

降低回用市政污水的含盐量: 以色列新政策的结果

Baruch Weber, 以色列环境部 – 工业废水和燃料司, 以色列特拉维夫 20110 信箱, 邮编 64734
(BaruchW@sviva.gov.il)

Marcelo Juanicó, Juanicó - Consultores Ambientales Ltd. 19205 Ram On, Israel
(juanico@juanico.co.il)

摘要

问题提出: 在以色列处理过的废水用于灌溉已经有数十年的经验, 目前大约 70% 的市政污水在回用。市政污水的含盐量比新鲜淡水高, 所以盐在污水回用时和水一起循环到土壤中了。盐 (主要是氯、钠和硼) 对庄稼、土壤和地下水有负面的影响。土壤和蓄水层中盐分积累在以色列一些地区已经检测到了。一旦盐分进入污水中就没有一个不太昂贵的方法把它去除, 所以防止污水中盐分富集是最立竿见影的方案之一。市政污水盐度的主要贡献者有水软化过程、肉类加工、纺织品印染和食品加工。洗涤剂贡献了大量的硼和钠。

解决问题的新方法: 现在国家法律禁止向市政污水管网中排放某些盐水, 而且也给出了海岸沿线排放盐水的九个排放点示意图, 并且已经开始执行。几个排放点是几家大工厂的排水口, 另外几个排水点是为了方便较小的工厂或者远离海岸线的工厂通过蓄水卡车排放。那些目前由市政法规和商业许可法律限制的工业排放水中盐浓度, 不久的将来很快会受到更加严格的国家法律的限制。环境部已经鼓励工业加工过程中钠、钾或钙的替代物, 以及用 RO 或者阻垢等技术替代软化技术, 用空冷系统替代水冷系统。一个独特的限制洗涤剂中使用硼和钠的法规已经开始实施。

新方法的结果: 以色列的工业最近几年已经经历了一个重要的转变。许多工厂已经开始调整用于软化和中和的钾或者钙, 另外的一些工厂也转向 RO 技术或者其他的技术。所有医院都改变了软化技术。2001 年有 120 多家工厂向海洋排放盐水, 随着强制法规的实施, 这一数字正在增加。排放到海里的盐水量从 1999 年的 580,000m³ 增加到了 2002 年的 700,000m³, 对应的盐分别为 22,000 吨和 32,000 吨。这些盐从此彻底从污水回用年复一年的循环中除掉了。输送到污水处理厂的氯和钠的浓度不断下降。氯从 120mg/l 降到 70mg/l, 硼浓度从 0.6mg/l 降到 0.3mg/l, 到 2008 年底将达到 0.2mg/l。实践证明防止灌溉污水中的盐浓度增加是可行的。

关键词

盐化、污水、水回用、灌溉、氯化物、钠、氟化物、硼

引言

在以色列大量把处理过的废水用于灌溉已经有数十年的经验, 目前大约 70% 的市政污水在回用。市政污水的含盐量比新鲜淡水高 (见表 1), 所以盐在污水回用时和水一起循环到土壤中了。盐对庄稼、土壤和地下水有负面的影响, 所以规定了废水回用于灌溉限制条件 (Shannon 和 Grieve, 1999)。近几十年来以色列污水中盐的含量稳步上升 (Azov 和 Juanico, 1991)。土壤和蓄水层中盐分积累在以色列一些地区已经检测到了, 而且这也是世界上许多灌溉区共同的问题。 (Meron 和 Eren, 1985; Kijne 等, 1998)。

表 1. 在以色列两个城市污水中钠的增加量 1994*

城市	供水 [Na mg/l]	污水 [Na mg/l]	增加量 [Na mg/l]
特拉维夫	107	236	129
海法	110	256	146

*平均值, 摘自 Mercado 和 Banin (1994)

一旦盐分进入污水中就没有不昂贵的方法将它们除掉。政府和农民正同时采取一系列的方法来解决这个问题: 降低给水和/或处理后污水的盐浓度 (Harussi 等, 2001); 工业和居民用水是减少盐量; 废水储存时减少蒸发量; 采取滴灌和地下滴灌方法; 灌溉过的田适当排放; 排掉雨季第一次盐化洪水; 土壤用 Ca+Mg 处理; 种植耐盐作物或者其它方法。

