

丹麦地下水监测

丹麦的饮用水由地下水提供，
因而对地下水的监测尤其重要。
6200个公共供水井是监测内容的一部分。

丹麦地下水监测项目开始于1988年，其中一项重要任务是创立一系列合理的指导标准，对钻孔和设计，抽水和取样，过滤，现场测量，数据分析和报告等环节进行规范。

最先开始的监测对象包括一些不再使用的水井，但随后又陆续开凿了许多水井。为了保证采样的精确性，这些井的直径都很小（如0.5米）。

丹麦地下水监测项目采用了各类不同的水泵，其中Grundfos Mp1潜水泵专为取样而研制，性能优良。针对其他用途，一系列相应的专业水泵被研发出来以备选用，如氮压水泵，氟氯化物浓度测量泵。

丹麦地下水过滤，实地测量及化学分析标准的制定，则是与丹麦认证与标准基金会（DANAK）合作中完成的。

建立全国饮水井与地下水数据库十分必要，位于GEUS的Jupiter系统为相关使用者提供了网上数据更新和水质管理服务。

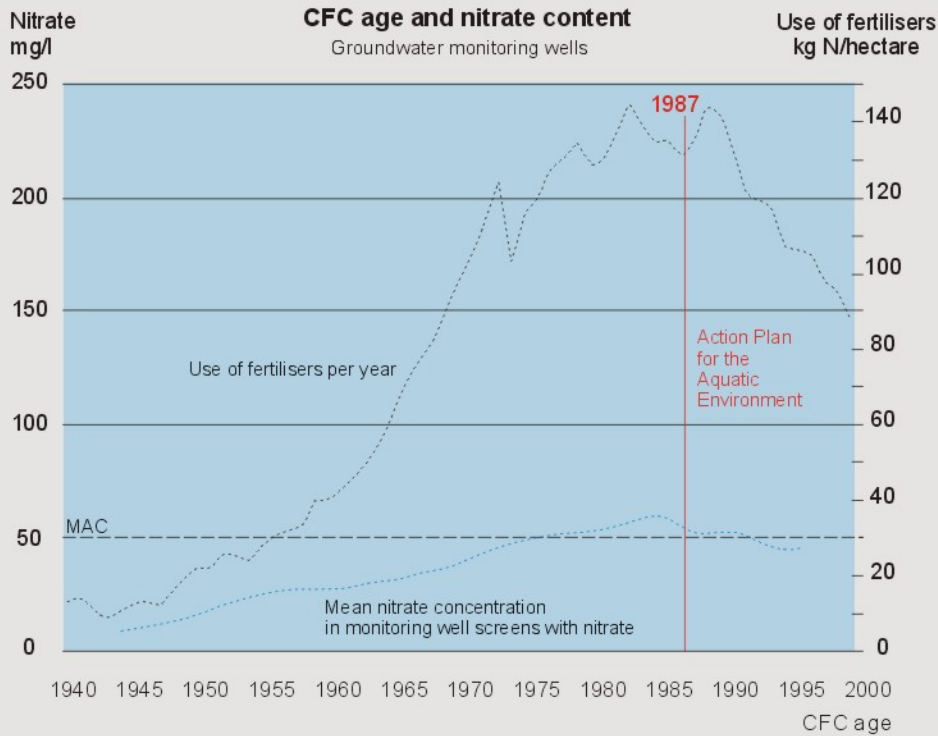
由于丹麦的饮用水完全来自地下水，因而对地下水的监控对丹麦民众极为重要。鉴于境内超过62%的土地用于农业，丹麦政府宣布全部国土均为易受硝酸盐污染区，相应地下水监测也需覆盖全丹麦。

丹麦地下水监测项目包括供水井监测、地下水网络监测和农业流域监测，该项目从属于水土环境监测与评估项目（NOVANA）。

丹麦地下水监测项目需对监测网络内的1415口井进行细致分析。该网络包含70个蓄水区，5个农业流域内的100口浅水井。详细的水质监测指标包括97项化学指标，其中26项常规

