

# Félidős a textiles NanoMOF projekt

Nanoporózus fém-organikus vegyületekkel kombinált, veszélyes gáz szűrésére is alkalmas fejtűdő szűrők és védőruházatok kelmeanyag-fejlesztései

Kutasi Csaba, Németh Andrea  
INNOVATEXT Zrt.



A korszerű védőruházatoknál már nemcsak a tökéletes védelmi képesség (adott kockázati tényező elleni védelem) a meghatározó. Az öltözék anyagainak, szerkezetének és kivitelezésének hosszabb idejű viselés esetén is garantálni kell a komfortérzetet,

biztosítani a ruházatzsziológiaiailag optimális belső klímát. Természetesen egyre jobban felmerül az igény, hogy az egyéni védőeszközök textilanyagai a bőrön (és esetleg a tápcsatornán) keresztül sem károsítsák a használat közben viselője egészségét (ne tartalmazzanak káros vegyületeket, allergiát és egyéb megbetegedéseket okozó, mérgező hatású színezékeket, segédanyagokat). Különösen a katasztrófavédelem munkatársai, a vegyipari (főként karbantartást végző) dolgozók számára rendkívül fontos, hogy a mechanikai igénybevételek és a lánghatások elleni védelem mellett, az agresszív folyékony vegyszerek és az emberi szervezetre veszélyes gázok elleni védelmet nyújtó védőöltözékek optimális és kockázatmentes viselési körülményeket biztosítsanak (a szükséges kiegészítőkkel együtt).

A cikk nem tér ki a projekt fontos részét képező fém-organikus vegyület fejlesztésére és a fejtűdő szűrőkre, ez egy későbbi összefoglalóban kerül ismertetésre.

## 1. A projekt rövid bemutatása, a közreműködő partnerek

A 2009-ben indult projekt célja, hogy Európa nemzetközi vezető szerephez jusson az alkalmazott MOF vegyületek (Metal-Organic Framework) területén. Az önálló vegyületcsoportot alkotó fémoxid-vázak, fém-organikus anyagokat nevezik MOF-nak). Ennek érdekében az újonnan kialakuló ipari alkalmazásokban olyan új hibrid anyagok létrehozása a feladat, amelyek magas hozzáadott értékű termékek gyártását teszik lehetővé kontinensünkön.

A vegyvédelmi, gázszűrő képességű textilanyagokból is felépülő védőruházat kifejlesztéssel kapcsolatos NanoMOF projektet a Fraunhofer kutatási hálózat egyik intézete (Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology, IWS – Németország) vezeti. A projektben az INNOVATEXT Zrt. partnerei neves külföldi kutatóintézetek, egyetemek, textilanyaggyártók, az egyes segédanyagok előállítói, védőruházat-készítők stb., így a

- Johnson Matthey PLC – Egyesült Királyság,
- Katholieke Universiteit Leuven – Belgium,
- Universidad de Granada – Departamento de Química Inorganica – Spanyolország,

- Technical University Dresden – Institut für Anorganische Chemie – Németország,
- Stiftelsen SINTEF - Department of Hydrocarbon Process Chemistry – Norvégia,
- Università degli studi di Torino - Dipartimento di Chimica Inorganica – Olaszország,
- Centre National de la recherche scientifique Lyon – Franciaország,
- OUVRY SAS – Franciaország,
- Norafin GmbH - Specially functional nonwoven textiles – Németország,
- Oleon NV – Belgium,
- Ben-Gurion University of the Negev – Izrael,
- S.C.iet à Italiana Acetilene e Derivati S.p.A – Olaszország,
- TDL Sensors LTD. – Egyesült Királyság,
- Blücher GmbH – Németország,
- Hollomet GmbH – Németország.

## 2. A projekt felépítése

A projekt három fő hatásterületre (klaszterre) irányul. Mindegyik alkalmazási terület saját feldolgozási jellemzőket igényel, és jelentős hasznosítási lehetőséget jelent és jelentős hatást gyakorolhat. A kombináció alapvető demonstrációs platformot teremt.

