نشریه شماره ۲۱

کمیته ملی آبیاری و زهکشی

نشریه سالانه آبیاری و زهکشی

تهران

امرداد ماه ۲۵۳۷

۱۳۵۷

از انتشارات وزارت نیرو

۶۳۱/۶۷
ک ۷۲۳۵
۱۳۵۷

کتابخانه
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ردیف ۷۵۶

فهرست

ردیف	موضوع	صفحه
۱	تجزیه و تحلیل سود و هزینه در پروژه های آبیاری بروش نمونه گیری	۱
۲	سیمان	۱۷
۳	اندازه گیری ضریب پخش خاك ازطریقه نفوذ آب دریك نهربا ارتفاع ثابت	۳۳
۴	طرح تخلیه سیلات از سد میناب	۵۵
۵	محاسبه ته نشینی رسوب در مخازن با استفاده از روش هیدرولیکی	۶۳
۶	نیاز آبی گیاهان	۷۲
۷	بررسی کیفیت آب قناتها وچاه های منطقه برخوار اصفهان	۸۲
۸	آلودگی آبها ومسائل مربوط به جلوگیری وباز استفاده آنها	۹۰
۹	نکاتی درباره بازده اقتصادی آبیاری	۱۰۴
۱۰	کنفرانس آبیاری وزهکشی تاشکند	۱۰۷
۱۱	استفاده ازکامپیوترهای دیژیتال درحل مسائل آبیاری وزهکشی	۱۱۸
۱۲	سمینار بررسی منابع آب کشور	۱۳۹
۱۳	سمینار بین المللی سیستم آمار و اطلاعات منابع آب	۱۴۱
۱۴	جدول مشخصات سدهای انحرافی ایران	۱۴۲
۱۵	جدول مشخصات سدهای مخزنی ایران	۱۴۴

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تجزیه‌و تحلیل سود و هزینه
در پروژه های آبیاری بروش نمونه گیری

نوشته‌آقایان: J.R.Rydzewski رئیس قسمت فارغ‌التحصیلان مهندسی آبیاری دانشگاه ساوتهمپتون و A.J.webb مهندس شرکت مهندسین‌مشاورسرمکدونالدکمبریج

مترجمین: محمدرضا جهانبخش‌کارشناس دفترفنی‌امورتوسعه منابع‌آب وزارت نیرو

مسعود جهانبخش مهندس شرکت مهندسین‌مشاور راه‌کانت

خلاصه. درمحاسباتیکه تاکنون برای تجزیه وتحلیل سود وهزینه دربررسیهای اقتصادی پروژه‌های‌آبیاری وسایرطرحهای مهندسی انجام میگردید نارسائیهائی‌مشاهده شده است این‌نارسائیهابخصوص پس ازاتمام پروژه ودر دوران بهره‌برداری‌کاملا مشهود میباشد

بمنظوررفع نارسائیهای فوق وهم‌چنین دقت دربرآورد اقتصادی پروژه‌هاتحقیقات مختلفی‌انجام گرفته وملاحظه شده است‌که بااستفاده ازروش‌های آماری ودقت درتهیه اطلاعات وداده‌های هر پروژه و تنظیم‌آنها بصورت تابعی احتمالی ازسود وهزینه میتوان دقت‌تجزیه وتحلیل را بمیزان‌قابل‌توجهی‌افزایش داد چون دراین محاسبات ازکامپیوتر استفاده میشود در این مقاله سعی شده است‌که ضمن تشریح روش مورد نظر برنامه تنظیمی نیزبه نحوی ارائه‌گرددکه کامپیوترهای کوچك Mini CompuTer جوابگوی مسائل مورد نظرباشد.

متد پیشنهادی‌که به روش مونت‌کارلو (Monte Carlo) معروف شده محاسبات مربوط به‌تجزیه وتحلیل را بمیزان قابل‌ملاحظه‌ای کاهش داده است در جداولی‌که ضمن این مقاله ارائه شده نحوه تنظیم داده‌های پروژه را درمورد طرحهای‌آبیاری بصورت ساده‌ای تشریح نموده است.

مقدمه

تصمیم منطقی وصحیح درمورد طرحهای مهندسی در صورتی امکان داردکه بتوان راه حلهای مختلف رابلحاظ مسائل تکنیکی واقتصادی‌ارزیابی ودرمورد این‌راه‌حلها ازنقطه‌نظرهای فوق‌اظهارنظرنمود.

لزوم کاربرد رابطه فوق‌نه‌تنها درمورد طرحهای صرفاً اقتصادی بلکه درموردطرحهای عام‌المنفعه ازقبیل طرحهای آبیاری وسایرفعالیت‌های مشابه نیزضروری است.

هرپروژه یا طرح آبیاری محصول فعالیت‌های مهندسی وسرمایه گذاری برای تنظیم جریان آب و توزیع آن بمنظوربهره گیری صحیح ومنطقی ازمنابع آب میباشد وضمناً عاملی برای افزایش فعالیت های اقتصادی جنبی وازدیاد تولید محصولات کشاورزی ودرآمد ملی است درجه وابستگی سرمایه گذاری در تنظیم منابع آب تابعی ازمقادیر آب، افزایش محصولات وکاربرد تکنیك‌های فنی‌ومنطقی‌درهرپروژه است.

روش متداول درمحاسبات اقتصادی پروژه‌ها تعیین نسبتهای سود بهزینه می‌باشد و هم‌اکنون این طریقه برای مقایسه راه حلهای مختلف وتعیین نرخ‌برگشت سرمایه مورد استفاده قرارمیگیرد معمولا برای هریك ازتأسیسات فنی عمرمفیدی فرض‌وسپس نسبتهای سودبهزینه طرح در زمان بهره‌برداری وعمر مفید پروژه مورد بررسی قرار میگیرد.

ازطرفی با توجه به اینکه سود وهزینه هرپروژه درطی سالهای مختلف یکسان نمی باشد بهمین دلیل ارقام سودوهزینه درسالهای‌بهره‌برداری ازپروژه‌بزمان حال تبدیل وپس‌ازآن‌نسبت‌سودبهزینه‌مشخص میشود .

درکاربرد این‌روش (تعیین ارزش حال ونسبت سود بهزینه) مسئله‌ای وجود ندارد نارسائی های مشاهده شده درعمل واشکالات محاسبه مربوط به استفاده‌آمارها وداده‌ها وفرضیات پروژه وتوجیه آنها در تعیین سود بهزینه است.

اخیراً به نحوه‌برآورد وارزیابی سود وهزینه برای هرطرح توجه زیادی مبذول میگرددومیتوان برای اطلاع ازتحقیقات وبررسیهائی‌که دراین مورد انجام شده به نشریات گونانی‌که توسط Littleand Mirrlees بویژه‌برای O.e.c.d و DasguPta و Sen omd Margline برای u.n.i.d.o تهیه‌شده‌مراجعه‌نمود.

گروه مهندسی آبیاری دانشگاه ساوتمپتون The univercityofSouthhampton نیز در سالهای اخیر مطالعاتی درهمین زمینه انجام داده وروش‌های ساده‌ای را برای رفع مشکلات مربوط به محاسبات اقتصادی بررسی کرده‌اند که نتیجه‌آن به تهیه مدلی‌برای‌کامپیوترهای‌کوچك ازنوع Wan g330 منجرشدو توسط این مدل محاسبات مربوط به تعیین نسبت‌های سود بهزینه انجام میشود.

دلیل این‌بررسی‌ها علاوه‌برتعدیل محاسبات مربوط به سودوهزینه توجه بمسائل اقتصادی کاربرد کامپیوتر درمحاسبات بوده وامیداست‌که تکنیك پیشنهادی مورد استفاده مهندسین پروژه‌که دانشی‌محدود ازعلم اقتصاد دارند واقع شود

علائم واختصارات زیر که دراین مقاله مورد استفاده قرار گرفته بشرح زیرمی‌باشد

B = سود

Bij = سود i درسال j

C = هزینه

Cij = هزینه i درسال j

CN (N = ۱، ۲، ۳، . . ۶) = تابع‌پلکانی‌هزینه‌ها

D = نرخ تنزیل

F = مشخص کننده جهت سودیا هزینه

H = سالهای آماری اطلاعات وداده‌ها

IRR = نرخ بر گشت داخلی سرمایه

M = عمرمفید پروژه (دوران بهره‌برداری ازساختمان تااستهلاك)

NPV = ارزش حال خالص

PN (N = ۱، ۲، ۳، . . ۳، ۶) = تابع پلکانی احتمالی مقادیر

PN (N = ۱، ۲، ۳ . . . ۶) = تابع پلکانی احتمالی درجمع مقادیر

روش تجزیه وتحلیل سودبهزینه بصورت ارزش واحد (Single Valued)

اخذ تصمیم درمورد سرمایه گذاری برای هرطرح مستلزم تجزیه وتحلیل اقتصادی دردوران‌طرح میباشد متداول ترین روش تجزیه و تحلیل ارزش واحد سود بهزینه است Single valued cost Benifit خلاصه‌ای از این روش با تشریح جزئیات در نوشته های Mishan و Layand ارائه شده است این روش شامل محاسبه وبرآورد هزینه‌های سرمایه وجاری درزمان حال و آینده‌است. معمولا درجداول‌تنظیمی‌نسبت هزینه‌های پروژه (Cost) وسود حاصل ازاجرای طرح‌درسالهای مختلف وبرای عمرمفیدطرح (که‌معمولا ۳۰ تا ۵۰ سال است) را تهیه وارقام جداول را بافرمولهای زیر به ارزش حال تبدیل میکنند

(۱) ارزش حال هزینه $= \sum_{\text{هزینه‌ای i}} \sum_{\text{سالهای j}} Cij\ (1+D)^{j}$

(۲) ارزش‌حال درآمدها $= \sum_{\text{درآمدهای i}} \sum_{\text{سالهای j}} Bij\ (1+D)^{j}$

که درآن

Cij هزینه‌های i درسالهای j

Bij درآمدهای i درسالهای j

D نرخ تنزیل (بهره‌تنزیل) میباشد

برای مقایسه راه‌حل‌های مختلف یك پروژه مقادیر هزینه و سود بزمان حال تبدیل و از یکدیگر کسریا بهم تقسیم میشود وبدین‌ترتیب

ارزش حال خالص = N.P.V واز B _ C

نسبت سود بهزینه = B/C حاصل‌میشود

دراین پیش داوری نرخ تنزیل ثابت فرض میشود ولی ممکن است نرخ تنزیل بصورت ثابت فرض نگردد ومقدار آن از رابطه B=C تعیین شود(سود حاصل ازاجرای پروژه وهزینه بزمال حال‌تبدیل میشود) نرخ تنزیل محاسبه شده بنام نرخ برگشت سرمایه نامیده میشود (IRR) در حالت اول می‌باید

متذکر گردد که نسبت $\frac{C}{B}$ یا NPV با در نظر گرفتن نرخ تنزیل انتخاب شده بدست آید در صورتی که در حالت دوم باتعیین نرخ برگشت داخلی سرمایه (IRR) می توان مورد رد یا قبول پروژه اظهار نظر نمود.

با درنظر گرفتن اینکه در این مقاله نحوه تعین هزینه‌ها وسود حاصل ازپروژه مورد نظر نیست روش بالا با یك مثال در مورد هزینه‌های در جریان سدی فرضی مورد بررسی قرار می گیرد.

با استفاده از رابطه (۱) وانتخاب نرخ تنزیلی معادل ۰/۰۱۰ ارزش حال هزینه ساختمان سدی که معادل ۸۱۷۰۰۰ پوند است بررسی میگردد.

جدول شماره ۱

	هزینه های سالانه به میلیون پوند در سال			
یك هزینه به میلیون پوند (۱)	۱ (۲)	۲ (۳)	۳ (۴)	
۱/۰	۰/۲	۰/۴۵	۰/۳۵	

از نقطه نظر ریاضی این روش جالب بنظر میرسد ولی ایرادی اساسی برای برنامه‌ریز در این نحوه عمل مشهود است وآن اینست که قبل از اجرای پروژه حجم پول درجریان وزمان اجرای طرح و نحوه توزیع هزینه‌ها می‌باید بصورت یکتواخت پیش‌بینی گردد.

از طرفی در مورد ارزیابی هزینه‌ها و زمان اجرای هرپروژه نمیتوان فرض کرد که هزینه جاری احداث یك سد ممکن است بجای یك میلیون پوند ۱/۳ ویا دوره ساختمان بجای سه سال چهار سال بطول انجامد .

برای این فرضیات (هزینه طرح یا زمان اجرای پروژه) می‌باید محاسبات بطور کامل ودقیق و دوباره انجام شود و N.P.V مجدداً محاسبهٔ گردد این مسئله بخصوص در مورد پروژه های دراز مدت ریسکی محسوب میشود که انجام آن صحیح نیست.

از لحاظ عملی گاهی طراح با وضعی روبرو میشود که می‌باید از درآمدهاهزینه‌هاپول درجریان وزمان اجرای طرح ارزیابی دقیقی انجام دهد در این وضع یك اشتبا جزئی تأثیری کلی درجواب‌نهائی خواهد گذاشت.

بعنوان مثال سرمایه جاری یك پروژه کشاورزی وسود دهی ثابت سالانه را پس از رسیدن به‌حد اکثر تولید درنظر میگیریم .

چنانچه فرض کنیم که تولید کامل پس از ۵ یا ۶ سال حاصل میشود(که این زمان بستگی‌به‌اجرای پروژه دارد) بادر نظر گرفتن نرخ تنزیل سرمایه (بافرض ۱۰٪) تأثیر تأخیر در اجرای پروژه فقط برای یکسال حدود ۹٪ ارزش حال نقدینه در جریان خواهد بود وتأثیر اقتصادی وقابل توجه مسئله در همین

مورد مشاهده میشود .

روش تجزیه و تحلال سود وهزینه بصورت چند ارزشه .

Multi_valued Cost/denefit Analysis

در این روش محاسبه حالتهای مختلف تأثیر زمان و پول در جریان‌را در نظربگیریم به نحوی که جواب حاصله برای تعیین ارزش خـالص (N.P.V تمام حالات‌را منعکس نماید وهمچنین با استفاده از احتمالات مختلف هزینه‌ها و سودهای هرپروژه میتوان توزیع فراوانی ارزشهای خالص حـال و رابطه سود به‌هزینه‌راتعیین و تجزیه‌و تحلیل پروژه را انجام داد برای توضیح بیشتر به مثال احداث سد که قبلا ارائه‌شد مراجعه می‌کنیم وبجای استفاده از ارزش واحد Single_valued از این‌روش استفاده می کنیم .

جدول شماره ۲

مثالی‌از تعیین احتمالی‌نقدینه درجریان برای هزینه سد

هزینه یك‌اجرای طرح به‌میلیون‌پوند	هزینه سالانه اجرای طرح به میلیون لیره					احتمال وقوع
	۱	۲	۳	۴	۵	
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
۰/۹	۰/۲	۰/۴	۰/۳	–	–	۰/۱
۱/۰	۰/۲	۰/۴۵	۰/۳۵	–	–	۰/۶۵
۱/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۴	–	–	۰/۲
۱/۵	۰/۳	۰/۶	۰/۴	۰/۲	–	۰/۰۵

دراین‌جدول بیشترین احتمال وقوع هزینه درسالهای مختلف همانست که درجدول شماره ۱ بدست آمده بود احتمال وقوع (۰/۶۵) اما سه حالت دیگرباحتمال کمتر نیزبدست آمده واحتمال هریك از سه حالت نیزمشخص‌شده‌است درحالت خاص یاحالت چهارم احتمال وقوع فقط ۰/۰۵ است اما همین حالت نیزدارای اثرمهمی‌است زیرا یکسال تاخیر دریکی ازعوامل پـروژه باعث تاخیر درپروژه وتاثیر اقتصادی مهمی دراعتبارات پیش‌بینی‌شده طرح خواهد داشت بنابراین درمحاسبات می‌باید همه عوامل ممکن‌درنظر گرفته شود .

(احتمال وقوع سیل، فونداسیون ضعیف وغیره)

باتوجه به عوامل گونا گون مهندسین طراح بایداحتمالات مختلف را درنظربگیرند تامسائل‌وتصمیم گیری‌ها باارزیابی دقیق‌تری مورد سنجش‌قرار گیرد.

از این روش می‌توان برای سایرفعالیت‌ها وطرحهای مهندسی‌نیز استفاده کرد .

مثلا درمورد یك پروژه کشاورزی باتوجه به تغییرات حجم تولید، نوسان قیمت ها در بـازار و هزینه‌های تولید و یا درطرحی برای محاسبه حجم خـاکبرداری حمل مصالح تهیه بـرنامه‌های زمانی و هزینه‌های عمومی .

تاکنون مهندسین وکارشناسانی که این‌بررسی‌ها را انجام میداده‌اند بمشکلات ناشی از میانگین گرفتن متغیرها دراین گونه مسائل آگاه بوده‌اند وضعف محاسبات را احساس کرده‌اند ولی‌درمورد استفاده ازمتد پیشنهادی باتوجه به قابلیت انعطافی که درآن وجود دارد ارزیابی‌دقیق وکاملی‌درهرمورد امکان دارد و ازاتلاف وقت نیزجلوگیری میشود .

انتخاب وقوع حالتهای مختلف بلحاظ تعداد دراین روش‌به نـوع برنامه ریزی برای کامپیوتـر بستگی‌دارد معمولاً سه حالت‌برای انتخاب‌کافی‌است واین‌سه حالت عبارتنداز:

احتمال وقوع درشرایط مساعد Mostlickey وقوع در بهتریـن شرایط Optimestic وقوع در شرایط نامساعد Pessimestic

اما ممکن‌است گزینش بیشتری نیز مورد نیاز باشد (دربرنامه پیشنهادی دانشگاه Southampton شش‌حالت درنظر گرفته شده)

متدنمونه‌گیری Sampling method یکی‌ازچند متد ریاضی‌است که بااستفاده ازآمار واحتمالات درحل وتجزیه وتحلیل روش‌چند ارزشه (multi_valued) دردانشگاه ساوتهیتون Southampton مطالعه و ارائه شده‌است ونتایج حاصل نشان داده‌که این روش‌مناسبترین طریق‌برای تجزیه وتحلیل سود بهزینه در روش چندارزشه (multi_valued) می‌باشد (رجوع شودبه گزارش Pouliquen درسال۱۹۷۷ توسطWebb دردانشگاه Southomton

متد انالتیکی (تجلیلی) بررسی‌وحل مسائل اقتصادی پروژه

مسئله‌ای راکه قبلاارائه کردیم درجدول شماره۳ باتوجه به احتمالات و فرضیات جدیـد مجدداً مطرح می کنیم مشاهده میشودکه :

درسال اول محتمل‌ترین‌حالت امکان وقوع هزینه برای پروژه ۷۰۰۰ پوند فرض میشود ولی با توجه به احتمالات پیش بینی‌نشده می‌توان فرض‌کردکه هزینه تا۵۰۰۰ پوند تقلیل‌یابد ودرسال دوم‌باتوجه به‌چنین‌فرضی‌هزینه طرح ممکن‌است ۱۰تا ۱۵ هزارپوند باشد وبنابراین میتوان‌جدول راباهمین‌مفروضات تنظیم کرد .

جدول شماره ۳

دوره‌پروژه‌بسال (۱)	۱		۲	
هزینهٔ پوند	۷۰۰۰	۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۰۰۰۰
احتمال وقوع	۰/۷	۰/۳	۰/۸	۰/۲
سال یروژه	۱		۲-۳۰	
سود به‌پوند	۰		۳۰۰۰	۲۰۰۰
احتول‌وقوع سود	۱		۰/۸	۰/۲

دراین‌جدول سود سال اول بااحتمال ۰/۱۰۰ صفرفرض‌شده وپیش‌بینی گردیده کـه پروژه از سال دوم تاسال سی‌ام باسودی معادل ۳۰۰۰ پوند درسال به بهره وری برسد (احتمال سود سالانه بـرای ۳۰۰۰ پوند ۰/۸۰ وبرای ۲۰۰۰ پوند ۰/۲۰ است)

درهرحالت مجموع احتمالات برای حالتهای مختلف مساوی ۱/۰۰ می‌باشد.

باتلفیق‌حالات مختلف هزینه چهارصورت زیربدست می‌آید .

۱ هزینه درسال اول ۵۰۰۰ یوند درسال دوم ۱۰۰۰۰پوند احتمال وقوع۰/۶ =۰/۰۲× ۰/۳

۲ « « « « « « ۱۵۰۰۰ « « « ۰/۳×۰/۸=۰/۲۴

۳ « « « « ۷۰۰۰ « « ۱۰۰۰۰ « « « ۰/۷×۰/۲=۰/۱۴

۴ « « « « « « ۱۵۰۰۰ « « « ۰/۷×۰/۸=۰/۵۶

چنانچه هزینه‌ها رابانرخ تنزیل ۰/۱۰ به ارزش حال تبدیل کنیم وضرایب لازم را نیز ازجداول متداول بدست‌آوریم (۰/۹۰۹ و۰/۸۲۷) ارزش‌حال بـا احتمال وقوع ۰/۶ (حالت اول) مساویست بـا ۵۰۰۰×۰/۹۰۹+۱۰۰۰۰×۰/۸۲۷=۱۲۸۲۰

وبرای سایراحتمالات ارقام زیرحاصل میشود.

حالت دوم ۱۶۹۵۰ بااحتمال وقوع ۰/۲۴

حالت سوم ۱۴۶۳۰ « « « ۰/۱۴

حالت‌چهارم ۱۸۷۶۰ « « « ۰/۵۶

همین محاسبات را درمورد سود نیز می‌توان اعمال نمود دراین مورد دو حالت زیر وجود دارد

حالت اول ۲۰۰۰ پوند برای هرسال ازسال دوم تاسال سی‌ام بااحتمال ۰/۲

حالت دوم ۳۰۰۰ « « « « « « « ۰/۸

جمع احتمالات ۱/۰

با استفاده ازمعادله شماره۲ وبادرنظر گرفتن نرخ تنزیل ۰/۰۱۰ ودوران سود دهی که‌از سال دوم لغایت سال سی‌ام می‌باشد ضرایب مربوط‌به‌تعیین‌ارزش‌حال درآمدها در دوران‌بهره‌دهی‌طرح که مساویست با۸ر۵۷۹ نتیجتاً سود حاصل دراین‌دوحالت مساویست‌با:

۱۷۰۳۶ = ۸ر۵۱۷ × ۲۰۰۰ با احتمال۲ر۰.

و۲۵۵۵۳ = ۸ر۵۱۷ × ۳۰۰۰ با احتمال۸ر۰.

بنابراین چهاراحتمال درمورد هزینه و دواحتمال درمورد سود وجود دارد و احتمالات ممکن در مورد محاسبه N.P.V بشرح زیراست .

(۱) N.P.V = ۱۷۰۳۶ − ۱۲۸۲۰ = ۴۲۱۶

بااحتمال وقوع ۰/۰۱۲ = ۰/۰۶ × ۰ر۲

(۲) N.P.V = ۱۷۰۳۶ − ۱۶۹۵۰ = ۸۶

بااحتمال وقوع ۰/۰۴۸ = ۰ر۲۴ × ۰ر۲

(۳) N.P.V = ۱۷۰۳۶ − ۱۸۷۶۵ = − ۱۷۲۴

بااحتمال وقوع ۰ر۱۱۲ = ۰ر۵۶ × ۰ر۲

(۴) N.P.V = ۱۷۰۳۶ − ۱۴۶۳۰ = ۲۴۰۶

بااحتمال وقوع ۰/۰۲۸ = ۰ر۱۴ × ۰ر۲

(۵) N.P.V = ۲۵۵۵۳ − ۱۲۸۲۰ = ۱۲۷۳۳

بااحتمال وقوع ۰/۰۴۸ = ۰/۰۶ × ۰ر۸

(۶) N.P.V = ۲۵۵۵۳ − ۱۶۹۵۰ = ۸۶۰۳

بااحتمال وقوع ۰ر۱۹۲ = ۰ر۲۴ × ۰ر۸

(۷) N.P.V = ۲۵۵۵۳ − ۱۴۶۳۰ = ۱۰۹۲۳

بااجتمال وقوع ۰ر۱۱۲ = ۰ر۱۴ × ۰ر۸

(۸) N.P.V = ۲۵۵۵۳ − ۱۸۷۶۰ = ۶۷۹۳

بااحتمال وقوع ۰ر۴۴۸ = ۰ر۵۶ × ۰ر۸

جمع احتمالات ۱ر۰۰

لیست ارائه شده کلیه احتمالات لازم برای محاسبه N.P.V را شامل است‌بنابراین‌توزیع‌فراوانی N.P.V (Ferquency distribution) برای هرپروژه ازاین‌طریق بدست می‌آید ودرمثال ارائه‌شده درردیف

شماره(۱) $\frac{۱۷۰۳۶}{۱۲۸۲۰}$ = ۱/۳۳ با احتمال وقوع ۰/۰۱۲ می‌باشد

این آمارها را میتوان مانند آمارهای استاتیکی مورد تجزیه وتحلیل‌قراردادوبهمان‌ترتیب‌متوسط انحراف معیار (Standard deviation)

Cumulative density function، (Probability density Functien)

وغیره را بدست‌آورد

متأسفانه استفاده ازاین متد (analyticalmethed) در پروژه‌ها مستلزم بکار گرفتن کامپیوتر های بزرك است زیرا با در نظر گرفتن برآوردها وهزینه های متفاوت سرمایه در جریان واحتمالات گوناگون محاسبات فوق‌العاده زیادخواهدبود وباتوجه به‌هزینه‌کامپیوترانجام محاسبات مقرون بصرفه نمی‌باشد

متد نمونه‌گیری The Sampling Method of solution دراین‌راه حل‌محاسبات مربوط به‌سود وهزینه با انتخاب نمونه‌های اتفاقی پول درجریان انجام میشود وباتکرارکافی عملیات نتایج حاصله از این طریق به‌روش انالتیکی نزدیك میگردد درمثال ارائه شده درصفحات پیشین رقم حاصله یکی از امکانات هشتگانه N.P.V بود برای مثال‌عدد ۱۰۹۲۳ که ازمحاسبه حاصل شده ممکن است فقط یك جواب احتمالی باشد وباتوجه به اینکه مقادیرسود وهزینه برای ۸سال‌انتخاب وفاکتورتنزیل درباره آنها اعمال میشود هرآزمایش‌ممکن است معرف نتیجه پروژه‌باشد ولی دقیق‌ترین‌نتیجه دراثرانتخاب‌بیشترحاصل‌میشود

بنابراین نمونه‌ای که ازصد آزمایش حاصل میشود دارای احتمالی دوبرابرمقدار ۱۲۷۳۳خواهد بود تا ۲۴۰۶ و هم‌چنین دریك عملکرد طولانی رقم۱۲۷۳۳ به نسبت $\frac{\%۴۸}{\%۲۸}$ = ۱/۷۵ بار بیشتر از ۱۴۰۶ می‌باشد.

باتکرارکافی توزیع فراوانی (Frepuency distributian) نمونه N.P.V انتخاب‌شده به‌جواب اصلی که ازطریقه انالتیکی حاصل شده نزدیك میگردد

دراین‌روش اندازه نمونه های انتخاب شده‌به‌نحوی است که درجواب‌حاصله اشتباهی جدی ملاحظه نمیشودوزمان استفاده ازکامپیوتر نیزبه حداقل‌میرسد

می‌توان گفت که اپتیم اندازه نمونه باواریانس Variance آماری داده تغییر می‌کند واحتمالا در محدوده بین۵۰ تا ۱۰۰ خواهدبود. دربرنامه دانشگاه Sou thampton اندازه‌نمونه‌ها بطورثابت۱۰۰در نظر گرفته شده زیرا هدف ازاین مطالعه صرفه‌جوئی درکاربردکامپیوتر واستفاده ازکامپیوترهای کوچك‌مانند مدلهای Wang یا Hewlett packard بوده‌است

برنامه‌کامپیوتر برای حل مسائل بطریقه انتخاب ونمونه‌گیری

The sampling method computer program

برنامه مورد نظربرای این‌متد به‌نحوی طراحی شده که ضمن‌سادگی وقابلیت انعطاف و پروسس

تعداد زیادی آمارقابل استفاده درکامپیوترهای کوچك نیزباشدونحوه تهیه اطلاعات ورودی نیزبهمراه‌برنامه ارائه گردیده

درزمانیکه‌آمار و اطلاعات توسط ماشین متصل بکامپیوتـر تایپ می‌شود برنا مه مورد نظر در کامپیوترمورد عمل قرارمیگیرد. نظربه‌اینکه ماشین درهربارب‌ـه اعداد مفرد (Single number) می پردازد برنامه داده شده بکامپیوتر (که بروش‌نمونه گیری تهیه شده) یك نمونه اتفاقی۱۰۰ تائی‌ازعرقم احتمالی تعریف شده راگرفته وبه جمع حاصل ازمحاسبات قبلی کـه درحال عمل‌است مـی‌افزاید در هـرحال تنها مجموعه‌های درحال عملکرد وآمارهای مربوط به‌آنها جمع‌آوری وذخیره میشوند داده‌هاکه بکاغذ تایپ وارد می‌شود قبلابصورت ۱۴ رقم زیرتهیه میشود.

$$M . H . E . C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6 P_1 P_2 P_3 P_4 P_5$$

این ارقام عبارتند از:

$M =$ سالی که درآن جریان‌نقدینه Cashflew بوسیله‌آمارها مشخص واتفاق می‌افتد.

