

پایش کیفی آب شرب روستاهای شهرستان ارومیه در سال ۱۳۸۶

وراهکارهای پیشنهادی جهت بهبود نتایج حاصله

میرموسی اسدزاده ، پژمان فرخی
کارشناس مسئول امور بهره برداری آب و فاضلاب روستایی شهرستان ارومیه

pfarokhy@yahoo.com

چکیده:

به لحاظ استفاده گسترده مردم از منابع مختلف آب شرب و تهاجم عوامل آلاینده زیست محیطی به منابع آب ، بدلیل محدود بودن امکان استحصال آب موجود و گسترش روز افزون این تهاجم ، نه تنها بحران کمیت آب تشدید گردیده بلکه امروزه بعنوان یک بحران کیفی فراروی مسئولین و مردم می باشد . به منظور دستیابی به اهداف پژوهش ، علاوه بر استفاده از آمار طولانی مدت کیفی و سنجش پارامترهای ده گانه دخیل در ارزیابی کیفی آب منشاهاى مورد استفاده جهت شرب اهالی و روستائیان محترم شهرستان ارومیه در سال ۱۳۸۶ ، آنالیز نمونه های برداشت شده از ایستگاههای مختلف بطور مرتب و مداوم و در ماههای مختلف صورت پذیرفته است . نتایج آنالیز و آمار و اطلاعات حاصله ، جمع آوری و ضمن تطبیق با استانداردهای داخلی ، حداکثر و حداقل و حد مطلوب پارامترهای مذکور تعیین و ضمن آنالیز نتایج حاصله از آزمایشات انجام یافته ، نگاه جدیدی فراروی مدیریت برنامه ریزی کیفیت آب و دست اندرکاران امر حاصل گردیده و مستقیماً بر نحوه کنترل آلاینده ها ، سالم سازی و بهره برداری بهینه از آب منشا های مختلف موثر می باشد .

کلیدواژه ها:

آلاینده ، گندزدایی ، کلر باقیمانده ، کیفیت آب ، آلودگی میکروبی

مقدمه :

افزایش تقاضای آب، بالا رفتن سطح زندگی، گسترش آلودگی منابع آب و از طرف دیگر بهبود استانداردهای کیفی آب شرب، مسئولیت ارگانهای متولی تامین آب شرب بهداشتی و سالم را دو چندان نموده تا با نگرشی جدید و همه جانبه و بکارگیری ایده های نو و اصول مناسب مدیریتی آب بهداشتی مورد نیاز روستا نیان تامین گردد.

۱- کیفیت آب و استانداردها :

آب به اندازه کافی و کیفیت مطلوب لازمه ادامه حیات بشری است و آبی را که انسان می خواهد بعنوان آب شرب استفاده کند ممکن است بدلائل مختلف آلوده شده باشد، لذا آب قابل شرب باید دارای شرایط خاصی باشد یعنی مطابق با استانداردهای موجود باشد که از طرف سازمانهای معتبر جهانی مانند سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization) W.H.O، سازمان خدمات بهداشت عمومی و یا در سطح منطقه ای و کشوری مانند استانداردهای وزارت نیرو ارائه میگردد [۱]

استانداردهای مذکور ممکن است بدو صورت ارائه گردند که عبارتند از:

الف - حداکثر مطلوب: عبارتست از حداکثر غلظتی از مواد که برای آب آشامیدنی تشخیص داده می شود چنانچه آب حاوی مواد در غلظت بالاتر از این حد باشد از نظر کیفیت در حد پایین تری قرار دارد اما هنوز قابل آشامیدن است.