防止污水中盐分富集是最便宜和见效最快的可行的解决方案之一, 环境部在过去的 10 几年里也已经开始推广新的方法来避免污水盐分富集 (Weber 等, 1996)。

污水盐化的主要贡献者

九十年代早期，在以色列污水盐化的主要贡献者是洗涤剂、居民用盐和水软化处理（表 2）。肉类加工、纺织工业、乳制品加工业、pH 中和和医院也是重要的贡献者。1999 年的数据显示，游泳池的杀菌也对污水盐化有贡献(每年超过 6000 吨的氯，Ben-Dror, 2000)。

表 2. 特拉维夫污水中钠增加量，按用途 1994*。

用途	Na[吨/年 X 1000]	Na[mg/l]
洗涤剂	18	53
居民用盐	9	26
水软化	8	22
其它工业用盐	6	17
生理学用盐	4	11
合计	45	129

* 平均值，摘自 Mercado 和 Banin (1994)

洗涤剂贡献了大量的钠，也是污水中硼的主要来源。Fox 等人(2002)研究的 48 家欧洲的污水处理厂发现，理论计算（依据洗涤剂消耗的数据和洗涤剂方程式）的硼浓度和实际测量的硼浓度很好吻合。在以色列，普通粉末洗涤剂的钠和硼含量高，而压缩粉末洗涤剂和液体洗涤剂含量却低很多(图.1)。

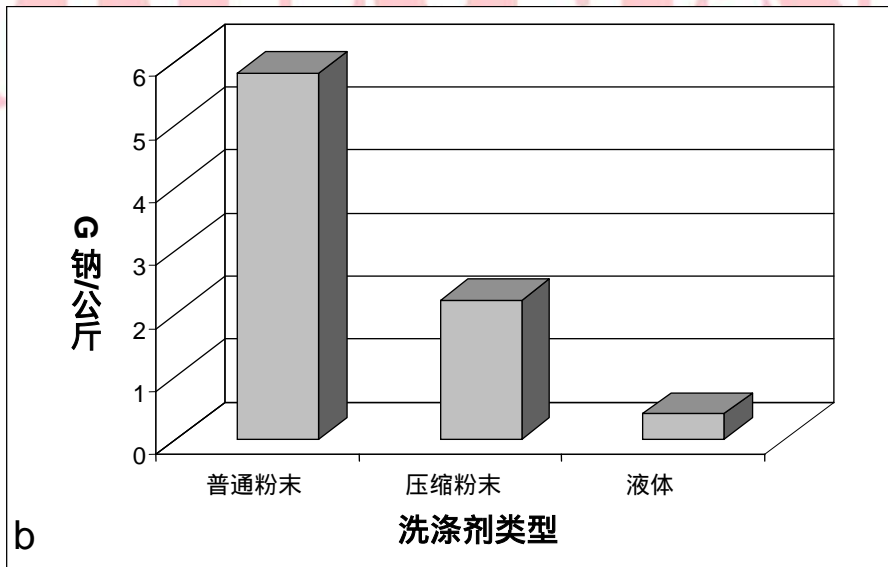
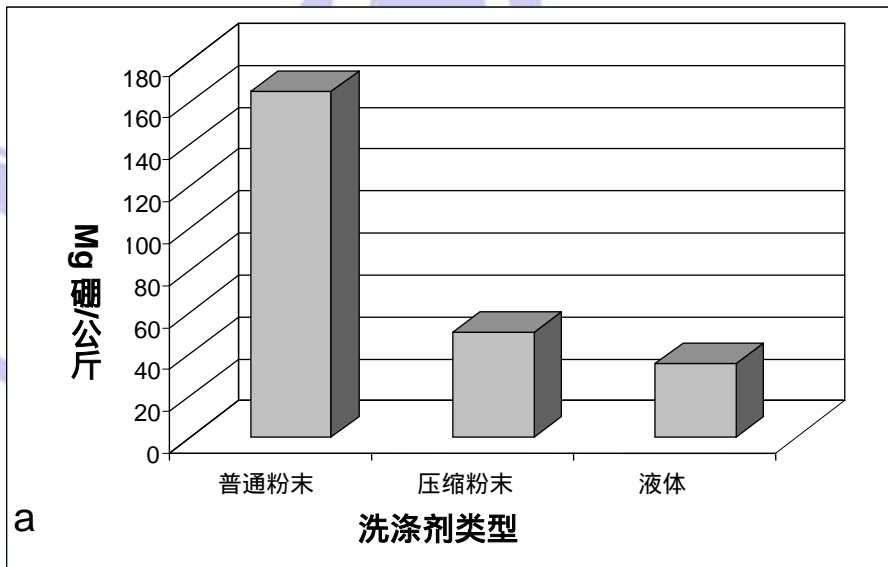


