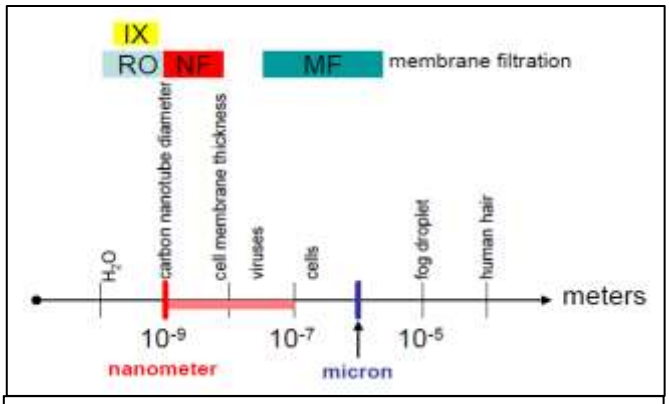
تحلية المياه بتقنية النانو

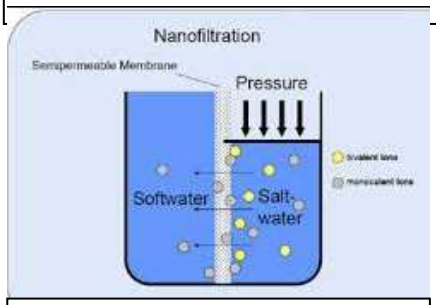
أ.م.د.أسعد رحمان سعيد الحلفي
قسم علوم الاغذية – كلية الزراعة - جامعة البصرة

النانوتكنولوجي هومجمو عة من الادوات والتقنيات والتطبيقات التي تتعلق بتصنيع بنية معينة وتركيبها في مقياس غاية في الصغر يسمى النانو وهو واحد من المليار من المتر، (1 نانومتر=10^{-9} متر) .وحجم النانو أصغر بحوالي 80000 مرة من قطر الشعرة. حيث يمكن ترتيب حوالي ثماني ذرات من الكربون بجانب بعضها البعض في نانومتر واحد (شكل 1).



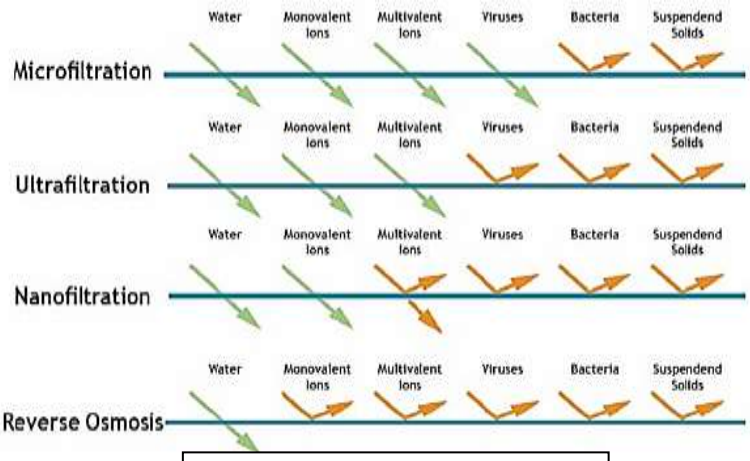
شكل1 :مقارنة مقاييس الطول للترشيح وحجوم الدقائق. المساحة المضللة تشير الى مجال النانوتكنولوجي.IX:التبادل الايوني، RO:التناضح العكسي، NF:النانوتكنولوجي، MF: الترشيح المايكروى.

