

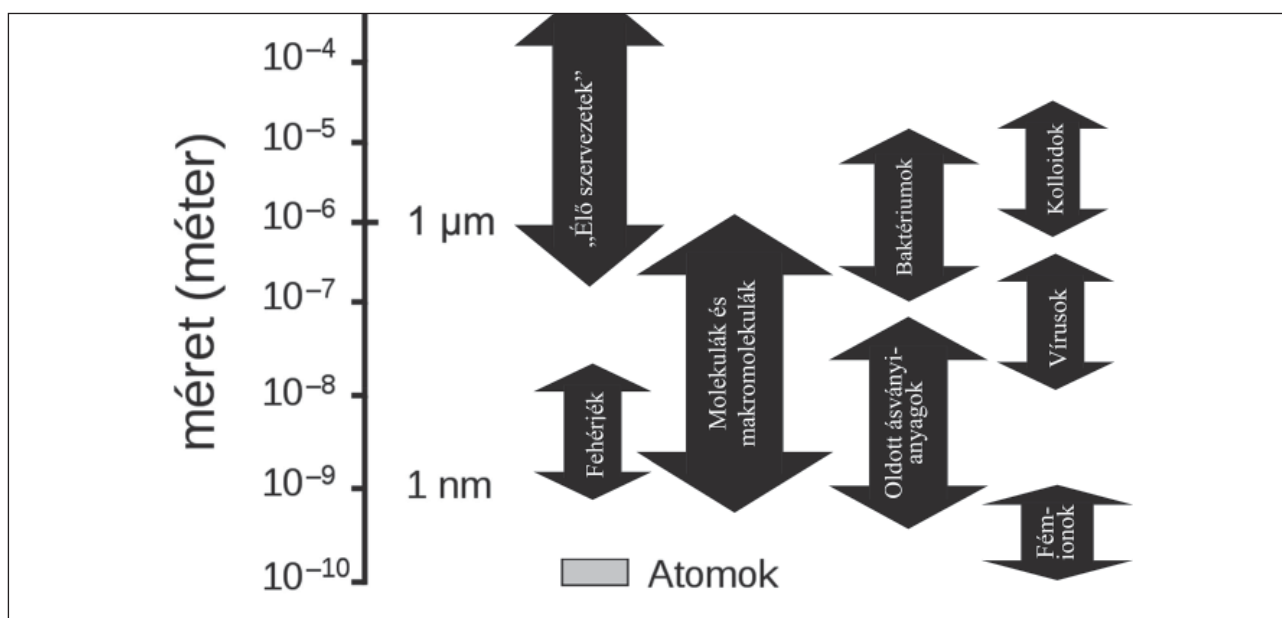
Gerlei István* – Melenyecz János** – Dr. Pernyeszi József***

Szemelvények a katonai víztisztítási kutatásokból (az 1970-es és '80-as években), különös tekintettel a fordított ozmózis alkalmazására

II. rész

A NYERSVÍZ SZENNYEZŐINEK MÉRETEI

A milliméter alatti tartományokban (lásd 9. ábra) való eligazodáshoz a [5.] jelű forrásanyagban található ábra egy részébe beillesztettük a 8. ábrán említett tartományokat.



9. ábra. Általános tájékozódás a mm alatti tartományokban [5.]

Az alapok összefoglaló befejezéseként felidézzük az FO modulokat alkalmazó víztisztító berendezések elvi kapcsolási vázlatát (lásd 10. ábra) és főbb technológiai jellemzőit (lásd 3. táblázat). [1.]

A FORDÍTOTT OZMÓZIS KATONAI ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK MEGÁLLAPÍTÁSÁHOZ VÉGZETT VIZSGÁLATOK

A membrán-, illetve üregesszál-vizsgálatok több éven keresztül folytak, alapvetően két hazai kutatóintézetben (KÉKI, illetve NEVIKI). Arra nincs módunk, hogy az összes eredményt ismertessük, egyrészt azok terjedelme, másrészt a HTI utódi szervezeténél lévő anyagok jelenlegi elérhetetlensége miatt. (Sajnos emiatt a rendelkezésünkre álló adatok helyenként