图 1. 90 年代早期以色列使用的不同衣物洗涤剂对硼(a)和钠(b)贡献的平均值

处理这个问题的方法

盐水控制

为了减少水软化过程用盐的数量,以减少向市政污水系统排放盐水,环境部在 1994 年公布法规限制离子交换再生用盐。1998 年又公布法规禁止向水源和市政污水管网排放盐水(每年排放钠超过 4 吨或者排放氯超过 6 吨的)。为了进一步提高效率和强化效果,又对使用离子交换的工厂和食品纺织品工厂增加了特别的许可要求。这些条款还将不断更新和改进。

规定了沿地中海、死海和艾拉特湾海岸线的九个盐水排海点(图 2)。其中的一些排海点属于大型工厂的排放口或者小工厂集中的工业区。其它的排放点位于海滨电厂的冷却水排放口,这里一些小工厂或者远离海岸的大工厂可以用槽车来排放盐水。据报道在美国的佛罗里达州也采取了类似的方法(Kimes, 1995)。所有的排放都接受环境部的监控,同时也符合**巴塞罗那地中海保护公约**的要求。



图 2. 盐水排放点和 2000 年排海盐水量(m³)

今天,正在起草新法规,以阻止在家庭使用离子交换树脂,家用离子交换器给市政污水系统增加了盐水,这个问题已经在加利福尼亚上升到主要的盐水排放部分。另外一项法规限制排放量小于 10 吨的排放者向水源和市政污水管网排放盐水。

环境部鼓励工业过程中使用钾或者钙替代钠用来软化和中和目的。同时也鼓励采用软化替代技术,例如 RO 或者艾格锡 CAE - 电解水垢处理(参见网站:www.elgressy.com.cn),以及空冷技术替代水冷系统,空冷系统避免了水分蒸发损失和产生盐水。

洗涤剂控制

1999年通过了一项关于洗涤剂中硼、钠和氯含量的独一无二的法规，在现有技术的基础上生产这种洗涤剂（表3）。

表. 3. 1999年以色列关于粉末洗涤剂的标准要求

生效日期	硼 最大含量 g/kg 洗涤剂	钠 最大含量 g/kg 衣物	氯 最大含量 g/kg 洗涤剂	
			机洗	手洗
旧标准	8.4	没有规定	61	121
1999年7月1日起	7.0	5	40	90
2000年7月1日起	5.6			
2001年7月1日起		4		
2002年1月1日起	4.2			
2003年1月1日起	3.5			
2008年1月1日起	0.5			

表4概括了环境部为了避免污水盐化采取的行动和主要法规的近展及修订。

新方法的结果

以色列的工业在最近几年经历了重要的变化。许多工厂调整使用钾和钙来改变软化和中和工艺。其它的一些工厂则转过去使用RO或者艾格锡CAE-电解水垢处理技术，和/或采用空冷系统替代水冷系统。到2002年年底所有医院都取代了软化技术，这样减少向污水排盐量达到1000吨/年。

向海中排放盐水始于1998-1999，但是强制和遵守是个渐进的过程。超过120家工厂在2001年盐水排海，而且这个数字随着强制所示的实施在持续不断地增加。在1999年排海盐水为580,000 m³，到2002年增加到了超过700,000 m³，对应的盐量分别为22,000吨和32,000吨（图3）。这些盐从此从年复一年的用水循环系统中彻底排除出去了。