ب - حداکثر مجاز: عبارتست از حدی که، اگر غلظت مواد موجود در آب از آن تجاوز کند آب مورد نظر برای آشامیدن مناسب نمی باشد و مصرف آن در دراز مدت اثرات زیان بخشی بر سلامت مصرف کننده باقی خواهد گذاشت و این مقدار بر مبنای متوسط مصرف آشامیدنی روزانه ۲/۵ لیتر آب برای یک انسان ۷۰ کیلوگرمی در نظر گرفته شده است. [۱]

۲- آب و آلاینده های آن :

شناسایی ویژگیهایی که در فرایند تصفیه آب شرب ضروری بنظر می رسند و بایستی با استانداردهای موجود مطابقت داشته باشند عبارتند از: [۲]

- ویژگیهای فیزیکی آب آشامیدنی
- ویژگیهای شیمیایی آب آشامیدنی
- ویژگیهای بیولوژیکی آب آشامیدنی
- ویژگیهای رادیو نوکلئیدی آب آشامیدنی

۲-۱ پارامترهای فیزیکی کیفیت آب :

پارامترهای فیزیکی آب شامل آن دسته از ویژگیهایی است که بوسیله حواس بینایی، لامسه، چشایی و بویایی قابل تشخیص است. پارامترهای فیزیکی که در این مقاله مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفته اند عبارتند از: [۱ و ۲]

۱-۱-۲ کدورت (Turbidity) :

کدورت معیاری برای میزان جذب نور و یا پراکندگی نور توسط مواد معلق در آب است از آنجایی که جذب و تفرق نور تحت تاثیر اندازه و خواص سطحی مواد معلق قرار می گیرد، لذا کدورت نمی تواند به عنوان یک اندازه گیری کمی مستقیم از ذرات معلق محسوب شود قسمت اعظم کدورت در آبهای سطحی ناشی از افزایش مواد کلونیدی نظیر خاک رس، لای، خرده سنگها، مواد شیمیایی، موجودات زنده مانند میکروبوها، جلبک ها و اکسیدهای فلزی موجود در خاک است. مواد کلونیدی کدورت زا سطوحی را برای جذب ارگانسیم های بیولوژیکی، مواد شیمیایی مضر و یا طعم و بوی نامطبوع فراهم می کنند.

همچنین مشکلات دیگری از قبیل گرفتگی فیلترها، کاهش گوارایی آب و حفاظت از میکروارگانسیم های موجود در آب را در برابر گندزداها موجب می گردند. [۲ و ۳]

اندازه گیری :

کدورت به طریق فتو شیمیایی و به کمک اندازه گیری نوری که بایک شدت معینی جذب و یا پراکنده می شود محاسبه می گردد در سالهای اخیر بجای عبور نور ، از میزان پراکنندگی نور تابانده شده به محلول جهت تعیین کدورت آب استفاده می شود این روش به کدورت سنج نفلومتری (N.T.U) Nephelometric Turbidity Unit معروف است . از این روش بیشتر برای کدورت های کمتر از ۲۵ واحد استفاده می شود در این روش حداکثر مجاز کدورت ۵ NTU است . امروزه در کشورهای پیشرفته در زمینه دستیابی به کدورت های کمتر از ۱ NTU تلاش می شود .

۲-۱-۲ طعم و بو (Odour – Taste) :

آب آشامیدنی باید بی بو و بی طعم باشد . بوی آن معمولا مربوط به مواد آلی مانند آمونیاک و ... است طعم آن بیشتر مربوط به مواد معدنی می باشد . موادی که در داخل آب ایجاد بو می کنند تقریبا همیشه ایجاد طعم نیز می نمایند و لیکن عکس این مطلب همیشه صادق نیست زیرا مواد معدنی زیادی وجود دارند که ایجاد طعم می نمایند ولی به هیچ وجه تولید بو نمی کنند . از نظر مصرف کنندگان ، طعم و بو بدلیل روشنی ناخوشایند می باشد و از آن جایی که آب همواره به عنوان ماده ای بی طعم و بی بو شناخته شده است ، مصرف کننده چنین تصور می کند که مزه و بو همراه با آلودگی است لذا ترجیح می دهد که از آب بی طعم و بی بو استفاده نماید . [۳ و ۲۱]

اندازه گیری :

اندازه گیری مستقیم موادی که ایجاد طعم و بو می کنند در صورتی امکان پذیر است که عوامل بوجود آورنده آنها شناخته شده باشند . با انجام برخی آنالیزها می توان مواد ایجاد کننده طعم را اندازه گیری کرد و جهت آزمایش شوری آب در این تحقیق از روش محاسبه ای (calculation) استفاده شده و مقدار مجاز در نظر گرفته شده ۱ mg/lit می باشد .