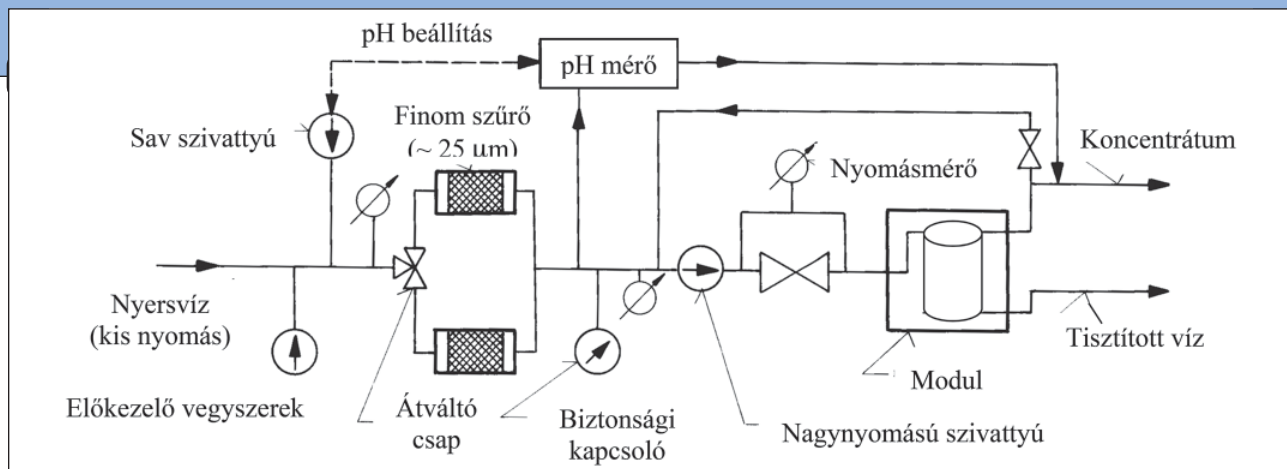
* A HTI nyugállományú főigazgatója, ny. mk. ezds, okleveles gépészmérnök, okleveles gazdasági mérnök. A vizsgált időszakban – többek között – a katonai vízellátás HTI témafelelőse. E-mail: gerleis@chello.hu.

Retired General Director of HTI, Master's in Mechanical Engineering, Master's in Economy Engineering. Was in charge of military water supply, among other things, in the examined period.

** A HTI nyugállományú főtanácsosa, okleveles gépész üzemmérnök. A vizsgált időszakban munkatárs a témában. A ZENON víztisztítóval kapcsolatos HTI feladatok témafelelőse. E-mail: -. Retired chief advisor of HTI. Master's in Production Engineer. Worked on the topic in the examined period. Was in charge of HTI tasks related to ZENON water purifier.

*** Okleveles vegyészmérnök, a NEVIKI volt munkatársa. A vizsgált időszakban a NEVIKI egyik témafelelőse a komplex katonai víztisztítás területén. E-mail: -. Master's in Chemical Engineering, was an employee of NEVIKI, currently retired. Was in charge at NEVIKI in the area of complex military water purification in the examined period.





10. ábra. FO modulok elvi kapcsolási vázlata [1.; 3.]

