

استفاده پساب جهت استفاده

در کشاورزی و مزارع آبزیان

مؤلفین:

پروفسور علی الماسی

استاد دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

دکتر عبدالله درگاهی

استادیار مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

فهرست مطالب

4.....	پیشگفتار
5.....	فصل اول بخش اول خصوصیات فاضلاب
27.....	بخش دوم روش تصفیه فاضلاب
71.....	فصل دوم بخش اول استفاده از پساب
89.....	بخش دوم استفاده از لجن
104.....	بخش سوم تجربه های موردی
155.....	فصل سوم استفاده از پساب در پرورش ماهی
196.....	فصل چهارم استفاده از پساب در مصارف دیگر
217.....	فصل پنجم ذخیره آب بازیافتی
234.....	فصل ششم استفاده مجدد از فاضلاب
269.....	منابع

پیشگفتار

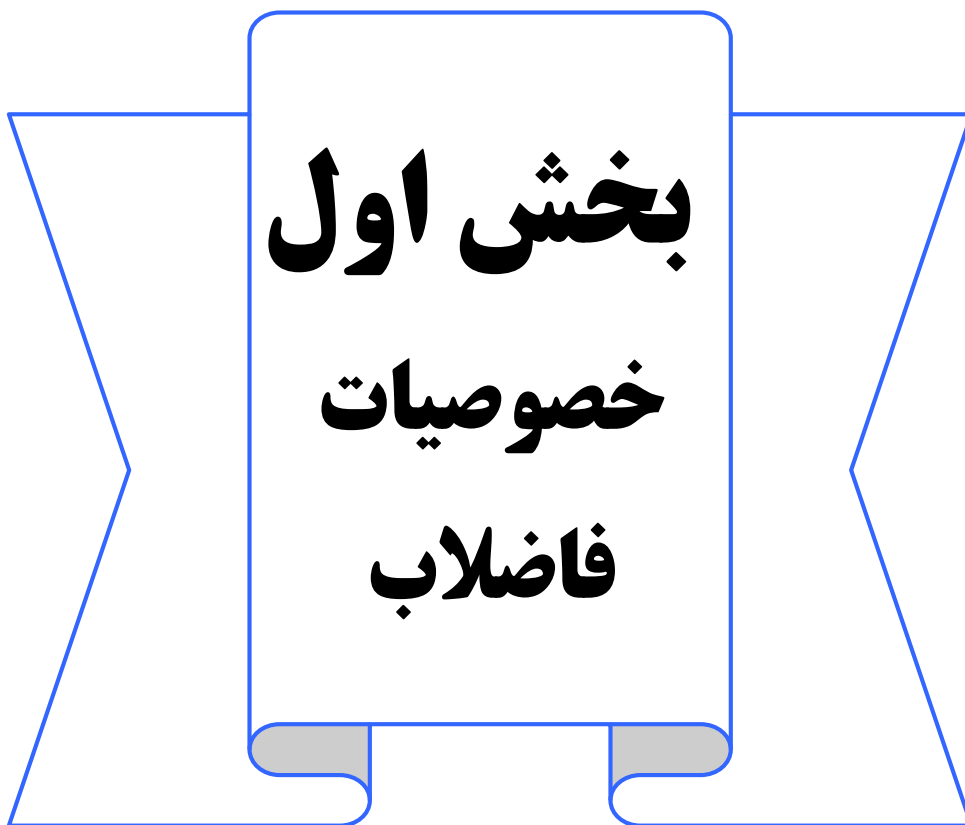
کتاب پیشرو حاصل سال ها فعالیت آموزشی و پژوهشی در حوزه منابع آب با تاکید بر توسعه پایدار و بازچرخش آب جهت استفاده در فعالیت های مختلف از جمله صنعت و زراعت می باشد. فن آوری های امروزی موجب افزایش مصرف آب و تولید فاضلاب در جوامع شده است. با توجه به اینکه منابع آب در دسترس محدود است، استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده باعث حفاظت از منابع آب شده و می توان گفت بخشی از کمبود آب نیز جبران می گردد. مدیریت صحیح پساب برای کنترل آلودگی های زیست محیطی اثر مثبتی بر خاک و رشد گیاهان دارد. استفاده هدفمند مبتنی بر فن آوری های رایج در راستای ارتقاء دانش فنی مدیران و کاربران امور صنایع زراعی و کشاورزی فرصت هایی فراهم می کند تا با آمادگی و مهارت برگرفته از اصول علمی، آب ضایع شده را از جنبه های مختلف زیست محیطی، اقتصادی، بهداشتی و اجتماعی مورد توجه قرار داد. مؤلفین با احساس نیاز به برنامه ریزی همه جانبه و مدیریت صحیح در راستای بهره وری بهتر از آب کتاب "استفاده از پساب تصفیه شده در فعالیت های کشاورزی و پرورش آبزیان" را تألیف و در اختیار علاقمندان، کارشناسان، کشاورزان و پرورش دهندگان آبزیان قرار دهند. مؤلف بر این باور است تفکر جمعی از کمال و مزایای بیشتری برخوردار است. انتظار می رود اساتید، کارشناسان، فن آوران، کشاورزان و مدیران بخش شیلات و دیگر آبزیان، مولفین را در جهت ارتقاء هر چه بهتر از این کتاب یاری نمایند.