۲-۲ پارامترهای شیمیایی کیفیت آب :

آب به عنوان حلال عمومی شناخته شده است و کیفیت شیمیایی آب در ارتباط مستقیم با حلالیت آن می باشد متغیرهای شیمیایی مهم در مسایل مربوط به کنترل کیفیت آب که در این مقاله به بررسی آنها پرداخته شده است عبارتند از :

۲-۲-۱ کل جامدات محلول (Total Dissolved Solids) :

منظور از کل جامدات محلول (T.D.S) مواد جامدی است که پس از فیلتر کردن و عمل تبخیر بصورت رسوب جامد باقی می ماند مواد محلول از خاصیت آب بر روی جامدات ، مایعات و گازها پدید می آیند نظیر مواد معلق ، مواد محلول ممکن است از نظر ماهیت آلی و یا معدنی باشند . [۲ و ۱]

اندازه گیری :

روش مورد استفاده جهت تعیین مقدار TDS در این بررسی ، تعیین هدایت الکتریکی آب (Electrical Conductivity) و رابطه بین این دو پارامتر می باشد هدایت الکتریکی (E.C) و غلظت کل جامدات محلول (TDS) بصورت یک به یک با یکدیگر مربوط نمی شود تنها مواد یونیزه به تناسب ظرفیت یونهای موجود ایجاد هدایت الکتریکی می نمایند . دما نیز دارای اثر مهمی روی E.C است بطوریکه با افزایش دما هدایت الکتریکی آن هم افزایش می یابد از این رو بین E.C و TDS رابطه ای وجود دارد و در محلولهای رقیق ارتباط ایندو بصورت فرمول زیر می باشد :

$$T.D.S = (0.55-0.7)E.C \quad (1)$$

مقدار T.D.S را بر حسب mg/lit بر مبنای جرم خشک بیان می کنند و استاندارد در نظر گرفته شده برای آنها ۱۵۰۰ mg/lit <=

می باشد .

۲-۲-۲ هدایت الکتریکی (Electrical Conductivity) :

هدایت الکتریکی (E.C) معرف قدرت یونی یک محلول برای انتقال جریان الکتریسیته است و این خود تابعی از قدرت یونی آب است تنها مواد یونیزه ایجاد هدایت می نمایند بعلاوه E.C آب توسط ظرفیت یونهای موجود در محلول ، تحرک آنها و تعداد نسبی آنها تغییر می یابد. [۲و۱]

اندازه گیری :

جهت اندازه گیری مقدار هدایت الکتریکی از دستگاه هدایت سنج استفاده شده است روش استاندارد عبارتست از اندازه گیری قدرت هدایت در میدان یک سانتی متر مکعب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد. قابلیت هدایت الکتریکی را با واحد میکرو زیمنس بر سانتی متر ($\mu\text{s}/\text{cm}$) بیان می کنند و استاندارد در نظر گرفته شده برای E.C در این بررسی $\leq 2000 \mu\text{s}/\text{cm}$ می باشد .

۲-۲-۳ اسیدینه یا P.H :

اکتیویته غلظت یون هیدروژن یک محلول را بنام پتانسیل هیدروژن یا P.H می نامند و P.H آب معرف قدرت اسیدی آب می باشد .

[۱]

$$\text{PH} = -\log[\text{H}^+]$$

(۲)

اندازه گیری :

جهت اندازه گیری PH در این بررسی از دو روش دستگاه PH متر و کیت PH سنج با معرف فل رد (Phenol Red) استفاده شده است و استاندارد آن $6,5 \leq \text{PH} \leq 8,5$ در نظر گرفته شده است .