3. táblázat. FO modult alkalmazó berendezések főbb technológiai jellemzői

A jellemző		Megjegyzés
megnevezése	hatása, illetve egyéb tulajdonságok	
Membránjellemzők		
A membrán élettartama	Eltömődési jelenségek léphetnek fel a membrán típusától, a nyomástól és a hőmérséklettől függően. Az eltömődés csökkenti a membránon átáramló víz sebességét.	3-5 év aktív élettartamot is mértek.
A hőmérséklet	1 °C-onként a fluxus ~ 3%-al növekszik (a 30 °C körüli tartományban).	fluxus = m³/m²
A sugáradag	106 rad6 tartományban nincs változás.	
Oldat (nyersvíz) jellemzők		
A pH érték	Cellulóz-acetát membrán hidrolízise 3-8 pH tartományban a legkisebb, nylon szálak esetén a pH 1,5-12 között is lehet.	
Az oldat előkezelése	A ~25 µm-nél nagyobb részecskéket el kell távolítani. Meg kell akadályozni az üledékképződést.	Finom szűrés, vegyszeradagolás.
Az oldat koncentrációja	A koncentrátum koncentrációjának növekedésével a vízáteresztő képesség exponenciálisan csökken.	
Az oldat adagolási sebessége	A koncentrációpolarizációra és az üledékek lerakódásra hat.	A 2300 Reynolds számhoz tartó sebesség a legjobb.
Modulkonstrukció jellemzői		
Az alátámasztás	Megbízható legyen.	Ahol egyáltalán kell.
Az oldat bevezetése és elosztása	Egyenletes legyen.	
Áramlási veszteségek	Minimális legyen.	
Vízáteresztés	Maximális legyen.	dm³/m² nap
Kezelés	Könnyű szerelés és tisztántartás. Egyszerű membráncsere.	
Tömítettség, nyomásállóság	Szivárgásmentes és megbízható legyen.	
Üzemeltetés	Gazdaságos legyen.	
A koncentráció polarizáció	Az oldott anyagok feldúsulása a membrán előtt kicsapódási, lerakódási jelenségek révén határréteget hoz létre. Ez növeli az ozmózisnyomást, illetve adott rendszernyomásnál csökkenti a vízáteresztést.	Turbulenciával, kémiai kezeléssel csökkenthető.
Rendszerjellemzők		
A rendszernyomás	Növekvő nyomással nő a membránon átáramló víz sebessége, a fluxus azonban közel állandó marad.	
Az anyagi egyensúly	A tisztított víz tömege és a koncentrált oldat tömege egyensúlyban van.	
Vízkihozatal (konverzió %)	A nyersvíz és a tisztított víz (permeátum) aránya.	Egy lépésben min. 50-50% legyen.
Membrán élettartam	Hőmérséklet, pH, bakteriális tevékenység függő.	

nem kifejezetten összehasonlíthatók.) Ezért csak némi betekintést nyújtunk az eredményekbe, egyrészt mintegy megindokolva a fordított ozmózis alkalmazásával kapcsolatos akkori döntést, másrészt bemutatva a témában végzett korabeli, magyarországi úttörő tevékenységeket.

VIZSGÁLATOK A KÖZPONTI ÉLELMISZERIPARI KUTATÓINTÉZETBEN

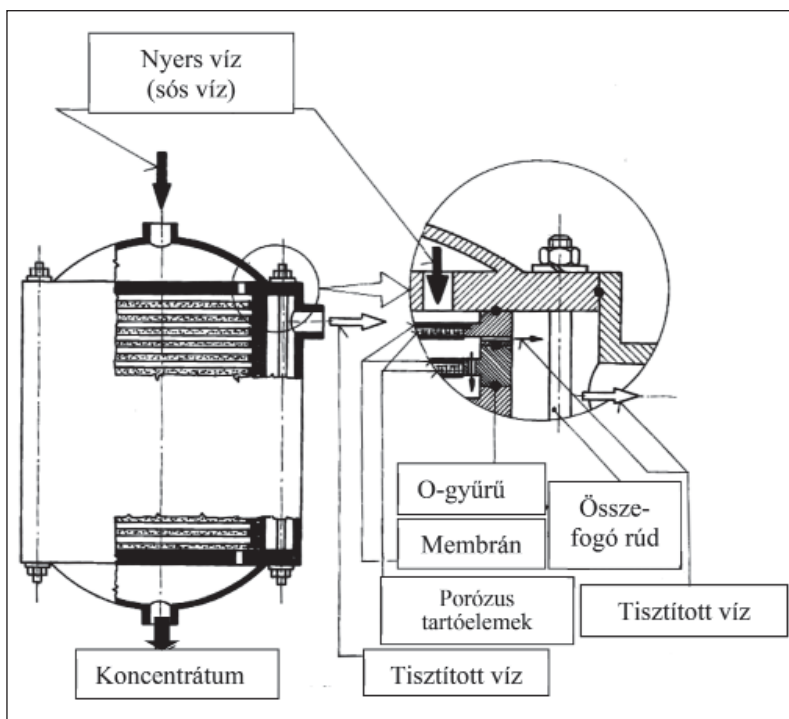
SÍKMEMBRÁN VIZSGÁLATOK

A KÉKI készítette el és állította össze a kísérleti berendezéseket és végezte az ún. „polgári” vizsgálatokat (alapvetően ún. sótalanítási és minősítő-kiválasztó vizsgálatok).