$H =$ تعداد سالهای‌آتی که برای‌آنهاآمار مورد استفاده قرارمیگیرد

E ۱ = برای‌آمارهای مربوط به هزینه

E ۲ = » » » به سود

C_1 تا C_6 و P_1 تا P_5 عبارتند ارزش واحتمالات تعریف شده درشکل‌شماره ۱ نشان داده شده

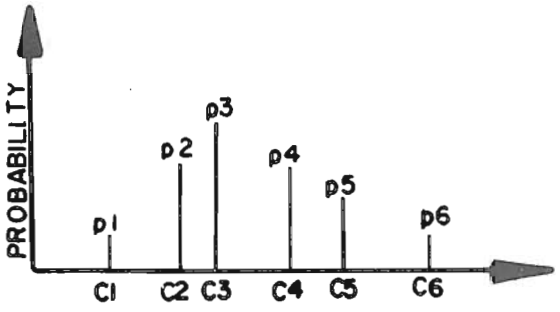


FIGURE 1 : Probability density function

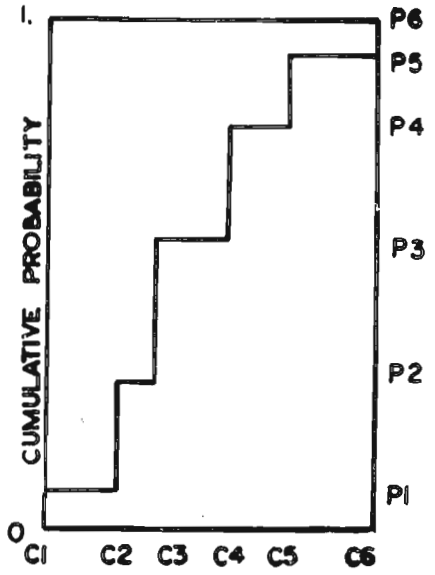


FIGURE 2{ Cumulative density function ((Integrated form of Figure 1)

درشکل شماره II انتگیرال شکل شماره۱ و Cumclative distribvticnfunction مشاهده‌میشود.

بدین‌ترتیب ملاحظه میشودکه استفاده ازاین تابع برای برنامه‌کامپیوترکاملا مناسب‌است‌دیاگرام برنامه‌کامپیوتر درشکل شماره ۴ ارائه گردیده است. و در شکل شماره ۳ فرم ساده وقابل استفاده درماشین

نمونه گیری درموقعیکه نمونه اتفاقی بین ۰ و۱ باشددریك منحنی خطی نشان داده شده .

پس‌ازاینکه نرخ تنزیل توسط دست بماشین داده شودکامپیوتر شروع بکارمیکند وتاموقعیکه‌تمام آمارهای تایپ شده موردتجزیه وتحلیل قرارگیردکامپیوتربکارخود ادامه میدهد.

یك نمونه ۱۰۰ تائی‌از ارزشهای تهیه شده هرسری جدید۱۴ عددی (از M تا P_5 که قبلا شرح داده شد) انتخاب ومقادیری‌که احتمال بیشتری را دارا می‌باشند مشخص میشوند.

درهربار عملکرد یك فاکتور تنزیل مناسب برای سال مشخص(S) ودرضریب بهره تنزیل معینی درنمونه‌های انتخاب شده ضرب وسپس‌هزینه تنزیل شده دراین سال‌به مجموع سودها وهزینه‌های جاری اضافه میگردد.

سودها وهزینه‌ها را میتوان‌بصورت دوبردارکه هربردار دارای ۱۰۰ مولفه‌می‌باشند نشان داد در انتهای برنامه بردارهائی‌شامل ۱۰۰ احتمال ازمقادیرسود وهزینه کلی پروژه بدست می‌آیدکه با تلفیق آنها مقادیر B/C و NPV متوسط (Standard deviation) و ماکزیمم مـی نیمم بدست می‌آید مقادیر NPV مرتب وبافواصل مساوی دردسته‌های ۲۰ تائی ذخیره میشوند درجـه فراوانـی (Class Prequency) نیز بتدریج بایکدیگرجمع وتابع منحنی‌توزیع فراوانی .N.P.V رسم میگردد.

خروجی‌کامپیوترشامل لیست‌آمارهای داده شده جهت‌کنترل می‌باشند.

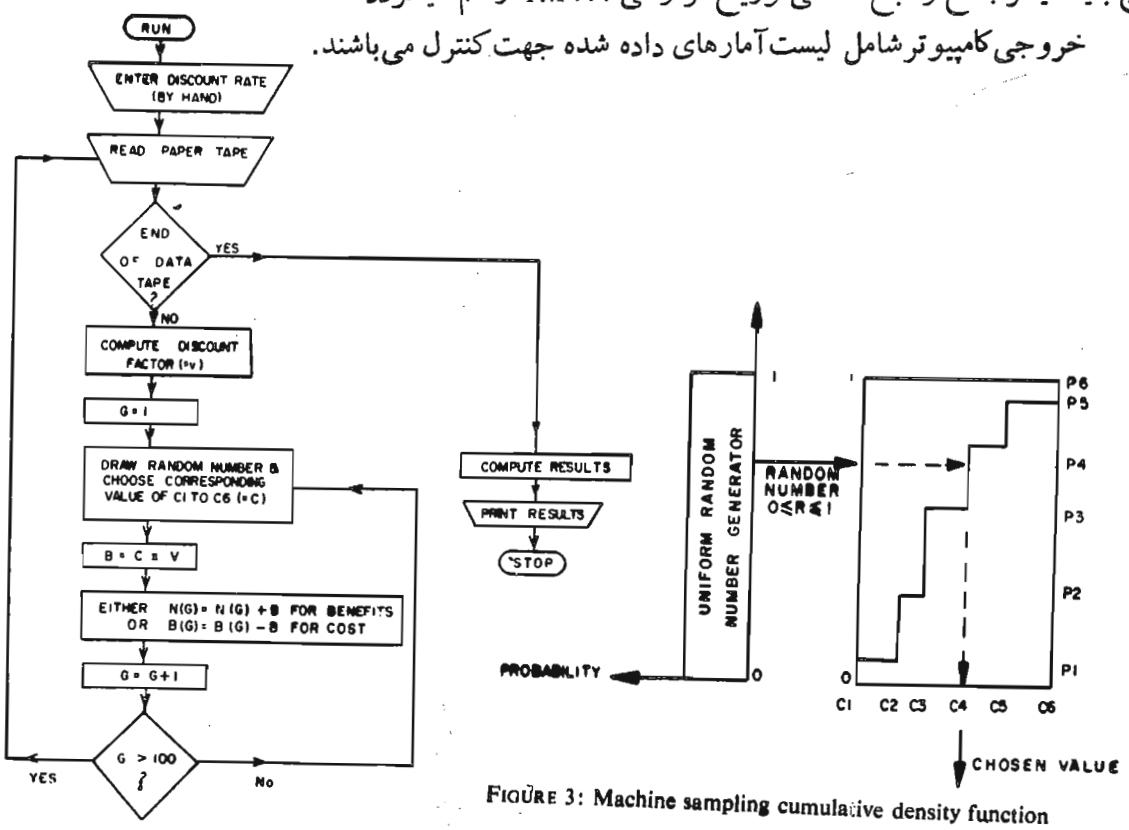


FIGURE 4: Program flow diagram

FIGURE 3: Machine sampling cumulative density function

جداول پرسش‌ها و پاسخ‌ها

برنامه ارائه شده بطورکلی‌برای تجزیه وتحلیل سود وهزینه مورداستفاده قرارمیگیرد بااستفاده

ازجداول سئوالات وجوابها که ذیلا تشریح می گردد استفاده ازاین برنامه برای پروژه‌های آبیاری راآسان تر خواهد کرد (جداول ۴ تا۹ بااستفاده ازآمارهای ساختگی که درصفحات آتی ارائه میشودتهیه گردیده)

این جداول درکاغذهای A_4 تنظیم وشامل دوصفحه جداگانه برای راهنمائی وپر کردن کاغذها میباشد مهندس پروژه برای تنظیم جداول ازهمکاری کارشناس ومتخصص اقتصاد کشاورزی استفاده مینماید .

جدول شماره ۴ شامل لیست هزینه های احتمالی اولیه و سرمایه‌ای می‌باشد این هزینه‌ها احتمالا مخارجی می‌باشد که درسالهای ایجاد پروژه بهزینه میرسد درمثال ارائه شده برای هزینه های اولیه شش احتمال منظور گردیده درصورتی که بتوان بادقت کافی هزینه‌ها را مشخص کرد فقط می‌توان یك احتمال را منظورنمود .

ممکن است دربعضی حالات هزینه‌های اولیه وجود نداشته باشد در اینصورت جدول شماره ۴ تهیه نخواهد شد قابلیت انعطاف این برنامه بحدی است که باهرتعدادآمار می‌توان نسبت هزینه به سود را مورد تجزیه وتحلیل قرارداد ومحدودیتی ازلحاظ تعدادآمارهای مربوط بهزینه وجود ندارد .

جدول شماره IV مثالی درمورد نشاندادن هزینه‌های سرمایه اولیه بهزار پوند

احتمال	احتمال هزینه های سرمایه‌ای اولیه						
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)
۰/۳۵	۳۵	۷۰	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۵	–	–
۰/۲۱	۶۵	۱۳۰	۱۹۵	۱۹۵	۱۹۵	–	–
۰/۱۴	۸۵	۱۷۰	۲۵۵	۲۵۵	۲۵۵	–	–
۰/۱۵	۳۵	۳۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	–	–
۰/۰۹	۶۵	۶۵	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	–	–
۰/۰۶	۸۵	۸۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	–	–

جدول شماره V شامل لیست احتمالی هزینه‌های بهره‌برداری، نگهداری وجایگزین O.M.and.R پروژه می‌باشد برای مثال، هزینه‌های نگهداری یك کانال یا هزینه‌های تعویض قطعات یك‌پمپ که در طی سالهای بهره‌برداری پروژه اتفاق می‌افتد دراین جدول واردمیشود.

دراین مثال ازسال هفتم تاسال‌سی‌وپنجم درستون هزینه‌هارقم‌ثابتی واردمیشود. البته ذکرسال سی‌و پنجم بدین‌معنی نیست که پروژه پس‌ازسی وپنج‌سال قابل بهره‌برداری نیست بلکه مسئله دراین است که تنزیل این‌هزینه‌ها پس‌از۳۵سال بانرخ ۸ تا ۰/۱۰ بسیارکم وقابل‌صرفنظر کردن است

جدول شماره V مثالی درمورد پرکردن جدول هزینه‌های مستمردرزمان بهره برداری پروژه

احتمال هزینه‌های بهره‌برداری ، نگهداری وجایگزینی به ۱۰۰۰ پوند درسال							
احتمال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷ الی ۳۵
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)
۰ر۷	۱۸	۴۸	۸۱	۹۸	۱۰۵	۵۹	۳۰
۰ر۳	۱۸	۳۰	۵۱	۷۷	۸۸	۴۷	۲۵

جداول شماره VI و VII رابایستی بایکدیگر تلفیق نمود اعداد مربوط به جداول شماره VI شامل هزینه‌های تولید درمزرعه درزمانی‌است که تولید مزرعه بطوریکسان باشد (پس‌از توسعه طرح) در حالی که ارقام مربوط به جدول شماره VII شامل هزینه های مرحله توسعه مزرعه است .

جدول شماره VI مثالی برای پرکردن جدول باارقام مربوط بهزینه‌های تولیدمزرعه درحالیکه طرح توسعه‌یافته‌است

هزینه‌های سالانه تولید مزرعه به‌هزارپوند درصورتیکه مزرعه‌کاملا توسعه یافته باشد							
متوسط هزینه‌های تولید مزرعه در صورتیکه پروژه کاملا توسعه یافته باشد						۳۹۰	(۱)
« « « « درحال‌حاضر						۹۰	(۲)
متوسط هزینه‌های اضافی تولید مزرعه (d)						۳۰۰	(۳)
تولید کامل مزرعه‌پس‌از۵سال‌که تا ۳۵ سال ادامه خواهد داشت							(۴)
تغییرات احتمالی هزینه‌های تولید پروژه‌که بصورت زیرفرض‌شد							(۵)
احتمال‌وقوع	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۰۹		(۶)
۰/۰ از d	۱	۰/۸	۱/۲	۰/۶۳	۰/۹۴		(۷)
۰/۰ × b	۳۰۰	۲۴۰	۳۶۰	۱۸۸	۲۸۲		(۸)

جدول شماره VII مثالی برای نشان دادن هزینه‌های تولید مزرعه در دوران توسعه

هزینه سالانه به ۱۰۰۰ پوند برای تولید مزرعه (در دوران توسعه)

سالهای پس از شروع پروژه	۱	۲	۳	۴	۵	احتمال وقوع = ۰/۷	(۱)
افزایش هزینه های تولید در مزرعه	۲۵	۷۵	۱۵۰	۲۲۵	–	احتمال وقوع = ۰/۳	(۲)
» » »	۲۵	۵۰	۱۰۰	۱۶۸	–	احتمال وقوع = –	(۳)
» » »	–	–	–	–	–		(۴)

درجدول شماره VJ سطور۱و۲ شامل متوسط هزینه‌های تولیدپروژه وسطر۳ اضافه هزینه‌تولید درپروژه می‌باشد سطرچهارم زمان بهره‌برداری وسطور۶و۷ به ترتیب درصد اضافه هزینه تولید پروژه واحتمال مربوط برای هریك ازاین درصدها می‌باشد سطرهشتم ازحاصلضرب ارقام حاصل‌ازسطر۳ بدست آمده بنابراین سطور ۶ و۸ هزینه های تولید پروژه را درزمان تعریف شده درسطر۴مشخص‌می کند

هزینه‌های تولید مزرعه درهرپروژه (درحالت‌کاملا توسعه یافته) ازاولین فصل رویش شروع می شود. درهرحال دربیشترپروژه‌ها سطح کشت براساس‌برنامه‌ای مشخص‌برای چندسال اضافه می‌شود که‌این خود باعث تغییراتی‌درهزینه مزرعه می گردد این‌اضافه هزینه ممکن‌است براثر بهره‌برداری بهتر که دراثر تجربه حاصل می‌شود خنثی گردد . هزینه‌ها تولید مزرعه نیزتابعی‌ازمکانیزاستون‌مزرعه و نحوه بهره‌برداری است در جدول شماره VII این تغییرات هزینه تولید باارائه هزینه سالهای اولیه مشخص‌شده .

این هزینه ممکن‌است ناچیزباشند ولی‌ازنقطه نظراقتصادی عامل مهمی محسوب می‌شوند تصمیم گیری درمورد تخصیص‌هزینه‌ها به هزینه‌های اولیه (هزینه‌های سرمایه) هزینه‌های بهره‌برداری ونگهداری وهزینه‌های جانشینی O M. ondR وهزینه‌های تولیدکاری نسبتاً مشکل است اما این عمل‌نحوه برآورد هزینه‌ها راجهت مقایسه پروژه‌ها آسان‌تر می‌سازد .

توزیع هزینه (که می‌باید توسط گروهی‌کارشناس انجام شود) ازنظروقوع درزمانهای‌مختلف و ازلحاظ نوع عملیات بسیارمهم ومنطقی‌است .

هزینه‌های سرمایه‌ای پروژه می باید با احتمال و دقت بیشتری برآورد گردد و در دهساله اولیه ساختمان پروژه بمصرف میرسد، هزینه‌های نگهداری وبهره‌برداری پروژه معموله توسط دستگاه مدیریت

جدول شماره VIII

مثالی درمورد نشان دادن درآمدهای حاصله سالانه درمرحله توسعه‌کامل پروژه

(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)	(۱۲)	(۱۳)	(۱۴)
سود سالانه برحسب هزارپاوند درسالهای توسعه کامل پروژه													
محصول		C.C.A متوسط سطح زیرکشت (acres)	متوسط تراکم کشت Croppingintensitg c.i	متوسط برداشت ازواحدسطح y(lb/acre)	متوسط بهای فروش : P(£/lb)	متوسط درآمدنقدی بدست‌آمده Ci×y×p/100		متوسط افزایش درآمد نقدی سالانه	تولیدکامل که ازسال پنجم به بعد شروع می‌شود وتا۳۵ سال ادامه دارد	تغییرات درآمد سالانه واحتمالات مربوط بهٔ هریك ازتغییرات که بصورت زیر فرض شده	درصد احتمالات	.ر۰ ازC	(c)×۰/۰
برنج	درحالت معمولی	۶۰۰۰	۱۰۰	۵۶۰	۰/۰۴۶۷	۱۴۳		۱۰۰۰ پوند (C)			۰ر۳۵	۱۰۰	۱۲۳۲
	درهنگام توسعه کامل	۶۰۰۰	۱۴۰	۳۵۰۰	۰/۰۴۶۷	۱ر۳۷۵	-۱۴۳	۱۲۳۲			۰ر۱۵	۰ر۷۲	۸۸۷
											۰ر۲۱	۱ر۵	۱۸۴۰
											۰ر۱۴	۰ر۹	۱۱۱۰
											۰ر۰۶	۰ر۶۵	۸۰۰
											۰ر۰۹	۱ر۰۸	۱۳۳۰

طرح درمرحله بهره‌برداری بهزینه میرسد وهزینه‌های تولید پروژه نیزبابررسی بودجه مزارع بلحاظ هزینه خریدآب وغیره مشخص‌می‌شوند .

درآمدهای حاصل ازپروژه مانند درآمدهای کشاورزی ودامداری درمراحل‌مختلف توسعه‌مزرعه وسالهای توسعه‌کامل طرح مشخص‌می‌شود درهریك ازاین مراحل درآمدهای مشخص شده درجداول VIII تا IX درج می‌شوند این‌جداول مانند جداول هزینه‌های تولید مزرعه بوده وباآنها تقریباً یکسان می‌باشند .

مثال مربوط به تهیه جداول درآمدها نشان میدهدکه تهیه و تنظیم این جداول باآنچه در مورد هزینه‌ها ذکر گردیده یکسان است سود حاصل (سطر۷ ازجدول VIII درسالهای توسعه‌کامل بادرنظر گرفتن سطح زیر کشت Croppingintensity (C.I) محصول مزارع درواحد سطح وقیمت فروش‌مشخص‌می گردد CI بصورت درصد مشخص گردیده‌است)

جدول شماره XI مثالی درمورد درآمد سالانه پروژه درسالهای توسعه

درآمد سالانه برحسب ۱۰۰۰ پوند در دوران توسعه

دوران‌پس‌ازشروع‌پروژه‌بسال	۱	۲	۳	۴	۵	۰/۰احتمال	(۱)
اضافه درآمد پروژه	۱۰۲	۳۰۸	۶۱۶	۹۲۵	–	۰/۷	(۲)
» » »	۱۰۲	۲۰۵	۴۱۱	۶۵۰	–	۰/۳	(۳)
» » »	–	–	–	–	–	–	(۴)

تهیه نواراطلاعاتی

آمارمورد نیازبرنامه‌کامپیوتر ازجداول ارائه شده ودردسته‌های چهارده عددی‌که قبلاشرح داده شده بود تهیه میگردد هردسته شامل سود وهزینه برای هرسال میباشد درمثال مربوط به جدول شماره IV فقط سه‌سطراولیه آماربرای برنامه موردنیازاست زیرسطور ۳،۴و۵ این جدول دارای احتمالی مساوی در مورد هزینه‌ها است بنابراین بواسطه این سه سطرمی‌توان یك‌سطرتایپ‌شده‌را جهت‌کامپیوتر درنظر گرفت به این ترتیب ازجدول IV، V، VI، VII VIII و IV بترتیب ۳، ۷، ۱، ۴، ۱ و۷ سطر آمار برای کامپیوتر مورد نیاز می‌باشد بنابراین نوار مربوطه جهت کامپیوترشامل ۲۸۰ = (۴+۷+۱+۴+۱+۴) ۱۴عدد خواهد بودآماده‌کردن این نواربه‌حدود ۳۰دقیقه‌وقت‌نیازمنداست وتجزیه وتحلیل آن‌باکامپیوتر Wang3o0 حدود ۲۰دقیقه طول می کشد

سیمان

ماده‌ای که در آبیاری کار برد فراوان دارد

حسن امام وردی

مقدمه

در اصطلاح امروزی سیمان بهر ماده‌ای اطلاق میشود که عامل چسبندگی برای اتصال مصالح مختلف ساختمانی باشد بطور مثال در کار بندکشی، درز بست، پوشش اتصال ..... تعداد زیادی از این عوامل مانند اسفالت یا مخلوط ماسه وقیر، چسب وسریشم، لعاب وشیرهٔ گیاهان، پلاستیك‌ها، بتونه، لحیم وجوش نیز وجود دارند که بنا بمورد مصرف موجب اتصال مصالح می‌باشند. (دائرالمعارف آمریکائی).

سیمان از واژهٔ لاتینی Ceamentum گرفته شده وریشه اصلی آن Cadimentum یاخرده‌سنگ می‌باشد . در اوایل قرن هیجدهـم در سال ۱۷۵۶ یك مهندس انگلیسی (John smeaton) مأمور تجدید بنای فانوس دریائی که دراثر آتش‌سوزی از بین رفته‌بود گردید. درجریان عملیات نوسازی فانوس‌دریائی سوخته(Eddyston Felsen) متوجه شد که ملات آهك هوائی برای این‌کار مناسب نیست پس ازآزمایش چند جور ملات آهکی دریافت مخلوط دوپیمانه تراس (سیمان طبیعی) بایك پیمانه آهك شفته وکمی‌آب بهترین ملات است. این مهندس برای ساختن ملاتهای مورد نظر انواع آهك‌را بکاربرد وپس ازآزمایش وکاربرد باین نتیجه رسید که از پختن سنگ آهك گلامرگان Glamorgan آهك مطلوب بدست می‌آید . پس از تجزیه این سنگ آهك معلوم شد مقداری خاك‌رس دارد وبدین ترتیب درانگلستان برای اولین بار خاصیت آهکهای آبی کشف گردید.

در سال ۱۷۹۶ جمیز پارکر james Parker در انگلستان کشف آهك آبی‌را به‌ثبت رسانیدودر فرانسه وایالات متحده آمریکا باسنگهای مارن‌آهك‌آبی پختند.

درسال ۱۸۲۴ یك بنای انگلیسی Josef Aspidin مخلوط سنگ‌آهك وخاك‌رس‌را آسیاب کرد

و بطریقهٔ تر در کورهٔ آهك‌بزی معمولی پخت وباین طریق محصولی بدست آورد که از آن سیمان مصنوعی ساخت .

سیمان مصنوعی بنام‌سیمان پرتلند Portland ساختگی نام گذاری‌شد. سیمان ساختگی‌محصولی است‌که از ترکیب سنگ‌آهك وخاك‌رس تحت شرایط فنی بدست میآید. سیمان پرتلند محصول مصنوعی شیمیائی است‌که از مخلوط سیلیکاتها وآلومنیاتهای کلسیم ترکیب‌میشود و در درجات حرارت بیش از ۱۰۰۰ درجهٔ سیلیس از پختن و ذوب ناقص مخلوط موادی که از آهك، سیلیس وآلومین غنی باشند بدست میآید. معمولا سیمان پرتلند ازترکیب ۶۰ تا ۶۵ درصد آهك و۲۰ تا ۲۵ درصد سیلیس و۵ تا ۱۲ درصد اکسید آهن‌و آلومین تشکیل میشود.

هریك از اجزاء متشکله سیمان برحسب ضرورت کاربرد تغییر پیدا می‌کند. امروزه صنعت سیمان در دنیا پیشرفت کرده است با پیشرفت تکنولوژی کوره‌های جدیدکه مجهز به سیستم‌الکترونیکی می باشند جای کوره های سیمان‌پزی‌که از آجرو خاك درست میشدند گرفته‌اند . کشف مواد اولیه‌که ناخالصی‌های کمتری دارد توأم با آزمایشهای شیمیائی و فیزیکی بهره‌افزائی تولید سیمان پرتلندرا در کارخانجات ازلحاظ کمی‌و کیفی چند برابر کرده است.

انواع سیمان پرتلند:

انجمن آزمایش مصالح ساختمانی آمریکائی A. S. T. M برحسب موارد مصرف سیمان در کار های ساختمانی ، سدسازی و پوشش سیمانی کانالهای آبیاری ، زیرسازی‌ها وکلیه مستحدثاتی‌که در مجاورت باآب دریا و یالایه های گچی و از این قبیل منطقه ها سیمان پرتلند را در پنج نوع (۵ تیپ) استاندارد کرده است . کشورهای تولیدکننده سیمان برای خوداستاندارد مخصوصی تهیه کرده‌اند. آلمان برابر دین ـ ۱۱۶۴ وانگلستان ۱۲ .. B. S وفرانسه C. P. F. .باوجودیکه سیمان پرتلندی‌که بااستانداردهای مختلف تولید میشوند بظاهر دارای مشخصات خاصی می‌باشند ولی در نوع و جنس اختلاف مهمی ندارند .

مشخصات استاندارد سیمان پرتلند برابر A.S.T.M بشرح زیر می‌باشد .

نوع I ـ سیمان معمولی است‌که برای کارهای عمومی بکار میرود. مواد اولیه اصلی آن سنگ آهك وخاك رس می‌باشد. معمولا در ساختمانهای بتنی معمولی‌که احتیاج بسیمان بامشخصات نوع۲،۳،۴ و۵ نباشد مصرف میشود.

در صورتی‌کـه نـوع سیمان در کارها وقراردادها ویا سفارش خرید مشخص نشده باشد سیمان نوع I تلقی میشود .

نوع II ـ مورد استعمال این سیمان در ساختمانهای بتونی معمولی است‌که‌درمقابل سولفات‌نیم مقاوم ویا درجائی‌که درجهٔ حرارت باهیدراتاسیون کمتری لازم باشد بکار برده میشود.

این نوع سیمان در جنوب وجنوب شرقی ایران‌که زمین دارای لایه‌های گچی می‌باشد مصرف

میشود . قیمت آن از سیمان نوع I گرانتر است ولی ازنظر مرغوبیت و ضریب اطمینان ساختانها در منطقه‌های جنوبی کشور مقرون بصرفه می باشد.

نوع III -- درموقعی که به‌مقاومت خیلی‌سریع احتیاج داشته باشد این نوع سیمان‌مصرف میشود. این نوع سیمان دارای فشار یك‌روزه که تقریباً معادل با فشار ۳ روزه سیمان نوع I می‌باشد.

این نوع سیمان که زود سفت وسخت میشود بنام سیمان زودبند Rapid_Hardening نیز معروف شده است.

نوع ۱۷ ـ درساختمانهائی که حرارت هیدراسیون کمتری لازم باشد این نوع سیمان مصرف میشود. سیمان نرع۱۷ از نقطه‌نظر فشار اولیه مورد توجه نیست .

بتونی که بادرجهٔ هیدراسیون زیاد تهیه میشود افت حرارتی قابل توجهی دارد و موجب شکاف برداشتن بتن میشود و برای سد سازی مناسب نمی‌باشد. بهمین جهت برای جلوگیری ازترکیدن سد و ساختمانهای بزرگ از سیمان نوع ۱۷ که درجهٔ حرارت هیدراتاسیون آن‌کم است استفاده‌میشود.

نوع ۷ ـ این نوع سیمان درمقابل سولفات‌خیلی‌مقاوم است ودربرابرتأثیرشیمیائی مواد محلول درآب دریا وسولفاتها واسیدها مقاومت زیادی دارد. درمناطق جنوبی ایران‌که زمین دارای‌لایه‌های گچی فراوان است بکار برده میشود . بطورکلی درمستحدثاتی که باآب دریا تماس دارند مصرف سیمان‌نوع ۷ ضروری است . این نوع سیمان از نظر کمی قلیائی هم بسیار مرغوب است . سیمان نوع ۷ به سیمان ضد سولفات معروف شده است .