علی الماسی

استاد مهندسی بهداشت دانشگاه علوم

پزشکی کرمانشاه

فصل اول



خصوصیات فاضلاب و کیفیت پارامترهای موجود در آن:

مقدمه

در کشورهای خشک و نیمه خشک آبهایی که مناسب است به ندرت به منابع قابل استفاده مجدد برمی گردد. همین امر طراحان را واداشته است که در اندیشه فراهم کردن منابع آب جدید باشند. منابعی که هم اقتصادی و هم در توسعه کشاورزی مؤثر باشد.

افزایش جمعیت نیاز به افزایش محصولات غذایی بالا می برد. تاثیر بالقوه آبیاری در محصولات کشاورزی و ایجاد زندگی استاندارد در روستاهای فقیر در دراز مدت معلوم می شود. آبیاری کشاورزی تقریباً در 17% کل زمینهای کشاورزی جهان انجام می شود اما تولیدات این زمینها 34% کل زمینهای جهان است. این فعالیت بالقوه بیشتر در مناطق خشک انجام می شود مثل مناطق خاورمیانه که فقط 30% زمینهای زیرکشت آبیاری می شود اما حدود 75% کل تولیدات محصولات کشاورزی را دارا می باشند. در بعضی مناطق بیشتر از 50% مواد غذایی مهم تولید می شود اما میزان تقاضا بیشتر از عرضه محصولات کشاورزی است.

در جایی که منابع آب با کیفیت بالا، کم است، می بایستی به آبهای با کیفیت پایین برای استفاده در کشاورزی به خوبی توجه شود. اگرچه یک تعریف جهانی برای آب با کیفیت مرزی (پایین) وجود ندارد و بسته به مورد استفاده آن، با توجه به ویژگی های مشخص مورد مصرف ، تعاریف آن متفاوت است. برای مثال آبهای شور برای استفاده در کشاورزی به عنوان آب (با کیفیت پایین) مرزی محسوب می شود و فاضلاب شهری نیز یک آب با کیفیت مرزی است چون تهدیدی برای سلامتی محسوب میگردد. از نقطه نظر آبیاری هنگامی که از آب با کیفیت مرزی به جای آب با کیفیت بالا استفاده می کنیم نیازمند مدیریت پیچیده تر و کنترل دقیقتری می

باشیم. استفاده از فاضلاب در کشاورزی به هنگام کاربرد در زمین های خشک و نیمه خشک نیازمند توجه ویژه ای است. هر چند این نکته قابل توجه است که در بسیاری از کشورها میزان فاضلاب در دسترس تنها سهم کوچکی از آبیاری زمین های کشاورزی را شامل می شود. استفاده بهینه از پساب فاضلاب باعث ذخیره آب با کیفیت بالا و استفاده از این آب جهت استفاده برای اهدافی غیر از آبیاری می گردد. در جایی که هزینه جانبی منابع جایگزین آب با کیفیت مناسب در مناطق کم آب بالا باشد، منطقی به نظر می رسد که طرح استفاده از منابع آبی و زمین زراعی را یکی کنیم. استفاده مناسب از فاضلاب شهری مسایل مربوط به آلودگی آبهای سطحی را کاهش می دهد و نه فقط از منابع آبی محافظت می کند بلکه حاوی مواد مغذی جهت رشد محصولات کشاورزی است. دسترسی به پسابها در نزدیکی مراکز جمعیتی تنوع کاشت محصولات را برای کشاورزان افزایش می دهد. نیتروژن و فسفر موجود در فاضلاب شاید نیاز به کودهای تجاری را کم کند. بهتر است بازیافت پساب را همراه با جمع آوری فاضلاب، تصفیه و دفع آن در نظر بگیریم و بدین صورت طراحی سیستم فاضلابرو در زمینه انتقال پساب و روش های تصفیه می تواند اقتصادی شود. انتقال پساب از تصفیه خانه های فاضلابی که به طور نا مناسبی مستقر شده اند تا زمین های دور کشاورزی هزینه بر است. علاوه بر آن تکنیک های تصفیه فاضلاب برای دفع پساب به آب های سطحی جهت استفاده در کشاورزی ممکن است همیشه مناسب نباشد. بسیاری از کشورها برنامه بازیافت فاضلاب را به عنوان بخشی از برنامه منابع آب در نظر می گیرند. در مناطق خشکتر استرالیا و آمریکا از تصفیه فاضلاب برای کشاورزی استفاده می شود و آب با کیفیت بالا را برای آشامیدن استفاده می کنند.