Az **1. klaszter** egyrészt a betáplálási gáztisztítás elválasztási folyamatára összpontosít a vegyiparban. A nagy szelektivitású elválasztási folyamatok létfontosságúak az ipari gázok hatékony előállításához.

Az 1. területen második célként a toxikus illóanyagokra vonatkozó nagy szelektivitást és kapacitást aknázzuk ki a védőruházatban és gázalarcokban történő felhasználáshoz. A légáteresztő védőruházat és gázalarc szűrők magas adszorpciós képességet és nagy kötési szilárdságot tesznek szükségessé az olyan gázoknál, mint az ammónia, ugyanakkor hidrofób MOF-ok is szükségesek a toxikus szerves illóanyagokra. Ugyanakkor alapvető cél a textilanyagokba való beintegrálás és a porózus részecskék megkötése. A nagy adszorpciós képességre való tekintettel a MOF nanorészecskék a fokozott átviteli és csökkentett diffúziós korlátoknak köszönhetően előnyösen alkalmazhatók. A MOF/szál kompozitokat úgy kell megtervezni, hogy garantálják a légáteresztést a védőruházatokra és ugyanakkor a szelektív adszorpciót a toxikus anyagokra.

A **2. klaszter** a gáztárolásra összpontosít. A gázok az olyan nanoporózus szilárd anyagokban, mint a MOF-okban adszorbeált állapotban tárolhatók. Az adszorbeált molekulák nagy sűrűségének köszönhetően a tényleges tárolási kapacitás jelentősen, akár 2,5–3-szorosára növelhető az üres tartályokhoz képest.



A **3. klaszter** a katalízisre összpontosít. A katalízis ökológiailag fontos és gazdasági szempontból vonzó technológia. A mérgező folyékony hulladékok elkerülése céljából tisztább katalitikus alternatívák alkalmazása.

### 3. Az INNOVATEX feladatai

Intézetünk a speciális tulajdonságú védőruházat anyagának fejlesztésében és vizsgálatában vesz részt (az 1b. klaszterben), beleértve a kész védőruházat EK típusbizonyítványának kiállítását is. A vizsgálatsorozat kiterjed arra is, hogy a kiválasztásra kerülő MOF vegyület alkalmazásával készülő védőöltözék ki tudja-e elégíteni az Öko-Tex megkülönböztető jel eléréséhez szükséges követelményrendszert. A munka során az INNOVATEX a partnerekkel közösen meghatározta a védőruházati anyagokkal szembeni követelményeket és elkezdte az előzetes vizsgálatok elvégzését.

A most féldíós kutató-fejlesztő munkáról összeállított rövid összefoglaló főként a fejlesztés alatt álló, a leendő védőruházatot felépítő kelmék vizsgálatával és az Öko-Tex Standard 100 követelményeknek való megfelelésével foglalkozik.

### 4. A nanoporózus fém-organikus vegyületek, alkalmazási területeik

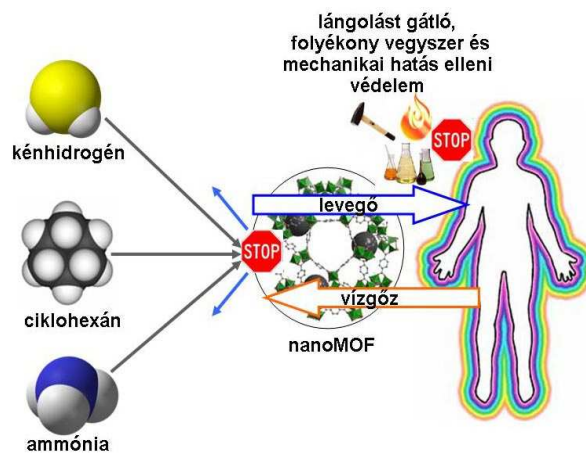
Az önálló vegyületcsoportot alkotó fémoxid vázas, fém-organikus anyagok tehát MOF (Metal-Organic Framework) elnevezéssel ismertek a szakirodalomban. Ezek a kristályos felépítésű „szervetlen-szerves” vázszerkezetek két összehangolt egységből épülnek fel. Az egyik összetevő a fém, amely ion vagy klaszter fémion formájában van jelen. A másik felépítő rész általában merev, multifunkcionális szerves láncmolekulából áll (ezt linkernek is nevezik).