图4显示了自从新方法实施以来污水中盐的浓度逐渐下降。2000年和2001年间这种下降趋势发生了改变，原因是这两年的严重干旱导致给水的盐含量增加所致。图5显示了污水中氯的增加量从1992年的120mg/l下降到2000年的70mg/l。

图6则显示这些年来硼的含量也稳步下降，下降甚至超过了预期值。

表 4. 以色列防止污水盐化主要法规和活动的进展

年份	主要法规和活动
1991	离子交换用盐量超过某个量的工业用户，要求使用钾盐（主要是氯化钾）。
1993	要求一些工厂把软化产生的盐水排放到海里。
1994	颁布离子交换再生用盐法规。
1995	制订屠宰场控制盐排放指南。
1996	启动建设盐水排海点网络建设。向市政污水中排放盐水受到限制（商业许可法）。
1997	制订蒸发塘正确建设和操作的标准。
1998	禁止向市政污水系统排放盐水（水法）。
1999	家用和工业用洗涤剂配方西标准：减少硼、钠和氯含量。
2000	建议游泳池消毒从次氯酸盐、三氯化物和氯气转换到盐电解消毒。
2002	在商业许可法架构中： <ul style="list-style-type: none"> • 关于离子交换器的草案。 • 关于限制使用水冷空调和制冷工艺。 • 限制腌菜工厂排放。
提议的新法规和活动	关于限制所有工业排放中盐的含量的法规： <ul style="list-style-type: none"> • 氯：不超过给水含量之上 200 mg/l。 • 钠：不超过给水含量之上 130 mg/l。 • 氟：6 mg/l • 硼：1.5 mg/l 禁止家庭使用离子交换器。 公众教育： <ul style="list-style-type: none"> • 如何用盐洗碗。 • 如何使用洗涤剂。