۲-۲-۴ نیتريت - نترات - آمونیاک :

نیتروژن در محیط آبی عمدتاً از منابع غیر از نیتروژن موجود در اتمسفر تامین می شود . منابع نیتروژن در محیط های آبی عمدتاً شامل بقایای حیوانی و گیاهی ، مدفوع جانوری ، مواد شیمیایی (بوژه ترکیبات شیمیایی مصرف شده بعنوان کود) و جریانهای تخلیه فاضلاب می باشند . پروتئین ها تبدیل به اسیدهای آمینه و بعداً آمونیاک (NH_3) می شوند اگر اکسیژن وجود داشته باشد آمونیاک به نیتريت (NO_2) و سپس به نترات (NO_3) اکسید می شود (اکسید شدن ترکیبات نیتروژن توسط باکتریهای موجود در خاک) آبی که دارای غلظت بالایی از نترات باشد بالقوه برای شیرخواران و کودکان مضر می باشد و پس از ورود به جریان خون با هموگلوبین ترکیب شده و باعث ایجاد متهموگلوبینمی می شود [۳و۱].

اندازه گیری :

برای اندازه گیری پارامترهای نیتريت ، نترات و آمونیاک در این بررسی از روش فتومتری توسط دستگاه اسپکتروفتومتری استفاده شده است و استانداردهای در نظر گرفته شده به ترتیب $\text{No}_2 \leq 3$ ، $\text{No}_3 \leq 50$ و $\text{NH}_3 \leq 1,5$ می باشد .

۲-۳ پارامترهای بیولوژیکی کیفیت آب :

این خاصیت به موجودات زنده موجود در آب مربوط می شود برخی از موجودات زنده موجود در آب عبارتند از : باکتری ، ویروس ، آمیب و پروتوز آ و ...

میکرو ارگانیسم های موجود در آب به دو نوع بیماریزا و غیر بیماری زا تقسیم می شوند .

تجزیه و تحلیل آب برای شناختن تمامی عوامل بیماری زا می تواند بسیار وقت گیر و پرهزینه باشد و برای این منظور از ارگانیسم های شاخص استفاده می شود و حضور آن بیانگر آنست که آلودگی اتفاق افتاده است و پیش بینی ماهیت و میزان آلاینده را روشن می سازد و بدلیل آنکه بیشتر عوامل بیماریزایی که منشاء آبی دارند از طریق مدفوع به آب راه می یابند حرار گانیسمی که در مجرای روده انسانها مستقر شود و مشخصات مذکور را داشته باشد بعنوان ارگانیسم شاخص به شمار می رود و با بررسیهای انجام یافته به این نتیجه رسیده اند که ارگانیسم های گروه کلیفرم مدفوعی (خصوصاً Escherichia Coli) می تواند بعنوان شاخص مورد آزمایش قرار گیرند . [۴و۱]

اندازه گیری :

برای آزمایش میکروبی نمونه های برداشت شده در این مقاله از روش P/A و محیط کشت M.U.G (Methyl Umbelliferyl glucuronide) استفاده شده است و حضور یا عدم حضور ارگانسیم های میکروبی بدو صورت تجزیه و تحلیل شده اند :

- ۱- Absense: بیانگر عدم حضور میکرو ارگانسیم می باشد .
 - ۲- Presense: بیانگر حضور میکرو ارگانسیم می باشد که خود بدو نوع می تواند باشد :
- الف) Total Coliform (کل کلیفرمها)
ب) E.Coli (کلیفرمهای مدفوعی)

کلر باقیمانده آب و اندازه گیری آن :

برای اندازه گیری میزان کلر باقیمانده از روش D.P.D استفاده شده است و پارامتر مذکور در چهار حالت زیر مورد ارزیابی قرار گرفته است :

- خام : نمونه های آبی که اصلا کلرزنی نشده است .
- نمونه های با کلر باقیمانده صفر : کلرزنی شده اند ولی کلر باقیمانده صفر بوده است .
- نامطلوب : نمونه هایی که کلر باقیمانده در آنها بین $0.8 >$ کلر باقیمانده > 0.2 می باشد .
- مطلوب : نمونه هایی که کلر باقیمانده در آنها بین $0.8 \leq$ کلر باقیمانده ≤ 0.2 می باشد .