در بعضی کشورها مثل اردن و عربستان سعودی سیاست ملی آنها در جهت استفاده مجدد از پساب فاضلاب است و به پیشرفت قابل توجهی در این زمینه دست یافته اند. در چین استفاده از فاضلاب در کشاورزی به سرعت پیشرفت کرده است و از سال 1958 تا کنون بیش از 1.33 میلیون هکتار با پساب فاضلاب آبیاری می شود. به طور معمول پذیرفته شده که استفاده از فاضلاب برای زمین های زراعی قابل توجیه است. مثال زیر فواید زراعتی و اقتصادی استفاده از پساب فاضلاب در آبیاری را روشن می کند.

مثال 1:

شهری با جمعیت 500000 نفر و مصرف آب 200 لیتر در روز برای هر نفر تقریباً 85 هزار متر مکعب در روز و 30 میلیون متر مکعب در سال فاضلاب تولید می کنند. به فرض 85% آن وارد فاضلابروهای عمومی شود. اگر آبیاری با راندمان خوب و کنترل شده صورت گیرد، برای کشت محصول با نیاز آبی $5000 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{year}$ می توان مناطقی با 6000 هکتار را به زیر کشت برد. علاوه بر فایده اقتصادی اجرای این طرح، پساب فاضلاب کمک بسیار مؤثری از نظر حفظ حاصلخیزی خاک است زیرا به طور متوسط عناصر غذایی موجود در فاضلاب تصفیه شده می تواند به مقدار قابل توجهی نیاز غذایی گیاه را تامین کند. در صورتی که:

نیتروژن $50 \text{ mg}\backslash\text{L}$

فسفات $10 \text{ mg}\backslash\text{L}$

پتاسیم $30 \text{ mg}\backslash\text{L}$

به فرض نیاز به $5000 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{year}$ در هر هکتار طی یک سال، مقادیر زیر به خاک تحت کشت اضافه می شود:

نیتروژن 250 kg/ha.year

فسفات 50 kg/ha.year

پتاسیم 150 kg/ha.year

بنابراین همه میزان نیتروژن و مقدار زیادی از فسفات و پتاسیم که به طور معمول برای محصولات کشاورزی مورد نیاز است، بدین ترتیب تأمین می شود. به علاوه برخی دیگر از مواد غذایی و آلی موجود در پساب فاضلاب، می تواند برای گیاه و خاک مفید باشد.

اما باید توجه داشت که خطرات بهداشتی و اثرات زیست محیطی آن را به حداقل رساند. هدف از این اسناد فراهم کردن دستور العمل هایی است برای استفاده از فاضلاب جهت کشاورزی که با جنبه های زیست محیطی و بهداشتی مطابقت داشته باشد.

فاضلاب شهری به طور عمده متشکل از آب (به میزان 99.9%) و غلظت کمی از مواد معلق و جامدات آلی و غیر آلی محلول می باشد. مواد آلی که در فاضلاب وجود دارد عبارت اند از کربوهیدرات، لیگنین، چربی، صابون، دترجنت های مصنوعی، پروتئین و محصولات حاصل از تجزیه آنها و هم چنین مواد شیمیایی مصنوعی و طبیعی مختلف و غیره.

جدول 1 ترکیبات عمده فاضلاب را در سه سطح قوی، متوسط و ضعیف را نشان می دهد. جدول 1 - ترکیبات عمده فاضلاب خانگی (بخش همکاری های فنی در جهت توسعه، سازمان ملل متحد،

(1985)

غلظت (mg/L)			ترکیبات
ضعیف	متوسط	قوی	
350	700	1200	کل جامدات
250	500	850	کل جامدات محلول ⁽¹⁾
100	200	350	جامدات معلق

20	40	85	نیتروژن
6	10	20	فسفر
30	50	100	کلرید
50	100	200	قلیابیت
50	100	150	گریس
100	200	300	BOD ₅ ⁽²⁾

1. مقدار کل کلر و مواد محلول در مواد اصلی آب باید افزایش یابد.

2. BOD₅: میزان اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی در دمای 20°C و در 5 روز برای

اکسیداسیون مواد آلی در فاضلاب.

در کشورهای خشک و نیمه خشک مصرف آب پایین و فاضلاب از نظر غلظت قوی است. به طور

مثال برای کشورهای عمان و اردن مصرف سرانه آب 90 لیتر در روز است و غلظت ترکیبات

فاضلاب نسبتاً بالا است (جدول 2).

جدول شماره 2 - ترکیبات فاضلاب شهری در کشور اردن

غلظت (mg/L)	ترکیبات
1170	کل جامدات محلول
900	جامدات معلق
150	نیتروژن (N)
25	فسفر (P)
850	قلیابیت (بر حسب کربنات کلسیم)
90	سولفات (SO ₄)
770	BOD ₅
1830	COD ⁽¹⁾
220	TOC ⁽²⁾

1-COD: اکسیژن مورد نیاز شیمیائی

2- TOC: کل کربن آلی

Source : Al-Salem (1987)