A szervetlen göbökből és az alkalmas szerves láncmolekulákból kialakított nagy porozitású hibrdek felfedezésével különleges teljesítményjellemzőkkel rendelkező vegyületek nyerhetők. A hagyományos porózus anyagok (pl. zeolitok, aktív szén stb.) tanulmányozásával fejlődtek ki a MOF vegyületek. (Emlékeztetőül: a zeolit-csoport ásványai molekulárisan kötött vizűket hevítés hatására elvesztik, ez a dehidratáció.) A képződő mikrométer ( $10^{-6}$  m) nagyságrendű üregek molekulaszűrőként működnek. A jellemző méret fölötti molekulákat visszatartják (a megkötött ionok helyett a folyadékokba más ionokat juttatnak igény szerint, ez az ioncserélődés). Tehát a természetes porózus anyagok szűrőteljesítménye a jelzett mérettartományban hatásos. Az aktív szén nagy adszorpcióképességű szén módosulat, amelyet fizikai aktiválás útján 600–900 °C-on végrehajtott hőkezeléssel (karbonizálás) vagy oxidációs aktiválással (600–1200 °C-on széndioxiddal, oxigénnel, vízgőzzel) állítanak elő. A kémiai módszerű előállításnál a stabilizált szenet 450–900 °C-on továbbsszenesítik, így rövidebb idő alatt és kevesebb energiával képezhető aktív szén. Az így nyert szénválozat rendkívül nagy fajlagos felülettel rendelkezik (1 g aktív szén teljes felülete meghaladja az 500 m<sup>2</sup>-t), így a nagy porozitású szilárd anyag gázok, gőzök és folyadékok megkötésére kiválóan alkalmas. Az alkalmas nemszótt kelméken kialakított, parányi méretű aktív-szén-gyöngyökből képzett szűrőrétegeket már régóta használják, azonban egyéb, pl. nagy gázmegkötő kapacitású nanoanyagok felvitelére még nem került sor.

A szintetikus fémorganikus vegyületek egyik jellemző képviselője a Cu<sub>3</sub>(BTC)<sub>2</sub>, ahol a réz mellett a BTC az 1,3,5 benzene-trikarboxilátra utal. Az oktaédes kristályos szerkezetű anyagban előforduló pórusok 9,8 Å (az angstrom – mint nem SI mértékegység – a méter tizmilliárdod része;  $10^{-10}$  m) átmérővel rendelkeznek. Egyes MOF anyagokból 1 gramm tömegnyi mintegy négy kockacukornyi térfogatot tesz ki, ezt kiterítve 5 ezer m<sup>2</sup>-nyi aktív felület nyerhető. Feltételezhető, hogy az egyes MOF-ok kemiszorpcióra is képesek működésük adott fázisában. A nanostrukturált anyagok felhasználási területe széleskörű. Főként a fejlett, nagyteljesítményű, szelektív adszorpciót biztosító gázszűrő rendszerekben kerül előtérbe a MOF alkalmazása.

### 5. Nanoporózus fém-organikus vegyületek a textil- és ruhaiparban

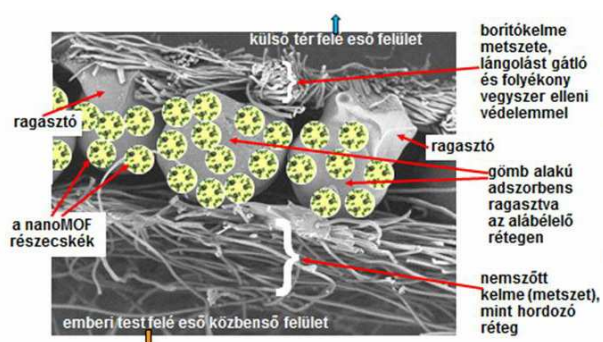
A jelen projekt szerinti textilipari fejlesztés arra irányul, hogy a NanoMOF aktív réteggel ellátott kelmekombinációval a veszélyes gázok (kénhidrogén, ammónia, ciklohexán) ellen is védő öltözék és kiegészítői legyenek kialakíthatók. (Ez idáig ilyen szűrőképeségű, textiliákba beépített anyagok még nem álltak rendelkezésre.) Emellett a mechanikai behatásoknak, folyékony vegyszerekkel szemben ellenálló (ezeket lepergető), lángolást gátló, és később feltehetően egyéb képességű (biológiai, radiológiai és nukleáris) bevetési védőruházatok (fejvédővel, maszkkal, védőkesztyűvel) kifejlesztése is célkitűzés a katasztrófavédelemben tevékenykedők számára. Tehát ún. CBRN (chemical, biological, radiological, nuclear) védőöltözék létrehozása is elképzelhető.