A KÉKI cellulóz-acetát (CA) alapanyagú síkmembránokat állított elő több változatban, amelyek vizsgáló berendezését is az intézet készítette el. A síkmembrános kísérleti vizsgáló modult a 11. ábra mutatja be.

A kísérleti berendezés összeállítása és kapcsolási vázlata a 10. ábrán bemutatott általános elven alapult. A 4. és 5. táblázatban tájékoztató adatokat foglaltunk össze néhány kiragadott vizsgálatból. Mivel a fordított ozmózis katonai alkalmazhatósága témában az évek során egy többoldalú (csehszlovák, magyar, német) katonai együttműködés is volt (lásd később) a KÉKI (és a NEVIKI is) az NDK HTI-től kapott német gyártmányú CA síkmembránokat is vizsgált.

11. ábra. Síkmembrán vizsgáló kísérleti modul

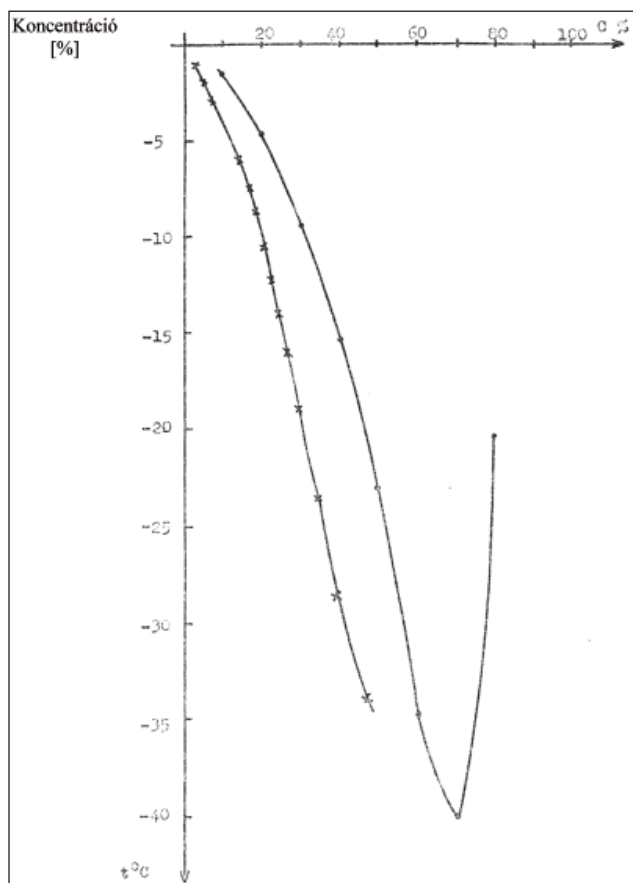


4. táblázat. KÉKI CA síkmembrán előkísérleti vizsgálatok

Vizsgált anyag		Nyomás [MPa]	Vízáteresztés [dm³/m²nap]	Szelektivitás (szétválasztó képesség) [%]	Megjegyzés	
NaNO ₂	3%-os vizes oldatban	4,0	600	61	A membrán jele: 73/28	Membrán- felület a modulban: 0,1 m²
NaNO ₃				52		
/NH ₄ / ₂ SO ₄				83		
5%-os glükóz oldat				640	91	

5. táblázat. Német (NDK) gyártmányú CA síkmembrán vizsgálatok a KÉKI-ben

Vizsgált anyag		Nyomás [MPa]	Vízáteresztés [dm ³ /m ² nap]	Szelektivitás (szétválasztó képesség) [%]	Megjegyzés		
NaCl	20 mg/dm ³	2,0	272	88,2	Betáplálás: 10 dm ³ /h	Membrán- felület a modulban: 0,1 m ²	
MgSO ₄				89,1			
5%-os glükóz oldat				88,0			
NaCl	20 mg/dm ³	4,0	566	94,7			
MgSO ₄				94,8			
5%-os glükóz oldat				98,2			