آنالیز و تجزیه تحلیل نمونه های برداشت شده :

آب شرب روستاهای تحت پوشش آب و فاضلاب روستایی شهرستان ارومیه در سال ۱۳۸۶ توسط ۱۰۰ حلقه چاه و ۹ دهنه چشمه تامین می شد و در هر ماه بطور میانگین از آب شرب شبکه توزیع ۱۴۸ روستا با منشاء چاه و ۱۳ روستا با منشاء چشمه نمونه برداری صورت گرفته و پارامترهای کلر باقیمانده ، PH ، کدورت ، نیترات ، نیتريت ، آمونیاک ، T.D.S ، E.C ، Salinity ، آزمون میکروبی P/A و درجه حرارت مورد آزمایش (در محل نمونه برداری) قرار گرفته اند .

پس از بررسی آزمایش های صورت گرفته در مورد پارامترهای PH ، نیتريت ، آمونیاک ، T.D.S ، E.C و شوری نتایج ذیل حاصل گردید :

- PH : از مجموع ۱۹۳۴ نمونه آزمایش شده از نظر میزان PH ، تمامی نمونه های برداشت شده از آبهای با منشاء چاه (جمعا ۱۷۸۰ مورد) و آبهای با منشاء چشمه (جمعا ۱۵۴ مورد) در طول سال دارای PH بین $8.5 \leq PH \leq 6.5$ بوده اند .
- نیتريت : در کل نمونه های آزمایش شده از نظر نیتريت (جمعا ۱۶۶۳ مورد) ، کل نمونه های با منشاء چاه (۱۵۲۱ مورد) و نمونه های با منشاء چشمه (۱۴۲ مورد) از نظر نیتريت در حدود $3 \text{ mg/lit} \leq \text{No}_2$ بوده اند .
- آمونیاک : از نمونه های آب آنالیز شده از نظر آمونیاک (جمعا ۱۶۶۳ مورد) تمام نمونه های آب با منشاء چاه (۱۵۲۱ مورد) و نمونه های با منشاء چشمه (۱۴۲ مورد) از نظر آمونیاک در حدود $1.5 \text{ mg/lit} \leq$ آمونیاک بوده اند .
- هدایت الکتریکی : از مجموع ۱۶۶۴ مورد آزمایش شده از نظر میزان E.C ، همه نمونه های آب آنالیز شده با منشاء چاه (جمعا ۱۵۲۲ مورد) و نمونه های با منشاء چشمه (۱۴۲ مورد) در طول سال از نظر E.C در حدود $2000 \leq E.C$ $\mu\text{s/cm}$ بوده اند .
- T.D.S : از مجموع ۱۶۶۴ مورد آزمایش شده از نظر میزان T.D.S ، همه نمونه های آب آنالیز شده با منشاء چاه (جمعا ۱۵۲۲ مورد) و نمونه های با منشاء چشمه (۱۴۲ مورد) در طول سال از نظر T.D.S در حدود $T.D.S \leq 1500 \text{ mg/lit}$ بوده اند .

- شوری (Salinity): از مجموع ۱۶۶۴ مورد آزمایش شده از نظر میزان شوری، همه نمونه های آب آنالیز شده با منشاء چاه (جمعا ۱۵۲۲ مورد) و نمونه های با منشاء چشمه (۱۴۲ مورد) در طول سال از نظر شوری در حدود $\text{Salinity} \leq 1 \text{ mg/lit}$ بوده اند.

جدول شماره (۱)

شوری (gr/kg)	T.D.S(mg/lit)		E.C(μs/cm)		آمونیاک (mg/lit)		نیترویت (mg/lit)		PH			پارامترها	
	<=۱۰۰	>۱۰۰	<=۲۰۰	>۲۰۰	<=۱,۵	>۱,۵	<۰,۳	>۰,۳	<۶,۵	۶,۵<=PH<=۸,۵	>۸,۵		
۱۶۶۴	۱۶۶۴		۱۶۶۴		۱۶۶۳		۱۶۶۳		۱۹۳۴			مجموع	
۱۵۲۲	-	۱۵۲۲	-	۱۵۲۲	-	۱۵۲۱	-	۱۵۲۱	-	-	۱۷۸۰	-	چاه
۱۴۲	-	۱۴۲	-	۱۴۲	-	۱۴۲	-	۱۴۲	-	-	۱۵۴	-	چشمه

با نگاه اجمالی به جدول شماره ۱ و تجزیه و تحلیل پارامترهای مورد نظر مشخص می شود که کیفیت آب شرب روستاهای تحت پوشش شهرستان ارومیه (چه روستاهایی که منشاء تامین آب آنها چاه بوده و چه روستاهایی که منشاء آب آنها چشمه می باشد) از نظر پارامترهای PH، NH_4 ، NO_3 ، E.C، T.D.S و Salinity در دوره زمانی بررسی یکساله در محدوده استانداردهای تعریف شده و بسیار مطلوب می باشد.