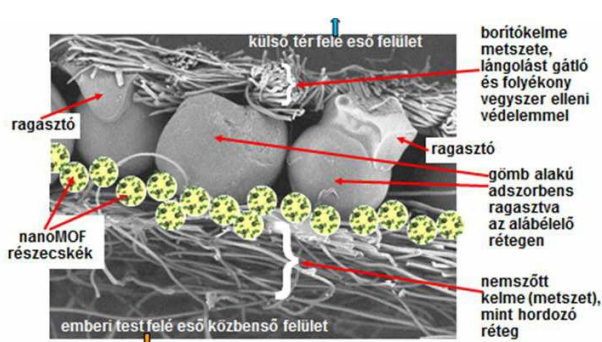
A nanoMOF aktív réteggel kombinált védőruha védőképessége

Az eddig használatos „vegyszervédelmi” védőruházatok általában úgy biztosították a védelmet a gáz ill. gőzállapotú káros anyagok ellen, hogy a teljes emberi testet takaró öltözék légmentesen körbezárta viselőjét (elzárja a külvilágtól). A sűrített-levegős légzőkészülék a védőruha alatt került elhelyezésre. Ugyan külön kiegészítéssel tisztalevegő és hűtés hozzávezetésre is lehetőség nyílik, ennek ellenére alapjaiban a védőruházat teljesen elzárja viselőjét a külvilágtól. A vegyi katasztrófáknál, vegyipari karbantartási munkáknál tevékenységet ellátók komfortérzete ilyen körülmények között alig biztosítható.





**A veszélyes gázok ellen is védő ruházat rétegfelépítése I.**  
(a nanoMOF részecskék a gömb alakú adszorbensen)



**A veszélyes gázok ellen is védő ruházat rétegfelépítése II.**  
(a nanoMOF részecskék a gömb alakú adszorbensek között)

Ma már léteznek speciális légáteresztő védőruhák és a projekt során szeretnénk elérni ezeknek a nagyobb adszorpciós képességét.

A kifejlesztésre kerülő ruházat külső borítókélméje többféle lehet. Eddig részben 100 % pamutszövet képezte kísérlet tárgyát, amelyen speciális kikészítésekkel érik el a megfelelő védőképességet (pl. lángolás gátlás, folyékony vegyszerek lepergetése stb.), természetesen egyúttal a mosásálló kivitelre törekedve. Másrészt pamut/poliészter keverékszövetek tesztelésére került sor, amelyeket összetett szerkezet (aktívzén-gyöngyökkel beszőrt nem szőtt kélme laminálással) formájában vizsgáltak. A lényeg az, hogy a külső borítószövet hézagait (a textilfelületet felépítő fonalak közötti szabad részeket) a védelmi képességeket biztosító segédanyagok nem tölthetik ki, így többek között a légáteresztés biztosított a borítókélme esetében. Tehát az ez alatt elhelyezkedő vlies jellegű nem szőtt kélmen foglal helyet a

gázszűrő képességű réteg, amelyet előzőleg parányi gömb alakú adszorbensekkel láttak el. A gömb alakú adszorbenseken, vagy ezek között lesznek jelen a NanoMOF részecskék, amelyek az említett veszélyes gázok (kénhidrogén, ammónia, ciklohexán) adszorpciós szűrését ellátják.