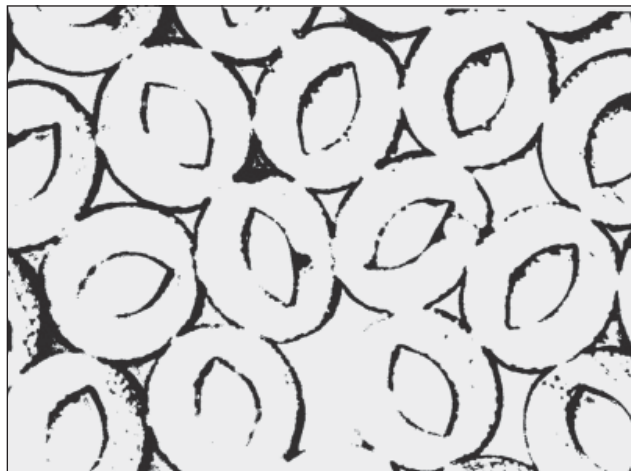


12. ábra. A koncentráció és a fagyáspont összefüggése glicerín és etanol vizes oldatában

CA MEMBRÁNOK TÁROLÁSI VIZSGÁLATAI

A KÉKI kezdetben alapvetően polgári célokra (gyümölcslel-sűrítvény készítése a gyümölcstermelés helyszínén) állította elő a síkmembránjait. Az idényjellegű felhasználás indokolta a membrántárolás körülményeinek (hőmérséklet, illetve tárolóközeg) a tisztázását, ami a katonai gyakorlatban is igen fontos. (Az ismert adatok alapján a membránok nem fagyhatnak meg, és nem üzemeltethetők túl nagy, pl.: + 50 °C hőmérsékleten.)

13. ábra. A D-2185 jelű üreges szálak metszeti, elektronmikroszkópos felvétele



A KÉKI 36 hónapos tárolási vizsgálatokat végzett, kétfajta membrántípussal, kétféle tárolóközegben. A tárolás kezdetén, majd a 3., 9., 18., és a 36. hónap végén ellenőrizve a vízáteresztést, valamint az 5%-os glükóz oldatra vonatkozó szelektivitást. Az egyik tárolóközeg 70%-os glicerines oldat, a másik 35%-os etanolos oldat, az oldószer pedig mindkét esetben víz volt. A tárolási hőmérséklet -15 °C, és +30 °C volt.

A tárolóközegek a fenti oldatok fagyáspontja alapján kerültek megválasztásra, lásd 12. ábra.

A vizsgálati eredményeket matematikai statisztikai módszerekkel kiértékeltek. A glicerines tároló közeg gyakorlatilag nem okozott változásokat a vizsgált paramétereknél, míg az etanolos közeg esetén mindkét hőmérsékleten nőtt a vízáteresztés és csökkent a szelektivitás, különösen az első 9 hónapban.

ÜREGES SZÁLAK VIZSGÁLATA A KÉKI-NÉL

A polipropilén anyagú üreges szálakat a Magyar Viscosa Gyár állította elő több változatban is. (Jelenleg csak az első 13 féle változatról vannak adataink.)

A 13. és 14. ábra kétféle üreges szál változat metszeti képét mutatja, elektronmikroszkópos felvételeken.

A keresztmetszeti felvételek alapján a következő adatok, illetve méretek kerültek megállapításra: a szálak kívül gyakorlatilag kör alakúak, az üregek (kapillárisok) folytonosak és lencse alakúak, azaz a falvastagság nem egyforma. A bemutatott mintáknál a külső \varnothing 100-120 μ m, az üregek-nél a nagyobb méret 70 μ m, a kisebb méret pedig 30 és 50 μ m között változott.

A szálakból a KÉKI készített 0,4 és 0,9 m² membránfelületű laboratóriumi modulokat. A modulok készítése során jelentős eredménynek számított a szálak epoxi gyantás beágyazásának (teljes víztömorség mellett sem tömődtek el a szálak) a sikeres megoldása.