تقع تقنية النانو بين خواص الفصل بالتناضح العكسي RO (شكل 2 و 3) والترشيح الفائق Ultrafiltration (UF). [1].
ان عملية الفصل باستخدام التناضح العكسي تعتمد على انتشار المحلول بينما الفصل بالترشيح الفائق فانه يعتمد على تاثير الغربلة، بينما تقنية النانو في تحلية الماء تعتمد على انتشار المحلول وتاثير الغربلة اي انه يجمع مابين مميزات التناضح العكسي والترشيح الفائق.
اضافة الى ذلك تاثير الشحنة الكهربائية نتيجة لمميزات سطح الغشاء النانوي. حجم الفتحات في اغشية الترشيح النانوي تتراوح بين 0.5 – 1 نانومتر وان عملية الفصل باغشية النانو تعتمد على تاثير الغربلة والتناسق والعزل الكهربائي. ان عملية النقل خلال غشاء الترشيح النانوي هي نتيجة للانتشار والحمل والهجرة الكهربائية وان هذا الغشاء يبقي الشحنة السالبة عند السطح والايونات المشحونة بالشحنة الموجبة تكون منجذبة اليه اما الشحنة السالبة فتطرد نتيجة لتاثير التناسق[2] شكل3 و 4 .

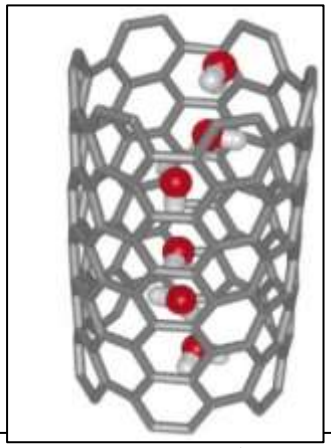


شكل 2 التناضح العكسي.

الغاء العزل يحدث نتيجة للاختلاف في ثابت العزل في ثقوب الترشيح النانوي ومواد الغشاء والمحلول الذي يطرد الايونات من النظام. غشاء الترشيح النانوي يحفز من بلمرة sulphonic acid و acetyl chloride التي تساهم في وجود



شكل 3: يوضح انواع مختلفة من الترشيح



شكل 4: حركة الماء خلال الانبوب الكاربوني

الشحنة السالبة على سطح الغشاء.

ان استخدام عملية التناضح العكسي في تحلية المياه يتطلب مواد كثيرة وتكاليف تشغيل كبيرة وتحتاج الى ضغط كبير وهذا يتطلب وجود مواد تتحمل هذا الضغط مثل الحديد المقاوم للصدأ والمضخات التي تحتاجها تتطلب طاقة عالية وتكاليف كبيرة. وهذا النوع من الاغشية منخفض الكفاءة بسبب تاثير الرص للاغشية، ويصل الضغط الى 600 psi وهذا يقلل من العمر التشغيلي للاغشية وتحتاج الى تبديل من فترة الى اخرى [2]

وجد Hassan [3] ان استخدام تقنية النانو مع الحرارة في تحلية المياه عند تصريف 292.6 m^3/h كان الماء النقي المنتج 158 m^3/h والماء المرفوض (rejected water) 134 m^3/h

استخدم الترشيح النانوي(شكل 5) في ازالة الملوثات المايكروبية والنترات والزرنيخ والمبيدات والفلور والفايروسات [4]. كما ان الترشيح النانوي يحجز اكثر من 90% من الايونات عديدة التكافوء و 60 – 70% من الايونات احادية التكافوء [5]. من فوائد الترشيح النانوي انه يحتاج الى ضغط منخفض وينتج ماء ذو نوعية عالية بتكاليف استثمارية قلية [6]. تعمل المرشحات النانوية نوع NF90 على حجز اكبر كمية من النترات [7-9].

وجد Amouha واخرون [10]ان نسبة المواد المحجوزة بفعل الترشيح النانوي كانت 87.6 ، 85.2 ، 88.7 ، 84.5 ، 84.7 ، 88.2 ، 100 ، 60.2 ، 85.2 ، 89.2 ، 85.9 للـ Mg^{+2}, Ca^{+2}, Na^{+}, No_3, SO_2^{-2}, Cl^{-}, Sio_2, Alkalinity, Hrdness, TDS, E.C. على الترتيب.