A projekt félidejében különböző fémorganikus vegyületekkel folynak a kísérletek. Az említett aktív réteg alatt esetleg védőbélés is lesz, ami a kész védőöltözék használat utáni regenerálási lehetőségétől függ. Amennyiben az újból használat megoldható, úgy a védőruházat legbelső textilfelületét valamely alkalmas nyersanyag-összetételű (pl. 100 % poliamid), ill. megfelelő kikészítéssel ellátott szövött bélés kélme fogja alkotni.

A kész védőruházatot várhatóan úgy alakítják ki, hogy le- és felvétele egyszerűen és gyorsan megoldható legyen. Erre a célra bizonyára folyadék- és gáztömör

I. táblázat

Vizsgálat és vizsgálati módszer	Vizsgálati eredmény		Követelmény	
	1. Anyag	2. Anyag		
Kopásállóság EN ISO 12947-2	13.333 cik-lus	32.500 cik-lus	20.000 ciklus	
Tépőerő EN ISO 9073-4 (előkezelés után)*	20,6 N 2. osztály	15,1N 1. osztály	Osztály	Tépőerő
			6	> 150 N
			5	> 100 N
			4	> 60 N
			3	> 40 N
			2	> 20 N
			1	> 10 N
Korlátozott lángterjedés (előkezelés előtt) EN ISO 15025 (A eljárás, Felületi gyújtás)	Nem Nem Nem 1,16 0	Nem Nem Nem 2,3 0	- Ne terjedjen a láng a minta széléig - Ne legyen lyukképződés - Ne keletkezzen olvadék Utánlángolási idő: ≤2s Utánizzás: ≤2s	
Korlátozott lángterjedés (előkeze-lés után)** EN ISO 15025 (A eljárás, Felületi gyújtás)	Igen Nem Nem 12 0	Igen Nem Nem 24,3 0	- Ne terjedjen a láng a minta széléig - Ne legyen lyukképződés - Ne keletkezzen olvadék Utánlángolási idő: ≤2s Utánizzás: ≤2s	
Olajlepergető képesség (előkezelés előtt) EN ISO 14419	5-6	6-7	min. 3	
Olajlepergető képesség (előkezelés után)* EN ISO 14419	3-4	2-3	min. 3	

\*10-szeres mosás és szárítás után

\*\*10-szeres mosás, szárítás és vasalás után



II. táblázat

Vizsgálat és vizsgálati módszer	Vizsgálati eredmény		Követelmény
	1. Anyag	2. Anyag	
Kopásállóság EN ISO 12947-2	25 000 ciklus	16667 ciklus	20 000 ciklus
Méretváltozás* EN ISO 25077	Lánc: -1,0 Vetülék: -0,8	Lánc: -1,2 Vetülék: -0,9	+/-3%
Tépoerő EN ISO 9073-4 (előkezelés után)**	Vetülék: 18,6 N 1. osztály	Vetülék: 31,2 N 2. osztály	5. osztály 3. osztály
Szakítóvizsgálat (előkezelés után)** EN ISO 13934-1	Vetülék: 545,5 N 5. osztály	Vetülék: 557 N 5. osztály	5. osztály 3. osztály
Átlyukasztási ellenállás (előkezelés után)** EN 863	16,2 N 2. osztály	18,7 N 2. osztály	4. osztály 2. osztály

\* 5-szörös mosás és szárítás után

\*\* 10-szeres mosás és szárítás után

húzózárr fog szolgálni, amely a nyakrészről a térdrészig történő bontást tesz lehetővé. A varratoknál szintén „légmentes” záródást biztosítanak. A vegyvédelmi képességű kesztyű és lábbeli bizonyára adapterrel csatlakozik a védőöltözkéhez.

## 6. A projekt keretében fejlesztés alatt álló védőruházat anyagrégeinek jellemzői az anyagvizsgálatok alapján

Elvégeztük az eddig kifejlesztett speciális kikészítésű és kialakítású védőruházati kelmék fontosabb mérhető minőségjellemzőinek vizsgálatát. A következő táblázatokban az elvégzett vizsgálatokból kapott eredmények egy része látható. Az előírt értékeket egyrészt a vonatkozó – főként védőruházati – szabványokból átvett követelmények képezik, továbbá a projekt résztvevővel egyeztetve egyedi követelmények is meghatározásra kerültek. Amennyiben az anyagvizsgálatokkal kontrollált kelme adott tulajdonsága nem elégíti ki az előírást, úgy újabb fejlesztésűt vonnak be a tesztelésbe.