فاضلاب شهری همچنین شامل مواد غیرآلی گوناگون از منابع خانگی و صنعتی است (جدول 3). که شامل تعدادی عناصر بالقوه سمی مثل آرسنیک، کادمیوم، کروم، مس، سرب، جیوه، روی و غیره است. اگر چه غلظت هر یک از این مواد سمی به اندازه ای نیست که بر سلامت انسان تاثیر داشته باشد اما ممکن است در این سطح غلظت برای گیاهان سمی باشند، بنابراین برای استفاده در کشاورزی محدودیت دارند. از نقطه نظر بهداشتی در استفاده از فاضلاب، آلاینده هایی که بالاترین نگرانی را دارند میکروارگانسیم ها و ماکرو ارگانسیم های بیماریزا هستند. کرم ها، تک یاخته ها، باکتری ها و ویروس های بیماری زا ممکن است در مقادیر مختلف در فاضلاب خام شهری وجود داشته باشد (جدول 4) و ممکن است برای مدت طولانی در محیط زنده بمانند (جدول 5). باکتری های بیماری زای موجود در فاضلاب به میزان خیلی کمتری نسبت به باکتری های گروه کلی (که خیلی آسان تر شناسایی و شمارش می شوند) کمتر است. اشرشیاکلی ها به عنوان شناساگر آلودگی مدفوعی به کار می روند و آنها می توانند به سادگی جداسازی و شناسایی می شوند، معمولا تعداد آنها بر حسب کلیفرم های مدفوعی در صد میلی لیتر فاضلاب (FC/100 mL) بیان می شود.

جدول 3- ترکیبات شیمیایی فاضلاب شهر های اسکندریه و جیزه مصر

Giza		الکساندرا		مواد اصلی
غلظت	واحد	غلظت	واحد	
1.7	ds/m	3.0	ds/m	EC
7.1	-	7.8	-	PH
2.8	-	9.3	-	SAR
205	mg/L	24.6	mg/L	Na ⁺
128	mg/L	1.54	mg/L	Ca ⁺⁺
96	mg/L	3.2	mg/L	Mg
35	mg/L	1.8	mg/L	K
350	mg/L	62	mg/L	Cl
138	mg/L	35	mg/L	SO ₄
-	-	1.1	mg/L	CO ₃
-	-	6.6	mg/L	HCO ₃
-	-	2.5	mg/L	NH ₄
-	-	10.1	mg/L	NO ₃
-	-	8.5	mg/L	P
0.7	mg/L	0.2	mg/L	Mn
0.4	mg/L	1.1	mg/L	Cu
1.4	mg/L	0.8	mg/L	Zn

ماخذ: عبدل-جعفر و همکاران (1988)

جدول 4- عوامل بیماری زا در فاضلاب

غلظت ممکن در لیتر فاضلاب شهری ⁽¹⁾	انواع عوامل بیماری زا	
5000	انتر و ویروس ها ⁽²⁾	ویروسها:
7000	(1) بیماری زا ⁽³⁾	باکتری ها:
؟	(2) سالمونلا spp	
7000	(1) شیگلا spp	
7000	(4) ویبریو کلرا	
4500	(1) انتامبو هیستولیتیکا	پروتوزوئر ها:
600	(2) آسکاریس	
32	کرم قلابدار ⁽⁴⁾	کرم ها
1	(3) شیستوزوما مانسونی	
10	(4) تنیا سازیناتا	
120	(5) تریکوریس تریکوریا	

(1) پایه ای (اساس) 100 lpcd در فاضلاب شهری 90% دفع مواد بیماری زای غیر فعال

(2) شامل: پلیومیلیت، ایکوو کوکساگی ویروسها

(3) شامل: آنتر و توکسی ژنیک، آنتر ویس، آنتر و پاتوژنیک، اشریشاکلی

(4) انگلستومادئودنال، نکاتور امریکن

ماخذ: فیکسم (1983)

زمان زنده ماندن بر حسب روز				انواع بیماریزها	
در محصولا	در خاک	در آب شیرین و فاضلاب	مواجهه با خاک و		
<60(<	<100(<20)	<120(<50)	<100(<20)	انترووایرو	ویروس ها
<30(<	<70(<20)	<60(<30)	<90(<50)	1) کلیفرم ها	باکتری ها
<30(<	<70(<20)	<60(<300)	<60(<30)	2) سالمونلا	
<10(<	-	<30(<100)	<30(<10)	3) شیگلایا spp	
<5(<2)	<20(<10)	<30(<10)	<30(<5)	4) ویبریو کلرا	
<5(<2)	<20(<10)	<30(<15)	<30(<15)	کیست آنتامبا	پروتوزوئرها
-	-	-	<30(<15)	هیستولیتیکا	ها
<60(<	خیلی	خیلی	خیلی	تخم آسکاریس	کرم ها
-	تعدادی	تعدادی	تعدادی	لیمریکودیس	

جدول 5: ماندگاری پاتوژن های دفعی

3-1 پارامترهای مربوط به اهمیت استفاده فاضلاب در کشاورزی

3-1-1 پارامترهای مهم از نظر بهداشت

معمولا مواد آلی شیمیایی در غلظت های خیلی پایین در فاضلاب شهری وجود دارند. ورود این مواد در طولانی مدت باعث ایجاد اثرات نامطلوب بر سلامت انسان می شود. این مشکلات احتمالا در اثر استفاده از فاضلاب در کشاورزی یا کشت آبی اتفاق نمی افتد، بلکه در اثر آلوده شدن آب آشامیدنی توسط فاضلاب رخ می دهد و یا در هنگامی که کارگران کشاورزی به خوبی آموزش ندیده باشند مساله ساز می باشد. خطرات بهداشتی مهم در ارتباط با ترکیبات شیمیایی فاضلاب مربوط به تجمع این عناصر می باشد که باعث آلودگی محصولات کشاورزی

و آبهای زیرزمینی می شوند. هیلمن در سال 1988 نسبت به سموم تجمعی، فلزات سنگین و سرطان زا و به طور عمده مواد آلی شیمیایی توجه ویژه ای داشته است.