(بیشتر آبهای سولفات دار سولفات کلسیم محلول دارند این ملح در موقع آب زدن سیمان با تتراکلسیم آلومینات ترکیب شده تولید سولفوآلومینات کلیسم مینماید که میکروب سیمان استوچون بشکل معلق در آب باقی میماند موجب تورم سیمان میگردد . تورم سیمان‌اموجب افزایش حجم آن شده ودرنتیجه بتون ویاملات سخت شده را خرد میکند .)

سیمان نوع ۱۷ و۷ را انبارنبایدکرد .

سیمان نوع ۷ یاسیمان ضدسولفات درساختمان‌سدهاوکانالهای‌آبیاری و زیرسازی‌پایه‌های‌خطوط انتقال نیروی فشارقوی واحداث مرکزنیرو وسایر عملیات ساختمانی درجنوب شرقی کشورودر کلیه‌منطقه هائی‌که زمین دارای لایهٔ گچی است مصرف میشود .

کیفیت انواع سیمان درطرح‌های عمرانی :

سدرضاشاه‌کبیر :

سیمان مورد مصرف در طرح‌سدرضا شاه‌کبیر از نوع۷ با مشخصات خاصی که مورد نظر سد سازبوده درکارخانه سیمان دورود تهیه شد است

سیمان مخصوص سد رضاشاه کبیر علاوه‌براینکه با مشخصات سیمان نوع ۷ برابر استاندارد A.S.T.MC 150 مطابقت دارد خصوصیات دیگری را هم‌دارا می‌باشد . از جمله مشخصات‌سیمان توجه‌به

کل قلیائی آن‌بوده که‌همواره از ۴ر. در صد کمتر بـاشد وبرای کاهش بیشتر کل قلیائی تغییراتی‌درساخت محصول بعمل آمده است . سیمان مخصوص مصرف‌شده درسدرضاشاه کبیر باحرارت هیدراتاسیون‌پائین تری ساخته‌شده بطوریکه حتی کمتر از حرارت هیدراتاسیون سیمان نوع ۱۷ که به‌سیمان حرارت هیدرا ناسیون کم‌معروف است می‌باشد . اهمیت کاردراین است که سیمان ساخته شده باحرارت هیدرا تاسیون بسیار پائین مستلزم داشتن تجربه زیاد درصنعت سیمان سازی‌است که خوشنختانه چندکارخانه سیمان کشور دراین موردخود کفامی‌باشند .

نرمی سیمان در گرفتن وسخت‌شدن آن اهمیت‌زیادی‌دارد زیرا سطح جانبی دانه‌های یك‌حجم معین که درمجاورت آب قرارمیگرد درسیمان‌های نرم زیادتر از سیمان‌های زبراست . هرقدر درجهٔ‌نرمی سیمان بیشتر باشد درموقع آب زدن دانه‌های سیمان بصورت معلق درمیآید وسیمان مخصوصی که‌برای‌سد رضاشاه کبیر ساخته‌شد باعلم باینکه در استانداردهای سیمان همواره‌حدی برای‌حداقل نرمی قائل میشوند وکنترل نرمی درآسیاب سیمان بین‌دوحد نسبتاً نزدیك بهم مشکل است متخصصین وکارشناسان ایرانی‌با کنترل شبانه‌روزی آسیاب‌های سیمان درفواصل‌زمانی بسیاربسیارکوتاه و تخصیص دادن افراد مخصوص برای این‌منظور موفق شدند نرمی‌سیمان راهمیشه بین ۲۶۰۰ دانه درسانتی‌متر مربع تا ۳۶۰۰دانه‌درسانتی مترمربع حفظ کنند .

مسئله دیگری که مورد توجه قرار گرفت حمل‌سیمان بادرجه حرارت تحویل کمتراز ۶۰ درجهٔ سـ نتی گراد بوده که باتغییرات درآسیاب‌انجام گرفت . صورت تجزیه‌های کامل شیمیائی وفیزیکی‌نمونه مـ وسط هرپخت (Batch) برای مسئول سدساز فرستادهٔ میشد تا در صورتیکه لازم باشد تغییراتی از لحاظ کیفی‌وکمی درساختمان سیمان مورد نظر داده شود .

برای اینکه فشار هفت‌روزه سیمان تحت‌کنترل باشد همواره حددد ۷۰۰۰ تن سیمان ذخیر در کارخانه موجود بوده است .

برای تزرین سیمان در شکاف‌هائی که در نتیجهٔ حفر تونلهاجهت دسترسی به لایه‌های رسی وپاك سازی محیط واحداث دیواره‌های تبنی مفداری سیمان بانرمی ۴۰۰۰ دانه درسانتی مترمربع که‌در مقیاس کم‌بسیار مشکل بود تولید گردید .

ساختمان سدرضاشاه کبیر درسال ۲۵۲۸ در ۵۵ کیلومتری شمال شرقی مسجد سلیمان در محلی بنام برد قمچی برروی رودخانه‌کارون شروع شد . در ابتدا پیش‌بینی‌شده بود کـه این سد درسال۲۵۳۳ خاتمه یابد ولی نظر به‌پیدایش لایه‌های رسی درکناره سمت راست وبمنظور ایجاد ایمنی کامل درپی‌سد برمقدار عملیات ساختمانی‌آن افزوده شدودرنیمهٔ‌دوم‌سال ۲۵۳۵ تکمیل گردید . جمعاًدرحدود۱،۲۴۰،۰۰۰ مترمکعب بتن ربزی بدنه و ۱۷۲۸۰۰مترمکعب بتن ربزی سر ریزو ۱۴۶۷۰۰ مترمکعب‌بتن ریزی‌نیروگاه حجم کاربوده است .

نوع سدرضاشاه‌کبیر بتونی ـ قوسی باارتفاع ۲۰۰متر وگنجایش مخزن آن ۲۹۰۰ میلیون‌متر مکعب است . نیروگاه سد میتواند تایك میلیون کیلو ولت‌آمپر برق تولید نماید (ظرفیت‌اسمی ۴واحد

ژنراتورها). انرژی برق سدرضاشاه کبیر بهترین ذخیره گردان برای موافع کاهش بارسیستم بهم پیوسته می‌باشد ودرساعت‌های قلهٔ بار (Peak) نقش مهمی را درشبکهٔ سیستم بهم پیوسته بازی‌میکند .

تجزیه شیمیائی و آزمایش فیز یکی نمونهٔ متوسط سیمان مخصوص سد رضا شاه کبیروتر کیب سیمان و مقایسه بامشخصات A.S.T.M که در آزمایشگاه کارخانه سیمان دورود بعمل آمده بشرح زیرین مرور میگردد .

تجزیهٔ شیمیائی :

سیلیس	SiO2	۲۲.۵۰	درصد وزن سیمان
رس	Al2O3	۳.۸۵	درصد وزن سیمان
اکسید آهن	Fe2O3	۵.۰۵	درصد ورن سیمان
آهك	CaO	۶۲.۸۴	درصد وزن سیمان
مینزی	MgO	۲.۰۰	درصد وزن سیمان
تری‌اکسیدسولفور	SO3	۱.۹۶	درصد وزن سیمان
اکسیدناتری‌یوم	Na2O	۰.۱۴	درصد وزن سیمان
اکسید کالی‌یوم	K2O	۱.۳۱	درصد وزن سیمان
افت‌حرارت		۱.۳۵	درصد وزن سیمان
آهك آزاد		۰.۹۶	درصد وزن سیمان
جمع		۱۰۰.۰۰	

آزمایش فیزیکی :

نرمی‌سیمان برحسب « بلن Blaine »	۳۰۰۰
انبساط حجمی (دراتو کلاو)	۰.۰۹درصد
تورم اولیه سیمان (روش‌سوزنی)	۱۵۰ دقیقه
تورم نهائی سیمان (روشن‌سوزنی)	۲۶۰دقیقه
تاب ملات : ۳روزه	۱۵۷۰ پوندبرانچ مربع
تاب‌ملات : ۷ روزه	۲۷۰۰ پوندبرانچ مربع
تاب ملات : ۲۸ روزه	۳۹۰۰ پوندبرانچ مربع
حرارت سیمان تحویلی	۵۳ درجه سلیسوس
گرمای هیدراتاسیون : : ۲روزه	۴۰.۴۰ کالری ـ گرم
گرمای هیدراتاسیون : ۷ روزه	۵۱.۶۰ کالری ـ گرم
گرمای هیدرا تاسیون : ۲۸ روزه	۶۳.۰۰ کالری ـ گرم

حجم‌هوا در ملات :	۶.۳۰ درصد
گیرش کاذب False set	۸۲.۰۰درصد

ترکیب سیمان برابر A.S.T.M:

تری کلسیم سیلیکات C3S	۴۰.۰۸
دی کلسیم سلیکات C2S	۳۰.۰۲
تری کلسیم آلومینات C3A	۱۰۶۷
تترا کلسیم آلومینات فریت C4AF	۱۵۰۳۵
سولفات کلسیم Ca so4	۳۰۳۳
تترا کلسیم آلومینات فریب C4AF	
وتری کلسیم سیلیکات 2C3A	۱۸۰۵۹
مقدار کل قلیائی	۰.۳۵

مرور اجمالی برسازنده‌های سیمان :

سیلیس Si 02 ـ دی اکسیدسیلیسیوم یاسیلیس درطبیعت بصورت ترکیب معدنی بسیار فراوان است . وزن مخصوص سیلیس ۲ر۶ ودرجه سختی آن۷ می‌باشد . سیلیس در حرارت ۱۶۸۰ تا۱۷۱۰درجهٔ سلسیوس آب میشود . مهمترین شکل آن درطبیعت بصورت ماسه‌وشن ، سنگهای معدنی ساختمان ، در کوهی یاکوارتز وسنگ شیشه در قشرپوسته زمین یافت میشود . در سیمان به‌حال ترکیب است و همراه خاك‌رس بصورت ماسه به‌مواد اولیه اضافه می‌شود. بسرعت باآهك ترکیب میشود (سیلیکات کلسیم) و یکی از سازنده‌های اصلی سیمان پرتلند نوع IIوV می‌باشد.

رس AI2o3 ـ اکسید آلومی‌نیم معدنی ناخالص که بنام آلومین معروف است در ۲۰۴۰ درجهٔ سلسیوس ذوب می‌شود. خاك رس یکی ازترکیبات سیلیس وآلومی‌نیم وپتاس بنام فلدسپات است. نمونه خالص خاك رس خاك چینی که کاملا سفید است و بکاکولن معروف می باشد. در خاك رس‌های معمولی مقداری اکسید آهن وجود داردکه باعث رنگین شدن آن می‌شود. باآب خمیر چسبنده‌ای می‌دهد. رس وسیلیس در حرارت کوره سیمان باآهك بسرعت ترکیب مـی‌شود واز سازنده‌هـای بسیار خوب سیمان می‌باشند. رس یاآلومین اثر اَسیدی درسیمان دارد.

اکسید آهن Fe 203 ـ اکسید فریت معروف به هماتیت برنگ سرخ مایل به قهوه‌ای بصورت ناخالص درطبیعت موجود است نمونه خالص آن بنام اخری درجزیره هرمز فراوان است. سنگ معدن اصلی آهن هماتیت است که بصورت قطعات سنگ استخراج می‌شود. درسیمان همراه خاك‌رس به مواد خام اضافه می شود . بشکل اکسید آبدار عمل آب شدن‌را تسریـع وترکیب سیلیس و آهك را آسان می کند .

آهك Ca0 ـ اکسید کلسیم یاآهك جسمی است‌جامد، سفیدرنگ ، آتشخوار، بسیار دیر گداز بطوریکه درحرارت کوره‌های‌الکتریك بزحمت گداخته می‌شود. اکسید کلسیم‌را آهك زنده‌هم می گویند آهك‌زنده دربرابر هوا بتدریج آب جذب می کند و شکفته می‌شود ومقدار ۲۷۵ کیلو کالری ـ گرم گرما آزاد می کند. آهك یکی ازسازنده‌های اصلی سیمان می باشد.

منیزی Mgo ـ اکسید منیزیوم در گرمای ۳۰۰ درجه سلسیوس آب میشود.

پودری است سفیدرنگ که بآن گل آتشخوارهم می گویند وبرای پوشش داخلی کوره‌هابکار می‌رود. اکسید منیزیوم باسنگ دولومیت (کربنات مضاعف کلسیم ومنیزیوم) به‌مواد سازنده سیمان وارد میشود. منیزی در سیمان بحال آزاد می‌نماید . مقدار منیزی سیمـان از ۵ درصد وزن سیمان نباید تجاوز کند .

اگر مقدار منیزی در سیمان از حد مجاز بیشتر باشد ملاتی که باسیمان ساخته می‌شود خطر ترك خوردن دارد. رنگ سبز سیمان پرتلند وجود منیزی درسیمان است.

تری‌اکسید سولفور So3 (اثر گوگردی) ـ مقدار ترکیب گوگردی بصورت So3 بامواد اولیه سیمان که درسر کوره خاصیت قلیائی دارند نباید ازحد مجاز ۲۰۳ تجاوز کند. معمولا درخاك‌رس مقداری پیریت وترکیبات گوگردی وجود دارد.

درحرارت کوره پخت سیمان گوگرد سوخت‌کوره باگوگردیکه درخاك رس مـوجود است جدا شده وبا اکسیژن ترکیب وتبدیل به تری‌اکسید سولفور می‌شود ودرصورت عدم کنترل فنی گوگرد مواد خام اقزایش‌می‌یابد.

اکسیدناتری‌یوم Na2o ـ ترکیبات مواد قلیائی درسیمان نباید بیشتر از ۶ر۰ درصد وزن‌سیمان باشد. وجود قلیائی در سیمان بصورت اکسیدسدیم واکسید پطاسیم اگر ازحد مجاز تجاوز نماید عـامل خراب‌شدن بتن خواهد بود.

قلیائی‌ها درسیمان نقش جسم گـدازآور دارند واگر مقدار آنها درصـد وزن سیمان زیادترشود زمان‌گرفتن ملات سیمان‌را تند گیر می کنند.

آهك‌آزاد ـ هرقدر آهك‌آزاد درسیمان کمتر باشد پس از ساختن ملات نمی‌شکفد وجلوگیری از تورم وترك‌خوردن ملات می کند. درکارخانجات سیمان کـوره پخت سیمان‌را طـوری تنظیم می نمایند تاتری کلسیم سیلیکات درسیمان زیاد شود ویا بعبارتی تمام آهك سیمان ترکیب شود وآهك‌آزاد از حـد مجاز یك‌درصد وزن سیمان تجاوز نکند.

مقدارکل قلیائی درسیمان ـ مواد قلیائی درسیمان ازحد مجاز ۶ر۰ درصدوزن سیمان نبایدتجـاوز کند. مواد قلیائی درسیمان بتدریج بتون‌را تخریب می کند . K2o و Na2o باسیلیس وآلومین وکرنبات کلیسم ترکیب می‌شود و هرگاه مقدار آنها زیاد باشد در شکل تبلوردانه های سیمان مـؤثر است. قلیائی موجود درسیمان بصورت اکسیدها در مجاورت آب تبدیل به‌سود محرق (سودکستیك) می‌شودو موجب

تبدیل سیلیکاتها شده ورفته‌رفته حفره‌هائی‌را دربتون بوجود می‌آورد وپس از مدتی سبب‌ترکیدن‌می گردد.

مواد اولیه سیمان :

مهمترین مواد اولیه سیمان سنگ‌آهك وخاك رس‌می‌باشد برای‌ساختن سیمان‌های نوع مختلف ممکن است ازسنگ‌آهك وسیلیس استفاده نمایه‌د.

امروز سیمان بدو طریق تهیه می‌شود: ۱ ـ طریقه خشك ۲ ـ طریقه‌تر

۱ ـ طریقه خشك.

سنگ‌آهك و خاك‌رس را که از معدن استخراج می کنند درآسیاهـای مخصوصی خرد و نرم می‌نمایند وبا رسیدگی وآزمایش مرتب مخلوط را متجانس و طبق فورمول و درجه خلوص مخلوط را یکنواخت کرده و در کوره پخت سیمان وارد می نمایند هرقدر مخلوط نرم‌تر ومتجانس‌تر ویکنواخت باشد در موقع پختن فعل‌و انفعال شیمیائی کاملتر انجام می گیرد . این مواد دارای کربنات بمیزان معین و رطوبت مشخص می باشند . پخت سیمان معمولا در درجه حرارت ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ درجهٔ سیلسیوس انجام می‌شود .

۲ ـ طریقه‌تر.

سنگ آهك‌را درآسیا سنگ خرد می کنند. خاك‌رس‌را بصورت دوغاب درمیآورند سنگ‌آهك خرد شده‌را باخاك‌رس دوغاب شده به نسبتی‌که آزمایشگاه تعین می کند لجن شلی می‌سازند وبداخل‌آسیا مواد خام می‌فرستند ودرهر ساعت مواد خروجی از آسیا مورد آزمایش قرار می گیرد تادرصد کربنات کلسیم بحد مجاز برسد و پس از اطمینان کامـل از یکنواختی مخلوط و کنترل مواد خام بکوره پخت می‌ریزند. رطوبت مواد درطریقه‌تر بین ۰/۰۴۰ ـ ۰/۰۳۸ می‌باشد.

پخت سیمان یاسیمان‌پزی .

مواد خام تنظیم شده چه‌بروش خشك وچه‌بروش‌تر واردکوره‌پخت سیمان می‌شوند درمجاورت حرارت واکنش هائی میان دانه‌هـای ریز مواد خام بوجود می‌آید وپس از طی مرحلهٔ تبخیر در ۱۸۰ ـ ۱۵۰ درجه سلسیوس‌که مواد رطوبت‌را از دست می‌دهند ومرحلهٔ تجزیهٔ سنگ آهك‌در۷۰۰ ـ ۶۰۰درجه وبالاخره مرحلهٔ پخت یعنی ترکیب خاك رس با آهك در۱۴۰۰ ـ ۷۰۰ درجه سلسیوس دانه‌های ریز مواد خام عرق‌کرده وبیکدیگر می‌چسبندوبه‌شکل جوش درمی‌آیند. موایکه بدین طریق بدست می‌آیدبصورت دانه‌های گردو بنام‌کلینگر معروف می‌باشد.

مهم‌ترین ترکیبات سیمان تری کلسیم سیلیکات 3Cao/Sio2می‌باشد هرقدر این ترکیب درسیمان بیشتر باشد فشار اولیه سیمان افزایش پیدا می کندو دی‌کلسیم سیلیکات 2Cao/Sio2 روی فشارهـای بعدی سیمان تأثیر دارد.

تری‌کلسیم آلومینات 3Cao/Also3 وترا کلسیم آلومینات فریت 4Cao/al2o3/Fe2o3 نیز از

ترکیبات مهم‌سیمان بشمار می‌روند .

پس از بدست‌آمدن کلینگر آنرا در شرایط مساعد سرد می‌کنند. سرعت سرد کردن خواص سیمانهارا تغییر می‌دهد. معمولا عمل سردکردن بسرعتی انجام می‌گیرد که دانه‌های کلینگر متبلـور شود دراین‌صورت بسهولت درآسیاب سیمان پـودر می‌شود وبعلاوه سیمان در مجاورت آب متورم نمی‌شرد. رنگ کلینگر سیاه مایل بسبز است.

معمولا پس ازپودر کردن کلینگر در آسیاب سیمان مقداری گچ‌هم درآسیاب اضافه مـی‌کنند تا گیرش سیمان مرتب گردد. مقدار گچ درحدود ۳ تا۴ درصد وزن‌سیمان می‌باشد.

سیمان پودرشده بانرمی معین ومخلوط متجانس به سیلوهای سیمان وارد وبصـورت فله‌ویـا در کیسه‌های ۵۰ کیلوئی تحویل می گردد.

ترکیب سیمان:

تری‌کلسیم سیلیکات C3S ـ ترکیبی است که موجب زیاد شدن مقاومت سیمان می‌شود. C3S یکی از سازنده‌ها وترکیب فعال سیمان پرتلند است.

دی‌کلسیم سیلیکات C2S ـ ترکیبی است که موجب سخت شدن سیمان بامروز زمان می‌شود .

تری کلسیم آلومی‌نات C3A ـ ترکیبی است که موجب گیرش سریع سیمان می‌شود . هرگاه ازدیاد مقاومت سیمان در مقابل آبهای سوـلفات‌دار مورد نظرباشد (سیمانهای دریائی) مقدار C3S را در سیمان باید افزایش داد .

تنراکلسیم آلومینوفریت C4AF ـ این ترکیب عملا در مقاومت سیمان مؤثر نیست‌ودر مایـع صاف کلینگر وجود دارد .

مجموعهٔ C3A+C4AF را اکثر بنام سلیت Celite می‌نامند.

ترکیب سیمان برای مصرف در عملیات ساختمـانی وسدسازی نقش اساسی وارزنده‌ای‌را بازی می‌کند بطور مثال کاربرد انواع سیمان درسدفرحناز پهلوی مورد توجه می‌باشد.

تحقیقات زمین‌شناسی محل‌سدفرحناز پهلوی نشان داد که پی‌سد درسمت راست ازطبقات‌عریض سنگی از انواع مختلف که بازوایای بین ۲۰تا ۸۰ درجه بسمت سرآب سد متمایل هستند تشکیل گردیده وطبقه‌های پی در این قسمت از طرف سرآب به‌پایاب عبارت‌انداز : سنگ‌آهك وکوارتز سفید که‌گرچه دارای شکستگی هائی می‌باشند لیکـن نسبتاً دارای استحکام کافی هستند. طبقات سنگی مختلف از لحاظ نوع، ازقبیل کوارتزیت و شیست قابل خوردشدن وبالاخره توده‌ای ازکوارتزیت قرمز.

وضع کلی سمت چپ سد از طرف سراب به پایاب: نوار باریکی از کوارتزیت قرمز که انتهای آن در زیر طبقه‌ای از خاك سطحی‌بعمق سی‌متر پنهان شده و بالاخره تقاطع‌طبقهٔ کوارتزیت‌قرمزباتوف‌سیز

برای تقویت پی‌سد در سمت چپ مقادیر قابل توجهی سیمان تزریق گردیده (نوع۱۷) وبعلاوه یك پرده قابل نفوذ بوسیلهٔ تزریق در سرتاسر جلوی سد وبرای جلوگیری از نفوذ آب بداخل پی ساخته شده است (سیمان نرع۷ باترکیب تری کلسیم آلومی‌نات نسبتاً زیاد) .

درپی سد سمت‌راست‌سد، معمولا طبقات سست‌تر بین طبقات محکم واقع شده وانتهای پایاب بعضی ازپایه‌ها به‌طبقات سست منتهی می‌شود کـه این طبقات قابلیت جذب فشار آب پشت سدرا ندارند لذا حائل‌های بتنی این پایه‌ها وطبقات محکم کوارتزیت کـه قابلیت تحمل فشار آب‌را دارند ساخته شده است (نوع I) وروی این اصل محور سد در دو مورد شکستگی پیدا نموده تابتوان دوعدد ازپایه‌ها را بوسیلهٔ حائلهای فوق‌الذکر به‌تودهٔ سنگی اتصال داد (نرمی سیمان ازحد مجازبیشتر).

سد فرحناز پهلوی (لتیان) در ۳۵ کیـلو متری شمال شرقی تهران واقع شده و آب رودخانه های جاجرود و لوارك را که از کوههای البرز سرچشمه گرفته و بطرف جنوب‌جریان دارد ذخیره می‌نماید. سداصلی‌ازنوع وزنی- پایه‌ای باارتفاع ۱۰۷ مترازپی‌سداست برای تأمین قسمتی‌ازآب مشروب تهران تونل‌انتقال‌آب تهران‌به تصفیه خانـهٔ سوم‌که درشرقی تـرین نقطهٔ تهران ساخته شده بطول ۹۵۷۶ مترومقطع تونل دایره‌ای بقطر۲ر۷۵ متر که بابتن پوشش‌شده وحداکثر ۹ مترمکعب‌آب درثانیه هدایت میکند واین ظرفیت نهائی‌برای انتقال‌آب لاربه تهران هم‌کافی‌است .

یك واحد ۲۲ر۵ مگاواتی درمرکز نیرونصب شده‌است وبرای ساعات‌قلهٔ‌بار(پیك) مورداستفاده قرارمیگیرد . این‌واحد درموقع خاموشی کلی‌شهر تهران‌نقش مؤثری را ایفاکرد.

سیمان‌های طبیعی :

کربنات‌کلسیم بصورت سنگ‌آهك ومرمروکلسیت درطبیعت یافته مـی‌شود . بعضی نمونه‌های کربنات‌کلسیم طبیعی‌هستند بامقدارلازم خاك رس همراه است و اگـرآنها را حـرارت دهند وآسیاکنند سیمان‌کامل خواهد شد. این‌مواد به سیمان طبیعی‌معروف هستند. در دوران‌باستان اروپا، ساختمانهای‌آبی ودریائی‌را باملات‌آهك شکفته وسیمانهای طبیعی‌میساختند. سیمانهای طبیعی‌را در روم Puzzolan ودر یونان سانترین Santorin ودرشمال اروپا تراس Trass میگفتند .

ملات‌های‌آبی‌اجسامی‌هستندکه درمجاورت‌آب بتدریج سخت شوند ودر زیرآب مقاومت آنها بیشتر شود .

طبقه‌بندی ملات‌های‌آبی :

آهك‌های‌آبی- خواص‌آهك را ازقدیم مصریها ویونانی‌ها می‌شناختند . رومیهاآنرا باخاکستر آتشفشانی وخاك‌آجرمخلوط نموده یکنوع ساروج میساختند . ویکا Vicat ثابت نمود کـه خـاصیت سخت شدن ساروج درزیرآب بمناسبت گل رسی‌است‌که درداخل‌آهك وجود دارد وهرگاه‌آهك خالص راآب بزنیم هرگز درزیرآب سخت نمی‌شود بهمین مناسبت‌آهك گل رس‌دار راآهك‌آبی ویاهیدرولیك می‌نامند .

سیمانهای طبیعی Pouzzoleniques - سیمان‌های طبیعی‌موادی هستند کـه دوغابشان بـه تنهائی خاصیت جسم چسبنده ملات راندارد (سیمان‌های طبیعی- احمدحامی) . سیمانهای طبیعی‌ترکیبی است از سنگهای طبیعی‌تراس ویاسنگهای مصنوعی گل رس‌پخته . بهترین جنس آن سنگ سرخ‌است که رومیها از خلیج ناپل بدست آوردند .

سیمان‌های طبیعی‌خاکسترها و گردها و کف‌های آتشفشانی هستند که بشکل‌خاك و سنگ درنقاط مختلف دنیا یافت می‌شود. این‌مواد ازیکدسته سیلیکات تشکیل‌یافته‌اند که زود سرد، قسمتی‌از آنان بلوری شده وقسمت دیگرغیربلوری مانده وبمرورزمان تحولات شیمیائی راطی کرده‌اند .

مخلوط سیمانهای طبیعی‌باسیمان پرتلند برای ساختن‌ملات وبتن استعمال می‌شود این‌نوع ملات ها وبتن‌ها بویژه درساختمانهای دریائی ودرزمین‌های سولفات‌دار ومردابها بکارمیرود.

یکی‌ازعلل عمده مخلوط‌کردن سیمان طبیعی‌وسیمان پرتلند دیر گرفتن ودیرسفت شدن‌سیمانهای طبیعی‌رابخصوص درسال اول جبران می‌نماید.

«آزمایشهای استادبنام - احمدحامی‌باسیمانهای طبیعی‌ایران به‌این نتیجه رسیده‌که مخلوط ۲۰ تا ۳۰ درصدآهك شکفته با ۸۰ تا ۷۰ درصد سیمان طبیعی‌دارای بیشترین‌تاب می‌باشد» .

سیمان لیته Laitier سیمان لیته محصول بازیافتن‌ذوب قشرمعدنی‌سنگ‌آهن درکورهٔ ذوب‌آهن می‌باشد. امکان مصرف سیمان‌کوره‌های ذوب‌آهن را ویکا ViCat بدست آورد . تـرکیب شیمیائی‌آن نزدیك سیمان‌پرتلند است.

سیمان سفید - سیمان‌پرتلند که مواد اولیه‌آن نـاخالصی کمتر دارد و اکسیدهای رنگـی تقریباً نداشته باشد .

سیمان رنگی- سیمان پرتلند سفیدی‌که ۱ تا ۵ درصداکسیدهای رنگی‌همراه دارد. رنگ آنها در مقابل نور وحرارت‌آفتاب ثابت‌است. (زرد - قرمز- تیره - سبز-آبی- سیاه) .

سیمان آلومینی - ازپختن بکسیت Bauxite (سنگ آلومی‌نیم آهن‌دار) وآهك ساخته‌می‌شود. باضریب آبدیدگی بیشتر از یك وبرای کارهای دریائی مناسب است.