指标，14项重金属指标，23项有机污染物指标，34项杀虫剂和降解物指标。此外，基于大约6200口公共供水井数据的水质管理也是地下水监控的一部分。





硝酸盐污染减少

对水井的监测能够清晰的显示丹麦地下水硝酸盐污染状况。从1998年到2004年，16.9%的水井的硝酸盐含量轻微超标（MAC值），但大约60%的水井不含硝酸盐（低于1mg/l）。

硝酸盐在各地区的地下水含水层的空间分布各不相同。在丹麦西部的冰川沉积平原，其主要存在于极深的无压含水层和受压第四季和中新季含水层。在冰蚀遗迹以东，沙粒融水沉积和前第四季石灰岩含水层通常覆盖有粘土性冰碛，它能减少及阻止硝酸盐污染扩散。

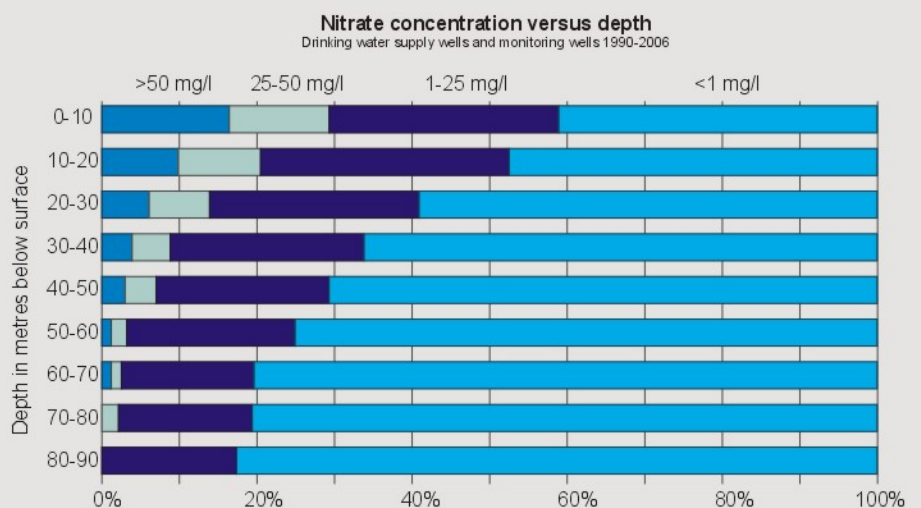
大半个世纪以来，化肥的使用日益泛滥。被监测水井中发现CFC（氟氯化物）成分，极高的硝酸盐浓度显示化肥使用量的增加。持续的监测将最终明确在过去十年间，减少化肥使用是否会相应减少硝酸盐含量，抑或因其它肥料的使用增加，使硝酸盐含量维持在高水平。最初的数据表明。自1979年以来由于施肥方式的改变，地下水中的硝酸盐含量正在减少。