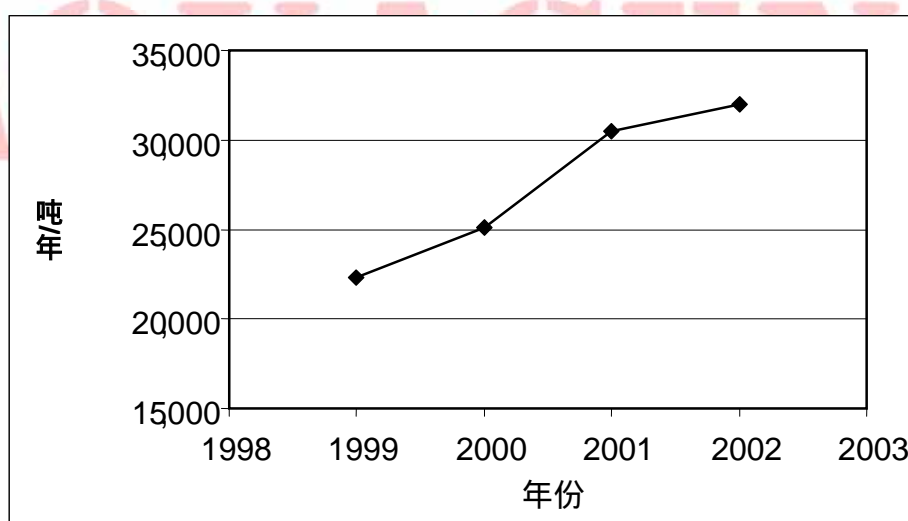


图 3. 通过排放盐水排到海里的盐量

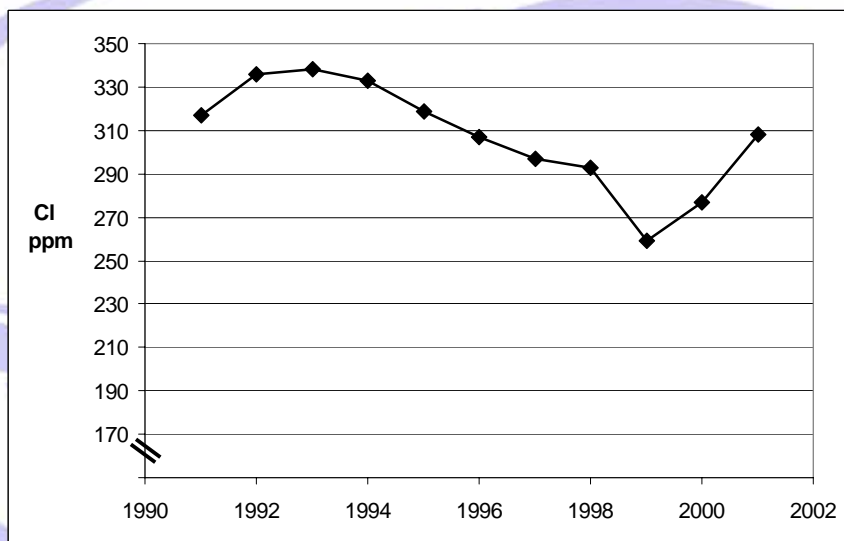
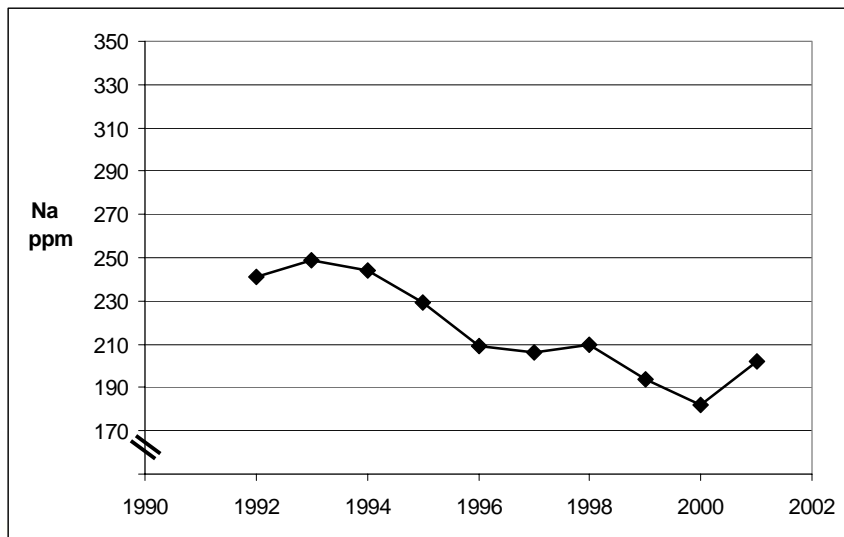


图 4. 特拉维夫地区污水里检测到的 Na 和 Cl 含量

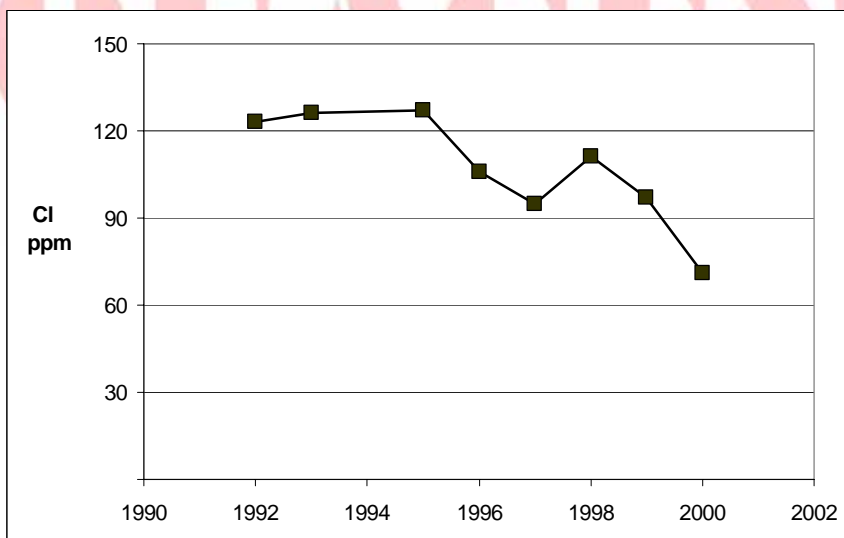


图 5. 特拉维夫地区污水中氯的增加量(超出给水氯含量的值)

