - Biológiai és vegyi fegyverzet.

(Nanobombák)

### ***Védelmi jellegű***

- Biológiai és vegyi támadások észlelő szenzorai.
- Hatáscsökkentés.  
(Oltóanyagok, Sérüléskezelés)
- Harckocsik felszereltsége (aknavédelem).
- Biológiai azonosítás.

### ***Kényelmi szempontok***

- Egyenruha.
- Fegyverzet.
- Speciális ruházatok (vízi, légi).
- Harckocsik.

### ***Költséghatékonyság***

- Gyártástechnológiák.
- Nanoanyag előállítás.
- Üzemanyagok.
- Elektronika, teljesítményelektronika.
- Szerkezeti anyagok.

### ***Gyógyászati célú***

- Fertőtlenítés.
- Víz, gáztisztítás.
- Bőrön keresztüli felszívódás.
- Véráramban alkalmazás.
- Orvosi műszerek.
- Implantátumok.
- Immunrendszer erősítés, felkészítés.

### ***Energiatárolás***

- Hidrogéntárolás.
- Szuperkapacitások.
- Energia elnyelő nanoanyag.

A felsorolt elemek a világ jelenleg megismerhető trendjét mutatják be a nanotechnológia hadiipari alkalmazására vonatkozóan. Ezen elemekből – figyelembe véve a 3. pontban bemutatott **hazai lehetőségeket és adottságokat** – *a következő elemeket emeljük ki, egyenlőre súlyozás és rangsorolás nélkül:*

1. Robbanóanyag fejlesztés.

2. Biológiai azonosítás *(Biológiai azonosítás alatt értjük a DNS, retina, ujjlenyomat, stb. alapján történő azonosításra szolgáló eszközöket és eljárásokat).*
3. Szenzorok.
4. Egyszerű egészségügyi alkalmazások *(Egyszerűbb egészségügyi eljárások alatt értjük a nanoméretű nemesfémek antibakteriális hatásán alapuló eszközöket és eljárásokat).*
5. Üzemanyagok *(Ez esetben elsősorban a nanoanyagú katalizátorok fejlesztéséről van szó).*
6. Energiatárolás *(Ez esetben az innovatív tüzelőanyagcellák fejlesztésére szolgáló nanoanyagokról van szó).*
7. Vízsűrés *(Vízsűrés alatt értjük a fertőző, mérgező vagy mechanikai szennyező anyagokat tartalmazó vizek szűrését aktív szenes, nano szénecsöves és nano ezüstös szűrőbetétekkel).*
8. Hadi felszerelés, ruha *(Hadi felszerelés alatt értjük a könnyű, nagyszilárdságú, lövedék- és robbanásálló sisakot, mellényt, továbbá a fertőtlenítő hatású ruhadarabokat).*
9. Szerkezeti anyagok.
10. Légszűrők.
11. Gyártástechnológia.

*A kiválasztott 11 témát a következő – 6. fejezetben – kifejtett egészségügyi, környezetvédelmi hatások tárgyalása után a 7. fejezetben értékeljük.*

## **6. Gazdasági, egészségügyi és környezetvédelmi hatások**

*Eddig bemutattuk a nanotechnológia műszaki-gazdasági jelentőségét tárgyaló információkat továbbá a már megvalósított illetve potenciális alkalmazási lehetőségeket. Figyelembe kell vennünk azonban az „óvatos” véleményeket is, melyeket az alábbiakban foglalhatunk össze:*



## 6.1 Egészségügyi vonatkozások

Mind a nanotechnológia terén dolgozó szakemberek, mind azok családtagjai, továbbá a nanotechnológiával készített termékeket fogyasztók ki vannak téve a nanoanyagokkal kapcsolatos, még nem teljesen felderített és tisztázott egészségügyi hatásoknak.

Bár kevés ismeretünk van a nanoanyagok környezetre és élő szervezetre gyakorolt hatásáról, a fogyasztók számára már számos, nanoanyagot tartalmazó cikk elérhető: pl. napvédő krémek, kozmetikumok, sporteszközök, étkezési olajok, rágógumik, stb.