سیمان زودبند Prompts - ترکیبی است از سنگ آهك و۲۵ درصد گل‌رس (در ۱۰۰۰ درجه حرارت). درمقابل‌آبهای مضر تاب‌و مقاومت دارد.

سیمان آتش‌خوار - سیمان آلومینی که حرارت ۱۲۰۰ درجه‌را تحمل‌می‌کند.

سیمان مخصوص منیزی- بنام سیمان Sorel معروف است. مخلوطی است از گرد نرم اکسید فلزی منیزیم بامخلوط غلیظ کلرور فلزی منیـزیم. سیمان بسیار سختی است. مخلوط این سیمان‌باشن و مواد رنگین برای پوشش‌کف ساختمانها بکار می‌رود. درمقابل اسید دوام ندارد.

سیمان فلزی - با اکسیدروی ساخته‌می‌شود وبمصرف تجدیدنمای‌سنگ‌های ساختمانی‌می‌رسد.

سیان ضد اسید - مخلوط کوارتز (درکوهی) وسیلیکات، سدیم است.

سیمان آهکی ـ سیمانهائی که باسولفات آهك تهیه می‌شود خیلی سخت‌و درمقابل آب‌ورطوبت تاب دارند .

سیمانهای طبیعی افت وحرارت هیدراتاسیون کمتری دارند، تاب مکانیکی نهائی آنها زیاد،تاب ملات آنها در مقابل آبهـای مضر ومـلات سخت شده آنها غیر قابل نفوذ است.معایب سیمانهای طبیعی ضعیف بودن تاب اصلی وکمی سرعت سخت شدن ملات آن درمقابل سرما می‌باشد.

تاریخچه سیمان در ایران :

در حدودسه‌هزار سال‌پیش درتپه سیالك بین‌شهرکاشان وباغ فین پی دیوارهارا ازخشت‌وقلوه ـ سنگ میساختند و برای جلوگیری از رطوبت لابلای درزهای سنگ‌چین ملات‌های گلی و آهکی بکار می‌بردند.

هانری گوبلو می‌نویسد دربندامیرکه درقرن یازدهم میلادی ساخته شده وسدکهرود درکوهستان زاگروس وسد قمصر درکاشان وسدساوه وبندهائی درخراسان مـلاتی بکار رفته‌که بسیار محکم وایرانیان آنرا از ترکیب گچ‌وخاکستر خاربوته‌های بیابان بدست آوردند وآنرا ساروج می‌گفتند.

درساختمانهای ایران وروم‌قدیم مخلوطی ازخاك‌رس وآهك‌بکار می بردند. یونانیان‌ورومی‌هـای قدیم پختن آهك‌را از ایرانیان آموخته‌اند.

احمد حامی می‌نویسد : «پیش ازآنکه درسدهٔ نوزدهم سیمان اختراع شود، درایران، در جاهای نمناك ودرپی‌سازیها، شفتهٔ آهکـی مصرف می‌کردند. برای آب‌بندی‌کردن آبگیرها، به‌دیواره‌ها وکف آنها ملات ساروج می‌مالیدند .

درکنارهٔ شمالی خلیج فارس ، ساختمانهای دریائی را باملات آهك‌آبی میساختند، مانند حوض بندری لنگه ودیواره کنارهٔ بندربوشهر وجاهای دیگر. آهك آبی‌را درشمال خلیج فارس ساروج‌مینامند، که هنوزهم مصرف می‌شود وبهترین آنرا در بندرخمیر می‌پزندکه ساروج خمیر نام دارد. ساروج خمیر بجز ساروجی است که درجاهای دیگـر ایـران مصـرف میشود وآنرا از درهم‌ریختن وخوب بهم زدن و کوبیدن گردآهك شفته وگردخاکستر وکمی‌ماسه وکمی خاك‌رس ولوثی می‌سازند. »

کشف سیمان طبیعی درایران

سیمان طبیعی درایران بالنسبه فراوان است وبیشتر در اطراف‌سنگهاوتوده‌های آتشفشانی‌دماوند، هراز وکمره یافت می‌شود.

احمدحامی تحقیقات دامنه‌داری درمورد سیمان طبیعی در ایران بعمل آورده‌اند ومقالات‌وجزوها وکتابهائی منتشرکرده‌اند. درسال ۱۳۱۸ باتوجه به‌شفته آهکی محکم‌تر از شفته‌های معمولی در ساختمان پی‌مهمانخانه آبعلی سه‌نوع خاك و سنگ پیداکردندکه دارای خاصیت جسم چسبنده‌ملاتهای آبی‌بودند.

آزمایش‌های فیزیکی وشیمیائی مواد ومقایسهٔ آن بامواد مشابهی درایتالیا ـ یونان ـ آلمانو رومانی نشان داد تاب ملات شفتهٔ آهکی که باخاکهای آنجا ساخته شود زیادتر از شفته‌های معمولی است مانند خاك سرخ لومار که معدن آن در دره لومار سرراه هراز بفاصلهٔ ۱۰۰ کیلومتری تهران استو رنگ آن سرخ می‌باشد وسنگ پوك دره هراز برنگ خاکستری و سنگ کمرد نزدیك جاجرود برنگ سبز مایل بآبی. تراس جاجرود کفسنگ کبود رنگی است که معدن آن میان‌کمرد و لتیان بفاصله ۲۵ کیلومتری تهران می باشد .

ملات سیمان تراس‌کند گیر: دربرابر لایه‌های گچی زمین پایدار است . سیمان تراس از سیمان پرتلند خالص ارزان‌تر وملات وبتن‌را هم آب‌بندی می کند .

آزمایش فیزیکی وشیمیائی برای شناسائی کامل مواد متشکله تراس جاجرود نشان می‌دهدکه در شرایط یکسان تاب ملات تراس جاجرود از تاب ملات تراس‌های رن آلمان بیشتر است.

صنعت سیمان‌سازی درایران:

اطلاع درستی دردست نیست‌که بوسیله چه‌شخصی ویا درچه سالی سیمان واردکشور ایران‌شده است. درتأسیساتی از قبیل کلیساها یاسفارتخانه‌ها ویا بنادر تجارتی واز اینّ قبیل مستحدثات‌که بوسیلهٔ خارجی‌ها در ایران بوجود آمده سیمان مصرف شده است. شروع دوران عصر طلائی وپیاده‌کردن برنامه‌های عمرانی و ساختمانی از قبیل راه‌آهن وکارخانجات وابسته وتونلها وپلها وایستگاههای بین‌راه مقدار قابل توجهی سیمان مصرف گردید. سیمان مورد نیاز از واردات تأمین میشد وبدین ترتیب ارز زیادی ازکشور خارج می‌شد. باتوجه بمواد اولیه سیمان (سنگ آهك وخاك‌رس) که‌درایران بحدوفور فراوان است تصمیم‌گرفته شدکه از محل عایدات قند وشکر کارخانه‌ای بظرفیت صد تن سیمان تأسیس گردد .

مقدمات ومطالعات فنی دراطراف‌کوههای جنوبی تهران بعمل‌آمد ودر سال ۱۳۱۰ نزدیك شهر ری درهفت‌کیلومتری تهران مجاور کوههای بی‌بی شهربانو وکوه سرسره ساختمان ونصب‌کارخانه شروع ودر اواخر سال ۱۳۱۲ بهره‌برداری راآغاز کرد...

صنعت سیمان‌سازی در ایران بعد از وقفهٔ کوتاهی توسعه‌یافت کوره‌های جدید پخت سیمان مجهز بدستگاههای خودکار و سیستم های الکترونیکی و ماشین‌آلات با تکنولوژی پیشرفته خریداری‌و نصب‌گردید. در نقاط مختلف کشور کارخانه‌های مجهزی انواع سیمان‌را تولید میکنند.

کارخانه‌های سیمان‌کشور:

۱ ـ کارخانه سیمان ری:

کارخانه سیمان ری اولین‌کارخانه سیمان‌سازی ایران است‌که درسال ۱۳۱۰ از سازنده معروف

ماشینهای سیمان اف. ال اسمیت‌دانمارکی خریداری شدودرسال ۱۳۱۲ باظرفیت ۱۰۰ تن‌سیمان در شبانه روز بهره‌برداری را شروع کرد ومفتاح عملیات عمرانی کشور گردید. محل کارخانه شهرری نزدیك‌تهران می‌باشد. نوع کوره پخت‌سیمان دواروبطریقه خشك‌سیمان تهیه می کند. درسالهای۱۳۱۶ و۱۳۳۴به‌ترتیب کارخانه‌های دیگری بظرفیت ۲۰۰ و۳۰۰ تن‌خریداری ونصب گردید. ظرفیت‌کارخانه درحال حاضر۶۰۰تن درروزمی‌باشد. کارخانه سیمان ری سیمان معمولی تهیه مینماید. سیمان پرتلند نوع‌یك‌برابر نرم‌آلمانی دین ۱۱۶۴ می‌باشد. این‌کارخانه سیمان‌تراس هم‌برابرنرم‌آلمانی دین-۱۱۶۷ تهیه‌مینماید. سالهااست که‌کارخانه سیمان ری تراس میسازد تراس‌مورد نیازکارخانه ازمعدن تراس جاجرود در۲۵ کیلومتری‌تهران میان کمردو لتیان تأمین میشود. ملات سیمان تراس کندگیر است‌دربرابرآب ومناطقی‌که بتن پایدار نیست بکارمیرود. تاب ملات سیمان تراس زیاد وملات وبتن‌را هم‌آب‌بندی میکند.

۲ ـ کارخانه سیمان‌فارس:

کارخانه سیمان فارس درسال۱۳۳۴ با ظرفیت۲۰۰تن‌سیمان درروزبهره‌برداری راآغاز کرد.مواد اولیه‌کارخانه ازلحاظ شیمیائی مرغوب و ماشین‌آلات‌کارخانه ازنظر تکنولوژی پیشرفته است بطوریکه در اوایل بهره‌برداری قادربه‌تهیه سیمان نوع۲ گردید. ظرفیت‌کارخانه‌درحال‌حاضربه۲۲۵۰ تن‌میرسدوبرحسب درخواست متقاضیان میتواند ازانواع سیمان را تهیه وتحویل نماید. نوع کورهٔ پخت‌دوار ودارای سیستم پیش گرم‌کن می‌باشد. دراین‌کارخانه سیمان بطریق‌خشك تهیه‌میشود.

۳ ـ کارخانه سیمان‌مشهد:

کارخانه سیمان مشهددرسال ۱۳۳۶ باظرفیت‌روزانه ۱۲۰تن‌سیمان بطریقه خشك شروع بکارکرد ودرسال۱۳۴۰ کارخانهٔ دیگری بظرفیت ۱۵۰ تن‌سیمان خریداری ونصب گردید. نوع کوره های این دو کارخانه ایستاده می‌باشد. درسال۱۳۴۶ کارخانه دیگری بظرفیت ۳۰۰تن‌باکورهٔ دوار موردبهره‌برداری‌قرار گرفت وبعداًکارخانه تا۱۸۰۰تن سیمان درروزتوسعه یافت. این‌کارخانه سیمان معمولی برابر نرم‌آلمانی Din1164 وبرابرنرم انگلیسی B.S.12:1958 برای مصرف داخلی وبرابر نرم فرانسوی C.P.F ونرم آمریکائی A S.T.M.C 150_53 برای صادرات تهیه مینماید.

۴ ـ کارخانهٔ سیمان‌تهران:

کارخانه سیمان تهران واقع درغنی‌آباد درسال ۱۳۳۵ باظرفیت ۳۰۰ تن سیمان بطریقهٔ ترشروع بکارکرد وبعداً درسالهای ۱۳۳۷ و۱۳۴۶ دوکارخانه دیگربا ظرفیت ۳۰۰ و۶۰۰ تن مجاور آن نصب‌کرد. ظرفیت کارخانه تا ۱۸۰۰ تن در روز توسعه یافت. کوره‌های‌کارخانه دوار وسیمان بطریقهٔ تر تهیه میکند. کارخانه قادر است انواع سیمان معمولی و ضد سولفات سیمان حفاری برابرنرم انگلیسی B.S. 12: 1958 وبرابر Rapid_Hardening B.S.12 : 1958 وبرابرنرم‌آمریکائی A.S T.M. Cl50_53 وسیمان‌چاه‌نفت برابر نرم آمریکائی A.P.i تهیه نماید.

۵ ـ کارخانه‌سیمان‌شمال

کارخانه سیمان شمال واقع‌درباغ‌کمیش امتداد راه‌آبعلی به هراز کیلومتر۳۶ درسال۱۳۴۶ با

ظرفیت ۱۰۰ تن سیمان سفید شروع بکار کرد و بعداً کارخانه دیگری بظرفیت ۳۰۰تن درروز درغنی آباد نصب و بهره‌برداری کرد. نوع کوره پخت سیمان دوار وظرفیت دو کارخانه ۴۰۰ تن سیمان سفید در روز می‌باشد. کارخانه دیگری هم باظرفیت ۳۰۰ تن درروز بطریق خشك درحال نصب است. کارخانهٔ سیمان شمال یکصد تنی جاجرود برابر نرم آلمانی DIN.1164 و کارخانهٔ سیمان شمال سیصدتنی غنی آباد سیمان پرتلند برابر نرم انگلیسی B.S.12:1958 تهیه می‌نماید.

۶ ـ کارخانهٔ سیمان اصفهان:

کارخانه سیمان اصفهان درسال ۱۳۳۸ باظرفیت ۲۰۰تن سیمان درروز از نوع پرتلند معمولی تبدیل بسفید بهره‌برداری را آغاز کرد. درسال ۱۳۴۱ دو کارخانه بظرفیت ۳۰۰ و ۵۰۰ تن نصب و بهره‌برداری انجام شد. درحال حاضر کارخانه تا ۲۱۰۰تن توسعه یافته است. کوره‌های این کارخانه دوار و سیمان نوع معمولی و ضدسولفات بطریق خشك تهیه مینماید.

۷ ـ کارخانه سیمان لوشان :

کارخانه سیمان لوشان واقع درمنجیل درسال ۱۳۳۸ با ظرفیت ۳۰۰تن سیمان درروز شروع بکار کرد. نوع کوره پخت سیمان دوار و سیمان معمولی نوع یك بطریقه خشك تهیه میکند.

۸ ـ کارخانهٔ سیمان درود :

کارخانهٔ سیمان درود درسال ۱۳۳۸ با ظرفیت ۶۰۰ تن سیمان در روز شروع بکار کرد و بعداً کارخانهٔ دیگری با تولید ۴۰۰ تن نصب شد. درسال ۱۳۴۸ کارخانه‌ای بظرفیت ۱۰۰۰ تن بطریقهٔ خشك خریداری و بهره‌برداری کرد. کوره‌های کارخانه جدید دوار و یا دوپل می‌باشد. قراراست کارخانه تا ۴۶۰۰ تن توسعه یابد. کارخانه سیمان دورود انواع مختلف سیمان پرتلند برابر فرم آلمانی DIN_1164 و نرم انگلیسی B.S.12:1958 و نرم آمریکائی A S.T M.CI50_53 تولید مینماید

کارخانهٔ سیمان درود علاوه برتولید انواع سیمان پرتلند ۳نوع سیمان حفاری از نوع کلاس A و کلاس B و کلاس D برای حفاریهای چاه‌نفت ازسطح زمین تاعمق ۶۰۰۰پا و سیمان خیلی‌مقاوم برای عمق تا ۶۰۰۰پا در زمینهای گچ‌دار و نوع معمولی‌دارای مقاومت‌متعادل دربرابر سولفات و نوع مقاوم‌دربرابر حفاریهای ازسطح‌زمین تاعمق ۶۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ پا تحت فشارودرجهٔ حرارت زیادتهیه‌می‌نماید.

درکارخانه سیمان دورود کارخانهٔ دیگری برای‌ساخت ایرانیت نصب‌شده است. ایرانیت یا آمیانت مخلوط پنبه‌نسوز به خمیرسیمان درآب می‌باشد. لوله‌های آب و صفحات عایق که خرد نمیشود و تاب آنهم زیاد است ودرحقیقت سیمان مسلحی است که مورد استعمال فراوانی دارد.

۹ ـ کارخانه سیمان آبیك

ظرفیت اسمی کارخانه ۳۵۰۰تن درروزمی‌باشد که بطریق خشك‌سیمان تهیه میکند. درنظر است ظرفیت کارخانه تا ۷۰۰۰ تن افزایش پیدا کند.

۱۰ ـ کارخانه‌سیمان غرب:

کارخانه‌سیمان غرب‌درکرمانشاه نصب‌شده‌است. قراراست بهره‌برداری آزمایشی راباتولید ۲۰۰۰

تن‌سیمان‌درسال جاری آغاز نماید.

۱۱ـ کارخانه‌سیمان کرمان.

کارخانه سیمان کرمان باظرفیت ۱۳۰۰ تن‌سیمان درروزشروع‌بکار کرد باتوسعهٔ جدیدی که‌انجام گرفته است محصول کارخانه تا ۳۳۰۰ تن‌درسال جاری افزایش‌خواهدیافت. این کارخانه دارای کوره‌های پخت‌سیمان دوار وبطریقهٔ خشك سیمان نوع‌یك معمولی ونوع ضدسولفات تولیدمینماید.

۱۲ ـ کارخانه‌سیمان صوفیان:

کارخانه سیمان صوفیان واقع درتبریزباظرفیت ۱۶۰۰ تـن سیمان درروزبهره بـرداری راآغاز کرد. توسعهٔ کارخانه رو باتمام وبزودی قادرخواهد شد تـا ۲۶۰۰ تن‌سیمان در روز تـولید نماید . این کارخانه بطریق خشك تولید سیمان ازنوع یك معمولی‌می کند .

۱۳ـ کارخانه سیمان‌بهبهان :

عملیات نصب کارخانه سیمان بهبهان روباتمام است وقراراست بهره‌برداری آزمایشی‌راباظرفیت ۲۰۰۰ تن سیمان درروز درسال جاری آغاز نماید .

۱۴ ـ کارخانه سیمان آریا :

ساختمان کارخانه ونصب ماشین‌آلات ودستگاههای الکترونیکی درشرف انجام و درمرحلهٔ اول بهره‌برداری باتولید ۴۰۰۰ تن سیمان درروزشروع خواهد شد. این کارخانه قابـل توسعه تا ۱۰۰۰۰ تن سیمان در روزمی‌باشد .

درتنظیم ابن مقاله ازکتاب‌های زیرین‌هم استفاده شده‌که برای علاقمندان به مطالعات بیشتر در مورد سیمان درج می گردد :

۱ ـ راهنمای بتن‌ساز — احمدحامی

۲ ـ سیمانهای طبیعی — احمدحامی

۳ ـ وارسی‌وآزمون سیمانها — مرتضی‌قاسمی

۴ـ The chemistry of portland cement. by Robert Herman Bogue

۵ـ Portland Cement Technology by J.C. Witt

۶ـ Zemeat Taschenluch

۷ ـ دوران‌تحول صنعت‌وهنردرایران

۸ ـ عصرپهلوی وتحولات درایران

۹ ـ شیمی مدرن ترجمهٔ احمدرضاقلی‌زاده:

M ndern Chemistry: H.clark metcalfe.
John E. Williams
Joseph F. Castka

۱۰ـ شیمی‌سال‌پنجم‌دبیرستانها ـ شعبهٔ‌طبیعی‌ـاحمدرضاقلی‌زاده ـ هادی‌رهنما ـ علی‌اصغرنوروزیان

۱۱ ـ خودکارهای مکانیکی والکترونیکی درجریان تولیدسیمان — حسن‌امام وردی

۱۲ ـ مروری درعملیات‌ساختمانی‌ونصب‌مرکزنیروی‌آبی سدمحمدرضاشاه‌پهلوی‌حسن‌امام‌وردی

اندازه گیری ضریب پخش خاك ازطریقه نفوذ آب در یك نهر با ارتفاع ثابت

وسیله

عبداله جناب (۱)

خلاصه مقاله :

ضریب پخش، α Diffusion Coeficient یکی ازضرائب مهم خاك درپروژه‌های آبهای زیرزمینی آبیاری وزهکشی است. اندازه گیری فاکتورهای متشکله ضریب پخش بطریقه آزمایشگاهی وجزء بجزء این اشکال راخواهد داشت که اولا تعیین آن عوامل هریك دارای خطاهائی بوده که برای محاسبه ، α ، این اشتباهات بایکدیگر جمع می‌شوند وعدد حاصله آنطوریکه شاید و باید باحقیقت نزدیك نمی‌باشد . ثانیاً این گونه اندازه گیریها پهیچوجه تغییرات تدریجی وشرائط محیطی‌را دربرنخواهند داشت .

روشهای مستقیم بعلت اینکه عملا درمنطقه انجام یافته وعیناً ازنوسانات آب زیرزمینی برای تعیین ضرائب خاك استفاده می‌شود ارقام مطمئن‌تری بدست میدهند و طرح هائی که برمبنای اینگونه اعداد محاسبه می‌شوند عملکرد آنها بهتربوده وباآنچه که پیش‌بینی شده‌است بیشترمطابقت دارند.

دراینجایك روش بسیارساده صحرائی برای تعیین ضریب پخش خاك پیشنهاد شده‌است. دراین‌روش ازیك نهر که سطح آب درآن ثابت می‌باشد استفاده می گردد .

میزانیکه سطح آب زیرزمینی در اثر نشت آب داخل نهر بالا می‌آید اندازه گیری می‌شود . سرعت بالاآمدن سطح آب زیرزمینی درنقاط مختلف باتابع اولیه پیشنهادی بطریقه their مقایسه و ضریب پخش خاك تعیین می گردد .

رقم حاصله ازاین‌مرحله مربوط به تخلخل پرشدنی Fillable Porosity بوده و در پروژه‌های آبیاری ازآن استفاده می‌شود .

---

(۱) ـ دانشیار انستیتو باغبانی ودانشیارسابق دانشکده مهندسی دانشگاه ایالتی یوتاه آمریکا .

پس‌ازختم آزمایش ،آب درنهرقطع شده وسطح آب زیرزمینی‌بالاآمده شروع به‌نشست مینماید. سرعت نشست Recession آب زیرزمینی‌باتابع اولیه‌پیشنهادی مقایسه وضریب پخش‌خاك درحالت‌نشست بدست می آید. ضریب پخش‌بدست‌آمده دراین مرحله مربوط به تخلخل آبدهی‌Drainable Porosity و یا Specific yield بوده که درطرحهای زهکشی‌ازآن استفاده می‌شود.

مقدمه:

ضریب‌پخش‌آب ازخاك، α، Diffusion Coeficient یکی‌از ضرائب هیدرودینامیکی بسیار مهم سفره‌آبده درطرحهای آبهای زیرزمینی،آبیاری وزهکشی است. طبق‌تعریف ضریب پخش‌خاك مساویست با ضریب انتقال خاك ـ Transmissivity Coeflclent تقسیم برضریب‌آبدهی Specificyield ویابعبارت دیگر $\alpha=t/v=kD/v$.

اندازه گیری هریك‌ازفاکتورهای فوق‌ساده نبوده ودرعمل خالی از اشکال نیست، در صورتیکه برای تعیین، α ، هریك ازاجزاء تشکیل دهنده‌آن مجزا اندازه گیری شده و α محاسبه گردد بعلت‌خطاهائی که در اندازه گیری هریك ازآنها ممکن است رخ دهد احتمال اشتباه محاسباتی، α ، چندین مرتبه بیشتر خواهدبود. درعمل دیده شده است طرحهائی که بـا ارقامی ازضریب پخش خـاك که ازاندازه گیریهـای آزمایشگاهی وبا تعیین جزء بجزء عوامل‌متشکله‌آن ومحاسبه، α، تهیه شده‌اند چندان رضایتبخش‌نبوده‌وبا آنچه پیش‌بینی شده‌بودند کاملا مطابقت نداشته‌اند (Luthin 1957). روشهای مستقیم بعلت اینکه اولا از نوسانات‌آب زیـرزمینی در تعیین ضـرائب هیدرو دینامیکی خاك استفـاده می‌نمایند ارقام مؤثرتری‌بوده Effective Values وبهتردرتعیین نوسانات‌آب زیرزمینی‌نتیجه‌میدهند.

ثانیاً چون دامنه عملیات صحرائی نسبتاً وسیع میباشد تغییرات خاك را بهتر در برمیگیرند. ثالثاً بعلت اینکه درکیفیت‌آب زیرزمینی وخاك مربوطه یك‌نوع تعادلی وجود دارد موقع اندازه گیری تبادلات شیمیائی اتفاق نیفتاده ودرنتیجه خواص‌شیمیائی خاك عوض نمیشود.

رابعاً چون جهت مطالعات خوداحتیاج‌به گرفتن‌نمونه وانتقال‌آن به‌آزمایشگاه نمیباشدلذاخواص فیزیکی خاك تغییرنکرده واعدادحاصله نماینده حالت‌فیزیکی طبیعی خاك درمنطقه می باشند.

دراغلب فرمولهای جدیدزهکشی ضریب‌پخش‌خاك تنها واردمیشود. لذا دراین‌مقاله سعی میشود یك‌روش بسیارساده ومستقیم برای تعیین ضریب‌پخش خاك ارائه گردد.

مرورکارهای قبلی :

ضریب پخش‌آب درخاك Diffusion Coeficient رامی‌توان ازطرق مختلف زیرمحاسبه نمود:

الف ـ طریقه اندازه گیری هریك ازفاکتورهای تشکیل دهندهٔ‌آن بطورمجزا :

طبق‌تعریف ضریب پخش مساویست‌با $\alpha=KD/v$ که درآن:

۱ـ دانشیار انستیتو باغبانی دانشگاه اصفهان و دانشیار سابق دانشکده مهندسی دانشگاه ایالتی یوتاه آمریکا

K = آبگذری خاك

D = متوسط ضخامت طبقه اشباعی و

V = ضریب آبدهی یا Specific yield می‌باشد .

دراین طریقه VوD،K بطرق مختلف (۶) انـدازه گیری شده وطبق رابطهٔ فـوق مقدار ، α ، تعیین می گردد .

ب ـ اندازه گیری ازطریقه پمپاژ چاه

میزان افت سطح آب زیرزمینی دراثرپمپاژ ازچاه ازفرمول ذیل تبعیت می‌نماید:

$$S = \frac{Q}{2\pi T} \int_{x^2/4\alpha t}^{\infty} \frac{e^{-u^2}}{u^2} \cdot du \qquad (1)$$

که درآن :

S = افت سطح آب زیرزمینی

Q = میزان پمپاژ ازچاه

T = ضریب انتقال سفره‌آبده Transmissivity Coeficient

X = فاصله تامرکزچاه

α = ضریب پخش Diffusion Coeficient

t = زمان آبکشی

u = متغیر انتگرال

e = پایه لگاریتم نپرین

برای تعیین ضرایب هیدرو دینامیکی خاك میزان افت‌آب زیرزمینی، S در زمانهای مختلف پس ازشروع پمپاژاندازه گیری می‌شود.ارقام‌مربوط به Sو روی محورعمودی‌وارقام‌مربوط به ، x^2/t ، افقی ودرروی کاغذلگاریتمی‌ترسیم‌می‌شود.این منحنی بامنحنی تابع‌چاه WellFunctionبطریقTheis (۹)مقایسه شده وضریب پخش آب‌درخاك درحالت‌اشباعی‌محاسبه می گردد.

ب ـ اندازه گیری ازطریقه نفوذ ثابت‌آب دریك نهر:

جناب (۶) فرمول زیررا برای تعیین ضریب‌پخش آب درخاك ازطریقه نفوذ ثابت‌آب دریك نهر بترتیب ذیل پیشنهادنمود:

۱ـ اعداد داخل‌پرانتز مربوط به اعداد رفرانس‌میباشند .

$$h(x,t) = \frac{q_i\, x}{2\pi T} \int_{x/\sqrt{4\alpha t}}^{\infty} e^{-u^2} \cdot u^{-2} \cdot du \qquad (2)$$

که در آن:

h= مقدار بالاآمدن سطح آب زیرزمینی

q= میزان نفوذآب درواحد طولی نهرو

x= فاصله عمودبرمسیرنهرمی‌باشد.

دراین روش میزان بالاآمدن سطح زیرزمینی h، برای میزان نشت معین q، در فواصل مختلف، x، عمود برمسیرنهرو درزمانهای مختلف t اندازه گیری می‌شود. مقادیر h/qx و x^2/t محاسبه شده و روی کاغذ لگاریتمی ترسیم می گردد. طبق‌طریقه Theis این‌منحنی باتابع‌اولیه‌فرمول(۲)مقایسه‌شده‌وضریب پخش آب درخاك محاسبه می‌شود.

اثبات فرمول :

میزان بالاآمدن سطح آب زیرزمینی دراثرنفوذآب از نهری که سطح آب داخل آن ثابت باشد را می‌توان ازفرمول کلی‌مسائل حدودی متغیر BoundaryVary Problems

که شرائط کناری وزمانی‌خاص این‌مسئله درآنها ملحوظ شده‌است استفاده نمود .

