سال اول، شماره ۱، اسفند ۱۳۹۲، صفحات ۴۳ تا ۴۷
نشریه آب و توسعه پایدار

2014, Vol.1, No.1, Pages 43 to 47
Journal of Water and Sustainable Development

پایش کیفیت آب در شبکه‌های توزیع با استفاده از نقاط ثابت نمونه‌برداری، فرصت‌ها و چالش‌ها

مطالعه موردی: شهر مشهد

محمدرضا علی پور[۱*]

۱-کارشناس ارشد مهندسی عمران محیط زیست، شرکت آب و فاضلاب مشهد.
*(نویسنده مسئول، E-Mail: mrali54@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۵
تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲۵

چکیده

امروزه مسأله پایش کیفیت آب در مراحل مختلف تولید از اهمیت بالایی برخوردار است. پایش کیفیت آب در شبکه‌های توزیع به عنوان آخرین مرحله در فرایند تولید آب اهمیت ویژه‌ای دارد. دراین میان از روش‌های مختلفی جهت پایش شبکه استفاده می‌شود. در این مقاله معیارهای انتخاب نقاط ثابت نمونه‌برداری، مزایا و چالش‌های پیش روی آن، به همراه شرحی از کلیه فعالیت‌های انجام گرفته برای انتخاب نقاط نمونه‌برداری و پایش و بروزرسانی آن‌ها در شهر مشهد مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان‌دهنده عملکرد بسیار مناسب این نقاط در بررسی روند تغییرات پارامترهای شیمیایی بود. ولی با توجه به وسعت شبکه و وجود تعداد زیاد چاه‌هایی که مستقیماً به شبکه تزریق می‌شوند، پیشنهاد می‌شود برای پارامترهایی مانند کلر باقیمانده در شبکه (با توجه به اهمیت آن و تعداد آزمون مورد نیاز در سطح شبکه) تعداد نمونه برداری از نقاط تصادفی، حداقل دو برابر تعداد نمونه‌برداری از نقاط ثابت باشد. در خصوص آزمون میکروبی نیز، نمونه‌برداری از نقاط تصادفی حداقل برابر با تعداد نمونه‌برداری از نقاط ثابت صورت گیرد. این مقدار می‌تواند برای شبکه‌های مختلف متفاوت بوده و باید بصورت مجزا بررسی گردد.

واژه‌های کلیدی: نقاط ثابت نمونه‌برداری، پایش کیفیت آب در شبکه توزیع.

Water quality monitoring in drinking water supply network using fixed sampling locations, opportunity and risks

Case study: Mashhad city

M.R. Alipour[1*]

1- MSc in Environment Engineering, Mashhad Water and Wastewater Authority, Iran.
* (Corresponding author Email: mrali54@yahoo.com)

Received: 6-10-2013
Accepted: 16-12-2013

Abstract

Nowadays water quality monitoring during the different phases of production of drinking water is a very important task of responsible waterworks. Monitoring of this water supply network at the last points has much more importance. Different methods have been used for this purpose. In this paper, various criteria which are influencing the sampling task have been studied in the City of Mashhad. Results shows, this method is a very good approach for monitoring the chemical parameters changes in the water, but due to the vastness of the studying area and large number of the wells which is connecting to the supplying network directly, it is commented for parameters like free chlorine increase the sampling numbers from the random places two times comparing the fixed sampling points. Regarding the Microbial test, at least this factor might be equal to the one. This factor is different for different networks and every network needs its special studies to declare the rates between samples from random point to the fixed points.

Keywords: Water Quality Monitoring in Drinking water supply network, fixed sampling locations.

مقدمه

امروزه مسأله پایش کیفیت آب شرب در کلیه مراحل استحصال، انتقال، تصفیه، گندزدایی و توزیع و همچنین پایش کیفی منابع زیرزمینی و سطحی به علت کمبود منابع آبی و افزایش تقاضا و همچنین افزایش مراکز تجمعی، صنعتی و کشاورزی و به دنبال آن افزایش تولید فاضلاب‌های آلاینده، از دغدغه‌های اصلی تمامی دست اندرکاران و مسئولین امر می‌باشد.