A jelentős számú vizsgálat (háromféle vizsgálati anyaggal, három nyomásértéken, kétfajta modulal) eredményei sajnos nem adtak elfogadható vízáteresztést és szelektivitást, ezért ezek az üreges szálak már nem kerültek a NEVIKI-be vegyi harcanyag-vizsgálatokra.

A Viscosa Gyár tervei szerint további szál típusok (más alapanyag, más adalékanyag stb.) is készültek, ezek adatai azonban jelenleg feltehetőleg a HTI korabeli anyagait tároló utód szervezetenél, illetve a Viscosa Gyár jogutódjánál lelhetők fel.

14. ábra. A D-2187 jelű üreges szálak metszeti, elektronmikroszkópos felvétele



NAGYTELJESÍTMÉNYŰ FO BERENDEZÉS ÜZEMELTETÉSE A KÉKI-BEN

A HTI 1978-ban a kanadai Paterson Candy International cégtől vásárolt egy komplett víztisztító berendezést (PCI B 9/3A), amely az FO segítségével ún. ionszegény (lágy) vizet készített, különböző ipari gyártástechnológiák kiszolgálásához (pl.: félvezetőgyártás). A berendezés átadásra került a KÉKI-nek próbaüzemeltetésre és hosszabb távú üzemeltetési tapasztalatok szerzésére. A konkrét paraméterek megismerésén túl erre azért is volt szükség, mert gyakorlatilag a vizsgált időszakban Magyarországon az FO berendezések ipari gyártásához (nagy nyomású szivattyúk, FO modulok, egyes műszerek stb.) még nem volt meg az ipari háttér.

6. táblázat. A PCI berendezés főbb adatai

Teljesítmény	115 m ³ /nap (60%-os vízkonverzió és TDS7 = 1500 mg /dm ³ mellett)
Nyomás	1,9–2,3 MPa (max.: 2,8 MPa)
Üzemi hőmérséklet	+15 °C és +30 °C között

A berendezés főbb részei: 10 µm-es előszűrő (cserélhető szénszűrő-patronok), nagy nyomású szivattyú, kémiai előkezelő rendszer (pH beállítás és a Ca-sók kiválásának megakadályozása), FO modulok (4 db), modulok tisztító rendszere (rövid idejű leálláskor a modulok gravitációs átöblítése ionszegény vízzel, illetve vegyszeres tisztítás a mért főbb paraméterek pl.: tisztított víz mennyiségének csökkenése, tisztított víz fajlagos vezetőképességének⁸ növekedése, jelentős változásokor.)

7. táblázat. Az FO modulok adatai

Gyártó	Du-Pont, típus B 9, üreges szálak.
Az üreges szálak anyaga	aromás poliamid, külső Ø 80 µm, belső Ø 40 µm, felhasználhatók 7–11 közötti pH tartományban.

A tisztítandó víz lebegőanyag tartalmán túl, annak szabad klór- és vastartalma (mindkettő max, 0,1 mg/dm³ lehet) is meghatározó a berendezés használhatóságához.

A részletes vizsgálati eredmények terjedelme miatt, tájékoztatásul csak néhány általános következtetést közlünk.

A tisztítandó víz ionösszetételétől, illetve az ionösszetétel részarányaitól is függött az egyes ionokra vonatkozó szelektivitás. A tisztítandó víz vezetőképessége átlagosan 90%-kal csökkent, tehát a víz összes iontartalmára vonatkoztatott elméleti-szelektivitás 85-90%-os volt.

A tisztítandó víz fajlagos vezetőképessége 400-600 µS/cm volt, a tisztított pedig 50 µS/cm körül mozgott egy 80 órás üzemeltetés során.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Gerlei István: A komplex víztisztítás és a fordított ozmózis. Haditechnika. 1975. 2 sz. 41–46. oldal;
- [2.] Gerlei István – Dr. Vasvári Vilmos: A víztisztítás eszközei. Honvédelem. 1978.;
- [3.] Dr. Dobolyi Elemér – Dobos Ferencné: A fordított ozmózis elvének gyakorlati alkalmazása a vízgazdálkodásban. Hidrológiai Közöny. 1978. 3. sz. 122–130. oldal;
- [4.] Kéziratok: Dr. Demeczky Mihály, Khell Ádámné (KÉKI), Dr. Pernyeszi József (NEVIK), Gerlei István