A technika története bizonyította, hogy egy-egy új technológia bevezetése alapos kockázatelemzés és vizsgálsorozatok nélkül veszélyes és nem utolsósorban igen költséges. [28], [35], [36], [37], [71].

Fentiekre is tekintettel 2004 szeptembere és 2005 januárja között 29 USA-beli szakértő (Delphi panel) áttekintette a nanotechnológia ismert hátterét, a K+F tevékenységeket, fókuszálva az orvosi és katonai alkalmazásokra valamint a potenciális környezetszennyezési problémákra és egészségügyi kockázatokra, a 2005-2010 és a 2010-2025 közötti időszakokra. A felvetett problémákat három csoportban összegezték (egészségügyi, környezetvédelmi és általános kockázatok) és súlyozták -1-től -10-ig terjedő értékeléssel, így meghatározva a nanotechnológiai kutatási prioritásokat. [72], [73].

### *1. csoport: egészségügyi kockázatok*

- Hogyan kerülnek az emberi testbe a nanorészecskék? -8.76
- Az emberi testbe bekerült nanorészecskék kikerülnek a védekező mechanizmusokat? Mi a valószínűsége, hogy az immunrendszer felismeri a nanoanyagokat? -8.76
- Mik a meghatározó elemei a nanorészecskék élő szervezetre való hatásának? -8.28
- Mik a nanorészecskék lehetséges behatolási útjai – levegő és víz? -8
- A vegyi anyagokra jelenleg alkalmazott toxicitási tesztek alkalmazhatók-e nanoanyagok esetén? -8

- Melyek azon felületi tulajdonságai a nanoanyagoknak, melyek mérgezővé válhatnak? -7.74
- Koncentrálódnak a nanorészecskék kritikus helyeken, mint pl. a tumor? -7.6

## **2. csoport: környezetszennyezésre vonatkozóan**

- Milyen a nanocső alapú szerkezetek biodegradációja? -8.72
- Beléphetnek-e a nanorészecskék a táplálékláncba a baktériumok révén? -8.42
- Hogyan kerülhetnek a nanoanyagok a környezetbe és megváltoznak-e ha egyik közegből (pl. levegő), egy másik közegbe (pl. víz) kerülnek? -8.4
- Hogyan kerülhetnek a nanoanyagok a növényekbe és más szervezetekbe? -8.28
- Hogyan tehető az e téren folytatott kutatás interdiszciplináris és nemzetközivé? -8.16
- Hogyan alkalmazható a nanotechnológia az elhagyott harcterek megtisztítására (beleértve a biológiai, vegyi és nukleáris szennyezettséget) úgy, hogy a víz és a talaj ne szennyeződjék? -8
- Mi a környezeti hatása a nanotechnológiai víztisztító rendszereknek? -7.86

## **3. csoport: általános kérdések és témák**

- Hogyan lehet minimalizálni a nano/military anyagok előállítása során keletkező hulladékot és a felhasznált energiát? -8
- Milyen képzések szükségesek a nanotechnológia biztonságos fejlesztéséhez és alkalmazásához? -8.34

Mind a hazai, mind a külföldi környezetvédők problémákat vetnek fel a nanoanyagok alkalmazásával kapcsolatban: *„Nanoezüstöt tartalmazó zoknit, bandázst, atléta-öltözéket már hordanak – és kimosnak. Vannak nanoezüst-adalékkal feljavított szagtalanító hatású tisztítószeres is. Az első kísérlet ezek környezeti hatásának*

*tanulmányozására viszont még csak most történt meg. Az Arizona Állami Egyetem kutatói arról számoltak be, hogy közönséges mosási folyamat alatt jelentős mennyiségű nanoezüst részecske mosódik ki a nanoezüsttel impregnált zoknikból. A kísérlet során az egyes termékek eltérő mennyiségű nanoanyagot eresztettek a vízbe. Feltételezhető, hogy egyes gyártási technológiák erősebben kötik meg a hordozó anyagokban a nanoezüstöt.” [74]*