### 6.1. A borítókelmék és összetett szerkezetek vizsgálata

A vizsgált 100 % pamut nyersanyag-összetételű szövet kétféle volt. Az egyik sávolykötéssel (1. anyag), a másik vászonkötéssel (2. anyag) készült.

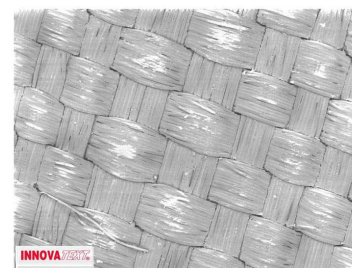
A kísérletbe bevontak laminált összetett szerkeze-

teket is, azonban ezeknél a borítókélme még nem rendelkezett speciális kikészítésekkel.

Mindkét borítókélme próbaanyag 59 % pamut és 41 % poliészter összetételű (körülírással burkolt magfonal) szövött kélme (80 g/m<sup>2</sup>) volt (azaz a folyékony vegyszerek, ill. víz és szenny ellen védő kikészítés nélkül). Ehhez kapcsolták termoplasztikus ragasztóval a 100 % poliamid összetételű nemszótt kelmék valamelyikét, amelyet különböző mértékben aktív szén-gyöngyökkel telítettek (egyiken 60, a másikon 115 g/m<sup>2</sup> volt az adszorbens-réteg felvitel). A kisebb mértékben aktív szén-gyöngyökkel ellátott laminált szerkezet (együttesen közel 230 g/m<sup>2</sup> területi sűrűségű) borítókélmeje barnás-khaki (1. anyag), a nagyobb adszorbens fedettségű „szendvics-rendszer” (összességében 350 g/m<sup>2</sup> területi sűrűségű) külső felülete szürkés-zöld színnel jellemezhető (2. anyag). (I. táblázat.)

### 6.2. Az alábélelő nemszótt kélme jellemzői

A vlies jellegű nemszótt kelmék közül eddig a kötőanyag nélküli és kötőanyaggal ellátott 100 % poliészter vágott szálból (fehér, 70 g/m<sup>2</sup>) és 100 % aramid (vagy sárga, 50 g/m<sup>2</sup>) vágott szálból készült anyagok Öko-Tex megfelelőségi vizsgálati-ra került



Elektronmikroszkopos felvétel a poliamid 6-, 6 béléskeletről

sor. (II. táblázat.) Cikkünk írásakor újabb fejlesztésként kialakított, laminált nemszótt (részben aktív szén-gyöngyökkel ellátott) szerkezetek is érkeztek vizsgálatra.

### 6.3. A béléskelele jellemzői

A belső béléskelele céljára színes, 100 % poliamid-6,6 szövetet is vizsgáltak, amelyet plazmakezeléssel és fluor-karbonos kikészítéssel tettek rendeltetésre alkalmassá. (III. táblázat.)

6.4. A kifejlesztett kelmék Öko-Tex megkülönböztető jel követelményrendszere szerinti megfelelőségi vizsgálatának kivo-

III. táblázat

Vizsgálat és vizsgálati módszer	Vizsgálati eredmény	Követelmény
Kopásállóság EN ISO 12947-2	30 000 ciklus	20 000 ciklus
Méretváltozás (előkezelés után)* EN ISO 25077	Lánc: 0 Vetülék: 0,1	+/-3%
Tépoerő EN ISO 9073-4 (előkezelés után)**	Vetülék: 55,4 N 3. osztály	5. osztály 3. osztály
Szakítóvizsgálat (előkezelés után)** EN ISO 13934-1	Vetülék: 688,1 N 5. osztály	5. osztály 3. osztály
Átlyukasztási ellenállás (előkezelés után)** EN 863	23,8 N 2. osztály	4. osztály 2. osztály