فرمول عمومی جریان آب زیرزمینی‌بصورت زیر میباشد :

$$KD \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = V \frac{\partial h}{\partial t} \qquad (3)$$

که درآن :

K= آبگذری خاك Hydraulie Conductivity

D= عمق خاك اشباع شده

h= مقدار بالاآمدن سطح آب زیرزمینی‌نسبت بسطح سفره اولیه

x= فاصله عمود برجهت نهر

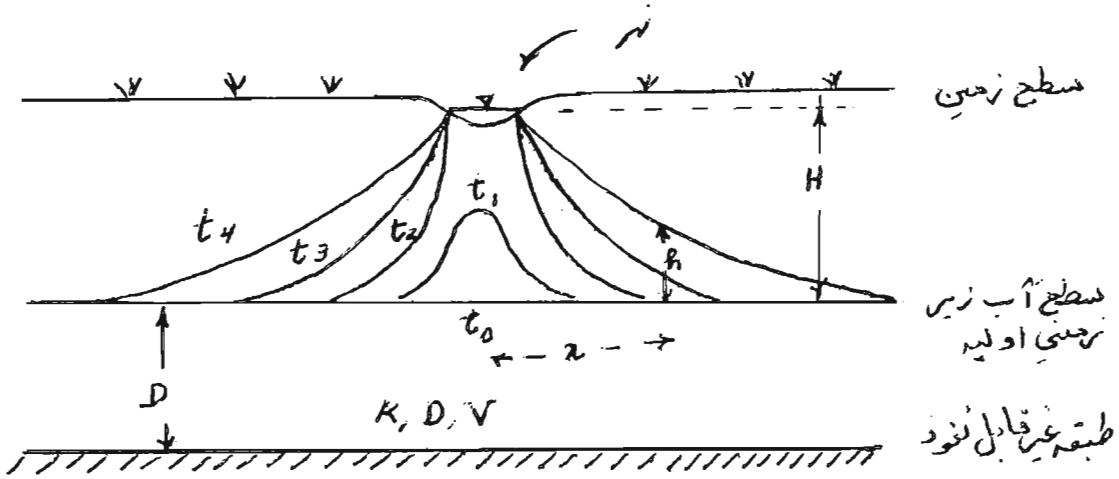
V= ضریب آبدهی Specific yield

t = زمان

شرائط کناری Boundary Condition وشرط زمانی Initial Condition بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در اثر نفوذآب از کانال طبق شکل (۱) بترتیب بصورت ذیل می‌باشد :

$$\begin{cases} h = H & for \quad x = o \quad and \quad t \\ h = o & for \quad x = \infty \quad and \quad t \\ h = o & for \quad x \quad and \quad t = o \end{cases} \qquad (4)$$

که در آن H فاصله سطح آب ثابت در نهر تا سطح آب زیرزمینی اولیه می‌باشد .



شکل(۱) نحوه بالاآمدن سطح آب زیرزمینی را توسط نفوذ آب در نهری که سطح آب در آن ثابت است نشان میدهد:

در صورتیکه شرائط شماره (۴) درفرمول شماره (۳) ادغام شود مسئله حدودی متغیر Boundary Vary Problem ما بصورت زیر درخواهد آمد:

$$\begin{cases} KD\dfrac{\partial^2 h}{\partial x^2} = V\dfrac{\partial h}{\partial t} \\ h(0,t) = H \\ h(\infty,t) = 0 \\ h(x,0) = 0 \end{cases} \qquad (5)$$

معادلات شماره(۵) ازطریقه Laplace Transformation و Convolution theorem حل شده و بصورت زیر ارائه می گردد (جناب۵)

$$h(x,t) = H\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_{x/\sqrt{4\alpha t}}^{\infty} e^{-u^2}\,du \qquad (6)$$

قسمت راست معادله (۶) رامیتوان بصورت زیر نوشت:

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_{x/\sqrt{4\alpha t}}^{\infty} e^{-u^2}\,du = erfc(u) \qquad (7)$$

درصورتیکه ازفرمول شماره (۷) درفرمول شماره (۶) استفاده نمائیم فرمول (۶) بصورت زیر درخواهد آمد:

$$h(x,t) = H\,erfc(u) \qquad (8)$$

فرمول شماره(۷) برحسب $x/2\alpha\bar{t}$ حل شده و بصورت منحنی درشکل شماره(۲) نشانداده شده است.

درصورتیکه آب درزمان t_1 در کانال قطع شود افت آب زیرزمینی درزمان $t_2 = t - t_1$ ازمعادله

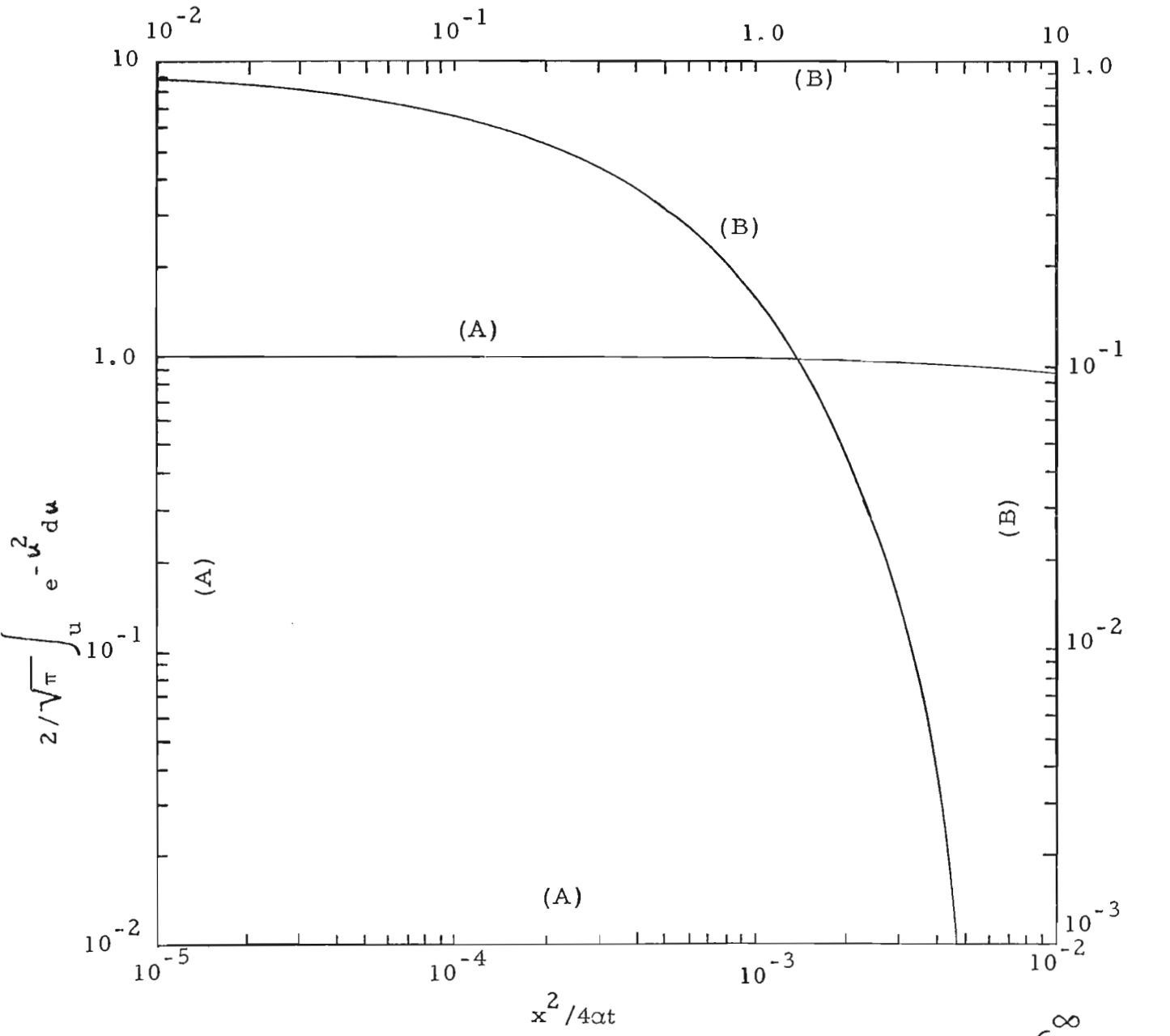


Fig. 2 . Curve showing the relationship between erfc (u) = $2/\sqrt{\pi} \int_u^\infty e^{-u^2} du$ and u^2.

(۳) وشرائط محیطی و کناری خاص خود بصورت β.v.p زیردرخواهد آمد.

$$\begin{cases} \alpha \dfrac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \dfrac{\partial h}{\partial t} \\ h = H_0 \quad for \quad x = o \quad and \quad o \leq t < t_1 \\ h = o \quad for \quad x = o \quad and \quad t > t_1 \\ h = o \quad for \quad x = o \quad and \quad t \end{cases} \qquad (9)$$

معادله‌افت‌سطح آب زیرزمینی حل‌معادلات .β.v.p شماره(۹)خواهدبود. درصورتیکه این‌معادلات حل گردد، تغییرات h فاصله بین سطح آب زیرزمینی وسطح آب زیرزمینی اولیه بازمان بصورت‌ذیل‌حاصل میگردد:

$$h(x,t) = H_0 \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{x/\sqrt{4\alpha t}}^{\infty} e^{-u^2} du - H_0 \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{x/\sqrt{4\alpha_2 t_2}}^{\infty} e^{-u^2} du \qquad (10)$$

نحوه آزمایش:

برای انجام این آزمایش یك عدد روزنه Orifice درنهر اصلی و بلافاصله پس از انشعاب نهر آزمایشی قرار می‌دهیم. درنهر اصلی حتی‌الامکان مقدار آبی که از آن عبور می نماید ثابت می‌باشد. در ابتدای نهر آزمایشی وبفاصله تقریباً ۱۰ متر از محل انشعاب یك‌عدد سرریز weir ودر فاصله یکصدمتری آن یك‌عدد سرریز دیگر که قبلا ارتفاع لب‌ریز آن نیولمان شده ودریك ارتفاع قرار دارند جهت ثابت نگهداشتن سطح آب داخل نهر گذارده می‌شوند. درطرفین نهر آزمایشی وبفواصل مختلف پیزومترهائی بمنظور قرائت نمودن نوسانات سطح آب زیرزمینی نصب می گردند.

این آزمایش درناحیهٔ Lewiston یوتاه که دارای تقریباً یك‌خاك سبك عمیق‌بوده و دارای مسائل زهکشی نیز می‌باشد انجام شده است (تابستان ۲۵۲۷).

سطح آب‌زیرزمینی قبل از آزمایش ومرتباً درحین آزمایش اندازه گیری‌و در جدول شماره(۱) نشانداده شده است.

در زمان ti جریان آب داخل نهر قطع گردید. در جدول شماره (۲) نشت سطح آب زیر- زمینی‌را درزمانهای مختلف وپس از قطع جریان‌آب نشان می‌دهد.

جدول شماره (۱) عمق سطح آب زیرزمینی‌را درزمانهای مختلف نشان میدهد.

زمان به ساعت (پس از شروع)	عمق آب زیرزمینی برحسب فوت		
	۳۰/۲ = × فوت	۴۷/۵ = × فوت	۱۱۴/۵ = × فوت
۰	۴/۴۷	۴/۳۰	۶/۹۵
۶:۴۵	۳/۶۰	۳/۸۳	۶/۹۰
۱۴:۱۵	۳/۰۶	۳/۴۱	۶/۷۶
۳۱:۰۰	۲/۵۳	۲/۸۹	۶/۵۰
۴۰:۱۵	۲/۳۲	۲/۶۷	۶/۳۴
۵۴:۴۵	۲/۱۲	۲/۴۲	۶/۱۱
۶۲:۰۵	۲/۰۵	۲/۳۶	۶/۱۰
۷۷:۴۵	۱/۹۰	۲/۱۹	۶/۰۶
۸۶:۵۰	۱/۸۷	۲/۱۵	۵/۸۷
۱۰۲:۰۵	۱/۷۶	۲/۰۲	۵/۷۶

جدول شماره (۲) تغییرات آب زیرزمینی را پس‌ازقطع جریان نمایش میدهد .

زمان به ساعت پس‌ازشروع	عمق آب زیرزمینی برحسب فوت		
	۳۰/۲ = × فوت	۴۷/۵ = × فوت	۱۱۴/۵ = × فوت
۱۱۴:۴۰	۱/۹۸	۲/۱۲	۵/۶۲
۱۲۲:۲۰	۲/۲۲	۲/۳۰	۵/۵۶
۱۳۸:۱۵	۲/۶۲	۲/۶۰	۵/۷۳
۱۶۲:۰۵	۲/۹۸	۲/۹۰	۵/۸۹
۱۸۵:۱۰	۳/۱۶	۳/۰۸	۶/۰۸
۲۱۷:۱۰	۳/۴۱	۳/۳۳	۶/۲۰
۲۸۲:۲۰	۳/۶۹	۳/۵۵	۶/۴۲
۳۶۰:۴۰	۳/۹۴	۳/۸۰	۶/۶۲
۴۰۲:۴۵	۴/۰۲	۳/۸۹	۶/۶۷

جدول شماره (۳) مقادیر $X^2/t_0 h$ را برای حالت بالاآمدن آب زیرزمینی نشان میدهد .

زمان به ساعت (پس‌از شروع)	۳۰/۲ × = فوت		۴۷/۵ × = فوت		۱۱۴/۵ × = فوت	
	h	$X^2/t_0 o^2$	h	$X^2/t_0 o^2$	h	$X/t_0 o^2$
۰	۰	–	۰	–	۰	–
۶:۴۵	۰/۸۷	۳/۷۵۲	۰/۴۷	۹/۲۸۴	۰/۰۶	۵۳/۹۵
۱۴:۱۵	۱/۴۱	۱/۷۷۷	۰/۸۹	۴/۳۹۷	۰/۲۰	۲۵/۵۵
۳۱:۰۰	۱/۹۴	۰/۸۱۷	۱/۴۱	۲/۰۲۱	۰/۴۶	۱۱/۵۳
۴۰:۱۵	۲/۱۵	۰/۶۲۹	۱/۳	۱/۵۵۶	۰/۶۲	۹/۰۴۶
۵۴:۴۵	۲/۳۵	۰/۴۶۳	۱/۸۷	۱/۱۴۶	۰/۸۰	۶/۶۶۰
۶۲:۰۵	۲/۴۲	۰/۴۰۸	۱/۹۴	۱/۰۰۹	۰/۸۵	۵/۸۶۵
۷۷:۴۵	۲/۵۰	۰/۳۲۶	۲/۱۱	۰/۸۰۶	۰/۹۰	۴/۶۸۲
۸۶:۵۰	۲/۶۰	۰/۲۸۴	۲/۱۵	۰/۷۰۲	۱/۰۹	۴/۰۷۷
۱۰۲:۰۵	۲/۷۱	۰/۲۴۸	۲/۲۸	۰/۶۱۴	۱/۲۰	۳/۵۶۷

محاسبه ضریب پخش α :

ازجدول شماره (۱) استفاده کرده و x^2/t را برای مواد مختلف ودفعات متفاوتی که اندازه گیری میشود محاسبه مینمائیم. ارقام مربوط به x^2/th برای حالت جریان آب درنهر درجدول شماره (۳) نشان داده میشود. منحنی تغییرات h برحسب x^2/t روی کاغذ لگاریتمی رسم شده و در شکل شماره (۳) ارائه میگردد.

با مقایسه منحنی شماره (۳) بامنحنی شماره (۲) (طریقه theis) مقدارضریب‌پخش α وارتفاع اولیه H محاسبه میگردد. ارقام مربوط به α و H دراین آزمایش بترتیب معادل ۲-۱۰×۲/۲۳ فوت مربع‌بر ثانیه و۳/۱۴ فوت نتیجه میشود. ضریب‌پخش دراین‌مرحله‌مربوط به تخلخل‌پرشدنی Fillable Porosity خاك میباشدکه اصولا درپروژه‌های آبیاری از آن استفاده میشود.

برای محاسبه ضریب پخش خاك در حالت نشست آب میتوان فرمول شماره (۱۰) را بصورت زیرنوشت:

$$H\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_{x/\sqrt{4\alpha t}}^{\infty} e^{-u^2}du - h = H\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_{x/\sqrt{4\alpha_2 t_2}}^{\infty} e^{-u^2}du \qquad (11)$$

قسمت طرف‌چپ فرمول (۱۱) را ψ نامیده لذا فرمول شماره (۱۱) بصورت زیردرخواهدآمد:

$$\psi = H\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_{x/\sqrt{4\alpha_2 t_2}}^{\infty} e^{-u^2}du \qquad (12)$$

مقادیر مختلف $x^2/t\psi$ درجدول شماره (۴) محاسبه شده و بصورت منحنی درشکل شماره (۴) نمایش داده شده‌است.

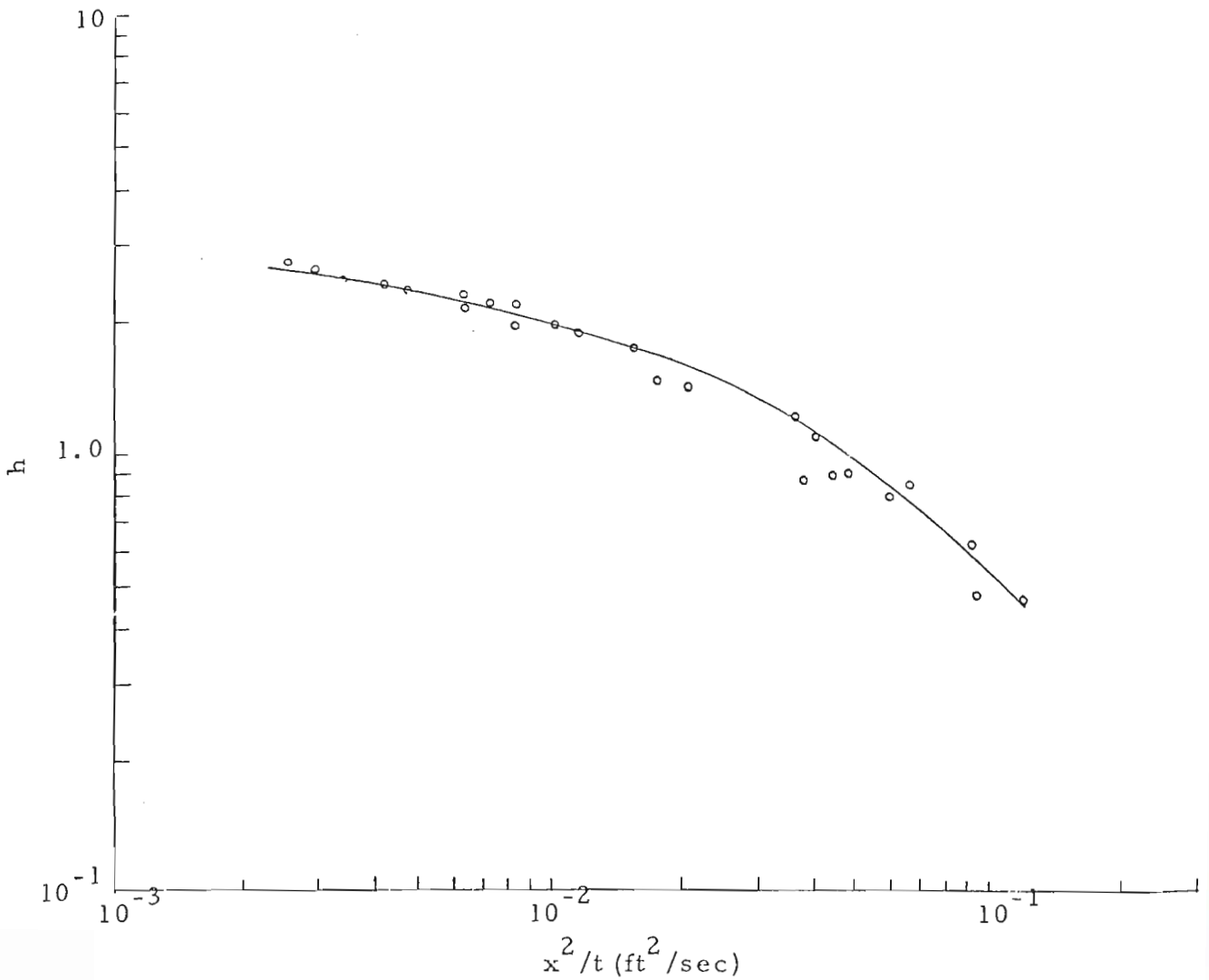


Fig. 3. Variation of h vs x^2/t for the recharging cycle (constant head), Lewiston, Utah.

جدول شماره (٤) مقادیر ψ و x^2/t_2 را پس از قطع جریان آب نشان میدهد .

زمان به ساعت (پس از شروع)	٣٠/٢ × فوت		٤٧/٥ × فوت		١١٤/٥ × فوت	
	ψ'	$x^2/t_2 \cdot 10^3$	ψ	$x^2/t_2 \cdot 10^{+3}$	ψ	$x^2/t_2 \cdot 10^3$
٤٠ : ١١٤	٠/٤٦٧	٣٠/٧٠	٠/٦٨٨	٧٦/٢٧	١/١٨٢	٤٤/١٤
٢٠ : ١١٢	٠/٧١١	١٥/٧٥	٠/٨٧٤	٣٩/١٣	١/١٣٨	٢٢/٦٤
١٥ : ١٣٨	١/٢٢٠	٧/٦٧	١/١٨٦	١٩/٠٦	١/٣٤٢	١١/٠٣
٠٥ : ١٦٢	١/٤٩١	٤/٥١	١/٥٠٢	١١/٢٠	١/٥٤٠	٦/٤٨
١٠ : ١٨٥	١/٦٨٠	٣/١٩	١/٦٩٤	٧/٩٤	١/٧٦٠	٤/٥٩
١٠ : ٢١٧	١/٩٣٦	٢/٢٧	١/٦٩٠	٥/٦٥	١/٩١٠	٣/٢٧
٢٠ : ٢٨٢	٢/٢٣١	١/٤٣	٢/٢٠٢	٣/٥٦	٢/١٨٠	٢/٠٦
٤٠ : ٣٦٠	٢/٤٩٣	٠/٩٩	٢/٤٧٠	٢/٤٧	٢/٤٢٠	١/٤٣
٤٥ : ٤٠٢	٢/٥٧٦	٠/٨٥	٢/٥٦٧	٢/١٢	٢/٤٩٠	١/٢٢

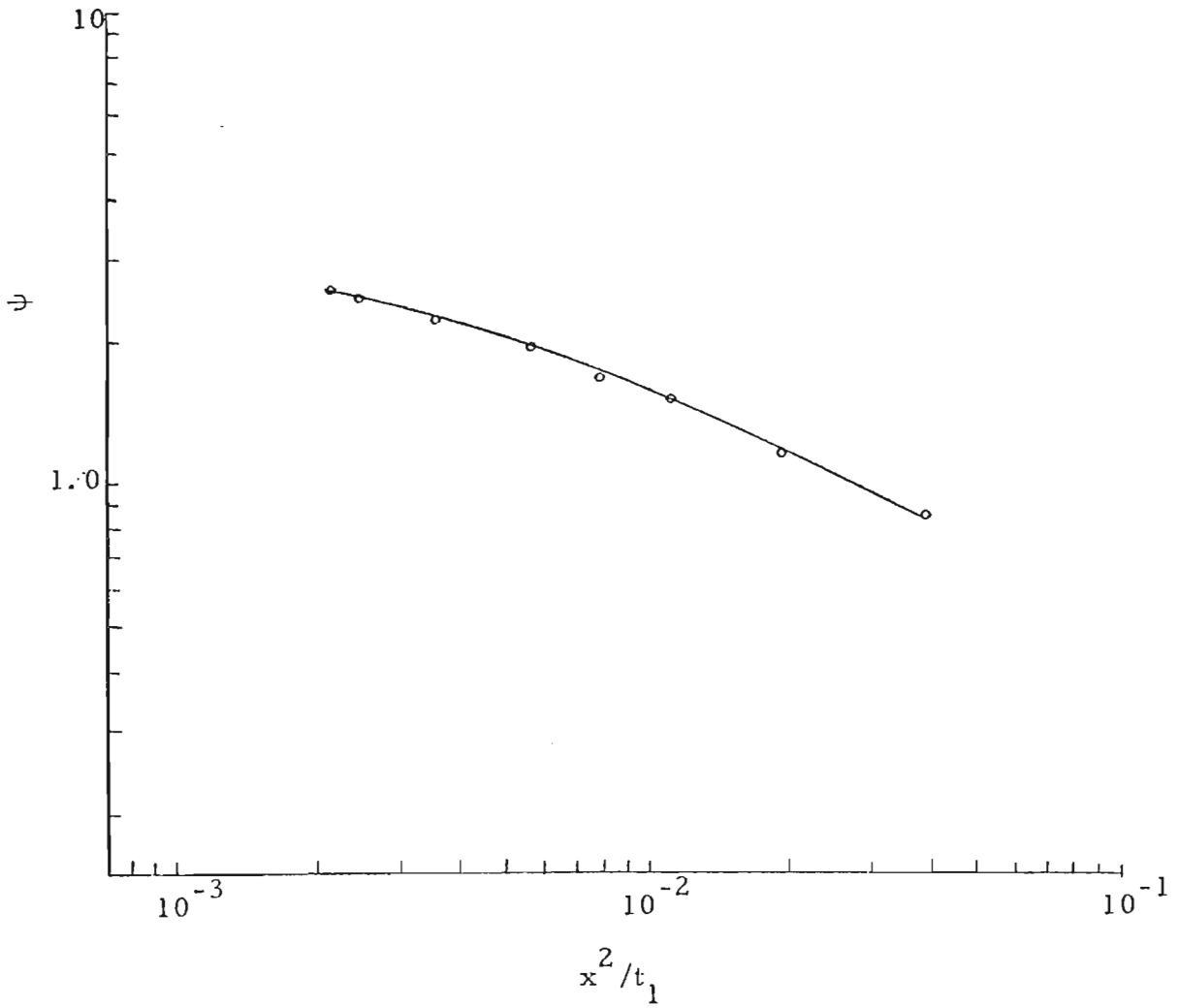


Fig. 4. Variation of ψ and x^2/t_1 for the recession period (constant head), Lewiston, Utah.

منحنی شماره (۴) بامنحنی تابع‌اولیه شماره (۲) بطریقه Theis مقایسه شده وضریب پخش، α_2 وارتفاع اولیه H تعیین میگردند. ازارقام‌حاصله‌ازاین آزمایش‌مقادیر α_2 و H بترتیب معادل $۱۰^{-۲} \times ۱۰۸۵$ / فوت مربع در ثانیه و ۳/۱۸ فوت بدست میآیند . ضریب پخش α_2 محاسبه شده در اینحالت مربوط به تخلخل تخلیه Drainable Porossity ویا Specific Yield خواهد بود که اصولا درپروژه‌های‌زهکشی‌از آن استفاده میگردد.

بحث‌ونتیجه‌گیری :

بعلت‌اینکه درفرمولهای جدیدزهکشی (فومول‌شماره۴) فقط ضریب پخش ، α ، Diffusion Coeflclent بکاربرده شده است سعی شده تنها این‌پارامترراندازه گیری ومحاسبه گردد. دراین‌مقاله‌یك‌روش بسیارساده برای تعیین ضریب‌پخش پیشنهاد گردیده است.

ضریب‌پخش آب‌درخاك ، α ، را میتوان بطرق مختلف اندازه گیری ومحاسبه نمود. دریك‌روش ممکن‌است‌اجزاء تشکیل‌دهنده‌آن یعنی D'K وV راجدا جداانداز‌ه گیری‌کرده وازرابطه $\alpha = KD/V$ مقدار α ، را تعیین نمود. دراین‌روش بعلت‌اینکه D،K و V بایستی بطورمجزا اندازه گیری شوند خطای‌حاصله سه‌چندان خواهدبود. ازطرف دیگردرروشهائی که ازمتدهای‌آزمایشگاهی استفاده میشودبعلت‌اینکه شرائط مزرعه را نمیتوان صددرصد درمحیط‌آزمایشگاهی فراهم‌نمود اغلب‌اعداد ساختگی بوده وکمتر با حقیقت وفق‌خواهندداد (Luthin 7) . ازلحاظ دیگرنمونه‌هائی که گرفته شده وبرای‌آزمایش به آزمایشگاه منتقل میشونداولاممکن‌است نماینده تمام منطقه نبوده وثانیاً تغییرات وناهمآهنگی‌های خاك را دربرنداشته باشند.