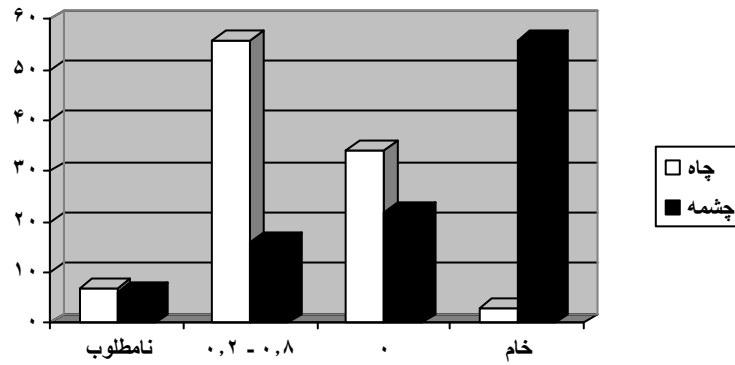
ولی آزمایشهای انجام یافته در مورد پارامترهای کلر باقیمانده، کدورت، نیترات و آزمون میکروبی نتایج قابل تاملی را حاصل شده که لازم است با بررسی جوانب امر و علل آنها به فکر چاره ای جهت بهبود آنها بود و این موضوع با بررسی جدول شماره ۲ کاملا مشهود است

جدول شماره (۲)

پارامترها	کلر باقیمانده (mg/lit)				کدورت (NTU)			نیترات (mg/lit)			میکروبی (M.U.G)	
	نامطلوب	۰,۲-۰,۸	صفر	خام	>۵	۱-۵	<۱	>۵۰	۰-۵۰	Total coliform	E.Coli	Ab
مجموع آزمایشات	۱۹۳۴				۱۹۳۲			۱۶۶۳			۱۹۳۴	
چاه ۱۷۷۸	۱۱۶	۹۹۲	۶۱۱	۶۱	۳۹	۳۱۹	۱۴۲۰	۳۵	۱۴۸۶	۷۸	۷	۱۶۹۵
چشمه ۱۵۶	۸	۲۵	۳۴	۸۷	۴	۲۹	۱۲۱	---	۱۴۲	۳۴	۱۰	۱۱۰

با بررسی دقیق پارامترهای قید شده در جدول شماره ۲ می توان به راحتی به نتایج ذیل دست یافت:

- ۱- آب شرب اکثر روستاهایی که منشاء آب آنها چشمه می باشد کلرزنی نمی شود (حدود ۵۶٪ آب روستاهایی که منشاء آنها چشمه می باشد خام بوده و کلرزنی نمی شود در حالیکه این میزان در روستاهای با منشاء چاه حدود ۳٪ می باشد) و ارتباط نزدیک کلرزنی و عدم وجود آلودگی در آب شرب با استخراج درصد نمونه های سالم در روستاهای با منشاء چاه و چشمه کاملا مشهود می باشد بطوریکه درصد نمونه های سالم در آب شرب روستاهای با منشاء چاه حدود ۹۵,۲ و در روستاهای با منشاء چشمه ۷۱,۵ می باشد. البته قابل ذکر است احتمال آلودگی میکروبی آب چشمه بیشتر از چاه است. (نمودار شماره ۱ و ۲)