Ehhez kapcsolódik az USA Környezetvédelmi Hivatala (EPA) intézkedése, mely szerint **„a baktériumokat elpusztító ezüstrészecskéket felhasználó gyártóknak tudományos bizonyítékokkal kell igazolniuk, hogy a felhasznált ezüstrészecskék nem károsak a vizekre és az emberi egészségre.”** Környezetvédők és mások is aggódnak amiatt, hogy a nanoezüst hasznos baktériumokat és vízi organizmusokat pusztíthat el a környezetbe jutva, sőt kockázatot jelenthet az emberekre nézve is. A nanoezüstöt kórokozók elpusztítására használják például cipőbélésekben, élelmiszertároló-konténerekben, légrfrissítőkben, mosógépekben és más termékekben. A legtöbb nanoanyagot nem érinti az EPA mostani döntése. A nanoezüst alkalmazásának szabályozása a kormány első lépése a nanotechnológiai ipar egy területének szabályozására. A nanotechnológia célja új anyagok és termékek kifejlesztése atomi és molekuláris szintén alkalmazott eljárások révén. Viszonylag új területről van szó, amelynek hatásai nem ismertek még kellően. Az EPA tavaly decemberben adta ki e témában első hivatalos jelentését, amely leszögezte, hogy vannak még **„hézagok”** a tudományos ismeretek, a kockázatok kezelése és az új technológiák lehetséges hatásait illetően. Az EPA döntéséről szerdán éjjel számolt be internetes honlapján a The Washington Post. [40]

## **7. Értékelési szempontok**

*Az 5. pontban megjelöltük azt a 11 tématerületet, melyeket célszerű elemezni a hazai nanoanyagokat és nanotechnológiákat alkalmazó hadiipari kutatások irányvonalainak meghatározása érdekében.*

1. Robbanóanyag fejlesztés.
2. Biológiai azonosítás (Biológiai azonosítás alatt értjük a DNS, retina, ujjlenyomat, stb. alapján történő azonosításra szolgáló eszközöket és eljárásokat).

3. Szenzorok (NO<sub>2</sub>, CO, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> and NH<sub>3</sub> gázérzékelők szén nanocsőre felvitt nemesfém nanoanyagokkal illetve hidrogén érzékelők szén nanocső és palládium kompozittal).
4. Egyszerű egészségügyi alkalmazások (Egyszerűbb egészségügyi eljárások alatt értjük a nanoméretű nemesfémek antibakteriális hatásán alapuló eszközöket és eljárásokat).
5. Üzemanyagok (Ez esetben elsősorban a nanoanyagú katalizátorok fejlesztéséről van szó). Energiatárolás (Ez esetben az innovatív tüzelőanyagcellák fejlesztésére szolgáló nanoanyagokról van szó).
6. Vízsűrés (Vízsűrés alatt értjük a fertőző, mérgező vagy mechanikai szennyező anyagokat tartalmazó vizek szűrését aktív szenes, nano szénecsöves és nano ezüstös szűrőbetétekkel).
7. Hadi felszerelés, ruha (Hadi felszerelés alatt értjük a könnyű, nagyszilárdságú, lövedék- és robbanásálló sisakt, mellényt, továbbá a fertőtlenítő hatású ruhadarabokat).
8. Szerkezeti anyagok.
9. Légszűrők.
10. Gyártástechnológia.

*A fenti 11 téma területet az alábbi öt szempont alapján vizsgáltuk és súlyoztuk (a súlyozást 1-től 10-ig terjedő skálán végeztük):*

1. Nemzetközi viszonylatban a párhuzamos kutatások elkerülése, (Súlyozás: 9).
2. A magyar haderő jelenlegi feladatai, eszközszükségletei, hiányosságai (Súlyozás: 6).
3. Magyarországon működő nanotechnológiával foglalkozó vállalkozások profiljai (Súlyozás: 4).
4. Olyan hadiipari kutatások, melyeknek szerepük lehet későbbiekben a polgári felhasználásban is. (Súlyozás: 8).
5. A 6. fejezetben tárgyalt negatív hatások (Súlyozás: 1).

## **7.1 Nemzetközi viszonylatban a párhuzamos kutatások elkerülése**

Ezen feltételnek megfelelően a következő kutatási irányok célszerűek, melyek értékelése a következőképpen alakul.