روشهای صحرائی اصولا بهترنتیجه داده وبه دلائل زیراعداد حاصله بیشترقابل اطمینان میباشند:

۱ ـ کیفیت‌آبی که باآن‌اندازه گیریها انجام میشودباکیفیت خاك درتعادل بوده و موقع آزمایش هیچگونه‌تغییرات‌شیمیائی درخاك انجام نمیدهند.

۲ ـ دیگراحتیاجی به گرفتن نمونه بهم‌خورده ویابهم نخورده نبوده وآزمایش در مزرعه انجام میشود لذا ازاین‌بابت نیزتغییرات فیزیکی درخاك حاصل نمیشود.

۳ ـ بعلت اینکه‌آزمایش درسطح نسبتاً بزرگی انجام میپذیرد تغییرات تـدریجی خاك را دربر‌ـ خواهد داشت.

۴ ـ چونکه ارقام حاصله ازنوسانات سطح‌آب زیرزمینی بدست‌میآیند آنهایك‌نوع اعدادحقیقی هستندکه‌کلیه ناهماهنگی‌های خاك وشرائط محیطی را شامل میباشند وبنابراین ازاستفـاده کردن‌آنهـا در پروژه‌های‌آبیاری وزهکشی اطمینان بیشتری‌وجود خواهدداشت.

۵ ـ اندازه گیری‌ها بسیارساده بوده وهیچگونه وسائل خاص‌آزمایشگاهی‌لازم نخواهدبود. حتی درصورت نبودن پیزومترمیتوان بجای‌آن ازچاهکهای ساده استفاده نمود.

ضریب پخش Diffusion Coeficient موقعیکه ازنتیجه تغذیه سفره آبده Recharge حاصل‌شود مربوط به تخلخل پرشدنی یا Filladle Porosity بوده ودر پروژه‌های آبیـاری ازآن استفاده میشود. در

صورتیکه ضریب پخش، α ، که در اثـر آبکشی و یا Recession بدست میـآید مربوط به تخلخل آبدهی Drainable Porosity یا Specific Yield بوده وازآن درطرحهای زهکشی استفاده میشود.

علت اختلاف ضریب پخش، α ، درحالت تغذیه ودرحالت آبکشی بسیارطبیعی وقابل پیش بینی بوده ودراثرعوامل زیرمیباشد:

۱ ـ عمق متوسط طبیقه اشباعی بعلت پرشدن عمق بیشتری ازخاك در دومرحله متفاوت میباشد.

۲ ـ ضریب تخلخل بعلت خاصیت Hysteresis خاك درموقع تر شدن وخشك شدن در دومرحله آزمایش با یکدیگرمتفاوت میباشند واین موضوعی است که مربوط به خواص خاکهاست.

۲ـ بعلت بالاآمدن سطح آب زیرزمینی پس ازمرحله اول فاصله سطح آب زیرزمینی تاسطح لبریز ها در دوحالت متفاوت بوده است که خود موجب تغییرات α میشود. ازطرف دیگر H درمرحله دوم ارتفاع مؤثرویا Effective Heiqht میباشد.

Appendix I - References

1 Beers, W. J. F. van, 1958 . The Auger-Hole Method. Bull. I. Int. Inst. for Recl. and Imp. Wageningen, The Netherlands.

2 Bradshaw, G. B., and W. W. Donnan. 1950 . A Falling Head Permeameter for Evaluaing Permeability. U. S. Dept.Agr. Soil Cons. Serv. Mimeograph.

3 Clover, R. E. 1964 . " Ground Water Movement " United - States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Engineering, No. 31, U. S. Government Printing Office , Washington, D. C.,

4 Jenab, S. Abdollah. 1967 " Development of a Drainage Function for the Transient Case, and a Two-Dimensional Ground Water Mound Study to Evaluate Aquifer Parameters. "Dissertation Presented to Utah State University, at Logan, Utah, in partial fulfillment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy in Irrigation and Drainage Engineering.

5 Jenab, S. Abdollah, A. Alvin Bishop and Dean F. Peterson, 1969 "Transient Functions for Land Drainage. " A. S. C. E. , J. of Irrig. and Drainage, IR 3, PP: 361 - 373 ,

6 Jenab, S. Abdollah " Field Deter`mination of Hydro-dymanic Parameters of Aquifer " Pending, J. of National Committee on Irrigation and Drainage,

7 Luthin, J. N., and D. Kirkham. 1949. A Piezometer Method for Measuring Permeability of Soil Below a Water Table. Soil Sci., 68: 349 - 358.

8 Luthin, J. N. and R. V. Worstell. 1957 " The Falling Water Table in Tile Drainage - A Laboratory Study." Soil Science Society of America Proceedings 21: 580 - 585.

9 Theis, C.V. 1935 " The Relationship Between the Lowering the Piezometric Surface and the Rate of Duration of Discharge of Wells Using Ground Water Storage."Transactions of the American Geophysical Union, 16: 519 - 524,

Appendix II - Notations

The following symbols are used in this article:

α = T/V

B. V. P = Boundary Vary Problems

∂ = Partial derivative,

d = total derivative

D = average depth of aquifer

e = base of natural logarithm

h = height of water table above the initial water table

H = distance between the initial water table and the water level in the ditch

K = hydraulic conductivity of aquifer

q = rate of flow per linear length of ditch

Q = total discharge

S = draw - down of water table

t = time,

T = transmissivity of aquifer

u = variable of integration

v = specitic yield of aquifer

x = distance perpendicular to ditch

Measurement of Diffusion Coeficient with Seepage from a Ditch with Constant Head

By

S. Abdollan Jenab [1]

Diffusion coeficent is one of the important characteristics of aquifer which is used intensivety in ground-water , irrigation , and drainage designs.

Laboratory measurement of the factors which diffusion Coefficient Consist of is not too proper due to:

a, the errors of measurement of each individual factors accumulates and makes a larger error for, α, and

b, Laboratory measurements would not Consider the heterogeneity of the soil as a whole. Direct measurements usually give better results due to:

a, fluctuation of water table is used in determination of

---

1 Associate Professor of Institute of Horticulture University of Isfahan, and Formerly Associate Professor, College of Exgineering , Lltah State University, Logan, Lltah, U.S.A.

diffusion Coeficient, there fore it considers the heterogeneity of the soil.

b, since there is a chemical ballance between the soil and water, no chemical changes would occur for the soil during the experiment.

c, no sampling is required, therefore, no physical changes would be resulted.

In this presentation, a field determination for evaluation of diffusion Coeficient is proposed. In this proposal, a ditch with Constant water level in it is used. The build up of water table due to seepage from the ditch is measured with time for different points from the ditch. The rate of build up of water table is matched with the proposed theory (Theis method),and the diffusion coeficient is then found. The values obtained from this stage correlates with the fillable porosity. These items are used in irrigation designs.

When the experiment is over, the water is turned off. The rate of recession of water table is measured and then matched with the proposed function, and the diffusion coeficient would be found. The diffusion coefficient found in this stages correlates with the drainable porosity and is used in drainage designs.

طرح تخلیه سیلاب ازسد میناب

فیروز پرهامی

مقدمه

سد میناب به‌ارتفاع ۵۰ متر دریك دره نسبتا عریض برروی رودخانه میناب درسه کیلومتری بالا- دست پل‌میناب دردست ساختمان می‌باشد. این سدبتنی انتخاب گردیده است.

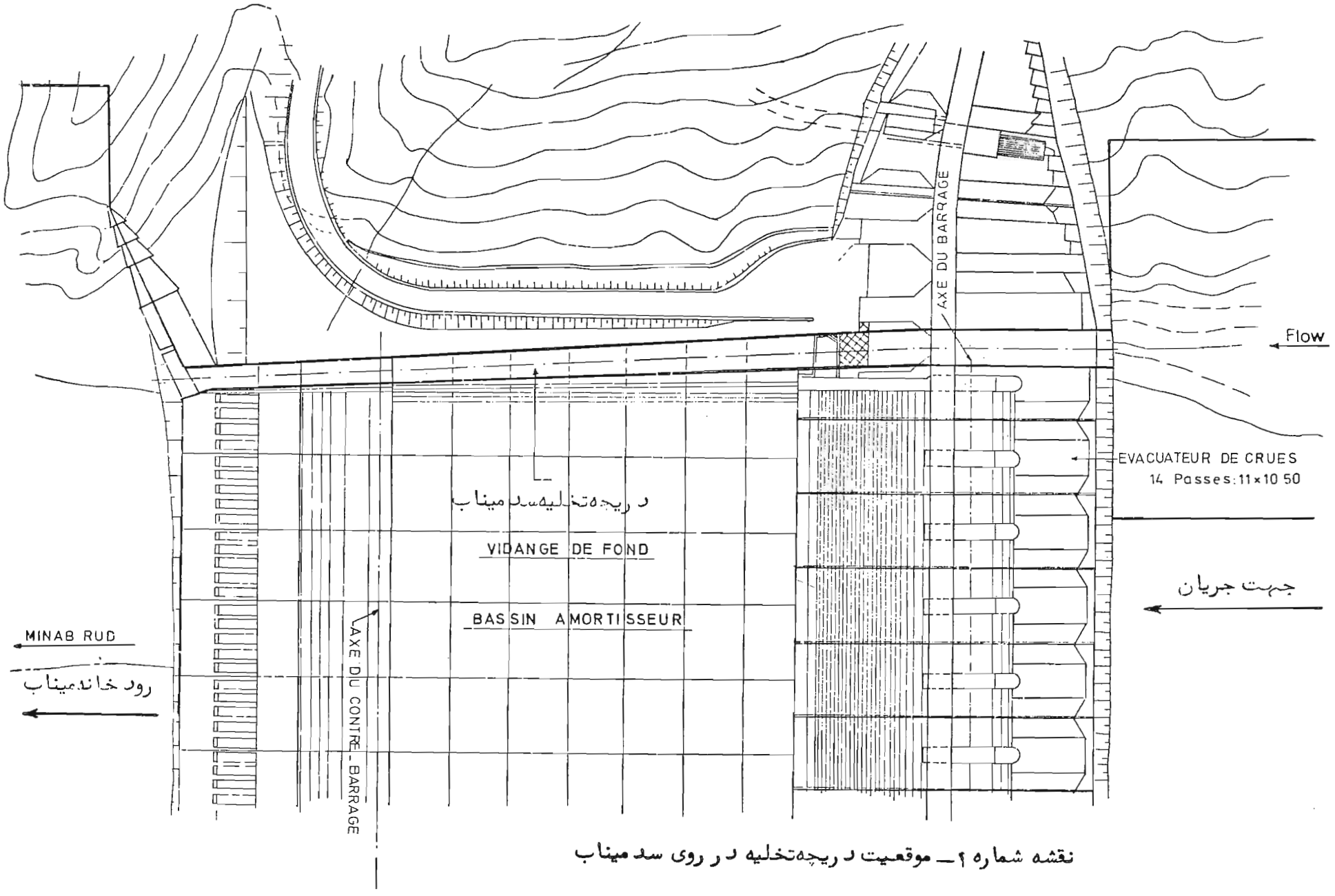
برروی سرریز تعداد ۱۴ دریچه قطاعی به‌ارتفاع تقریبی ۱۰ متر نصب گردیده ودر مجموع می‌توانند سیلابی معادل ۱۲۰۰۰ متر مکعب درثانیه‌که برای احتمال یك سیل هزارساله محاسبه شده‌است از خود عبور دهند. دو دریچه عمقی سد بابعاد ۲ × ۲ متر در ارتفاع ۵۵ متری نصب گردیده وهرکدام بتنهائی‌می‌توانند یکصد متر مکعب درثانیه آب‌را ازخود عبور دهند.

باتوجه باینکه سرعت آب درخروج از دریچه تخلیه متجاوز از ۲۰ متربر ثانیه استو از طرفی مطالعه وضعیت جریان در طول تونل دریچهٔ تخلیه، شکل خروج آب از منتهی‌الیه‌خروجن‌آن وپرتاب جت‌آب به رودخانه و همچنین فرسایش ناشی از جریانهای برگشت درپایاب سد حائز اهمیت فراوانی می‌باشد. واز طرفی حل این مسائل درقالب فرمول‌های علمی میسر نیست لذا بااستفاده از آزمایش مدل هیدرولیك موضوع فوق موردبررسی قرار گرفت.

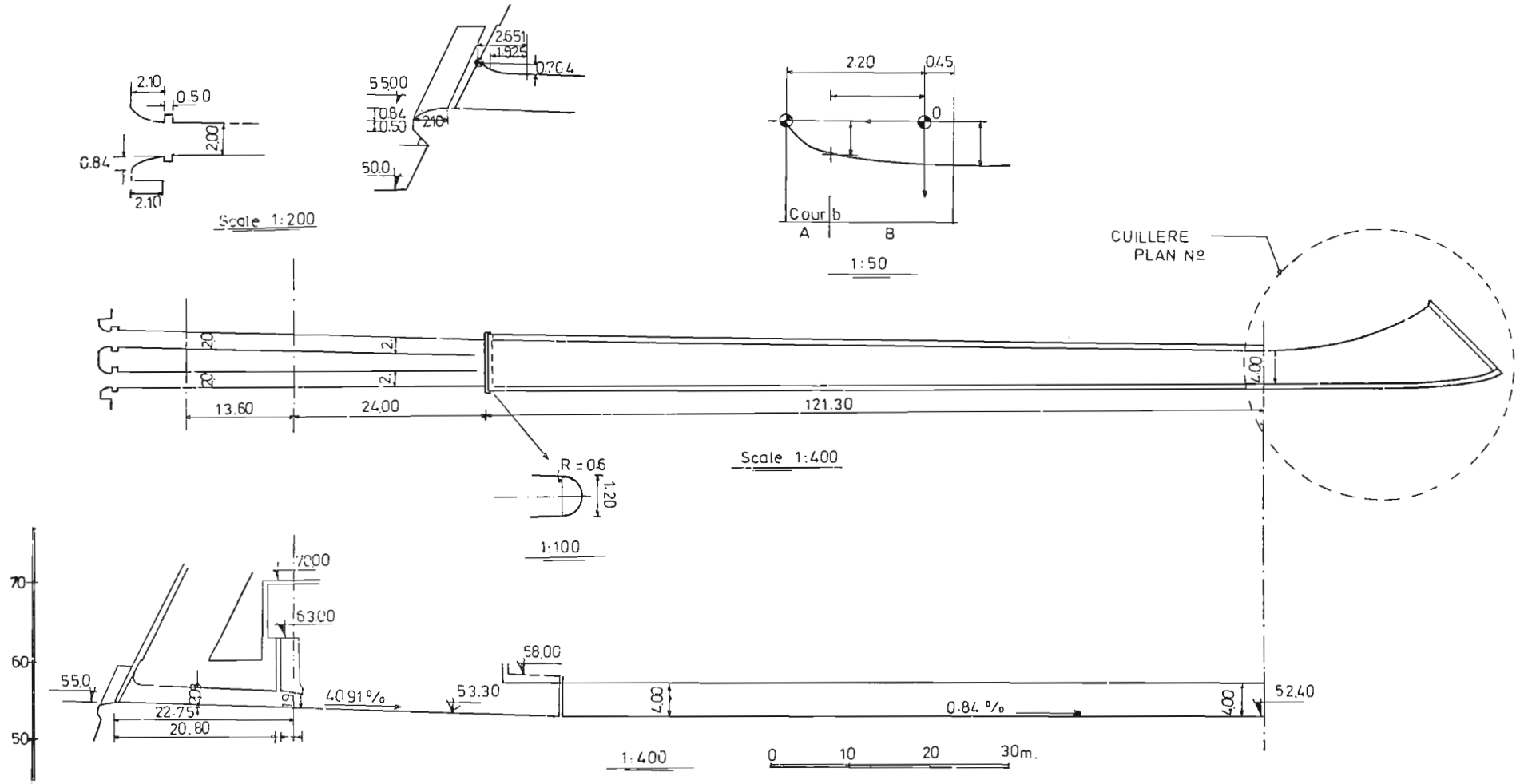
مدل هیدرولیك دریچه تحتانی سدمیناب شامل دهانه ورودی آب به‌داخل تونل،طول تونل، قاشقك منتهی‌الیه آن وقسمتی از بالادست وپائین‌دست سد بامقیاس ۱:۴۰ ساخته شده وواریانتهای مختلفی مورد آزمایش قرار گرفت.

(نقشه شماره ۱و۲)

طرح نهائی قاشقك قسمت منتهی‌الیه دریچه تخلته سدمیناب (محل خروج آب از دریچه عمقی سد) بقسمی انتخاب گردیده که: اولا -خروج آب ازمنتهی‌الیه تونل بصورت جهش (جت Jet)بفاصله۴۵ متری پایاب‌سد بداخل رودخانه پرتاب‌شده وبیشتر انرژی آن درهوا مستهلك گردد.



نقشه شماره ۲ ــ موقعیت دریچه‌تخلیه در روی سد میناب



نقشه شماره ۲ ــ مشخصات کلی دریچه تخلیه عمقی سد میناب

ثانیاً ـ ازایجاد جریانهای ثانوی(جریان برگشت) شدید درکناره دیواره‌های پاباب‌سد که‌ناشی از سقوط جت بداخل رودخانه می‌باشد جلوگیری بعمل آمده است .

۱ـ طرح و آزمایش واریانتهای مختلف

هدف از انجام این آزمایشها یافتن بهترین شکل برای قاشقك گالری تخلیه سدمیناب (محل خروج آب) است تااولا قسمت اعظم انرژی حاصل ازسقوط جهش‌آب (جت‌آب) قبل ازبرخوردبه‌بستر رودخانه در هوا مستهلك گردیده ثانیاً حتی‌المقدور محل برخورد جت از پای سد باندازه‌کافی دور باشد .

ثالثاً فرسایش درپای سدبرای تمام دبیها بحداقل برسدبعلاوه ضمن رسیدن به‌هدفهای‌فوق‌بایستی از ایجاد جریانهای‌شدید برگشت ناشی از سقوط جت بداخل رودخانه درپای دیواره‌های سدجلوگیری نموده وضمناً جریان آب در داخل گالری سرپوشیده بازاء تمام دبیها،خصوصاً هنگامی‌که ارتفاع سطح آب‌در مخزن‌سدکاهش می‌یابدبطورآزاد جریان داشته‌باشد.

با توجه به‌نکات بالا تعداد۳ واریانت مختلف برای دریچه تخلیه سدمیناب آزمایش گردید که در این‌جا ما فقط به‌ذکر شرح‌واریانت‌نهائی اکتفا می کنیم.

طرح نهائی قاشقك گالری تخلیه سد

طرح نهائی‌قاشقك گالری تخلیه‌سدمیناب براساس نتایج اندازه گیرهائیکه‌در آزمایش واریانتهای مختلف بدست آمده تهیه شده‌است . ضمناً وضعیت جریان درطول گالری تخلیه در داخل قاشقك بازاء ارتفاعات مختلف سطح آب درمخزن ، پرتاب جت‌آب بداخل رودخانه ، وضعیت جریانهای‌برگشت در پای دیواره‌های سدوهمچنین وضعیت ومیزان‌فرسایش درپائین دست‌سدوبالاخره تبادل‌نظربامهندس‌مشاور ازعواملی بوده‌اندکه درموقع تهیه طرح‌نهائی به‌آنهاتوجه گردیده است .

مشخصات کلی‌طرح‌نهائی بشرح زیرخلاصه میشود :

ـ رقوم کف قاشقك گالری تخلیه مطابق نقشه شماره۶ میباشد بدینمعنی که‌رقوم منتهی‌الیه‌قاشقك درسمت‌راست ۵۷ ودرسمت‌چپ ۵۳٫۲۰متر درنظر گرفته شده است .

ـ انحنای دیواره‌های قاشقك مطابق واریانت شماره ۲ طرح شده است .

ـ پایه دریچه تخلیه مطابق نقشه شماره ۲۰۹ مهندسین‌مشاورساخته شده است .

۳ ـ آزمایش ونتایج اندازه‌گیریهادرطرح نهائی

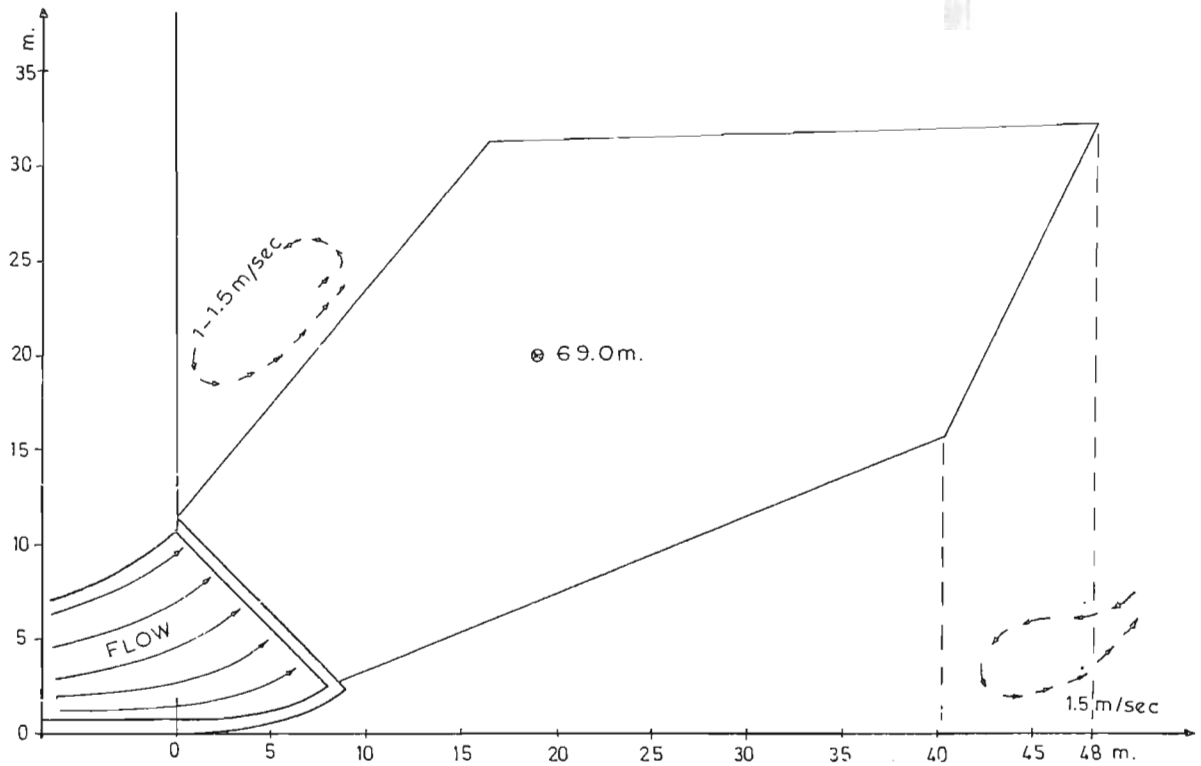
الف ـ وضعیت جریان در گالری‌تخلیه ومسیرجهش‌آب در طرح نهائی .

وضعیت‌جریان آب درطول گالری‌تخلیه ودرداخل ناشقك ونیز محل خروج منتهی‌الیه آن برای تمام ارتفاعات سطح‌آب درمخزن سدرضایت بخش میباشد .

شکل جهش آب درخروج از قاشقك نشان میدهد که مقدار زیادی ازانرژی‌آب درهوامستهلك

گردیده ودر این واریانت پرش آب دارای ارتفاع بیشتری است .

اندازه گیریهائیکه‌ازمحل سقوط جت برای ارتفاعات مختلف سطح آب درمخزن بعمل آمده‌است



نمودارشماره ۱ـ مسیرجهش آب در خروج ازقاشقك گالری تخلیه

بشرح زیر خلاصه میشود :

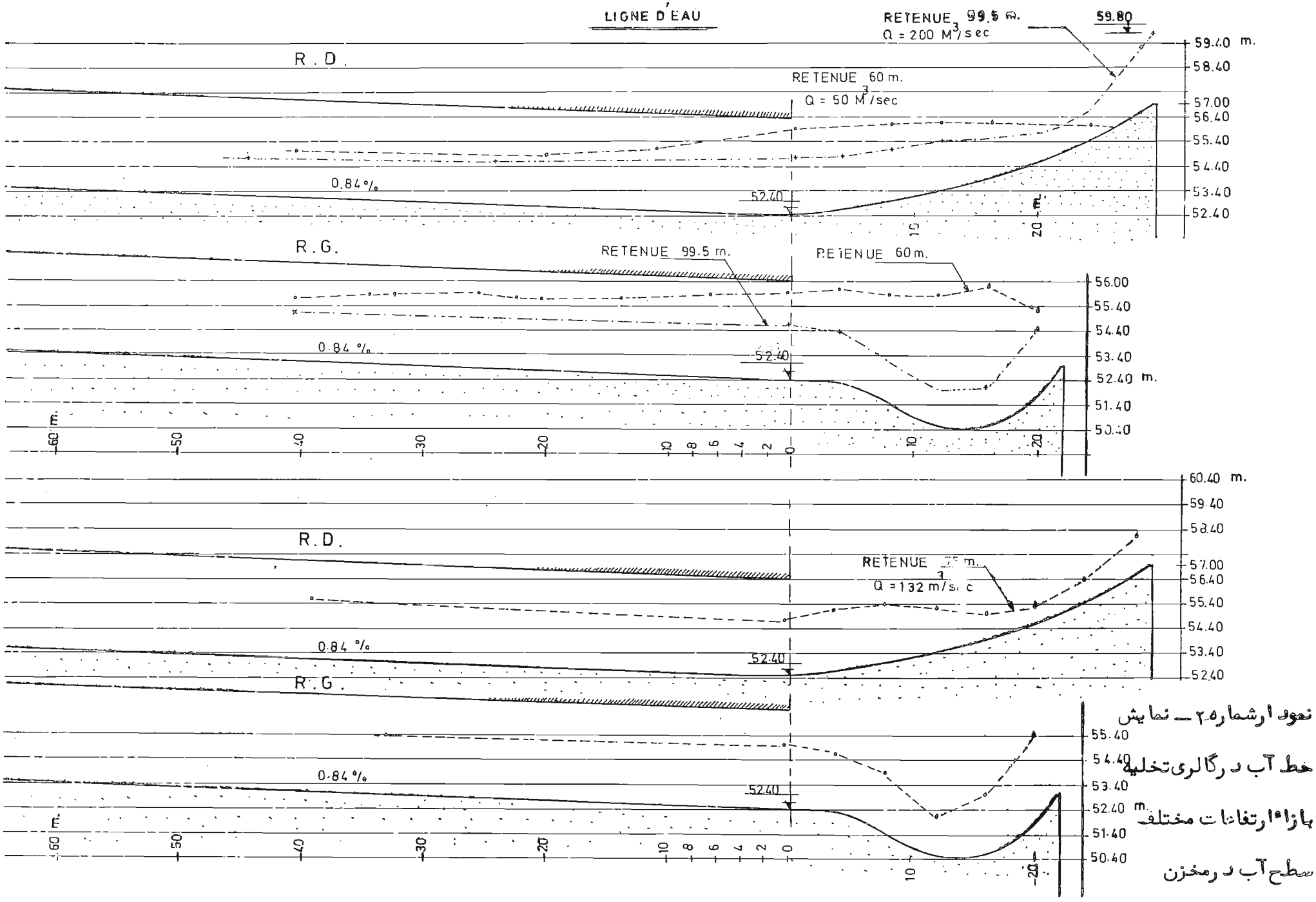
ـ محل برخورد جت آب بداخل بستررودخانه برای دبی ۲۰۰ مترمکعب درثانیه وبازاء ارتفاع سطح آب ۹۹٫۵ متر در مخزن سددرفاصله ۴۵تا۵۰ متری پایاب سدواقع شده است .

ـ بازاء ارتفاعات سطح آب ۹۰ ، ۸۰ ، ۷۰ و ۶۰متر درمخزن سد ، محل برخوردجت با بستر رودخانه بترتیب در فاصله‌ای برابر با ۳۶ ، ۲۳ ، ۱۴ و ۶ متری پایاب سد میباشد .

ـ بالاترین نقطه‌پرش آب دررقوم۶۹ مترودر فاصله۱۸ متری پایاب سدقرار گرفته‌است . (نمودار شماره ۱) .

ـ جریانهای برگشت ناشی از سقوط‌جت بداخل رودخانه بسیارمحدود بوده ومحل این جریانها درنمودارشماره ۱ مشخص گردیده‌اند .