(HTI) Melenyecz János (HTI) korabeli kéziratai, néhány esetben szó szerint kézzel írva;

- [5.] http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/737px-Relative_scale_hu.svg.png;
- [6.] Kállai Ernő – Padányi József: Új víztisztító berendezés a Magyar Honvédségben. Haditechnika. 2005. 2 sz. 65–66. oldal;
- [7.] Kállai Ernő: Víztisztítás a Magyar Honvédségben. http://www.sija.hu/wp-content/uploads/2012/04/kallai_erno_viztisztatasa_a_magyar_honvedsegben.pdf;
- [8.] http://www.gvh.hu/akadalymentes/IMPORT/import-20140110_134637/en/resolutions/resolutions_of_the_competition_council_old/4070_hu_vj-4620069.html;
- [9.] Melenyecz János: A ZVTÁ műszaki leírása, kezelési és karbantartási utasítása. (Belső kiadvány.);
- [10.] Az MVT-4 víztisztítóval összefüggő szabadalmak:
 - [10.1] Eljárás radioaktív szennyezések eltávolítására alkalmas amorf cirkónium-foszfát alapú szorbens előállítására. Lajstromszám: 173 499 (1976. 04. 20.) Szabadalmas: Nehézvegyipari Kutató Intézet (Veszprém). Feltalálók: dr. Bálint Tiborné, dr. Borszéki János, Barcánfalvi Ferenc, dr. Demjén Zoltán, dr. Fóti György, Gerlei István, Juhász Zoltán, Kollár Judit, dr. Nagy Lajos György, Székely István, dr. Török Gábor;
 - [10.2] Eljárás és berendezés folyadékok, előnyösen felszíni vizek örvényregenerációs szűrésére. Lajstromszám: 180 028 (1978. 02. 17.) Szabadalmas: Nehézvegyipari Kutató Intézet (Veszprém). Feltalálók: dr. Pernyeszi József, Gerlei István, Juhász Zoltán, dr. Vasvári Vilmos;
 - [10.3] Hordozható berendezés különböző szennyezettségű, főleg felszíni vizek ivóvíz nyerése céljából történő tisztítására. Lajstromszám: 188 999 (1983. 11. 10.) Szabadalmas: Nehézvegyipari Kutató Intézet (Veszprém), Vízgépészeti Vállalat (Lajosmizse). Feltalálók: Babócsky Ervin, Bagi László, dr. Maier Ferenc, dr. Pernyeszi József, dr. Vasvári Vilmos, Gerlei István, Gonda Gyula, Juhász Zoltán, Melenyecz János, Papp Mihály, Tillinger Ferenc, Vodál Árpád;
 - [10.4] Eljárás aktívszén alapú, savas karakterű, oxidált szorbensek előállítására. Szabadalmas: Nehézvegyipari Kutató Intézet (Veszprém, 1982. 09. 29.) Feltalálók: dr. Pernyeszi József, dr. Maier Ferenc, Bagi László, Gerlei István, Juhász Zoltán;
- [11.] http://autofer.hu/tartalom/katonai_jarmufelepitmenyek/.

JEGYZETEK

- 6 1 rad = 10⁻² Gy (A rad, ill. a Gy /gray/ az elnyelt sugárdózis CGS, ill. SI mértékegysége.);
- 7 TDS = Total dissolved solids = Összes oldott szilárd anyag;
- 8 A víz fajlagos vezetőképessége [µS/cm] jellemző annak oldott szilárd anyag tartalmára, mivel az oldott sók vezetnek az elektromosságot. Néhány példa a különböző vizek fajlagos vezetőképességére [http://vizlabor.premium.shp.hu/ec-tds-fogalma] µS/cm-ben:
 nagyon tiszta víz: 0,055,
 desztillált víz: 0,5,
 FO ionmentes víz: 0,1-10,
 sóltartott víz: 1-80,
 háztartási víz: 500-1000,
 tengervíz: 52 000.

(Fotók a szerző gyűjteményéből.)