- Robbanóanyag fejlesztés (érték: -1)
- Biológiai azonosítás (érték: -7)
- Robbanóanyag érzékelők, egyéb szenzorok (érték: -3)
- Egyszerű gyógyászati alkalmazások (érték: -2)
- Üzemanyagok (érték: -6)
- Energiatárolás (érték: -6)

## **7.2. A magyar haderő feladatai**

*Olyan szempontok szerint is szelektálunk, hogy a magyar haderő milyen feladatokat lát el itthon és a világ egyéb területein jelenleg, és milyen jövőbeli követelmények fognak adódni.*

*Tudomásunk szerinti jelenleg leginkább felmerülő feladatok:*

- Missziók
- Felderítés
- Békefenntartás
- *Ezen szempontok alapján a következő irányokat tartjuk indokoltnak:*
- Szenzorok, érzékelők (érték: 7)
- Egyszerű gyógyászati alkalmazások (érték: 8)
- Vízszűrés (érték: 10)
- Hadi felszerelés, ruha (érték: 8)

## **7.3 Nanotechnológiát alkalmazó magyar cégek**

*Nemesfém nanoanyag: Metal-Art Zrt*

- Egyszerű gyógyászati alkalmazások (érték: 8)

- Vízsűrés (érték: 10)
- Hadi felszerelés, ruha (érték: 8)
- Szenzorok (érték: 6)

***Mágneses nanorészecskék: Szegedi Egyetem, Metal-Art Zrt***

- Szenzorok (érték: 6)
- Vízsűrés (szeparálás) (érték: 10)

***Nano szénecső és nanofémekkel kombinált szénecső Szegedi Egyetem, ANTE Kft, Metal-Art Zrt***

- Szerkezeti anyagok, hadi felszerelés (érték: 6)
- Katalizátorok (érték: 7)

#### **7.4. Lehetséges polgári alkalmazások**

***A leginkább szóba jöhető polgári alkalmazásokat is előre vetítő fejlesztési irányok a következők:***

- Légszűrők (érték: 8)
- Vízsűrők (érték 10) *A hagyományos vízsűrési eljárásokkal viszont már nem lehet kielégíteni a fejlődő országok (India, Kína) összetett igényeit. Számukra a nanotechnológiát alkalmazó vízsűrési eljárások ígéretesek. A bakteriális szennyezéseken túl a legnagyobb veszélyt az ivóvizek arzéntartalma jelenti. (Egy USA-beli összegzés szerint a kiemelten veszélyeztetett országok: Argentína, Ausztrália, Banglades, Chile, Franciaország, Ghana, **Magyarország**, Mexikó, Taiwan, Anglia, és az USA!).*
- Egyszerű egészségügyi alkalmazások (érték: 10) *A fertőzések megelőzése nanoezüst tartalmú burkoló, kötöző, védőanyagokkal valósul meg. Ezen termékeket az ezüst antibakteriális hatására alapozva fejlesztették és fejlesztik.*
- Szenzorok (érték: 6) *Biológiai és vegyi háborúk esetére olyan szenzorok alkalmazhatók, melyek könnyűek, kicsik, és többségükben nano arany játssza a kulcsszerepet*
- Energiatárolás (érték: 5)

- Szerkezeti anyagok (érték: 8)
- Gyártástechnológia (érték: 4)

### 7.5. Negatív hatások

*A 6. fejezetben tárgyalt negatív hatásokat egyenlőre túl bizonytalanok és tervezhetetlenek a szakirodalom alapján, ezért ezek hatását az összes felmerült területen azonosan (-4 értékkel) vesszük figyelembe. Ezt természetesen az idő előrehaladtával lehet majd változtatni.*