استحصال، انتقال، تصفیه و توزیع آب بهداشتی از وظایف سازمانی شرکت‌های آب و فاضلاب (آبفا) است. از این رو وجود راهکارهای مناسب برای اطمینان از دقت، صحت، وسعت، جامعیت و کفایت پایش کیفیت آب ضروری به نظر می‌رسد. این امر بخصوص در شبکه‌های توزیع و با اولویت بیشتری در شبکه‌های محلی شاخه‌ای و همچنین برای ایجاد سیستمی پویا که تغییرات احتمالی را پایش می‌کند، اهمیت بیشتری دارد.

استفاده از نقاط نمونه‌برداری ثابت یا تصادفی برای پایش کیفی شبکه‌های آب یکی از مباحث همیشگی بوده است. هدف از پایش، پاسخگویی به نیازهای قانونی است و یا سلامت اجتماعی، در انتخاب نقاط (ثابت یا متغیر و یا ترکیبی از هر دو) تأثیرگذار است. برای اهداف قانونی، محل و تعداد نقاط نمونه‌برداری در قوانین هر کشور تصریح شده است. به عنوان مثال قوانین تأمین‌کنندگان آب انگلستان تصریح کرده است که حداقل ۵۰ درصد نمونه‌های شبکه باید از نقاط تصادفی گرفته شود. لذا باید مناطقی انتخاب شوند تا بهترین نتایج عملیاتی درباره پهنه مورد مطالعه بدست آید. به این منظور با توجه به منابع آزمایشگاهی در دسترس، تعداد نقاط نمونه‌برداری باید بیشتر از مقادیر گفته شده در قوانین باشد (WHO & OECD، ۲۰۰۳).

هر یک از روش‌های نمونه‌برداری شبکه مزایا و معایبی دارند. نقاط ثابت نمونه‌برداری، اطلاعات معتبر و قابل اتکای زیادی از هر نقطه و تاریخچه کیفی آن بدست می‌دهد. همچنین به علت کاهش مناطق نمونه‌برداری، داده‌های بیشتری در طول زمانی جمع‌آوری شده و توانایی ارزیابی روند تغییرات کیفی افزایش می‌یابد. در این سیستم به علت محدودبودن تعداد نقاط و کنترل بهتر هر یک از نقاط، تعداد نمونه‌های منفی و یا مثبت کاذب کلیفرم، کاهش می‌یابد (EPA، ۲۰۰۷).

لازم به توضیح است که مقصود از نقاط نمونه‌برداری شبکه، فقط نقاط کنترل بحرانی مانند خروجی تصفیه‌خانه‌ها، مخازن و یا ورودی‌های اصلی شهر نیست؛ زیرا در این نقاط علاوه بر پایش و نمونه‌برداری مستمر، باید سیستم‌های سنجش لحظه‌ای نیز نصب شوند.

در این بحث، تمامی تجربیات بدست آمده در خصوص انتخاب نقاط ثابت نمونه‌برداری در سطح شهر مشهد بیان می‌شود.