دستور العمل های WHO در ارتباط با کیفیت آب آشامیدنی برای ترکیبات آلی و سمی (جدول 6) مقادیر محدودی را در نظر گرفته است که این مقادیر بر اساس میزان جذب روزانه قابل قبول (ADI) می باشد. این دستورالعمل ها می تواند به طور مستقیم برای حفاظت آب های زیر زمینی اتخاذ شود. اما باید از نظر تجمع احتمالی عناصر سنگین (برای مثال کادمیوم و سلنیم) در گیاهان و همچنین میزان جذب مواد سمی از طریق خوردن محصولات آبیاری شده با فاضلاب آلوده، به طور دقیق ارزیابی شود.

جدول شماره 6: غلظت مواد آلی و غیر آلی در آب آشامیدنی قابل قبول از نظر آشامیدنی

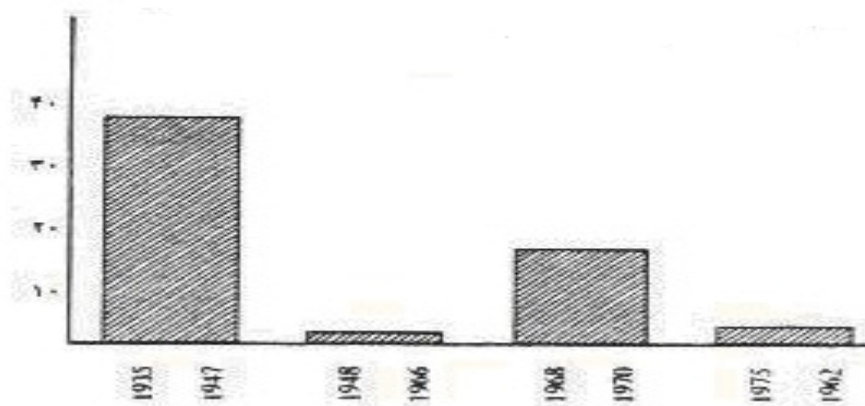
مواد غیر آلی	مواد آلی
آرسنیک	آلدرین و دیلدرین
کادمیوم	بنزن
کروم	بنزن آپیرن
سیانید	تترا کلرید کربن
فلوراید	کلردان
سرب	کلروفرم
جیوه	2,4D
نیترات	D.D.T
سلنیم	1 و 2 کلرو اتان

	<p>1 و 1ادی کلرو اتیلن</p> <p>هپتاکلر</p> <p>لیندان</p> <p>متوکسی کلر</p> <p>پنتاکلروفنل</p> <p>تتراکلرو اتیلن</p> <p>2 و 4 و 6تری کلرو اتیلن</p> <p>تری کلروفنول</p>
--	---

ماخذ: (WHO 1984)

میکروبه‌های بیماری‌زا مشکلات بهداشتی ناشی از استفاده از فاضلاب در کشاورزی را افزایش می‌دهد که هنوز مطالعات اپیدمیولوژی کمی در ارتباط با گسترش بیماری‌های واگیر و استفاده عملی از فاضلاب در کشاورزی منتشر شده است. شوال و همکارانش در سال 1985 در ارتباط با بازیافت فاضلاب و بروز بیماری‌های مدارکی را گزارش کرده‌اند (شکل 1). ظاهراً در مناطقی از دنیا بیماری‌های کرمی توسط آسکاریس و تریکوریس SPP به صورت محلی وجود دارد. در جاهایی که فاضلاب تصفیه نشده برای آبیاری محصولات کشاورزی استفاده می‌شود و سبزیجات به طور خام مصرف می‌شوند به صورت محلی (آندمیک) ایجاد می‌شود. انتقال این عفونت‌ها در هنگام مصرف چنین محصولاتی ایجاد می‌شود.

مطالعه ای که در آلمان غربی (بوسیله شوال و همکارانش در سال 1986) گزارش شد مدارک بیشتری برای تایید این فرضیه فراهم ساخت و هم چنین شواهدی بیشتری توسط آنها در سال (1985 و 1986) در ارتباط با انتقال کلرا از مسیر مشابه بدست آمد.