### 8. Az értékelés eredménye

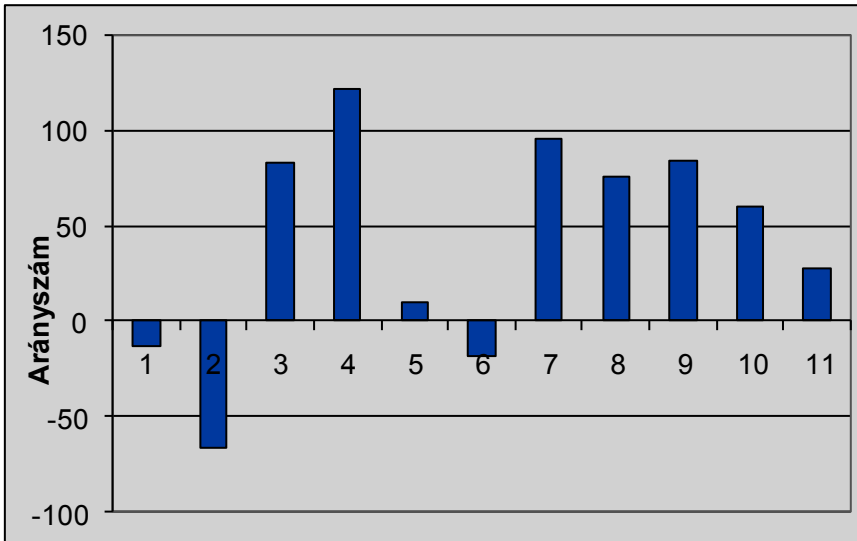
*Az 5, 6. és 7. fejezetek alapján az összesítés könnyedén számolható a kutatási irányok súlyozott értékével.*

4. sz. táblázat

	9	6	4	8	1	
	1. szempont (súly: 9)	2. szempont (súly: 6)	3. szempont (súly: 4)	4. szempont (súly: 8)	5. szempont (súly: 1)	Összesítés
Robbanóanyag	-1				-4	-13
Biológiai azonosítás	-7				-4	-67
Szenzorok	-3	7	6	6	-4	83
Egyszerű egészségügyi alkalmazások	-2	8	8	8	-4	122
Üzemanyag	-6		7	5	-4	10
Energiatárolás	-6			5	-4	-18
Vízszűrés		10	10		-4	96
Hadi felszerelés, ruha		8	8		-4	76
Szerkezeti anyagok			6	8	-4	84
Légszűrők				8	-4	60

Gyártástechnológi a				4	-4	<b>28</b>
------------------------	--	--	--	---	----	-----------





*Értékelésünk szerinti súlyozás a 4.sz. táblázatban és a 7.sz. ábrán jelenik meg.*

Amennyiben a HM döntéshozóinak értékelése szerint a súlyozás a pályázati anyag 6. és 7. pontja szerinti értékektől eltér, a csatolt excel táblázatban és diagrammon az eredmények könnyedén változtathatóak.

## 9. Összegzés

*A 4.sz. táblázatban és a 7.sz. ábrán összefoglalt értékeket szövegesen az alábbiakban értékeljük:*

1. Fejlesztési prioritásként tekinthetjük az *Egyszerű egészségügyi alkalmazások*, a *Vízszűrés*, a *Szenzorok*, a *Hadi felszerelés*, *ruházat* és a *Légszűrők* területét.
2. A felsorolt területek nem jelentik a fejlesztés szétaprózottságát, mivel ezen területek mindegyike a nano ezüst anyagok felhasználásán alapul. A nanoezüst előállítás terén hazai kutató-fejlesztő-gyártóbázis áll rendelkezésre: a Metal-Art Zrt.