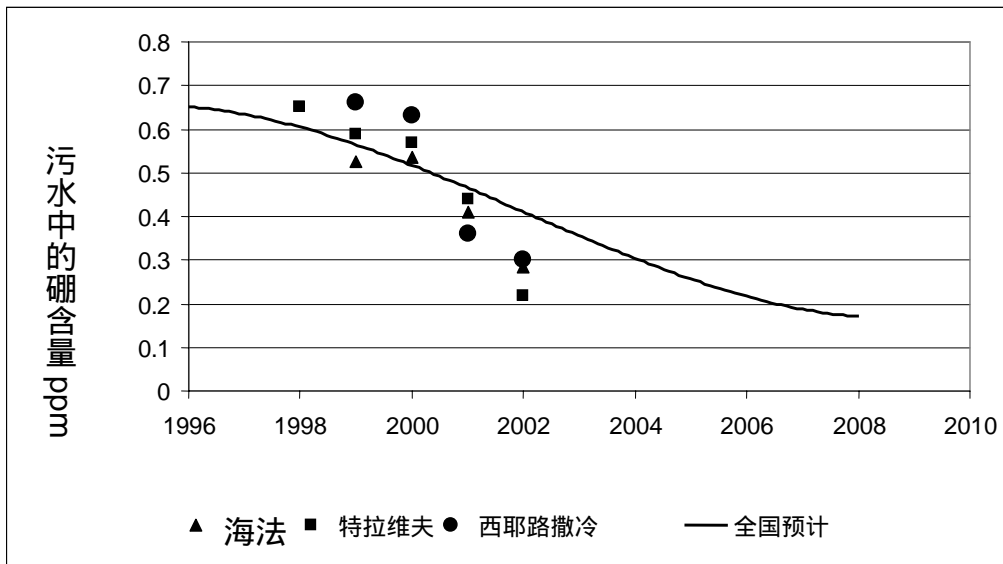


图 6. 在三个城市污水中硼含量和全国污水硼含量的预测平均值

参考文献

- 1 , Azov Y. and Juanico M. (1991). Changes in the Chemical Structure of the Effluents of the Kishon Complex (salts). *In: The Kishon Reuse Complex Monitoring Program, Technion, Haifa, Annual Report 7:71-82 (in Hebrew).*
- 2 , Ben-Dror Y. (2000). Survey on swimming pools, methods used for disinfection, and their impact on the environment. *Report to Ministry of the Environ., Israel, 13 pp. (in Hebrew).*
- 3 , Fox K., Cassani G., Facchi A., Schroder F., Poelloth C. and Holt M. (2002). Variation in boron loads reaching European sewage treatment works. *Chemosphere 47:499-505.*
- 4 , Harussi, Y., Rom, D., Galil, N. and Semiat, R. (2001). Evaluation of membrane processes to reduce the salinity of reclaimed wastewater. *Desalination 137:71-89.*
- 5 , Kijne J., Prathapar S., Wopereis M. and Sahrawat K. (1998). How to manage salinity in irrigated lands: a selective review with particular reference to irrigation in developing countries. *Internat. Irrig. Management Inst. Sri Lanka, SWIM Report 2, 44 pp.*
- 6 , Kimes, K. (1995). The regulation of concentrate disposal in Florida. *Desalination 102:87-92.*
- 7 , Mercado, A. and Banin, A. (1994). Addition of dissolved solids to the sewage. *Report to the Ministry of the Environment, Israel (in Hebrew).*
- 8 , Meron, A. and Eren, J. (1985) Effect of Salinity on Agricultural Reclamation. *Proc. Water Reuse Symp. III (1), pp. 543-553.*
- 9 , Shannon, M. and Grieve C. (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Hort. 78:5-38.*
- 10 , Weber B., Juanico M. and Avnimelech Y. (1996). Salt enrichment of municipal sewage: new approaches to prevent it in Israel. *Environ. Managem. 20(4):487-495.*