نمونه برداری از شبکه توزیع آب

نمونه‌برداری به عنوان اولین فعالیت در فرایند پایش کیفی اهمیت بالایی دارد؛ زیرا کوچکترین خطا در این مرحله کل فرایند را دچار مشکل خواهد نمود. لذا نقش نیروی انسانی متخصص و ماهر در این فعالیت اجتناب ناپذیر است. تجربه حاصل از چهار سال پایش فعالیت نمونه‌برداران در شهر مشهد نشان داده است که افرادی با حداقل مدرک فوق دیپلم و با گذراندن دوره‌های آموزشی تخصصی (براساس استانداردهای مختلف نمونه‌برداری برای کلیه آزمون‌های شیمیایی، میکروبی و ریزآلاینده) نسبت به افراد با درجات علمی پایین‌تر دقت، کارایی و درک محیطی بالاتری دارند. این امر در حال حاضر جزء فعالیت‌های غیر تخصصی و کارگری در نظر گرفته شده که نشان‌دهنده عدم توجه کافی به اهمیت آن است. حداقل تجهیزات لازم برای انجام نمونه‌برداری به خصوص در شهرهای بزرگ و همچنین سرویس‌دهی مناسب به کلیه مشتریان درون سازمانی (درخصوص راه‌اندازی چاه‌ها، خطوط انتقال، شبکه توزیع، خروجی تصفیه‌خانه‌ها و....) و برون سازمانی (کلیه مشترکین و معترضین کیفیت و مشتریان انجام آزمایش و....) که بایستی همراه نمونه‌بردار باشد عبارتند از: کدورت‌سنج قابل حمل، کلرسنج قابل حمل، ترمومتر، DO متر قابل حمل، pH متر قابل حمل، GPS، کنداکتومتر قابل حمل جهت شناسایی محل آبگیری شبکه، ظروف نمونه‌برداری مناسب و متناسب با نوع آزمون و وسایل ضدعفونی و سایر وسایلی که با توجه به مشکلات هر منطقه باید مورد توجه قرار گیرد.

تهیه برنامه مدون پایش شبکه

وجود یک برنامه مدون و راهبردی برای پایش کیفیت آب در شبکه، هر چند ناقص، اگر به طور مستمر مورد بازنگری و ارزیابی قرار گیرد الزامی است.

طرح‌ریزی برنامه پویای پایش کیفی شبکه نیاز به متولی خاص و همکاری همه دست‌اندرکاران دارد؛ لذا وجود واحد پایش جهت بررسی اولیه و بازنگری‌های بعدی، ایجاد هماهنگی بین واحدها

و آنالیز و بروزرسانی و بهبود روش‌ها ضروریست. مسئولیت این واحد کنترل، نظارت و مشارکت در جمع‌آوری آمار و اطلاعات، آنالیز داده‌ها و انجام مطالعات اولیه و مقایسه‌ای بین داده‌ها (به منظور دستیابی به شناخت کامل از وضعیت موجود شبکه توزیع آب و مشخص کردن نحوه و روند تغییرات کیفی شبکه در زمان و مکان)، تحلیل داده‌ها (جهت تعیین شاخص‌های تأثیرگذار کیفی برای جلوگیری از آسیب‌های احتمالی) و اولویت‌بندی طرح‌های اجرایی کمی و کیفی و ارائه آن با فرمت‌های مناسب مانند جداول، نمودارها و نقشه‌های کیفی جهت اتخاذ تصمیمات درست واستراتژیک است.

بررسی وضعیت موجود

با توجه به بررسی اولیه انجام شده، کلیه نمونه‌برداری‌ها از چاه‌ها، تصفیه‌خانه‌ها و مخازن تعیین شده و نقاط نمونه‌برداری براساس مسیرهای اعلامی از آزمایشگاه‌ها کاملاً اتفاقی و وابسته به نظر و تجربه نمونه‌بردار، تنها براساس آدرس‌دهی و بعضاً غیرقابل ردیابی، پیگیری و ارزیابی بود. لذا جهت بررسی دقیق‌تر وضعیت نمونه‌برداری، کلیه نمونه‌برداران به دستگاه مکان‌یاب GPS مجهز شدند و از آنها خواسته شد مختصات تمامی نقاط نمونه‌برداری علاوه بر آدرس ثبت شود. سپس کلیه نقاط بدست آمده در طول شش ماه در نرم افزار ArcGIS بر روی نقشه شبکه توزیع ثبت شد. نتایج ذیل پس از بررسی نقشه حاصل در جلسه‌ای با حضور کلیه مسئولین آزمایشگاه‌ها و نمونه‌برداران بدست آمد:

۱- عدم پایش بعضی از مناطق در طول یک ماه.
۲- پراکندگی نامناسب نقاط نمونه‌برداری در سطح شهر.
۳- عدم تکرار بسیاری از نقاط در ماه‌های مختلف و در نتیجه عدم امکان ارزیابی و پایش تغییرات در آن نقاط.
۴- عدم امکان تشخیص تغییرات انجام شده در شبکه.