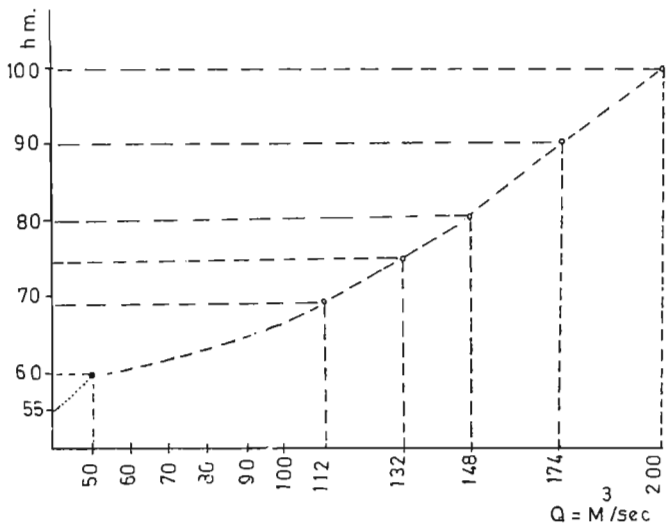
بازاء ارتفاعات مختلف سطح آب در مخزن سد عمق آب در طول گالری تخلیه و قاشقك آن اندازه گیری وازحالتهای مختلف عکسبرداری بعمل آمده است . نتایج‌مربوطه درنمودارشماره ۲ منعکس میباشد . آب درتمام حالات طول گالری تخلیه بحالت آزاد جریان دارد .



نمودار شماره ۲۰۵ ـ نمایش
خط آب در گالری تخلیه
بازاء ارتفاعات مختلف
سطح آب در مخزن

ب ـ رابطه دبی‌و ارتفاع سطح آب درمخزن

بمنظور تعیین ظرفیت‌دریچه‌های تخیله عمقی سد ورابطه‌آن با ارتفاع سطح آب هنگامی که‌هردو دریچه تحتانی بازمی‌باشند، یك‌سری اندازه گیری بازاءارتفاعات‌مختلف سطح آب درمخزن سد بعمل آمده که نتایج آن درنمودار زیر درج گردیده است.



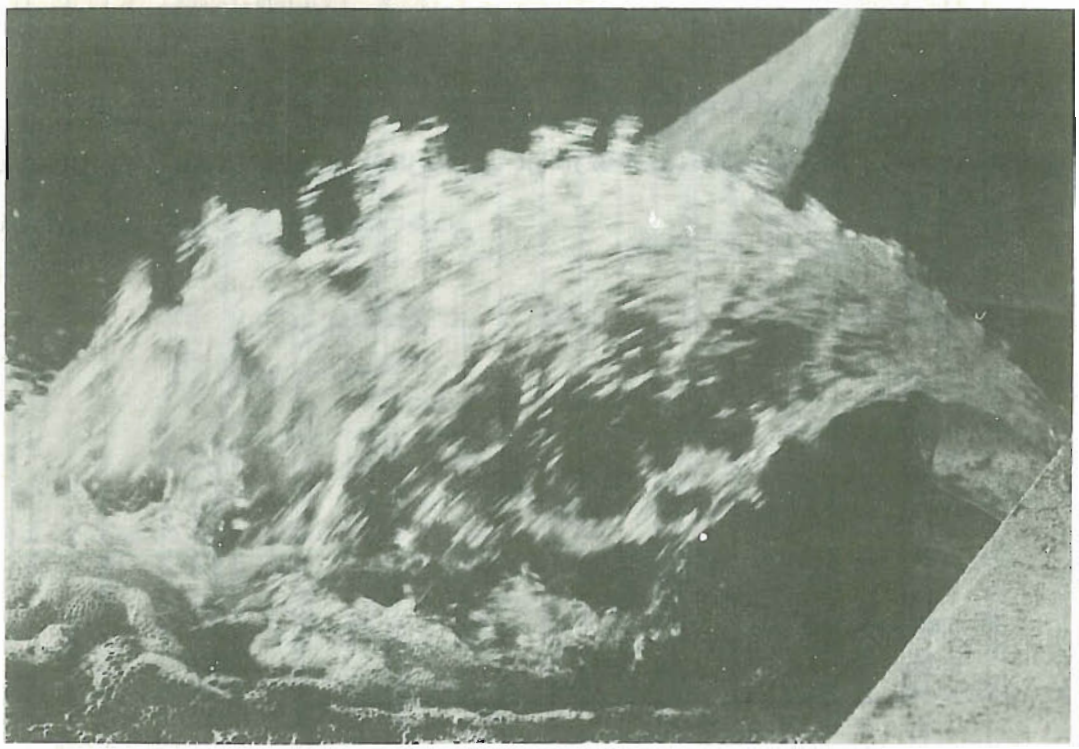
ج‌ـ فرسایش درپایاب سد

یك سری آزمایش بمنظور اطلاع از وضعیت فرسایش درپا یاب سد درحالتی که دبی خروجی از دریچه‌های تحتانی ۲۰۰ متر مکعب درثانیه است در دوحالت زیر بعمل آمده است:

۱ ـ پائین دست مدل با ماسه بقطر متوسط ۰/۵ می‌لیمتر پوشیده شده است.

۲ـ پائین دست مدل باشن بقطر ۱ تا ۲ سانتی‌متر پوشیده شده است.

باکمك خطوط میزان منحنی کهٔ ازپائین دست مدل سد برداشت گردید محل وعمق فرسایش مشخص شده است .



عکس‌شماره۱ مسیر جهش آب درخروج از تونل تخلیه دریچه تحتانی‌سد میناب دردبی۲۰۰ مترمکعب درثانیه، محل برخورد جهش آب با بستر رودخانه درفاصله ۴۵ متری دیواره پایاب سد قرار دارد .

(طرح‌نهائی)

نتیجه و پیشنهادات

اندازه‌گیری‌های انجام شده روی طرح‌نهائی مدل هیدرولیك دریچه تحتانی سدمیناب بامقیاس ۱:۴۰ نشان می‌دهد که:

۱ ـ آب در طول گالری تخلیه بازاء ارتفاعات مختلف سطح آب در مخزن به حالت آزاد جریان دارد .

۲ ـ خروج آب از منتهی‌الیه قاشقك بصورت جهش (جت Jet) بفاصله ۴۵ تا ۵۰ متری‌پایاب‌سد بداخل رودخانه پرتاب وبیشتر انرژی‌آن درهوا مستهلك می گردد . (عکس‌شماره۱)

۳ ـ از شدت جریانهای (برگشت) (ناشی از سقوط جت) درکناره دیواره‌های پایاب سد کاسته شده‌است.

۴ـ فرسایش درمحل سقوط جت بمیزان قابل ملاحظه‌ای کاهش‌یافته است.

باتوجه به‌نقشه‌های فرسایش پایاب سد که دراثر طغیانهای استثنائی تا ۱۲۰۰۰ متر مکعب درثانیه بوجود میآید (نقشه‌های فرسایش) (گزارش مدل هیدرولیك سد میناب) ونیز فرسایش ناشی ازسقوط جت آب بداخل رودخانه پیشنهاد می گردد که محل سقوط جت (پایاب سد تا فاصله ۶۰ متری) بوسیله‌قشری از گابیون محافظت گردد.

ضمناً جریانهای بادبی کم از لوله‌ای بقطر۰/۵ تا ۱متر که درکف قاشقك تعبیه میشودعبورنمایند

محاسبه ته‌نشینی رسوب در مخازن
با استفاده از روش هیدرولیکی

توسط

بسلاو کرداس(۱) و جرزی راتمسکی (۲)

ترجمه فیروز تربیت ـ مؤسسه بررسیها و آزمایشگاههای منابع آب.

مطالعهٔ مسئلهٔ ته‌نشینی رسوب در مخزن که نتیجهٔ آن کوتاه شدن عمر سد است از نظر فنی و اقتصادی حائز اهمیت فراوان می‌باشد . روشهای مهندسی متعددی برای تخمین ته‌نشین رسوب درمخزن وجود دارد که بعنوان‌مثال روشهای: بندیکت (۳) برلاندمیلر(۴) شامو(۵) وغیره‌را می‌توان ذکر کرد.

روشهائی که در بررسی مسائل علم هیدرولیك رودخانه‌ها متداول است اخیراً تعمیم داده شده و برای محاسبهٔ مقدار ته‌نشینی رسوب درمخزن نیز ازهمین روشها استفاده می‌شود.

دراین گزارش یکی از آخرین روشهائی که درانستیتوی هواشناسی واقتصاد آب کشور لهستان برای مطالعهٔ همین مسئله بکار رفته است شرح‌داده می‌شود.

در این روش پدیدهٔ ته‌نشینی رسوب در یك مخزن بکمك معادلات حرکت آب‌و رسوب مورد تجزیه‌و تحلیل قرار می گیرد .

ازحل این معادلات می‌توان مقدار رسوب ته‌نشین شده دریك مخزن‌را محاسبه نمود .

برای اینکه بتوان کاربرد این روش پیشنهادی‌را در یك مورد نسبتاً ساده‌ای شرح داد حالتی در نظر گرفته می‌شود که برای آن نمودار هیدروگراف جریان آبی‌را که بمخزن داخل می‌شود بتوان به‌یك شکل پلکانی تشبیه ساخت(مراجعه شود به‌شکل (۱).).

---

(۱) Boleslaw Kordas (۲) Jerzy Ratomski (۳) Benedict
(۴) Borland, Miller (۵) Shamow.

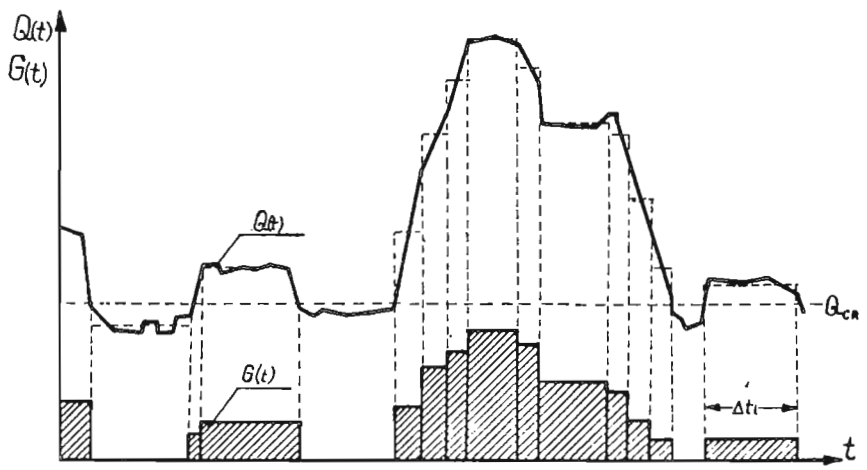
با ملاحظه شکل (۱) بسهولت آشکار می شود که سه تابع متفاوت مورد توجه می‌باشد که عبارتند از :

Q(t) تابع جریان آبی که به‌مخزن وارد می گردد.

G(t) تابع محموله جامدروی بستر که معین کننده مقدار رسوبی است که در واحد زمان به مخزن داخل می گردد.

QCr مقدار بحرانی جریان ورودی بنحوی که تجاوز از این مقدار «آغاز حرکت رسوب» را سبب می‌شود.

Q. 47 - R. 25



شکل (۱)

نمودار هیدروگراف جریان آبی که به مخزن داخل می‌شود.

Q(t) مقدار حجم جریانی که در واحد زمان به‌داخل مخزن وارد می‌شود.

G(t) مقدار رسوبی که در واحد زمان به‌مخزن وارد می‌شود.

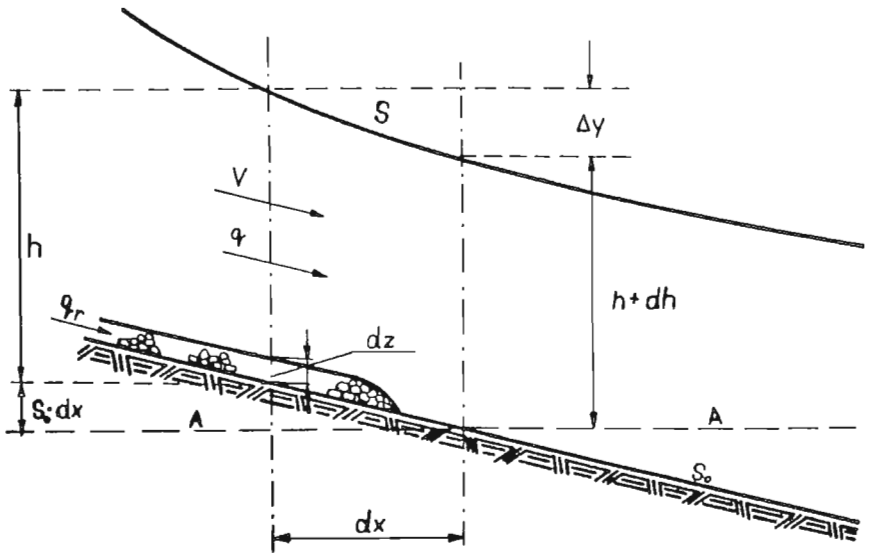
QCr مقدار جریان بحرانی .

از مطالعهٔ شکل فوق آشکار می‌شود که حتی برای جریان‌هائی که مقدار آنها ازحد بحرانی بیشتر می‌باشد رسوب به‌مخزن وارد نمی شود.

جانشین ساختن نمودار جریان واقعی با نمودار هیدروگرافی که بصورت پله‌ای است سبب می‌شود که در فاصلهٔ زمانی مفروض بتوان بعوض تابع غیر معین یك تابع معمولی را در محاسبات دخالت داد.

یك قطعه از مقطع طولی بستر با سطح آب برای حالتی که دراین گزارش بعنوان مثال مورد

تجزیه وتحلیل قرار گرفته درشکل (۲) نشان داده شده است .



شکل (۲)

یك قطعه از مقطع طولی سطح آب وبستر وهمچنین نحوه رسوب گذاری روی بستر.

منحنی پس زدگی سطح آزاد آب در مخزن را می‌توان بکمك معادلات حرکت متداول بیان نمود که عبارتند از:

(۱) معادله دینامیك $$S_o = \frac{dh}{dx} + \frac{V^2}{C^2 R} + \frac{d}{dx}\left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

(۲) معادله پیوستگی $$Q = F.V$$

حروفی که در دو معادله فوق بکار برده شده و مقادیری را که تعریف مـی کنند در لیست زیر مندرج می‌باشد .

S_o شیب بستر مخزن

h فاصله عمودی بین سطح آب وبستر نظیر آن

V سرعت متوسط در مقطع

C ضریب چزی

R شعاع هیدرولیك

g شتاب جاذبهٔ ثقل

Q گذر جریان

F مساحت نیمرخ عرضی

چنانـچه نیمرخ عرضی مـخزن شکل منظم داشته باشد باروش تحلیلی (۱) ودر صورت غیر منظم بودن باروش پله‌به‌پله (۲) می‌توان منحنی پس‌زدگی سطح آب‌را تعین نمود.

در مورد رسوب واقع روی بستر باید حرکت محموله جامدرا نیز مورد تجزیه وتحلیل‌قرارداد وبرای این منظورهم از دومعادله استفاده می‌شود که عبارتند از:

(۳) معادله پیوستگی برای‌حرکت رسوب $$\frac{\partial z}{\partial t} = -\frac{1}{B\gamma_s} \times \frac{\partial}{\partial x}(q_s \times B)$$

برای معادله دیگر که حرکت محموله جامدرا روی بستر بیان می کند از یکی از فورمول‌هـای متداول استفاده می شود .

در این گزارش فورمول مایرپتر (۳)بکار برده شده که عبارتست از:

$$q_s^{\frac{2}{3}} = 250 \times q^{\frac{2}{3}} \times S - 42/2 \times d_{50}$$

حروفی که در دو معادلهٔ فوق بکار برده شد ومقادیری‌را کـه تعریف مـی‌کنند در لیست زیـر مندرج می‌باشد

z ارتفاع بستر مخزن

B عرض مقطع‌سطح‌پس‌زدگی آب

γ وزن مخصوص رسوب

q_s مقدار رسوبی که در واحد زمان ازسطح مقطعی بعرض واحد عبور می کند

S شیب سطح آب

q حجم آبی که در واحد زمان از سطح مقطعی‌بعرض واحد عبورمی کند$\left(q = \frac{Q}{B}\right)$

d_{50} قطر اسمی‌دانه رسوب

در اینجا باید متذکر شد که درمسئله مورد بررسی در این نوشته «آغاز حرکت رسوب »آنقدر

---

(1) Analytic method (2) Step by Step method (3) Meyer Peter

مورد توجه نیست که مرحلهٔ نهائی تجمع (۱) دانه‌ها حائز اهمیت است . جهت رفع این اشکال باید ضرائب تصحیحی درنظر گرفته شود. مسلماً ممکن بود از فورمول‌های دیگری که برای محاسبه محموله جامد وضع شده‌اند استفاده کرد لیکن نوع فورمول باید طوری باشد که بتواند پدیده را به طرز دقیق تشریح کند وبعلاوه شکل ریاضی مساعدی نیز برای محاسبات داشته باشد. در مطالعاتی که در انستیتو انجام گرفته است علاوه برفورمول مایرپیتر فورمول های گن‌چارو، شکلیچ و مایرپیتر مولر نیزمورد بررسی قرار گرفته است .

دستگاه معادلات (۱) ـ (۴) براساس فورمول مایرپیتر شکل ریاضی مسئله را تعریف می‌کنند از ترکیب معادلات فوق می‌توان فورمولهای ساده‌تری بدست‌آورد.

ازترکیب معادلات (۱) و(۲) معادلهٔ زیر بدست می‌آید

$$\frac{dh}{dx}=\frac{S_0-\frac{Q^2}{C^2RF^2}}{1-\frac{\alpha Q^2B}{gF^3}} \qquad (۵)$$

در معادلهٔ فوق F معرف سطح مقطع و α ضریب سنت ونان (۱)می‌باشد

از ترکیب فورمول مایرپیتر (۴) با فورمول (۳) معادله زیربدست می‌آید

$$\frac{\partial z}{\partial t}=-\frac{1}{\gamma_s B}\times\frac{3}{2}\left\{B(250\times q^{\frac{2}{3}}\times S-42{,}2\times d_{50})^{\frac{1}{2}}\times[250\times(\frac{2}{3}\times q^{-\frac{1}{3}}\times\frac{dq}{dx}\times S\right.$$
$$\left.+\frac{\partial S}{\partial x}\times q^2)-42{,}2\times\frac{\partial d_{50}}{\partial x}]+\frac{\partial B}{\partial x}(250\times q^{\frac{2}{3}}\times S-42{,}2\times d_{50})^{\frac{3}{2}}\right\} \qquad (۶)$$

در حالت خاصی که سطح مقطع مخزن تقریباً یك مستطیل است معادلات (۵) و(۶) ساده شده و بصورت زیر درمی‌آید:

(۷) معادلهٔ سطح آزاد پس‌زدگی آب

$$\frac{dh}{bx}=\frac{S_c-\frac{n^2Q^2}{B^2h^{\frac{1}{3}}}}{1-\frac{\alpha Q^2}{gB^2h^3}}$$

(1) Accumulation (2) St. venant Coefficient

(۸) معادلهٔ رسوب

$$\frac{\partial z}{\partial t}=-\frac{۱,۵}{\gamma_s}\times(۲۵۰\times q^{\frac{۲}{۳}}\times S-۴۲,۲\times d_{۵۰})^{\frac{۱}{۲}}(۲۵۰\times q^{\frac{۲}{۳}}\times\frac{\partial S}{\partial x}-۴۲,۲\times\frac{\partial d_{۵۰}}{\partial x})$$

بعلاوه اگر چنانچه فرض شود که دانه‌های رسوب موجود در یك مقطع مفروض از مخزن به عرض «dx» بایکدیگر متفاوت نیستند معادلهٔ (۶) بوسیلهٔ معادلهٔ (۶ a) جانشین می گردد.

$$\frac{\partial z}{\partial t}=-\frac{۱}{B\gamma_s}\times\frac{۳}{۲}\Big\{B(۲۵۰\times q^{\frac{۲}{۳}}\times S-۴۲,۲\times d_{۵۰})^{\frac{۱}{۲}}[۲۵۰\times(\frac{۲}{۳}\times q^{-\frac{۱}{۳}}\times\frac{\partial q}{\partial x}\times S+\frac{\partial S}{\partial x}\times q^{\frac{۲}{۳}})]$$

$$+\frac{\partial B}{\partial x}(۲۵۰\times q^{\frac{۲}{۳}}\times S-۴۲,۲\times d_{۵۰})^{\frac{۲}{۳}}\Big\}\qquad(۶a)$$

. اگر چنانچه فرض‌شود که $\gamma_s=$ ۲٫۶۵۰تن بر متر مکعب می‌باشد می‌توان معادلهٔ (۸ a)راجانشین معادله (۸) نمود.

$$\frac{\partial z}{\partial t}=-۰/۱۴۱\times q^{\frac{۲}{۳}}\times\frac{\partial S}{\partial x}(۲۵۰\times q^{\frac{۲}{۳}}\times S-۴۲,۲\times p_{۵۰})^{\frac{۱}{۲}}\qquad(۸a)$$

بنابر این مسئله پیش‌بینی رسوب از نظر روش هیدرودنیامیکی باتوجه به‌آنچه فوقاً ذکر گردید منجر می‌شود به‌تعیین جواب‌راه‌حل‌های زیرین:

الف = در حالت عمومی جواب مسئله از حل معادله‌های (۵)و (۶) بدست‌می‌آید

ب = اگر « d = مقدار ثابت » باشد جواب مسئله از حل معادله‌های (۵) و (۶ a) بدست می آید .

ج = اگر «B = مقدار ثابت» باشد جواب مسئله از حل معادله‌های (۶) و (۸) بدست‌می‌آید.

د = اگر «B = مقدار ثابت و d = مقدار ثابت » باشد جواب مسئله ازحل معادله‌های (۵) و (۸ a) بدست می‌آید .

نظر باین‌که دستگاه معادلات غیرخطی حاوی مشتقات جزئی می‌باشد اگر شرایط مرزی‌وحدی پیچیده باشد از راه حل تحلیلی نمی توان نـتایج مطلوب بدست آورد . بدین علت روش حل عددی «اختلافات محدود» (۱) اساس مطالعه درنظر گرفته شد. دراین‌صورت بعوض معادلات (۵) و(۶) معادلات زیر بدست می‌آید .

معادلهٔ دیفرانسیل سطح پس‌زدگی آب درمخزن بصورت معادله با اختلافات محدود.

$$\triangle y=\frac{S_i+S_{i+۱}}{۲}\triangle x+\frac{\alpha(V_i^{۲}-V^{۲}{}_{i+۱})}{۲g}\qquad(۹)$$

---

(1) Numerical Method of Pinitedifferecns

همچنین معادلهٔ دیفرانسیل رسوب بصورت معادله با اختلافات محدود عبارتست از:

$$\frac{\triangle z}{\triangle t} = -\frac{1}{\gamma_s B}\left\{\frac{3}{2}B(250\times q^{\frac{2}{3}}\times S-42{,}2\times d_{50})^{\frac{1}{2}}[250\times(\frac{2}{3}\times q^{-\frac{1}{3}}\times\frac{q}{x}\times S+\frac{S}{x}\times q^{\frac{2}{3}})-\right.$$

$$\left.42{,}2\times\frac{d_{50}}{x}]+\frac{\partial B}{\partial x}(250\times q^{\frac{2}{3}}\times S-42{,}2\times d_{50})^{\frac{3}{2}}\right\} \qquad (10)$$

اگر چنانچه فرض شود که «$B=$ مقدار ثابت و $d=$ مقدار ثابت» این معادلات بنحوی که‌سابق گفته شد ساده می شود . دو روش حل برای تعیین جواب معادله های (۹) و (۱۰) بکار رفته است که عبارتند از :

روش I ـ دومعادله توأماً باهم حل شده‌اند.

روشII ـ هر معادله بطور جدا از معادلهٔ دیگر حل‌شده است وجوابی که از معادلهٔ (۹) بدست می‌آید درمعادله(۱۰) ازآن استفاده می‌شود وباالعکس.

حل نمودن دو معادله بطور توأم طبق روش I بطـور دیفرانسیل اکس پلی‌سیت (۱) تا حدود زیادی با اشکال مواجه می گردد .

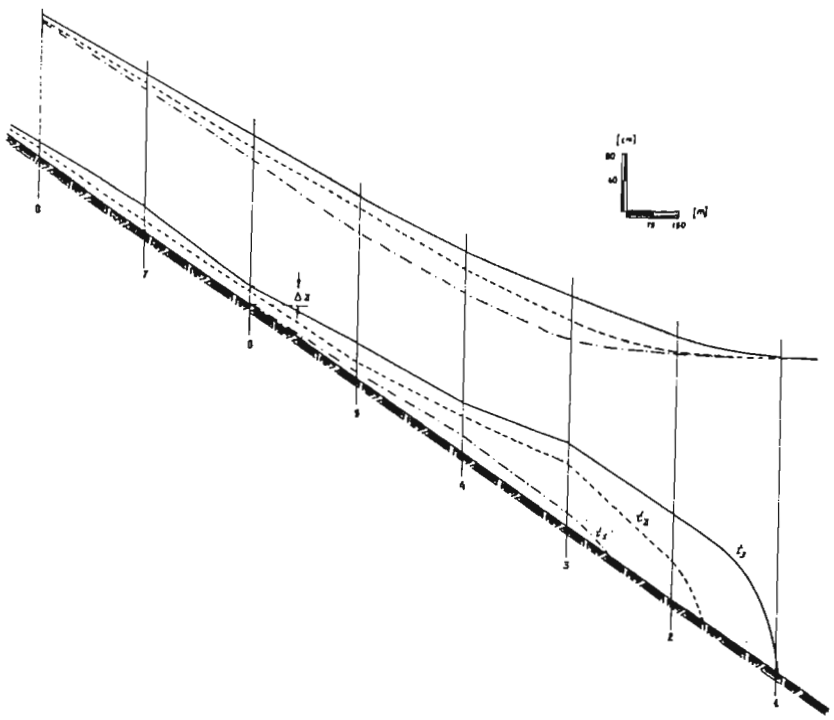
علت آن اینست که تأمین شرایط قاطع تعادل دراین طریقه انتخاب فاصله زمانی خیلی کوتاه را ایجاب می‌نماید.

اما اگر چنانحه حل توأم دو معادله بطور دیفرانسیل امپلی‌سیت (۲) صورت گیردچون بااستفاده از این طریقه جواب حاصل بسمت حالت تعادل میل می کند لذا تا حدود زیادی می‌توان فاصله زمانی‌را طولانی‌تر انتخاب نمود واز اینجا واضح می‌شود که با استعمال این روش محاسبات ساده گردیده ونتایج مطلوب سهل‌الوصول‌تر می گردد.

---

(۱) Numerical methodof finite differences

(2) Implicit differntial schemcs



شکل (۳)

مراحل ته‌نشینی رسوب درمخزن

ΔZ ازدیا ارتفاع کف مخزن

نمایش کف بستر مخزن پس از گذشت زمان t_1

نمایش کف بستر مخزن پس از گذشت زمان t_2

نمایش کف‌بستر مخزن پس از گذشت زمان t_3

برای بدست آوردن جواب روش دوم قاطع‌تر می‌باشد . دستگاه معادلات (۹) و (۱۰) از بین بقیهٔ معادلات انتخاب وبرای حل مسئله در نظر گرفته شدند . در اینجا است با استعمال شکل دیفرانسیل اکس پلی‌سیت آلگورتیم (۳) ساده‌ای بدست می‌آید اما باید در برنامه شرایط اضافی منظورشود.

این شرایط کامپیوتر را وادار می‌سازدکه اعمال‌زیررا انجام دهد

گذشتن از معادله (۹) به‌معادله (۱۰)، زمان محاسبه ، تغییرات ارتفاعات کف بستر $\left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)$ که از معادله (۱۰) بدست می‌آید، متوقف نمودن عملیات محاسبه و گذشتن مجدد از معادله (۹) برای تعیین شکل تغییر یافته سطح آزاد آب در مخزن

---

(۳) **Algorithm**

نتایج محاسبات فوق در مورد یك مخزن بعنوان نمونه در این گزارش ذکر می‌شود. مشخصات این مخزن با شرایط واقعی تاحدود زیادی تطبیق می‌نماید.

مقادیر عددی عبارتست از :

H – ارتفاع سطح آبی که در مخزن بالا آمده است = ۲۵ متر

$d_{۵۰}$ – قطر اسمی دانه رسوب = ۰٫۰۴ متر

$S_۰$ – شیب اولیهٔ بستر مخزن = ۴درهزار

n – ضریب زبری فورمول مانینك = ۰/۰۲۵

q – حجم جریانی که از واحد عرض عبورمی‌نماید = ۷٫۵متر مکعب برثانیه

$t_۱ t_۲ t_۳$ – طول مدت هریك از مراحل ته‌نشینی از موقع شروع آن $t_۱$ = ۲۲ ساعت $t_۲$ = ۱۱۰ ساعت $t_۳$ = ۱۷۵ ساعت

نتایج محاسبات در شکل (۳) نشان داده شده است. نحوه قرار گرفتن لایه‌های بعدی رسوب روی بستر و تغییرات ارتفاع کف بستر و همچنین تغییرات ارتفاع سطح آب در مخزن در شکل (۳) ملاحظه می‌شود .