شکل 1 - درصد آسکاریس موجود در نمونه های مدفوع مصرف کنندگان سبزیجات و

محصولات سالادی در غرب بیت المقدس

(Gunnerson ,Shuval and Arlosoroff,1984)

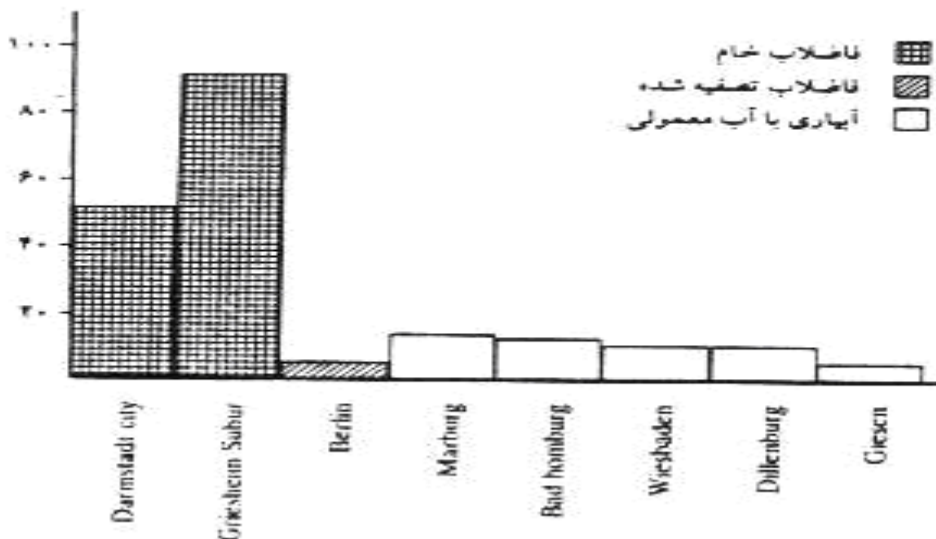
شیوع نمونه های مثبت آسکاریس در مناطق غرب بیت المقدس در زمان های مختلف با در نظر گرفتن مصرف سبزیجات و محصولات سالادی که برای آبیاری آنها از فاضلاب خام استفاده می شود. (Gunnerson, Shuval and Arlosoroff 1984)

مدراک محدودی وجود دارد مبنی بر اینکه که کرم کدوی گاو (تنیا ساژیناتا) می تواند به جمعیت مصرف کننده (از طریق گوشت گله هایی که در زمین های آبیاری شده با فاضلاب، چریده می شوند یا از محصولات این زمین های آلوده تغذیه می کنند) منتقل شود. هر چند مدارک قوی از ملبورن استرالیا و دانمارک (گزارش شده بوسیله شوال و همکارانش در

سال 1985) وجود دارد که گله های چریده شده در زمین هایی که با فاضلاب خام آبیاری شده اند و یا از فاضلاب خام نوشیده اند بطور شدیدی آلوده به بیماری (cysticercosis) شده اند. مطالعاتی که در هندوستان بوسیله شوال و همکارانش در سال 1986 انجام شد نشان داده است که در جاهایی که کارگران مزارع در معرض فاضلاب خام قرار گرفته است در مقایسه با دیگر کارگران کشاورزی، عفونت انکیلوستوما (کرم قلابدار) و آسکاریس (نماتود) بصورت اندمیک در آمده و این دو پارازیت سطح بالایی از عفونت را نشان داده اند.

همچنین مطالعات نشان داد که شدت عفونت آسکاریس (تعداد کرم هایی که در قسمتی از روده افراد وجود دارند) در نمونه کارگران مزارع آبیاری شده با پساب، خیلی بیشتر از نمونه شاهد می باشد. شدت اثر عفونت کرم قلابدار بر سلامت کارگران، به میزان مواجهه و مدت زمان مواجهه آنها با لارو کرم قلابدار بستگی دارد. همچنین کارگران مزارع در صورتی که آبیاری مزارعشان با فاضلاب خامی باشد که از مناطق شهری (که عفونت کلرا به صورت اپیدمی در آمده است) آمده باشد، مستعد ابتلا به بیماری وبا می باشند.

مطالعات سرولوژیکی و مرگ و میر کارگران تصفیه خانه فاضلاب و یا کارگران مزارع آبیاری شده به وسیله فاضلاب (که بطور مستقیم با فاضلاب یا آئروسول های فاضلاب در ارتباط هستند) بروز بیماری های ویروسی را نشان نداده اند.



شکل 2- درصد آسکاریس موجود در نمونه های مختلف شهر های آلمان بر حسب آبیاری

سبزیجات با نوع آب مصرفی (Gunnerson, Shuval and Arlosoroff, 1984)

مدارک قوی دال براینکه مردمی که در نزدیکی تصفیه خانه فاضلاب و یا

مزارع آبیاری شده با فاضلاب ساکن اند عفونت پاتوژنی بیشتری (از طریق آئروسول های منتشره

از فرآیند هوادهی و آبیاری قطره ای) بروز می دهند، وجود ندارد.

شوال و همکارانش اظهار داشتند که در جوامعی که سطوح بالایی از ایمنی در برابر ویروسهای

محلی وجود دارد، مانع انتقال این ویروس ها به وسیله آبیاری با فاضلاب می شود.