\* 5-szörös mosás és szárítás után,

\*\* 10-szeres mosás és szárítás után



### atos eredményei

Az Öko-Tex Standard 100 szabvány által előírt követelmények széleskörűek, a rendeltetés szerint négy termékosztály szerint kategorizálják a vizsgálandó cikkeket, részben életkori sajátosságok, másrészt az emberi bőrrel ill. környezettel fennálló kapcsolt alapján. Természetesen a legszigorúbb előírások a kényes – csecsemők és kisgyermekek bőrével érintkező – cikkekre vonatkoznak (különleges kritériumok, alacsony határértékek stb.). A követelmények esetenkénti enyhülése a bőrrel nem érintkező, ill. lakástextil termékek felé mutat, azonban ezekkel szemben is számos követelményt támasztanak.

Eddig az összes – a projekt során fejlesztett – kelme humánökológiai vizsgálatát elvégeztük. A IV. táblázat a 100% pamut nyersanyag-összetételű szövet (1. anyag), az 59% pamut/41% poliészter nyersanyag-összetételű kelme (2. anyag) és a 100% poliamid béléskele vizsgálati eredményeinek egy részét tartalmazza (3. anyag).

\* \* \*

A textiles NanoMOF projekt tehát féléldős, így várhatóan további kelmekísérletekre és anyagvizsgálatokra

kerül sor. Amint a megfelelő – feltételezhetően az Öko-Tex kritériumokat is kielégítő – nanoporózus fémorganikus vegyület – mint aktív réteg – rákerül az összetett szerkezet nemszótt rétegére, úgy további megfelelőségi meghatározások következnek. Ennek során eldöntendő, hogy a felvitt aktív-szén-gyöngyökön, vagy ezek között jelenlevő a NanoMOF részecskék bizonyulnak-e optimálisnak a veszélyes gázok szűrését illetően. Szintén ismertté válik majd, hogy a veszélyzónában használt védőruházat regenerálható, azaz újrahasználatos lesz-e. Ezekről egy későbbi összefoglaló keretében lesz beszámolósi lehetőség.

Talán a projekt lezárását követően további fejlesztést jelenthet, hogy a védőöltözékbe telepített elektronikkal folyamatosan monitorozhatók a veszélyzónában tartózkodók életfunkciói (szívműködés, légzés, vérnyomás stb.), továbbá a távközlési eszközök, GPS beépítésével a kommunikáció és a nyomon követés is folyamatosra tehető, növelve a veszélyzónában tevékenykedők biztonságát.

IV. táblázat

Vizsgálat	Vizsgálati eredmény			Határértékek az Oeko-tex Standard® 100 szerint II. Termékosztály
	1. Anyag	2. Anyag	3. Anyag	
1. Nehézfémek				
antimon	< 4,00	< 4,00	< 4,00	30,0 mg/kg
arzén	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,00 mg/kg
ólom	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,00 mg/kg
kadmium	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,10 mg/kg
króm	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,00 mg/kg
kobalt	< 0,10	< 0,10	< 0,10	4,00 mg/kg
réz	< 4,00	< 4,00	< 4,00	50,0 mg/kg
nikkel	< 0,10	< 0,10	< 0,10	4,00 mg/kg
higany	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02 mg/kg
2. Klórozott fenolok				
PCP	n. k.	n. k.	n. k.	0,5 mg/kg
TeCP	n. k.	n. k.	n. k.	0,5 mg/kg
3. Egyéb vegyi maradvány				
OPP	n. k.	n. k.	n. k.	100 mg/kg
4. Lehasítható arilaminok	n. k.	n. k.	n. k.	nem használt
5. Szerves önvegyületek				
TPhT	n. k.	n. k.	n. k.	TBT, TPhT:
DBTCl	n. k.	n. k.	n. k.	1,0 mg/kg
TBTCl	n. k.	n. k.	n. k.	DBT, DOT:
DTCl	n. k.	n. k.	n. k.	2,0 mg/kg
6. Perflouroktán-szulfonát (PFOS)	n. k.	n. k.	n. k.	1,00 µg/m <sup>2</sup>
7. Perflour-oktánsav (PFOA)	0,233	n. d.	0,01	0,25 mg/kg

n. k. = nem kimutatható