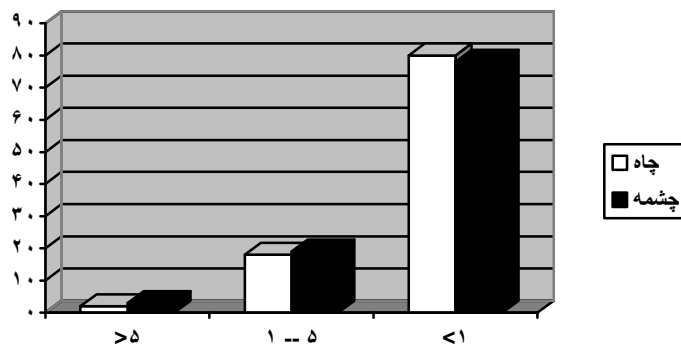


نمودار شماره ۱ - وضعیت کلر باقیمانده در آب شرب روستاهای ارومیه در سال ۸۶



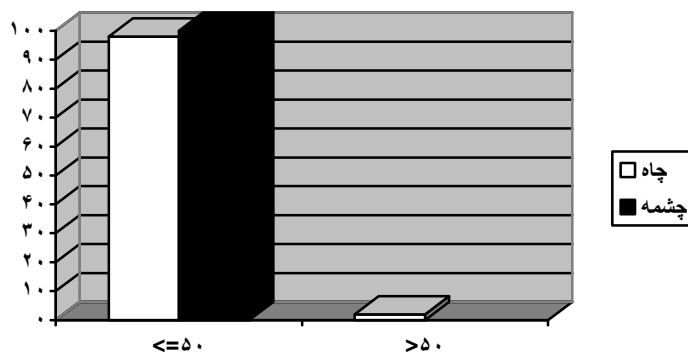
نمودار شماره ۲ - نتایج آزمایشات میکروبی آب شرب روستاهای ارومیه در سال ۸۶

۲- با بررسی مقادیر کدورت آب شرب روستاهای با منشأ چاه و چشمه می توان به این نتیجه رسید که به ترتیب ۲ و ۳ درصد نمونه ها دارای کدورت بالای ۵NTU می باشند و از این لحاظ مشکل چندانی وجود ندارد. (نمودار شماره ۳)



نمودار شماره ۳ - کدورت آب شرب روستاهای ارومیه در سال ۸۶

۳- با بررسی میزان نیترات و به دلایلی که قبلا به آنها اشاره شده است تمام نمونه هایی که نیترات آنها بالای 50 mg/lit است مربوط به آب روستاهایی است که منشأ آنها چاه می باشد (۲۳ درصد نمونه های برداشت شده از آب روستاهای منشأ چاه دارای نیترات بالای 50 می باشند). (نمودار شماره ۴).



نمودار شماره ۴- وضعیت نیترات در آب شرب روستاهای ارومیه در سال ۸۶

نتیجه گیری:

با بررسی مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده می توان نتیجه گرفت که بایستی نگاه ویژه ای، نسبت به کلرزنی آب شرب روستاها خصوصا روستاهایی که منشأ آب آنها چشمه می باشد، داشت (علی رغم مشکلات مربوط به کلرزنی آب چشمه ها) تا وضع موجود از لحاظ نتایج کلرسنجی ها و آزمون میکروبی ارتقاء و بهبود یابد و لازم است مدیران و دست اندرکاران امر ضمن ارتباط تنگاتنگ با اهالی روستاها نسبت به بهینه سازی روشها، رفع مشکلات موجود، نظارت مستمر و مداوم، رفع موانع مالی، کنترل علل آلودگی، همکاری با مراکز و خانه های بهداشت و ... اقدامات لازم را بعمل آورند.

مراجع:

- ۱- امیر بیگی، حسن، (۱۳۸۵)، " اصول تصفیه و بهداشت آب "، چاپ دوم، صفحات ۴۵-۱۵
- ۲- AWWA, " Water quality and treatment " , ۵.th.eddition, Mc Graw – Hil, ۱۹۹۹
- ۳- Steel E., Mc Ghee T.J. , " Water Supply and Sewerage " , Mc Graw – Hill , ۵th edition ۱۹۹۲
- ۴- Qasim S.R, Motley E.M, Ahu G. , "Water Work engineering", Prentice –Hall Inc. , ۲۰۰۰
- ۵- ترکیان، ایوب (مترجم)، (۱۳۷۶)، " مهندسی محیط زیست "، انتشارات کنکاش.