سرانجام شوال و همکارانش (1986) در ارتباط با اثر فاضلاب کشاورزی بر سلامت، عوامل

پاتوژنیک را به ترتیب اولویت، دسته بندی کردند (مثال 2). آنها متذکر شدند که اثرات منفی بر

سلامت انسان ناشی از استفاده از فاضلاب خام یا فاضلابی که به خوبی ته نشین سازی نشده

است می باشد، در حالی که مدارک موجود نشان می دهد که استفاده از فاضلابی که به طور مناسبی تصفیه شده چنین مشکلاتی را ایجاد نمی کند.

مثال 2: میزان تاثیر عوامل بیماریزا بر بهداشت و سلامت	
خطر بالا (بیشترین عفونت را ایجاد می کند)	کرمها: انکیلوستوما، آسکاریس، تریکوریس، تنیا
خطر متوسط (عفونت کمتری ایجاد می کند)	آنتروباکتریها: ویبریو کلرا، سالمونلا تیفی شیگلا و دیگر عوامل
خطر پایین (عفونت خیلی کم ایجاد می کند)	آنتروویروس ها

اثرات بهداشتی مربوط به استفاده مجدد فاضلاب به دو دسته تقسیم می شود:

1- اثرات بهداشتی ناشی از انگل ها و پاتوژن های باکتریائی و ویروسی: راههای مواجهه با عوامل عفونت زا عبارتند از: تماس مستقیم با سطوح آلوده، خوردن اتفاقی آب آلوده، مصرف سبزیجات خامی که با آب بازیابی شده آبیاری شده اند و تماس طولانی مدت با آئروسول های بیولوژیکی در نزدیکی محل های آباری پخششان یا برج های خنک کننده. خطر انتقال بیماری عفونی، عمدتاً در رابطه با استفاده از فاضلاب تصفیه نشده و یا پساب های فاضلاب واجد کیفیت بسیار ضعیف می باشد، و در ملل در حال توسعه در مقایسه با کشور های صنعتی بسیار بیشتر است. این خطر بستگی به عوامل متعددی دارد که شامل نوع و دوام عامل عفونی (مطابق مطالعه shuval و همکارانش تحت عنوان انگل های کرمی مهم، 1968)، موجود بودن یک

میزبان واسط برای برخی انگل های کرمی، نوع کاربرد مواد زائد جامد و مواجهه انسان با آن، رفتار انسان (مثلا بهداشت فردی یا بهداشت مواد غذایی)، و ایمنی میزبان می باشد. خطر عفونت هنگام استفاده از پساب واحد های بازیابی فاضلابی که بخوبی بهره برداری شده اند، در حد زیادی کاهش می یابد. بعنوان مثال در یک واحد بازیابی در سنترزبورگ فلوریدا، میانگین خطر کاربرد پساب برای آبیاری غیر محدود، حدود 10^{-8} - 10^{-6} به ازاء هریک با مواجهه با 100 میلی لیتر پساب، برآورد شده است. اقدامات تصفیه ای در این واحد شامل تصفیه بیولوژیکی، انعقاد، صافی شنی، گندزدایی (4 میلی گرم در لیتر به مدت 45 دقیقه تماس) و نگهداری در یک مخزن به مدت 16-24 ساعت بوده است.

2- مواد شیمیایی: مواد شیمیایی مطرح شامل فلزات سنگین، آفت کشها، ترکیبات کلرینه و گزنوبیوتیک های دیگر می باشد. اثرات نامطلوب این مواد شیمیایی که بسیاری از آنها جهش زا یا سرطان زا می باشند، بویژه وقتی نگران کننده است که فاضلاب بازیابی شده جهت آبیاری محصولات کشاورزی یا تغذیه آبهای زیر زمینی بکار رود.

پارامترهایی که در زیر بیان شده از نقطه نظر بهداشتی و سلامت اهمیت دارند:

1) میکروب های شاخص

الف- کلی فرمها و کلی فرمهای مدفوعی: کلی فرمها گروهی از باکتریها هستند که بطور عمده شامل انواع مهمی از گروه های سیتروباکتریها، انتروباکتر، اشرشیاکلی و کلبسیلا می باشد و از بین گروه کلی فرمهای مدفوعی، اشرشیاکلی بیشترین تعداد را دارا می باشد. تعدادی از کلی فرم

ها همچنین قادرند که در خارج از روده به ویژه در آب هوای گرم رشد کنند، بنابراین شمارش آنها به عنوان یک پارامتر برای پایش سیستم بازیافت فاضلاب مناسب نیست. آزمایش کلی فرم مدفوعی همچنین شامل شمارش بعضی میکروبهای غیرمدفوعی می باشد که در درجه حرارت 44°C رشد می کنند می باشد. بنابراین شمارش Ecoli بهترین شناساگر رضایتبخش در فاضلاب جهت استفاده در کشاورزی است.