شكل 5: وحدة تحلية الماء بالنانوتكنولوجي

ان تقنية الترشيح النانوي استخدمت بدلا من التناضح العكسي في تطبيقات عدة نتيجة لانخفاض استهلاك الطاقة وزيادة معدل الجريان [11]يتميز الترشيح الغشاء النانوي انه ذو فتحات تتراوح بين 0.5 – 2 نانومتر وضغط يتراوح بين 4 – 40 بار وكذلك تستخدم لفصل السكريات والجزيئات العضوية والاملاح المتعددة التكافؤ والاحادية التكافؤ وكذلك الماء. ان اغشية التناضح العكسي لاتحتوي على فتحات pores انا عملية نقل المحلول تعتمد على الحجم الحر بين اجزاء (قطع) البوليمر المكونة للغشاء. والضغط المطلوب لتحلية الماء بالتناضح العكسي يتراوح بين 10 – 100 بار.[12]

هنالك خاصيتين متميزتين في الترشيح النانوي هما:

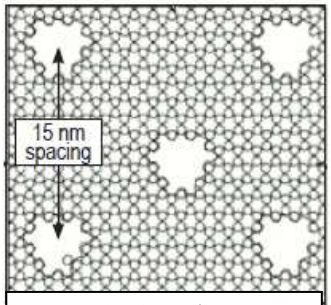
1. حجم المسام في الاغشية متوافق مع الوزن الجزيئي cut off value حوالي 300 – 500 غم/مول لذلك فان فصل المكونات لهذه الاوزان الجزيئية من مكونات الوزن الجزيئي العالي يمكن ان تحصل بسهولة.
2. اغشية الترشيح النانوي اسطحها مشحونة قليلا بسبب ان ابعاد المسام هي اقل من اكبر زيادة من حجم الايونات. ان تداخل الشحنة يلعب دور اساسي وهذا التاثير يستخدم لفصل الايونات بقيم تكافؤ مختلفة. استخدمت تقنية النانو في انتاج الماء مثل ازالة الشحوم من الماء وازالة العسرة من الماء وازالة المبيدات من الماء وازالة المعادن الثقيلة ومعاملة الماء المالح.

الماء هو احد اهم العناصر الاساسية في وجودنا، وتستخدم المياه للشرب والتنظيف والطبخ وازالة النفايات والصناعة التحويلية والتبريد. يجب على تكنولوجيا النانو التي تبين اهميتها لمعالجة المياه الخضوع لعملية صارمة للتحقق من صحة التام التجارية والبيئية المحتملة. هناك اعتبارات مهمة لنجاح تقنية النانو في تحلية المياه يجب ان توخذ بنظر الاعتبار[13]: 1. ان الدقائق النانويةلايمكن ان تصل الى الانسان والحيوان والبيئة.

2. عدم وجود مخاطر جديدة في المنتجات.
3. المواد غير المرغوب بها والمنتجات الثانوية (ان وجدت) يجب ان تتم ازالتها بشكل كامل وكذلك المعادن.
4. هل ستحدث اعادة لتجمع الجسيمات النانوية؟ وهل هذه مشكلة؟ هل تحتاج الى اناس غير مدربين.....

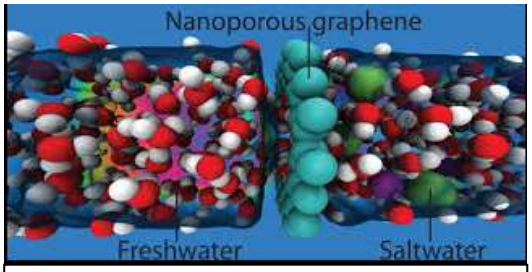
وبشكل واضح مع وجود التطورات العلمية الحديثة في مجال تكنولوجيا النانو وهناك طموح كبير لاستخدامها تجاريا ، فقد صدر تقرير في اوائل عام 2011 حول وضع السوق المالي لتكنولوجيا النانو حول تحلية المياه ففي عام 2010 فان المبالغ المصروفة لشراء المنتجات الخاصة في معالجة المياه بتكنولوجيا النانو بلغ 1.4 مليار دولارامريكي [14]

.