3. A *Szerkezeti anyagok* és a *Hadi felszerelés, ruházat* terén a fejlesztés elsősorban a nagyszilárdságú – fokozottan lövedék és robbanásálló – anyagokra fókuszálható. Ezen témák fejlesztése a szén nanocsövek felhasználásán alapul. A szén nanocsövek kutatás-fejlesztésének hazai bázisa a Miskolci Nanotechnológiai Kutatási Központ és a Szegedi Egyetem, a nanocső-nanofém kompozitok fejlesztője a Metal-Art Zrt. A szerkezeti anyagok modellezéséhez, szimulációjához, tervezéséhez és vizsgálatához a hazai intézményeknél (Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemenél, és az S-Metalltech Anyagtechnológiai Kutató-fejlesztő Kft-nél) rendelkezésre áll az ANSYS LS DYNA szoftver és nagysebességű optikai rendszer.
4. A *Légszűrők* fejlesztése aktív szénanyag, szén nanocső és nanoezüst felhasználásán alapul. Az alapanyagok és a technológiák fejlesztéséhez szükséges tudásbázis a Miskolci Nanotechnológiai Kutatási Központnál, a Szegedi Egyetemen, a Metal-Art Zrt-nél és az S-Metalltech Kft-nél rendelkezésre áll.
5. A *Szenzorok* témakörében már folyik hazai K+F munka, a HM FLÜ részvételével. Ezen tevékenység további hazai szereplők bevonásával bővíthető.
6. A *Robbanóanyag* fejlesztést - a súlyozások eredményét tekintve - nem sorolhatjuk a hazai fejlesztési prioritások közé. A témára mégis érdemes figyelmet fordítani, ugyanis a kutatás-fejlesztéshez szükséges nanoalumínium hazai előállítását megoldható (Metal-Art Zrt), a rendelkezésre álló tudásbázis hazai intézményeknél (Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemenél, a HM FLÜ-nél és az S-Metalltech Anyagtechnológiai Kutató-fejlesztő Kft-nél) rendelkezésre áll.

#### **Felhasznált irodalom:**

1. www.origo.hu, 2001. szeptember 21.
2. nanotxUSA '08 Conference and Expo. <http://nanotx.biz/index>.
3. Protecting new ideas and inventions in nanomedicine with patents. Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine,

Volume 1, Issue 2, Pages 150 - 158 . Bawa, S. Bawa, S. Maebius, T. Flynn, C. Wei.

4. [www.enc.hu/lenciklopedia/fogalmi/fiz\\_anyag/nanotech](http://www.enc.hu/lenciklopedia/fogalmi/fiz_anyag/nanotech) **Egyed László**, MTA.
5. <http://www.mfa.kfki.hu/int/nano/> **Biró László Péter** MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutató Intézet.
6. **P. G. Tratnyek and R. L. Johnson**, Nanotechnologies for environmental cleanup, NANOTODAY MAY 2006 | VOLUME 1 | NUMBER 2.
7. **G. R. Thayer, F. Roach, L. Dauelsberg** Estimation of the Economic Effect of Nanomaterials in the Chemical Industry, Los Alamos National Laboratory.  
<http://www.chemicalvision2020.org/nanotechnology.html>
8. Nanotechnology: A Realistic Market Assessment from BCC Research ([www.bccresearch.com](http://www.bccresearch.com), June 6, 2008).
9. M.G. Lines, Nanomaterials for practical functional uses, Journal of Alloys and Compounds 449 (2008) 242–245 243.
10. [www.NanoAmor.com](http://www.NanoAmor.com), Nanostructured & Amorphous Materials, Inc., USA.
11. **Molnár László Milán**: A nanotechnológia építőkövei:  
nanocsövek és nanovezetékek, Az elektronikai technológia újdonságai, BME-ETT 2007.

12. **A.G. Mamalis**, Recent advances in nanotechnology Journal of Materials Processing Technology 181 (2007) 52–58.
13. **H. Huang , Y. Yang**, Preparation of silver nanoparticles in inorganic clay suspensions, Composites Science and Technology (received 15 october 2007).
14. **Y. Zhao, Y. Qi, Y. Wei, Y. Zhang, S. Zhang, Y. Yang, Z. Liu**, Incorporation of Ag nanostructures into channels of nitrated mesoporous silica, Microporous and Mesoporous Materials 111 (2008) 300–306.
15. **L. Li, J.L. Shi, L.X. Zhang, L.M. Xiong, J.N. Yan**, Adv. Mater. 16 (2004) 1079.
16. **A.G. Chmielewski, D.K. Chmielewska, J. Michalik, M.H. Sampa**, Prospects and challenges in application of gamma, electron and ion beams in processing of nanomaterials Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 265 (2007) 339–346.
17. **R. Kalyanaraman, S.Yoo, M.S. Krupashankara, T.S. Sudarshan, R.J. Dowding**, Synthesis and consolidation of iron nanopowders, Nanostructured Materials. Vol. 10, No. 8. pp. 1379-1392.1998.
18. **K. Morsi, H. Keshavan, S. Bal** Hot pressing of graded ultrafine-grained alumina bioceramics, Materials Science and Engineering A 386 (2004) 384–389.
19. **Leonowicz, M. Woźniak, Y.M. Shulga, V.E. Muradyan, Z. Liu, H.A. Davies, W. Kaszuwara, J. Grabski** Processing and