ب- استرپتوکوک مدفوعی: این گروه میکروب ها شامل انواع مهمی که در ارتباط با حیوانات هستند می باشند، مانند (استرپتوکوک بویس، و استرپتوکوک اکوینوس) و گونه های دیگر با شیوع بیشتر مانند استرپتوکوک فکالیس و استرپتوکوکوس فاسیوم که هر دو در انسان و حیوانات وجود دارد و همچنین دو گونه حیاتی (biotype) (مانند گونه آبی استرپتوکوک فکالیس و گونه استرپتوکوک فکالیس هیدرو لیز کننده نشاسته) که در همه جا (محیط آلوده و غیرآلوده) یافت می شوند.

شمارش استرپتوکوک مدفوعی به عنوان یک روش ساده معمولی محسوب می شود اما شامل محدودیت های زیر است:

- امکان حضور گونه های زیستی غیر مدفوعی، به عنوان بخشی از میکروفلورهای طبیعی در محصولات، ممکن است باعث اختلال در اندازه گیری کیفی باکتری های محصولات آبیاری شده با فاضلاب شود.

- میزان ماندگاری استرپتوکوک های مدفوعی در دمای بالا کمتر از دماهای پایین است. مطالعات بیشتر ثابت کرده اند استفاده از استرپتوکوک های مدفوعی بعنوان اندیکاتور در آب و هوای گرم به کار می روند تا ماندگاری آن ها را در مقایسه با سالمونلا به دست آید.

ج- کلستریدیوم پرفرانژ: این باکتریها انحصاراً مدفوعی، اسپوردار و بی هوازی هستند و به علت ماندگاری بالای اسپور آنها برای شناسایی آلودگی های قبلی و دوره ای آب به کار می روند. اگر چه ماندگاری بالای آن برای اهداف عادی به عنوان یک مشکل به حساب می آید، ولی ثابت شده که در مطالعات مربوط به بازیافت فاضلاب کاربری دارد. این ماندگاری بالای کلستریدیوم پرفرانژس می تواند در ویروس ها و تخم انگل ها نیز مشاهده شود.

(2) پاتوژن ها:

پاتوژن ها پارامترهای بیماریزایی هستند که می توانند فقط در آزمایشگاه با تسهیلات مناسب و وجود کارگران حرفه ای تعیین شوند و شامل:

الف- سالمونلا spp:

گونه های مختلف سالمونلا نظیر سالمونلا تیفی و موارد دیگر ممکن است در فاضلاب خام وجود داشته باشد، که از جوامع شهری کشورهای در حال توسعه نشأت گرفته اند. دوران و همکارانش در سال 1977 برآورد کرده اند که تعداد 7000 سالمونلا و 7000 شیگلا و تعداد 1000 ویبروکلا در یک لیتر از فاضلاب شهری در مناطق استوایی وجود دارد. شیگلا spp و ویبروکلا در محیط خیلی سریعتر از بین می روند. نابودی سالمونلا نشان دهنده نابودی اکثر باکتریهای بیماریزا می باشد.

ب- آنتروویروسها:

بیماریهای جدی مثل پولیومیلیت و مننژیت یا بیماریهای ضعیف تری مثل عفونت دستگاه تنفسی را موجب می شوند. اگرچه مدارک اپیدمیولوژی قوی دال بر انتشار این بیماری ها از طریق سیستم آبیاری توسط فاضلاب موجود نیست، هنوز احتمال خطر برای سلامتی انسان

وجود دارد. بنابراین لازم است بویژه در مناطق گرمسیر با چگونگی حذف ویروس‌ها بوسیله فرایندهای موجود در تصفیه و همچنین روش‌های جدید آشنایی حاصل شود. شمارش ویروس‌ها تحت شرایط آزمایشی مخصوص انجام می‌گیرد و نسبت به آلودگی‌های قارچی و باکتریایی نیاز به روش‌های کشت سلولی دقیق‌تر و حساس‌تری دارد.

ج- روتاویروسها:

این ویروس‌های شناخته شده عامل مشکلات گاستروآنتریتی (معدی- روده ای) هستند با وجود اینکه معمولاً به تعداد کمتری نسبت به آنتروویروسها در فاضلاب وجود دارند اما پایداری آنها بیشتر است. بنابراین ضروری است که خصوصیات ماندگاری آنها نسبت به آنتروویروس‌ها و ارگانسیم‌های اندیکاتور فاضلاب شناسایی شوند.

ادعا شده است که حذف ویروسها در تصفیه فاضلاب به موازات حذف جامدات معلق صورت می‌گیرد. زیرا بسیاری از ذرات ویروسی به جامدات چسبیده و با آنها در ارتباط هستند. بنابراین اندازه‌گیری جامدات معلق در پساب خروجی از تصفیه‌خانه باید به صورت روتین انجام شود.

د- نماتودهای روده‌ای: آلودگی‌های نماتودی به ویژه آسکاریس لامبریکوئدس حلقه‌ای از پساب خروجی منتشر می‌شود. تخم‌های آسکاریس لامبریکوئدس تا حدودی بزرگ هستند ($45-70\mu\text{m} \times 35-50$). چندین تکنیک برای شمارش نماتودها وجود دارد (who1989).