روش کار

تعداد ۱۲۵ محدوده با استفاده از نقشه شبکه، موقعیت کلیه منابع تولید (اعم از چاه‌ها، تصفیه‌خانه‌ها و نقاط آبگیری شبکه و...) و پهنه‌بندی‌های فشاری موجود شناسایی شد. برای انتخاب نقطه مناسب در هر یک از محدوده‌ها فرم‌هایی تهیه شده، در اختیار نمونه‌برداران قرار گرفت.

به دلایل ذیل نصب شیرهای نمونه‌برداری بصورت مستقیم بر روی شبکه مورد تأیید قرار نگرفت:

۱- مشکلات اجرایی طرح
۲- هزینه‌های اجرایی
۳- هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری
۴- عدم امکان حفاظت مناسب
۵- زمان‌بر بودن فعالیت
۶- عدم انعطاف مکانی در صورت نیاز به جابجایی نقاط.

نمونه‌برداری از منازل نیز با توجه به مشکلات اجتماعی و مزاحمت‌های آن برای شهروندان مورد تأیید قرار نگرفت. همچنین مقرر گردید برای نمونه‌برداری حتی الامکان نقاطی از مراکز تجاری و عمومی انتخاب شود.

این نقاط باید به گونه‌ای انتخاب شوند که نماینده آماری مناسبی از کیفیت آب نواحی اطراف خود باشند.

برای انتخاب محل و تراکم نقاط در هر محدوده بایستی موارد ذیل بررسی شوند:

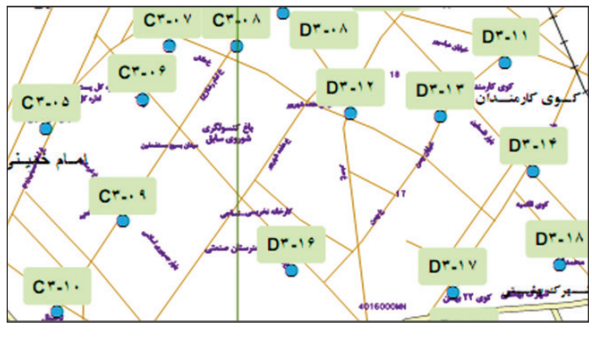
- نقطه آبگیری آن حوزه (مخازن پهنه، چاه‌های تزریق محلی و....)
- جمعیت تحت پوشش (به علت بالا رفتن سطح ریسک با افزایش جمعیت)
- طول شبکه (افزایش احتمال ورود آلودگی‌های ثانویه)
- مقدار مصرف آب در هر حوزه (نیاز به افزایش پایش)
- سطح فرهنگ و روش زندگی (سیفون شدن و...)
- تعداد اتفاقات شبکه (شکستگی لوله‌ها)
- میزان آب به حساب نیامده (بالابودن آن نشان‌دهنده وجود نشت احتمالی در شبکه می‌باشد)
- میزان شکایات مردمی در هر منطقه
- نقاط با سابقه آلودگی
- قدمت شبکه
- تعدد نقاط آبگیری

لذا با توجه به موارد فوق تعدادی از مشترکین هر محدوده انتخاب و برای هر یک شناسنامه‌ای با معیارهای ذیل تهیه و پس از تأیید ثبت شدند.

۱- آدرس محل
۲- نام فرد مسئول
۳- آیا دسترسی به آن آسان است؟
۴- آیا فعالیت جاری در مکان یاد شده بر روی کیفیت آب شیر

نمونه‌برداری تأثیرگذار است؟ (بعنوان مثال نمونه‌های میکروبی تهیه شده از سبزی فروشی‌ها عمدتاً مثبت کاذب بودند)
۵- آیا براساس آزمایشات اولیه نماینده مناسبی از کیفیت آب شبکه محدوده مورد نظر است؟
۶ - آیا شیر برداشت مناسب وجود دارد؟ (فاصله تا ورودی، درصورت فاصله زیاد نیاز به تخلیه آب بیشتری جهت اطمینان از برداشت نمونه از آب شبکه وجود دارد)
۷- آیا مشترک حاضر به همکاری می‌باشد؟
۸- آیا ساعات فعالیت مرکز برای نمونه‌برداری مناسب است؟
۹- آیا مشترک دارای مخزن ذخیره یا پمپ می‌باشد؟ (در صورت وجود مکان دیگری انتخاب شود)
۱۰- مشخصات جغرافیایی (X،Y) نقطه مورد نظر
۱۱- تاریخ ثبت اولیه
۱۲- تاریخ ممیزی یا تجدید نظر مجدد
۱۳- تاریخ خروج از لیست
۱۴- علت خروج از لیست
۱۵- مشخصات نقطه جدید