一旦地下水过量开采，镍和砷将对饮水安全构成威胁

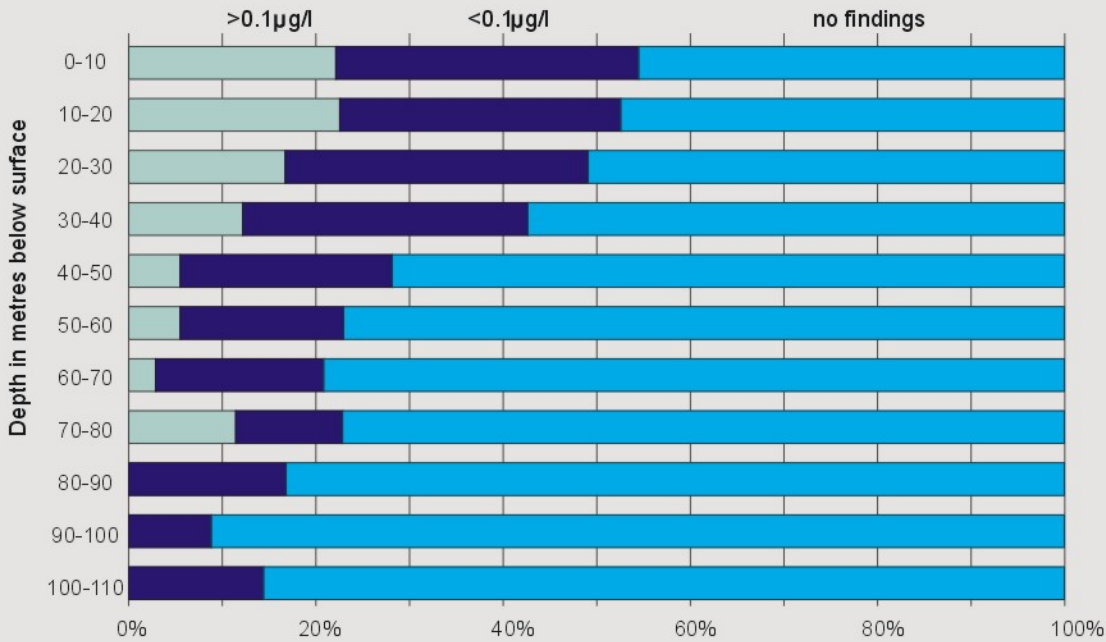
来自于黄铁矿、镍黄铁矿和其他含重金属的硫化物被氧化后，将能分解出镍，造成大范围的无机微量元素污染。当地下水被大量开采，地下水位下降，接着又涌入被氧化地下水后，大量的硫化物将会分解。在分解过程中，一些镍被不稳定的锰氧化物沉淀吸收。然而，一旦地下水位再次

升高，环境缺氧，锰氧化物分解，镍会再次析出。

当2001年欧盟饮用水法令在丹麦立法实施时，砷问题引起越来越多人的关注，也因此最大允许浓度（MAC）值由50 μg/l下调至5 μg/l。目前监控项目的取样结果显示，9%的水井砷含量超过5 μg/l。砷的分布情况与氧化还原条件密切相关，缺氧环境中砷的分解量是氧化环境的10倍。因而在粘土沉积物下方的含水层中，通常能发现很高的砷含量。



Pesticides and Metabolites versus depth
Groundwater monitoring 1990-2006



庆幸的是，经过标准化处理，大部分的镍、砷和其他微量元素通常与铁结合沉淀，留在过滤沙层中。

沿海地区地下水盐碱化

在沿海地区，当地下水被抽取时，盐水可被含水层吸收，这将导致地下水中氯含量增加。在丹麦，地下水中含氯高的地区包括沿海及在含水层被远古海水浸染的地区。丹麦附近海域的海平面高度在千万年中变化极大。因而，许多位于深处的含水层中存在从石器时代早期到间冰期的远古海水浸染。

超过25%的井中含有农药及其降解物成分

来自供水井，地下水监测地区和农业流域的分析结果出入很大。只在从农业流域的近期形成的地下水水样中检测出农药，而地下水监测网采集到的水样则含有其他类型农药，包括

城区，道路，农场等使用的农药。在所有检测的井中25%以上发现了农药及其降解物。

最常使用的农药包含敌菌灵及其衍生物。通常在农业区和城区均可发现这些化合物。监测网数据显示在井深40-50米处最常检测出农药，并随水深增加，农药出现量递减。

一项研究旨在调查最新形成的地下水情况，检测了自628口挖掘井和自用钻井的饮用水。

在35%的被调查井中，农药及其衍生物含量超过MAC值（0.1 µg/l）；10%的水井超过MAC值10倍。

研究结果还显示22%的井水硝酸盐污染在50mg/l以上。48%细菌含量超过MAC最高值，另有31%的水井含有大肠杆菌。总的来看，68%的自用井和多个家庭共用井无法达到饮用水标准。

期待农药限制使用条例将能有效减轻地下水污染。

地下水模型

通过水文模型来评估水量平衡和地下水渗透情况是本监测项目的一部分。

其主要目标是积累水平衡知识，

增进对蓄水区、流域、水区层级的可持续水资源的了解。构建模型旨在为以下各项工作提供保证：1. 数据，2. 数据整合3. 对各概念模型的不一致处的反馈4. 水量平衡数据。