- properties of magnetic nanoparticles encapsulated in carbon shells *Materials Letters* 60 (2006) 442–446].
20. **W. Liu, M. Naka** In situ joining of dissimilar nanocrystalline materials by spark plasma sintering *Scripta Materialia* 48 (2003) 1225–1230 [www.actamat-journals.com](http://www.actamat-journals.com).
  21. **J. Loncto, M Walker, L Foster**, *Nanotechnology in the Water Industry* Volume 4, Issue 2.
  22. Introduction to Nanotechnology Abstracts / Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine 2 (2006) 269–312.
  23. **T. Fleischer, A. Grunwald** Making nanotechnology developments sustainable. A role for technology assessment? *Journal of Cleaner Production* 16 (2008) 889-898.
  24. **A Smith**, Nanotech – the way forward for clean water? *Filtration+Separation* October 2006.
  25. **Evan S. Michelson** \_ Globalization at the nano frontier: The future of nanotechnology policy in the United States, China, and India, *Technology in Society* 30 (2008) 405– 410, 2008 Elsevier Ltd. [www.elsevier.com/locate/techsoc](http://www.elsevier.com/locate/techsoc).
  26. **Alan Smith**, Nanotech – the way forward the clean water, *Filtration+Separation* October 2006 32-33.
  27. *Environ. Sci. Technol.*, 42 (18), 6949–6954, 2008. 10.1021  
Coating Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanoparticles with Humic Acid for High Efficient Removal of Heavy Metals in Water, **Jing-fu Liu, Zong-shan Zhao, and Gui-bin Jiang**.

28. **V. W. Hoyt, E. Mason** Nanotechnology Emerging health issues  
Journal of Chemical Health & Safety, March/April 2008 15.
29. **R. Bhattacharya, P. Mukherjee** Biological properties of “naked”  
metal nanoparticles Advanced Drug Delivery Reviews 60 (2008)  
1289–1306.
30. **A. Navrotsky** / Journal of the Franklin Institute 340 (2003) 263–  
268 267Materials and nanotechnology.
31. **S. Walsh, J. M. Balbus, R. Denison, K. Florini**  
Nanotechnology: getting it right the first time Journal of Cleaner  
Production 16 (2008) 1018-1020.
32. [www.samsung.com](http://www.samsung.com)
33. [www.HVG.hu](http://www.HVG.hu), 2007. november 16.
34. **C.A. Moyer**, Some effects of 0.5 per cent silver nitrate and high  
humidity upon the illness associated with large burns, J. Natl.  
Med. Assoc. 57 (1965) 95–100.
35. **C.A. Moyer, L. Brentano, D.L. Gravens, H.W. Margraf, W.W.  
Monafo Jr.**, Treatment of large human burns with 0.5 per cent  
silver nitrate solution, Arch. Surg. 90 (1965) 812–867.
36. **H.J. Klasen**, A historical review of the use of silver in the  
treatment of burns. II. Renewed interest for silver, Burns 26  
(2000) 131–138.
37. **M. C. Roco** Nanotechnology: Convergence with modern biology  
and medicine, Current Opinion in Biotechnology 2003, 14:337–  
346.