پس از انجام بررسی‌ها و آزمایشات اولیه و تکمیل کلیه فرم‌ها، مشخصات کامل نقاط ثبت و موقعیت آن‌ها توسط نرم افزار ArcGIS بر روی نقشه شبکه مشخص شد. نقشه آماده شده به منظور یک سال پایش به موازات روش قدیمی، به مسئولین آزمایشگاه‌ها و نمونه‌برداران تحویل شد. همچنین فرم‌هایی براساس این نقاط برای ثبت کلر باقیمانده شبکه، تست میکروبی شبکه و سایر پارامترهای شیمیایی (که تعداد و نوع آن براساس دستورالعمل‌های ملی و با توجه به کیفیت منابع آب تزریقی به شبکه مشخص می‌شود) تهیه و در طول یک سال به صورت ماهانه تکمیل و بررسی شد.



شکل ۱- قسمتی از نقشه پراکندگی نقاط نمونه برداری از شبکه شهر مشهد (طول جغرافیایی 59.35E عرض جغرافیایی 36.20N)

نتایج بررسی‌های انجام شده طی یک سال (سال ۱۳۹۰) بر روی این نقاط به شرح ذیل می‌باشد:
۱- افزایش اطمینان از پایش کلیه مناطق با توجه به فرم‌های تهیه شده و تواتر نمونه‌برداری از این نقاط.
۲ - امکان پایش سریع تغییرات کیفی شبکه حتی قبل از تهیه نقشه‌های کیفی و به وسیله فرم‌های ثبت اطلاعات.
۳ - امکان بدست آوردن سریع نقاطی که با تواتر تعیین شده نمونه‌برداری نشده‌اند.
۴- ایجاد بانک اطلاعات کیفی و مکانی مناسب به عنوان ورودی نرم‌افزارهای تهیه نقشه‌های کیفی (مانند نرم‌افزار ArcGIS).
۵ - ایجاد و امکان مقایسه وضعیت کیفی نسبت به زمان برای هر یک از نقاط با توجه به ثابت بودن نقاط پایش.
۶ - ایجاد و امکان مقایسه روند تغییرات کیفی در نقشه‌های ترسیم شده به علت ثابت بودن نقاط داده‌ها و بسترسازی مناسب جهت تهیه فرمت ثابت نقشه، روش ثابت میان‌یابی نقاط، رنگ‌بندی‌های ثابت و... و همچنین امکان تعریف درصد مطلوبیت با توجه به درصد سطوح هم مقدار برای هر پارامتر کیفی در بازه‌های مقادیر مختلف آن پارامتر و امکان مقایسه نقشه‌ها در طول زمان.
۷ - امکان کدگذاری نقاط در نقشه و ایجاد زبانی مشترک برای رجوع به آنها. (به عنوان مثال B۳-۰۴ نقطه شماره ۴ در قطاع B۳ نقشه).
۸- امکان پایش دقت وسایل اندازه‌گیری لحظه‌ای نصب شده.
۹ - در صورت واگذاری عملیات نمونه‌برداری به بخش خصوصی امکان کنترل نمونه‌برداران مهیا می‌شود؛ زیرا در کنار پارامترهای مورد نظر، پارامتر دیگری مانند هدایت الکتریکی نیز کنترل می‌شود که در صورت تفاوت معنی‌دار قابل بررسی است.
۱۰- جلوگیری از اعمال سلیقه شخصی در نمونه‌برداری.