地下水模型还在制定水资源利用战略时，能把气候，土地利用和开采等因素纳入考虑。

现在使用一个500×500米的水平网格模型表示丹麦所有地区。然而，在应用系统方面，仍分别使用地质和数字模型，以便在不同的具体层面能够有效应用。



- 铝 (Al)
 - 砷 (As)
 - 铅 (Pb)
 - 硼 (B)
 - 镉 (Cd)
 - 铜 (Cu)
 - 镍
 - 锌 (Zn)
- 每年取样频率
- 含量<MAC值的75%的井 1/2
 - 高含量的井 1

主要化学指标

现场测量

- pH
- 电导率
- 溶解氧
- 温度

实验室分析

- 钾
- 氯
- 硫
- 硝酸盐
- 亚硝酸盐
- 铵
- 铁
- 钙
- 重碳酸盐
- 锰
- 钠
- 总磷
- NVOC
- 生效二氧化碳

每年取样频率

现场测量：每次取样	
不含硝酸盐的井 (<3mg/l)	1/6
含硝酸盐的井	1
多屏井	4-6
农业流域	1/3-6

杀虫剂

1. 氨基磷酸
2. 莠去津
3. 苯达松
4. 4-CPP
5. 2,6 DCP
6. 脱氨基嗪草酮
7. 脱乙基莠去津
8. 脱乙基脱异丙基莠去津
9. 脱异丙基莠去津
10. 敌草腈
11. 2, 6-二氯-苯甲酰胺 (BAM)
12. 2, 6-二氯-安息香酸
13. Dicoprop
14. 二酮-嗪草酮
15. 草甘膦
16. Hexazinon
17. Mechloroprop
18. 嗪草酮
19. 4-硝基酚
20. 西玛津
21. 三氯醋酸
22. 脱乙基羟基阿特拉津
23. 脱异丙基羟基阿特拉津
24. 丙-烷基基莠去津

每年取样频率：

无杀虫剂的井	1/3
浅井	1
有杀虫剂含量<MAC 值的75%的井	1
高杀虫剂含量的井	1
多屏井	4

有机微量污染物

芳香族碳氢化合物

- 苯
- 甲苯
- 二甲苯 (3种同分异构体)

卤代脂肪烃

- 四氯乙烯
- 四氯化碳
- 三氯乙烯
- 三氯甲烷
- 1, 1, 1-三氯乙烯
- 1, 2-Ethylendibromide (EDB)
- 氯乙烯

酚类和酯类

- 苯酚
- 壬基苯酚
- 壬基苯酚乙氧基化物
- Dibutylphthalate (DBP)
- 2, 4-二氯苯酚
- 2, 6-二氯苯酚
- 五氯苯酚

洗涤剂

- 特定阴离子表面活性剂

每年取样频率：

■ 无污染物的井	1/6
■ 浅井	1/3
■ 污染物含量<MAC 值的75%的井	1/2
■ 高污染物含量的井	1

参考文献

Jørgensen, L.F. & Stockmarr, J., in press: Groundwater monitoring in Denmark - characteristics, perspectives and comparison to other countries. -Journal of Hydrology.

GEUS, 2007: Groundwater Monitoring <http://www.geus.dk/publications/grundvands-overvaagning/grundvandsovervaagning-uk.htm>

Svensden, L.M., Bijl, L. van der, Boutrup, S. & Norup, B. (eds.), 2005: NOVANA - National Monitoring and Assessment Programme for the Aquatic and Terrestrial Environments. Programme Description, part 2. -NERI Technical Report no. 537. 138 p. [Http://www.dmu.dk/International/Monitoring/NOVANA](http://www.dmu.dk/International/Monitoring/NOVANA)

联系方式：

Jens Stockmarr, 高级顾问
 丹麦和格林兰岛地质调查
 sto@geus.dk
 更多详情

www.ecoinnovation.dk/english
 -选择丹麦经验