شكل6: طبقة الكرافين ذات ثقوب قطرها 0.6 نانومتر

ان انابيب الكاربون النانوية تسمح لجزيئات الماء بالمرور خلالها بمعدل كبير بينما لاتسمح بمرور ايونات الاملاح الكبيرة. لسوء الحظ فان معدل رفض مرور الاملاح خلال الغشاء النانوي قليل ومن الصعب ان تنتج مجموعة كبيرة من الكاربون المنتظم والمرتبة بشكل صحيح وهذه الاسباب فان هناك حاجة الى وسيلة اضافية لتحلية المياه.



شكل 7 الفتحات النانوية في الكرافين بشكل مجسم

الكرافين (شكل 6 و 7) هو طبقة من ذرات الكاربون مرتبطة معا يتم تعريضها الى اشعاع الكتروني بوجود غاز الهيدروجين تحصل فيها ثقوب بحجوم نانوية يمر من خلالها الماء وتمنع مرور الاملاح الذائبة في الماء التي نصف قطرها الذري اكبر من جزيئات الماء القطبية[15]. ان الماء النقي المنتج من المسام النانوية للكرافيت تراوح بين 39 – 66 لتر/سم^2 ميكاباسكال يوم بينما بواسطة التناضح العكسي بلغ 1 – 5 لتر/سم^2 ميكاباسكال يوم [16] . وبين Thorsen و Flogstad [17] ان حجم المسام في اغشية التناضح العكسي هي اقل من 0.6 نانومتر وتسمح بمرور الماء فقط وفي اغشية الترشيح النانوي بين 0.6 – 5 نانومتر وتسمح بمرور الماء والمحاليل الجزيئية الصغيرة والترشيح الفائق من 5 – 50 نانومتر ويسمح بمرور الجزيئات المايكروية فما فوق والترشيح المايكروي بين 50 – 5000 نانومتر ويسمح بمرور الغرويات.

في التصاميم الحديثة الان تستخدم الفلاتر النانوية مع منظومة التحلية ب RO وهو يزيد من كفاءة منظومة RO وانتاجيتها. اتجه العلماء في الوقت الحاضر الى انتاج اغشية مصنعة من استيت سليلوز تتميز بترشيح نانوي فائق تتكون من تفاعل استيت سليلوز وفورمامايد واسيتون بظروف معينة من حرارة ووقت [18]. هنالك مرشحات (فلاتر) حيوية نانوية مصنعة من الالياف التي تكون ذات كفاءة عالية في منع مرور الفايروسات والبكتريا [19]. هنالك انواع مختلفة من الفلاتر النانوية تجاريا مثل NF270, NF90, NTR7250 .

خطورة تقنية النانو في تحلية المياه

في السابق كانت انابيب الكاربون النانوية تستخدم في عملية التحلية وفي هذه الطريقة لايمكن السيطرة عليها 100% بالانتقال الى الماء وهنا تكمن الخطورة حيث ان الدقائق النانوية قطرها اقل من 100 نانوميتر اذ يمكنها اختراق خلايا الانسان وتنتقل عن طريق الدم بسهولة وتتلف الكلية والدماغ. ولذلك تجنبا لهذه الخطورة على صحة الانسان استخدمت طبقات الكرافين وهي ليست دقائق نانوية وانما صفائح تحتوي على ثقوب نانوية يتم عمل الثقوب فيها عن طريق الليزر وبذلك تكون على شكل منخل يمر من خلالها الماء النقي فقط ولاتوجد ذرات كاربونية نانوية تنتقل الى الماء اطلاقا وهي امنة وصحية. اضافة الى ذلك عند ربط الفلاتر النانوية مع منظومة ال RO فانه حتى لو تسربت دقائق كاربونية نانوية الى الماء في المرحلة الاولى فان فلاتر RO تمنع عبورها الى الماء النقي بسبب ان عملية التحلية ب RO تعمل بطريقة الانتشار وليس الغربلة وبهذا يكون الماء امن من الناحية الصحية.