38. **X. Chen, H.J. Schluesener**, Nanosilver: A nanoparticle in medical application Toxicology Letters 176 (2008) 1–12.
39. **N. Sobana, M. Muruganadham, M. Swaminathan** Nano-Ag particles doped TiO<sub>2</sub> for efficient photodegradation of Direct azo dyes, Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 258 (2006) 124–132.
40. [www.vegvireakcio.hu/hirek\\_list.php](http://www.vegvireakcio.hu/hirek_list.php) 2008.07.31.
41. [www.vialogy.com](http://www.vialogy.com), March 2007.
42. [www.emergencyfiltration.com](http://www.emergencyfiltration.com), May 2005.
43. [www.microvision.com](http://www.microvision.com), May 2008.
44. [www.inmat.com](http://www.inmat.com)
45. [www.smalltimes.com/search\\_results](http://www.smalltimes.com/search_results)
46. [[www.ulis-ir.com](http://www.ulis-ir.com), August 2008.
47. **C.A. Moyer**, A treatment of burns, Trans. Stud. Coll. Physicians Philadelphia 33 (1965) 53–103.
48. **M. Trop, M. Novak, S. Rodl, B. Hellbom, W. Kroell, W. Goessler** Silver-coated dressing acticoat caused raised liver enzymes and argyria-like symptoms in burn patient, Department of Paediatrics, Children's Burns Unit, Medical University of Graz, Graz.
49. [www.caware.com.tw](http://www.caware.com.tw)
50. [www.caware.com.tw](http://www.caware.com.tw)

51. **R. Ionescu , E.H. Espinosa , R. Leghrib, A. Felten, J.J. Pireaux, R. Erni, G. Van Tendeloo, C. Bittencourt, N. Cañellas, E. Llobet** Novel hybrid materials for gas sensing applications made of metal-decorated MWCNTs dispersed on nano-particle metal oxides Sensors and Actuators B 131 (2008) 174–182.
52. **A.G. Mamalis** Recent advances in nanotechnology Journal of Materials Processing Technology 181 (2007) 52–58.
53. **Y.-H. Lin, S.-W. Kang, H.-L. Chen,** Effect of silver nano-fluid on pulsating heat pipe thermal performance Applied Thermal Engineering 28 (2008) 1312–1317.  
[www.elsevier.com/locate/apthermeng](http://www.elsevier.com/locate/apthermeng)
54. **Imre József** nkth.gov.hu Lehet-e hűzőághazat a nanotechnológia nélkül?
55. <http://www.acunu.org/>
56. CRN  
[http://crnano.typepad.com/crnblog/2005/03/military\\_uses\\_o.html](http://crnano.typepad.com/crnblog/2005/03/military_uses_o.html)
57. <http://www.luxresearchinc.com/>
58. <http://www.azonano.com/News.asp?NewsID=1912>
59. <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1015.php>
60. [www.web.mit.edu/isn](http://www.web.mit.edu/isn)
61. [www.smalltimes.com/articles/article\\_display](http://www.smalltimes.com/articles/article_display), December 20, 2004.



62. [www.smalltimes.com/articles/article\\_display](http://www.smalltimes.com/articles/article_display), May 28. 2003.
63. <http://www.exampleessays.com/viewpaper/28150.html>
64. Army enlists nanotechnology for vehicle armor, **George Leopold**.
65. <http://www.eetimes.com/news/semi/showArticle.jhtml?articleID=190302263>
66. STREM chemical inc. USA, kiadvány Strem Nanomaterials for Defense & Security.
67. Senate approves Altair Nanotechnologies' battery systems for use in the Navy Altair Nanotechnologies Inc ALTI, 2007. (October 8)), [LITMUS to research carbon nanostructures for US Naval Air Warfare Center.
68. <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=3651.php>
69. Military Nanotechnology Potential Applications and Preventive Arms Control.
70. [<http://www.indiadaily.com/editorial/1732.asp> By **Jürgen Altmann**.
71. **Jerome C. Glenn**, Nanotechnology: Future military environmental health considerations, *Technological Forecasting & Social Change* 73 (2006) 128–137
72. [[millennium/nanotech-rd1.html](http://www.millennium/nanotech-rd1.html) ]
73. <http://www.acunu.org/millennium/nanotech-rd2.html>.

74. [EurekaAlert, Zöld Hírek, 2008. április 7., Mi kerül a környezetbe a szagmentes és baktériummentes, nanoezüsttel kezelt zokniból? [WWW.eurekaalert.org/pubnews.php](http://WWW.eurekaalert.org/pubnews.php) 6-Apr-2008].