در کنار تمام موارد گفته شده نکات ذیل نیز بایستی مورد توجه قرار گیرند:
۱- باتوجه به عملکرد بسیار خوب نقاط ثابت نمونه‌برداری در پایش کیفیت پارامترهای شیمیایی شبکه به نظر می رسد جهت پایش برخی پارامترها مانند کلر باقیمانده که تعداد آزمون آن نسبت به سایر پارامترها زیادتر بوده، همچنین پایش آن تا نقاط انتهایی شبکه اهمیت دارد، بایستی کلرسنجی‌هایی از نقاط تصادفی به تعداد حداقل دو برابر کلرسنجی انجام شده از نقاط ثابت انجام شود.
در خصوص آزمون میکروبی نیز نمونه‌برداری از نقاط تصادفی حداقل با تعدادی برابر با تعداد نمونه‌برداری از نقاط ثابت انجام شود. نمونه‌گیری از نقاط تصادفی برای دیگر پارامترها نیز با توجه به تجربیات بدست آمده از شبکه‌های مختلف مشخص می‌شود.

۲ – از آنجاییکه تعداد و تراکم نقاط ثابت نمونه‌برداری بستگی به عوامل متعددی مانند وسعت شبکه، تراکم جمعیتی، وجود منابع تولید متفاوت از لحاظ کمی و کیفی و نوع شبکه توزیع دارد، بروزرسانی تعداد آن‌ها با توجه به تغییرات بوجود آمده و همچنین تجربیات و بازخوردهایی که در طول مدت زمان بین دو بازنگری بدست آمده است، ضروری به نظر می‌رسد.

۳ – نمونه‌برداری از نقاط ثابت در شهرهای بزرگ، به علت ترافیک شهری معمولاً مقداری دشوارتر از نمونه‌برداری از نقاط تصادفی است؛ لذا قبل از شروع فعالیت بایستی تمام نمونه‌برداران از اهداف و مزایای آن مطلع شوند.

۴ – باتوجه به مزاحمت‌هایی که برای مشترکین ایجاد می‌شود، پیشنهاد می شود مشوق‌هایی (هرچند کوچک) با نظر مسئولین مرتبط در نظر گرفته شود.

۵– درصورتی که ترسیم نقشه‌های کیفی از اهداف تهیه نقاط ثابت باشد، باید تراکم نقاط انتخابی حتی در مناطقی که کیفیت آب یکنواخت است، کافی باشد؛ تا میان‌یابی و رسم سطوح هم مقدار پارامترهای کیفی در نرم‌افزارهای تهیه نقشه (مانند نرم‌افزار ArcGIS) با دقت قابل قبولی انجام شود.

بحث و نتیجه گیری

به نظر می‌رسد بدست آوردن تعداد و همچنین مکان نقاط ثابت نمونه‌برداری با توجه به تفاوت جمعیت، مساحت، نوع شبکه، مقدار آب مصرفی، نوع سیستم تصفیه و گندزدایی، وجود سیستم‌های پایش لحظه‌ای، تنوع منابع تولید آب و پهنه‌بندی‌های فشاری کاری دشوار است. لذا پیشنهاد می‌شود حداقل تعداد نقاط ثابت نمونه‌برداری برای پایش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در شهرهای بزرگ (با جمعیت بیش‌تر از ۵۰۰۰۰۰ نفر) نباید از یک نقطه به ازای هر ۱۵ کیلومتر شبکه توزیع کمتر باشد.. به هرحال کلیه بازخوردها، تجربیات و نتایج حاصل از پایش این نقاط بایستی مکتوب شود. همچنین در صورت نیاز نسبت به تغییر مکان نقطه، افزایش نقاط، افزایش تواتر نمونه برداری و یا افزایش نمونه‌برداری از نقاط تصادفی اقدام شود. در این صورت نتایج هر یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده تا حد امکان نمایانگر وضعیت کل شبکه خواهد بود.

منابع

EPA ,Office of Water (4601M). 2007.A Review of Distribution System Monitoring Strategies underthe Coliform Rule.

WHO & OECD. 2003.Assessing Microbial Safety of Drinking Water.improvment approaches and methods.