المصادر

[1] Erksson, P.K.(1988), Nanofiltration extends the range of membrane filtration, Environmental Progress, Vol.7, pp.58-62

[2] Hussain1, A. A. and Aiman E. Al-Rawajfeh (2009). Nanofiltration Applications in Oil Processing, Desalination, Wastewater and Food Industries , Recent Patents on Chemical Engineering, 2009, 2, 51-66 51.

[3] Hassan, A. M. et al., (1998).A new approach to membrane and thermal seawater desalination process using nanofiltration membranes. Part 1. Desalination, 118(2):35-51.

[4] Van der Bruggen, B., M. Manttari, M. Nystrom.(2008). Drawbacks of applying nanofiltration and how to avoid them: A review. Sep. Purif. Technol. 63: 251–263.

[5] Hilal, N., H. Al-Zoubi, N.A. Darvish, A.W. Mohammad, M. Abu Arabi. A comprehensive review of Nanofiltration membranes: treatment, pretreatment, modeling, and atomic force microscopy. *Desalination* 2004, **170**: 281–308.

[6] Wang, D.X. , M. Su, Z.Y. Yu, X.L. Wang, M. Ando, T. Shintani. Separation performance of a nanofiltration membrane influenced by species and concentration of ions. *Desalination* 2005, **175**: 219-225.

[7] Santafé-Moros, A. , J.M. Gozálvez-Zafrilla, J. Lora-García. Applicability of the DSPM with dielectric exclusion to a high rejection nanofiltration membrane in the separation of nitrate solutions. *Desalination* 2008, **221**: 268–276.

[8] Garcia, F. , D. Cicerone, A. Saboni, S. Alexandrova. Nitrate ions elimination from water by Nanofiltration: membrane choice. *Sep. Purif. Techno*. 2006, **52**: 196-200.

[9] Santafé-Moros, A. , J.M. Gozálvez-Zafrilla, J. Lora-García. Nitrate removal from ternary ionic solutions by a tight Nanofiltration membrane. *Desalination* 2007, **204**: 63-71.

[10] Amouha, M. A. , G. R. N. Bidhendi and B. Hooshyari . (2011) Nanofiltration Efficiency in Nitrate Removal from Groundwater: A Semi-Industrial Case Study. 2nd International Conference on Environmental Engineering and Applications IPCBEE vol.17 , IACSIT Press, Singapore.

[11] Raman, L. , M. Cheryan, N. Rajagopalan, Consider nanofiltration for membrane separations, Chem. Eng. Progress 90 (1994) 68–74.

[12] TimmerJ.M.K. (2001). Properties of nanofiltration membranes; model development and industrial application. Eindhoven :Technische Universiteit Eindhoven, 2001. Proefschrift. - ISBN 90-386-2872-2

[13] Duke, M. , Dongyuan Zhao, and Raphael Semiat. 2013 . *Functional Nanostructured Materials and Membranes for Water Treatment*, First Edition. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

[14] BCC Research, Wellesley, MA USA, Web: www.bccresearch.com/

[15] Lee, C. *et al.* (2008). "Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene". *Science* 321 (5887): 385–8.

[16] COSMOS (2012) Water Desalination Across Nanoporous Graphene. Bryce Killingsworth August 4, 2012

[17] Thorsen, T.: *"Fundamental Studies on Membrane Filtration of Coloured Surface Water", Ph.D. thesis,* NTNU, Trondheim, November 1999

[18] Bhongsuwan, D. and T. Bhongsuwan .Preparation of Cellulose Acetate Membranes for Ultra- Nano- Filtrations. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 42 : 311 - 317 (2008)

[19] Tepper F, Kaledin L, Nano Fiber Biological Filter, Argonide Corp., http://www.ssc.army.mil/soldier/jocotas/ColPro_Papers/Tepper.pdf