نیاز آبی گیاهان

روشهای محاسبه

غلامرضا یوسفی دانشیار گروه آبیاری و آبادانی دانشگاه آذرآبادگان

خلاصه :

هدف از تهیه وتدوین این مجموعه، نشان دادن اهمیت‌توجه به‌امر آب و آبیاری وبویژه احتساب دقیق احتیاجات آبی گیاهان‌میباشد .

قسمت‌اعظم آبی که از طریق آبیاری ویانزولات بخصوص درمناطق خشك و گرم وبه سطح خاك میرسد ، مجدداً بصورت بخارآب به‌جو مسترد میگردد وآن قسمت از تلفات آب که بصورت بخارآب از سطح خاك خارج میگردد تحت عنوان تبخیر (EVAPORATION) وقسمت دیگری کـه توسط گیاهان خارج میگردد تحت عنوان تعریق (TRANSPIRATION) نامیده میشود ، که از نظر فیزیکی هردوحالت مشابه‌هم‌هستند ومجموع این‌تلفات را تبخیر وتعریق (Evapotranspiration) مینامندکه به نیاز آبی گیاهان نیز موسوم است .

دراین مجموعه سعی‌شده گذشته از یك‌مقدمه (درقسمت‌اول)، احتیاجات آبی گیاهان‌را براساس آمارورداده‌های هواشناسی به‌تفکیك عوامل حرارتی ، بیلان انرژی‌وسایر عوامل هواشناسی (درقسمت‌دوم) و احتیاجات آبی گیاهان براساس روش تعویض انرژی باتوجه به خاصیت‌آئرو دینامکی (در قسمت سوم) وتاثیرواحه‌وهمبستگی آن باعوامل آئرودینامیکی (درقسمت‌چهارم) تبخیروتبخیر ـ تعریق بانوجه‌به‌بیلان آبی‌خاك ـ مسائل ومشکلات مربوط به شرائط موجوددر مناطق‌خشك‌وکرم (در قسمت پنجم)واحتیاجات آبی گیاهان وبیلان آبی آنها (درقسمت ششم) مورد بحث نرار گرمته است که‌خلاصه آنهابشرح زیراست .

۱ ـ مقدمه :

از دیاد تصاعدی جمعیت از یکطرف ونیازبه احتیاجات موادغذائی‌بیشتر از طرف دیگرهمواره موجب‌بالابردن سطح تولیدات کشاورزی کشته‌وبدین‌جهت‌توجه به‌اهمیت به‌امر آب وآبیاری‌را بویژه در مناطق خشك‌وکرم روشن میسازد .

برای نیل به این‌هدف‌وباتوجه به محدود بودن مقدار نزولات سالانه دراکثرنقاطروی‌کره زمین ونیازهای اقتصادی همکام باتوسعه مناسع آبی‌در زمینه‌بهره‌برداری هرچه بیشتر از امکانات موجود ، محاسبه وتعیین مقدار تبخیر وتعریق گیاهان از اهمیت خاصی برخوردار است .

بطوریکه Simmldr,H° (۱۹۷۵) مجموع منابع ابی موجود برروی کره زمین را حدود ۱/۳۶ میلیاردمترمکعب تخمین‌زده است‌که از آن فقط ۱۴ درصد دراختیار استفاده انسانسها قراردارد . Schendel,U° (۱۹۷۳) بیلان آبی‌برروی‌کره‌زمین را به‌سه‌صورت زیر تقسیم کرده‌است .

الف ـ بیلان‌آب برروی اقیانوسها

ب ـ بیلان‌آب برروی خشکیها

ج ـ بیلان کلی آب برروی کره‌زمین براساس بیلان انرژی

نامبرده اضافه مینماید، اینکه گردش‌طبیعی آب‌واستفاده‌غیرمنطقی‌از ذخایر موجود مشکل‌ترنگردد، حفاظت جریانات وجلو گیری‌از آلودکی آبهایکی‌از وظایف‌مهم‌انسانهامیباشد وعوامل‌تقویت کننده‌آلودگی آبهاازقبیل‌فاضلاب، گردوغبار،رعدوبرق، گازهای حاصل از وسایط نقلیه وکارخانه‌جات واشعه رادیواکتوو عوامل تضعیف‌کننده ویا جلو گیری‌کننده از آلودکی آبها از قبیل برنامه ریزی صحیح و دقیق استفاده از فاضلابها ، زباله شهرها و استفاده مجدد از بقایای حاصل از مواد تضعیف‌کننده را نام میبرد.

Garbrecht,G. (۱۹۷۶) درمورد کمبود آب درآینده دراثرتجمع انسانها درشهرهای‌بزرگ اشاره میکندکه‌باید از هم‌اکنون درفکر تهیه ذخایر آبی دیگری بود تااز اینطریق بتوان‌گردش آب در طبیعت را همچنان به‌حالت طبیعی خود نگهداشت که تبدیل آبهای شور به شیرین را یکی از راه‌حل‌ها پیشنهاد مینماید .

Kemmerling,W. (۱۹۷۵) اضافه میکندکه درکلیه مسائل مربوط به استفاده اقتصادی آب باید تعادل اکولوژی مربوط به‌زمان مدت استفاده بیوتوپ‌ها مورد نظرباشدوکلیه امکانات بایدباتوجه به وسعت مناطق وتوسعه آینده آنها وحوضه‌های آبریز مشترك انجام گیرد .

Kalweit,H. (۱۹۷۴) مینویسدکه موسسات تحقیقاتی بهسازی محیط زیست باید درحفاظت ونگهداری مناطق موجود ازهم اکنون اقدامات لازم را بعمل آورند تاثسبت به آلودگی جریانات موجود جلو گیری گردد.

دانشمندانی چون Bock,G. (۱۹۷۰) و Billib,H. (۱۹۷۶) و Nemececk,E.P. (۱۹۷۶) اضافه مینمایند که درکلیه‌برنامه ریزی‌های اقتصادی آب بایداحتیاجات‌آبی‌سال ۲۰۰۰ وحفاظت‌ازآلودگی آنها را ازهم‌اکنون مورد توجه خاص‌قرارداد .

درزمینه‌های مختلف، تبخیروبیلان آبی مناطق خشك گرم گزارشات فراوانی ارائه شده‌است که از جمله میتوان Haude,w که تحقیقات ارزنده‌ای درمناطق خشك‌و گرم خاورنزدیك‌درسال۱۹۶۳ انجام‌داده است نام‌برد . نامبرده تشعشعات زیاد خورشیدی در مناطق خشك و گرم و کمبود رطوبت در خاك را مورد بررسی‌قرارداده است واضافه مینماید که‌فاکتورآب بصورت یك‌عامل موثرومحدودکننده پدیدار میگردد .

باتوجه به مسائل فوق ونظر به‌اهمیت‌موضوع‌باید وضعی پیش‌آید که در هرمنطقه همبستگی‌های همه‌جانبه بین‌تشعشات خورشیدی وعوامل کلیمائی وانواع کیاهان، هرکدام بطورجداگانه مورد بررسی قرار گیرد وبمنظور تعادل‌بیلان هیدرولوژی روش‌مناسبی بویژه برای مناطق خشك‌وگرم‌طوری تهیه وتنظیم گردد تابدین‌ترتیب‌بااستفاده‌صحیح‌از امکانات آبی‌موجود درهرمنطقه‌برمبنای‌مطالعات و بررسیهای‌دقیق وبر اساس اعداد دوارقام کافی جهت تعیین نیازآبی گیاهان آن منطقه بعمل آید تابدین ترتیب از پارامترهای متغیروموثر منطقه آگاهی کامل کسب گردد وضمناً میتوان بااتخاذ تدابیر لازم واقدامات اساسی برای‌بهبود رشد مناسب وازدیار عملکرد محصول گیاهان از طریق برنامه ریزی آبیاری براساس برآورد احتیاجات آبی گیاهان منطقه بعمل آورد .

۲ ـ احتیاجات آبی گیاهان براساس آمارودادههای هواشناسی ؛

محاسبه احتیاجات آبی گیاهان براساس آمارودادههای هواشناسی از چندین سال قبل شروع گردیده‌است . از اولین دانشمندانی که در این مورد تحقیقات ارزنده‌ای انجام داده‌اند میتوان Shantz–Briggs را نام برد که درسال ۱۹۱۶ از عوامل‌هواشناسی چون درجه حرارت ، رطوبت نسبی وتشعشعات خورشیدی را بیش‌از سایرعوامل جوی موردتوجه ومطالعات خود قرارداده‌اند.

Lowry – Johnson (۱۹۴۱) بمنظور محاسبه احتیاجات‌آبی گیاهان، فاکتورماکزیمم درجه حرارت روزانه راملاك عمل‌کارخودقراارداده‌ویك‌همبستگی‌خطی پیداکرده‌که فرمول آن‌بشرح زیراست.

$$U=0{,}00015 \ . \ H+0{,}9$$

BLANY وهمکارانش (۱۹۵۲) عوامل موثراحتیاجات‌آبی گیاهان را در تغییرات درجه حرارت جستجو کرده‌است و احتیاجات‌آبی گیاهان راحاصلضربی از نیروی تبخیرکننده (f) و ضریب گیاهی (K) دانسته‌که فرمول‌کلی‌آن بشرح زیرپیشنهاد گردیده است.

$$U=k.f$$

ضریب گیاهی (k) برای مناطق موردآزمایش‌خود که درغرب‌آمریکا انجام داده بدست‌آورد که مقدارآن بین۵۵ر۰ درمرکبات و۰/۱ دربرنجکاری متغیراست.

ACHTNICH , W. (۱۹۵۷) بردقت استفاده ازفرمول BLANNY صحه‌گذاشته است وضریب گیاهی (k) راتوسعه بیشتری داده ودیاگرام‌های خاصی‌بمنظوراستفاده ازنیروی تبخیرکننده بـرای عرض های جغرافیائی‌مختلف ارائه داده‌است .

THORNTHWEITH ; C W. (۱۹۵۶) مقدارپتانسیل تبخیروتعریق را درهمبستگی‌به متوسط درجه حرارت ماهیانه موردبررسی‌قرارداد وتشعشعات خـورشیدی رابعنوان عامل اصلی حرارت درنظـر گرفت وفرمول نهائی‌خودرا بشرح زیرارائه داده است .

$$e_c.ta$$

UHLIG , S. (۱۹۵۹) خاطرنشان میسازدکه فرمول فوق نتایج نادرستی بدست میدهد، زیراکه تعداد روزهای ماههای مختلف سال بین۲۸ و۳۱ روزمتغیربوده وفقط یك ماه ایده‌آل است کـه می‌تواند

روشنائی‌روزانه ۱۲ ساعت داشته‌باشد.

PENMAN , H. L. (۱۹۴۸) ازاولین دانشمندانی‌است که سایرعوامـل هواشناسی و عوامـل آئرودینامیکی که اساس‌متد تعویض‌انرژی راتشکیل میدهد ، درمحاسبات احتیاجات‌آبی گیاهان تأثیر داده است. نامبرده عقیده داردکه عمل تعویض‌انرژی طبقات مختلف هواکه دارای رطوبت های متفاوت است غالباً باتلاطم هوا همراه میباشد وفرمول نهائی‌خودرا بشرح زیرپیشنهاد می‌نماید.

$$Eo=\frac{H_T}{\triangle ۵۹(\triangle+\gamma)}+\frac{\gamma \cdot F \cdot Ea}{\triangle+\gamma}$$

دانشمندانی چون HALKIAS و VEIHMEIER و HENDRICKSEN انتقاداتـی در مـورد روش محاسباتی PENMAN وارد میسازند ، به ترتیبی‌عقیده دارندکه تبخیر درهنگـام شب‌قطع نخواهد شد و بهمین منظور در فرمول فوق‌که ازتفاضل دو مقدار LVINGSTON BLACK و LIVINGSTON WHITE آتمومتراستفاده شده‌است ، منظورنظرآنان راتأمین نمیکند وباتوجه به‌آزمایشات متعددی که‌انجام داده‌اند گرادیان همبستگی‌احتیاجات‌آبی گیاهان وارقام‌آتمومتر رابشرح زیرپیشنهاد میکنند.

$$U=S.D$$

BUSINGER J. A. (۱۹۵۶) اضافة مینمایدکـه ارتباط دادن تبخیر ازسطح‌آزادآب وتبخیر و تعریق‌یك منطقه باپوشش گیاهی کافی‌نبوده وفاکتورتجربی راتوسطیك ضریب (ε) که ازمقدار ETمستقیماً اندازه گیری شده جایگزین‌نمود وفرمول خودرا بشرح زیرارائه میدهد .

$$ET=\frac{\triangle HT+\gamma Ea}{\triangle+\varepsilon\gamma}$$

Schendel , U. (۱۹۶۷) روش محاسباتی خود را براساس بیلان انـرژی قرار داده وبیلان تشعشعات که از تفاضل تشعشعات کل خورشیدی وتشعشعات منعکسه نتیجه می گردد، بعنوان منبع انرژی در نظر گرفته است.

CIMPA F. O. (۱۹۷۲) اظهار میدارد مقدار آبی‌که تحت عوامل مؤثر میتواند تبخیر شود بستگی کامل به‌اختلاف فشار بخار آب اشباع($P_o - P_a$) وسرعت باد (W) دارد ومقدار آنراحاصل‌ـ ضربی از بیلان تشعشعات (H) ونسبت عکس‌گرادیان بخارآب اشباع وعدد ثابت پسیکرومتر میـداند و اضافه می‌نماید که مقدار تبخیر وتعریق (W) را میتوان با توجه به‌گرادیان منحنی فشار بخـارآب و عدد ثابت پسیکرومتر بشرح زیر محاسبه نمود .

$$W = d : \psi$$

و ضمناً فاکتور « گیاهی » را در این جا بصورت عامل تعریق (P) دخالت داده وعوامل مؤثر آن را طول مدت روز(D) ودرجه بازشدگی استماتها (S) میداندکه فرمول آن بشرح‌زیر است.

$$P - 1 : S \circ D$$

Brower , Ro (۱۹۵۶) اشاره می کند که تعریق کلا بهٔ درجه بازشدگی استماتها بستگی دارد و اضـافه می کند که هر قـدر درجه بازشدگی استماتها کوچکتر باشد عمل تعریق سریع تر انجام می گردد .

تنها ایرادی که به روش کار نامبرده وارد است، این که درآزمایشات خود گیاهانرا در تاریکی مطلق نگهداری کرده، درصورتی که گیاهان درطبیعت درتاریکی مطلق قرارنمی گیرند، زیرا که درمدت شب نیزحتی مقدار کمی نور وجود دارد و گیاهان نیز مقدار کمی انرژی نورانی دریافت می کنند:

۳ــ احتیاجات آبی گیاهان براساس متد تعویض انرژی باتوجه بهخاصیت ائرودینامیکی

متد تعویض انرژی اولین بار توسط Schemidt , w0 (۱۹۱۷) پیشنهاد گردید وسپس توسط Berger ــ landefeLd درسال ۱۹۵۳ توسعه پیدا کرد ونامبردگان متد جدیدی بشرح زیر ارائه دادهاند به ترتیبی که بخار آب از خاك بهداخل گیاه راه یافته وتا سطح پوشش اعضای خارجی گیاهان انتقال مییابد ودر بالای سطح مرزی پوشش تبخیر کننده گیاه، گرادیان غلظت رطوبت ویژه تشکیل می گردد که شیب آن با افزایش فاصله تقلیل مییابد و معادله زیر را بمنظور محاسبه تبخیر که فقط درحـالت غیرآدیاباتیکی قابل استفاده است پیشنهاد می نماید.

$$L = -Cp \ , \ A \ . \ \theta'$$

Huber , B. (۱۹۴۷) محاسبات خود را براساس کمی عوامل چـون بخار آبورطوبتویژه نسبی پایه گذاری کرده وفرمول زیررا بمنظور محاسبه تعریق پیشنهاد مینماید.

$$V = -C \ . \ A \ . \ q'$$

ULettau , H . (۱۹۴۹) درمحاسبات خودعوامل چون گرادیان متوسط باد(U') وپتانسیل کششی طبقات نزدیك خاك (t) وتراکم هوا (q) و سرعت اختـلاط +W را دخالت داده وفرمول زیررا پیشنهاد می کند .

$$V = -t \ . \ q' \ U'$$

Stocker , O . (۱۹۵۶) اظهار میدارد که متد تعـویض انرژی در حال حاضر نمیتواند نتایج خوبی بهمراه داشته باشد، زیرا که اندازه گیری گرادیان بخار آب بحالت غیرقابل قبولیصورت می گیرد و چون اجسام کوچك متلاطم رطوبت های متفاوتی را بخود جذب مینمایند ومانع از انجام اندازه گیری دقیق آنها خواهد شد .

Brogmus , W . (۱۹۵۹) فرمول زیر را بمنظور محاسبه تبخیردر طبقات مختلف آدیاباتیکی پیشنهاد مینماید .

$$V_{adiab_0} = \frac{q \cdot K^2 \cdot (q_1 - q_2) \cdot (U_2 - U_1)}{[Ln(\frac{Z_2}{Z_1})]^2}$$

Dammann , W. (۱۹۵۶) بمنظور محاسبه وتبخیر و غیر آدیاباتیکی طبقات حرارتی تراکم هوا (q) را توسط درجه حرارت مجازی (T_v) در رطوبت ویژه (q) وفشار هوا (p) را توسط فشاربخار آب (e) جابگزین نمود وفرمول نهائی خودرا بشرح زیر پیشنهاد می‌نماید.

$$V = ۱,۲۵ \cdot f^2 \cdot \frac{(e_1 - e_2) - (U_2 - U_1)}{TV.[Ln(\frac{Z_2}{Z_1})]^2}$$

۴ ــ تاثیر واحه وهمبستگی‌آن باعوامل آئرودینامیکی:

Schendel , U . (۱۹۶۷) درمورد واحه وتأثیر آن در میزان تبخیر وتعریق اشاره مینماید که غالباً مشکل است درآزمایشات کاملا از تأثیر واحه مصون ماند.

Eimern , j v . (۱۹۶۴) درمورد نتایج تحقیقات خود همبستگی میزان تبخیر وتأثیر واحه با توجه به‌وسعت و بزرگی منطقه اشاره می‌نماید که هرقدر منطقه مورد نظر با توان شعاع آن بزرگ‌تر شود مقدار تبخیر باندازه r بتوان ۱/۸۹ افزایش مییابد ومقدار تبخیر به‌نسبت وسعت منطقه تقلیل‌پیدا می‌کند وزمانی‌که r معادل بینهایت‌گردد مقدار تبخیر برابر صفر خواهد شد.

Turc , L . (۱۹۶۱) تحقیقاتی در مورد تأثیرات واحه را برروی میکروکلیمائی مناطق مختلف انجام داده است. نامبرده درمحاسبات خود نزولات، درجه حرارت، انرژی تشعشعات موجود وهم‌چنین فاکتور مربوط به پوشش گیاهی را دخالت داده وفرمول نهائی خودرا بشرح زیر پیشنهاد می‌نماید.

$$ETP = 0,13 \cdot \frac{T}{T+15} \cdot (Ig + Z0)$$

واضافه می‌نماید، چنانچه رطوبت نسبی هوا کمتر از ۵۰ درصد باشد، باید به فرمول فوق جمله $\left(1 + \frac{50 - h.r.}{70}\right)$ اضافه گردد.

UhlIg , S (۱۹۶۵) گزارشی در موردطرح آبیاری وزهکشی در منطقه واحه AL Hessa واقع در عربستان صعودی ارائه داده است واضافه می‌نماید که تأثیر واحه مثالی است برای آنچه که چطور در داخل یك منطقه خشك وگرم مقدار تبخیر با توجه به‌کافی بودن آب، بهمان نسبت ارقام بیشتری را نشان میدهد و مقدار تبخیر مناطق باپوشش با توجه بـه تأثیر مناطق بدون پوشش بصورت یك تصاعد خطی افزایش پیدا می‌کند.

۵ ــ تبخیرو تبخیر ــ تعریق باتوجه به‌بیلان آبی‌خاك

رطوبت ذخیره درخاك بویژه دربهار دربیلان آبی هرمنطقه اهمیت خاصی دارد. کـه البته مقدار

آن باتوجه‌به گزارش Uhlig , S . (۱۹۵۴) بستگی به نوع خاك ووضع توپوگرافی منطقه خواهد داشت.

Eriedrich , w. (۱۹۵۰) درانجام آزمایشات خود باین نتیجه رسیده است که خاك‌باپوشش و با بالا بودن سطح سفره آب زیر زمینی ، مقدار تبخیر وتعریق‌پتانسیل (ETP).بیشتری را نشان مـی‌دهد ، به‌طوری که بامقدار تبخیرازسطح آزادآبها (EP) مطابقت می‌نماید نامبرده درسال۱۹۵۷ فرمول‌محاسبه‌بیلان آبی‌را بشرح‌زیر ارائه داده است .

$$N = A+V+\Delta R$$

Kramer , D . (۱۹۷۰) اشاره می‌کند که PEP برووی سطح آزاد آبها حـد اکثر مقدار تبخیررا دارا می‌باشد و مناطق با پوشش گیاهی کمتر از پتانسیل تبخیر بوده کـه نسبت آن به‌محصولات گیاهی‌را بشرح زیر بیان میدارد .

$$SPQ = PET : Ertr.$$

واظهار میدارد که چنانچه مقدار SPQ افزایش پیدا کند، لذا مقدار محصول تقلیل مـی‌یابد، زیرا کـه مقدار بیشتری انرژی صرف تعریق خواهد شد .

Makkink – Hemst (۱۹۵۶) نتایج آزمایشات خود در زمینه تأثیرات نیروی مکشی‌آب خاك (S) را برروی نسبت تبخیر وتعریق حقیقی(E_R) وپتانسیل تبخیر و تعریق (E_D) بشرح فرمول‌های زیر پیشنهاد می کنند.

$$E_R = f(S)$$
$$E_R = F(E_P)$$

نامبردگان اضافه می‌نمایندکه با افزایش نیروی مکشی رطوبت خاك (S) حد اکثر مقدار ثابت E_R راکه می‌توان با EP یکی در نظر گرفت، تقلیل پیدا می کند وموقعی که رطوبت در خاك باندازه‌کافی وجود داشته باشد، بهمان نسبت که‌مقدار پتانسیل تبخیر وتعریق افزایش می‌یابد، سبب می گردد که نیروی مکشی رطوبت خاك فقط تاحد تبخیر وتعریق حقیقی (FR) تقلیل پیدا کند.

Janert , H . (۱۹۴۷) در محاسبات تبخیـر وتعـریق پتانسیل خود از فرمولPenman , H , ومحاسبه تبخیر وتعریق را از فرمول Haude , W استفاده کرده وفرمولی بشرح زیر ارائه میدهد.

$$E_P = (E-e)\ 01{,}5\ .T.\frac{2}{Q}$$

Gardner – Ehlig (۱۹۶۳) تأثیر رطوبت خاك برروی تعریق گیاهان وا مورد بررسی قرار داد وهمبستگی بین تعریق گـیاهان و نیـروی مکشی رطوبت خـاك را بـدست آورد و فرمـول زیر را ارائه می نماید .

$$Q = \frac{\delta - t}{I_P + b/k}$$

واضافه می‌کند که هرقدر عوامل موثر در تعریق کمتر باشد، بهمان نسبت نیروی مکشی گیاهان نیز کمتر خواهد بود که البته تغییرات آن بستگی کامل به‌نوع گیاهان خواهد داشت.

Slatyer , R . O . (۱۹۵۶) آزمایشاتی در شمال استرالیا در زمینه همبستگی بین خاك و گیاه و آتمسفر را با توجه به‌بیلان آبی انجام داده است واضافه می‌نماید که مقدار تبخیر وتعریق حقیقی زمانی که ذخیره آبی‌خاك نیز تقلیل پیدا کند، دائماً سیرنزولی دارد.

Baumann , H . (۱۹۵۴) عقیده دارد که احتیاجات آبی گیاهان درشرایط طبیعی غیراز خود گیاه وعوامل کلیمائی، بستگی به‌ذخیره رطوبت موجود در خاك‌داود.

Tanner C . B . (۱۹۶۰) محاسبه تبخیر وتعریق‌را براساس بیلان قائم انرژی پایه گذاری کرد واز آنجائی که بیلان انرژی مشخص کننده‌تعویض‌تشعشعات‌انرژی درسطح میباشد، بهمین منظورپریودهای انرژی خالص مثبت ویا منفی‌را بطور جداگانه مورد بررسی قرار داده است واضافه می‌نماید که مقدار تبخیر وتعریق گذشته از عامل حرارتی، بمقدار رطوبت موجود درخاك بستگی کامل‌دارد.

Haude , W . (۱۹۶۳) تحقیقاتی در مناطق با شرایط آب وهوائی گرم ونیمه گرم انجام داده وفرمول محاسبه تبخیر وتعریق حقیقی (Evt) را بشرح‌زیر ارائه میدهد.

$$Evt = Aq \cdot d_q : d_z$$

واضافه می‌نماید که مقدار تبخیر وتعریق‌را می‌توان از طریق بیلان حرارتی وبیلان انرژی‌بشرح زیر محاسبه نمود.

$$Q - B - L - V = O$$

نتایج تحقیقات وآزمایشات‌نامبرده از آنجائی که دراقتصادآبیاری مناطق خاورنزدیك قابل‌استفاده وبهره‌برداری است، مورد توجه خاص قرار گرفت .

Schendel , U . (۱۹۶۳) نیز آزمایشاتی درآفریقای جنوبی که دارای آب وهوای نیمه خشك است انجام داده واشاره می‌کند که تأثیر تشعشعات کل خورشیدی وطول مدت تابشی خورشیدی با توجه به‌حرارت ورطوبت هوا تأثیر خیلی شدیدتری از باد داشته‌اند ونامبرده فرمول زبررا باکمك‌ترموهیکرو- گراقی وبراساس‌اندیس‌های ترموهیگرو تهیه وپیشنهاد می‌نماید.

$$E = \frac{T}{H} \cdot F$$

Carnier , B . (۱۹۵۶) تحقیقاتی در نیجریه غربی انجام داده وفرمول زیر را بمنظور محاسبه PET پیشنهاد می‌نماید.

$$LogPFT_g = \frac{LogPET + (E - e) - LogA}{B}$$

Uhlig , S . (۱۹۵۴) اشاره می‌نماید که مناطق باشرایط آب وهوائی معتدل محاسباتی که باتوجه به‌عامل اختلاف فشار بخارآب محدود گشته‌اند، کلا نتایج رضایت‌بخشی در زمینه بیلان آبی بدست میدهند ، شدت کم تشعشعات و مقدار کم ساعات روشنائی این امکان را بوجود میآورند که فاکتور منبع انرژی دهنده بصورت یك تشعشعات دوجانبه غیر مؤثر ظاهر شود به ترتیبی کـه می‌توان از تأثیر آن چشم‌پوشی نمود .

۶ ــ احتیاجات آبی گیاهان زراعی و بیلان آبی :

Keller,R.(۱۹۷۰) تحقیقاتی در زمینه احتیاجات آبی گیاهان براساس بیلان آبی انجام داده وهمبستگی بین مصرف آب ووزن تشکیل ماده گیاهی را مقایسه کرده وفرمول زیررا پیشنهاد مینماید .

$$\mathrm{LogW}=\frac{\mathrm{LogF}^{۲}}{۱+\mathrm{LogF}}+\mathrm{L_t}$$

Hesse , W . (۱۹۵۶) تأثیر عوامل کلیمائی برروی شدت تعریق گیاهان را مـورد بررسی قرار داده ودرجه حرارت، کمبو درطوبت، سرعت باد ونسبت تشعشعات خورشیدی را ازعوامل مؤثر کلیمائی میداند که سبب افزایش تعریق میگردند .

Schendel , U . (۱۹۶۳) درطول مدت آزمایشات خود یك ضریب محاسباتی بین همبستگی عوامل کلیمائی وتبخیر وتعریق بدست آورده است و اضافه می‌نماید همبـتگی تبخیر و تـعریق حقیقی و پتانسیلی تا آن زمانی وجود دارد که رطوبت خاك به‌حداقل نرسیده باشد وهرقدر رطوبت موجود در خـاك به‌حد نقطه پژمردگی نزدیك‌تر شود ، بهمان نسبت عوامل کلیمائی درمیزان تبخیر وتعریق افـزایش پیدا میکند، که شدت آن بستگی کامل به‌درجه رطوبت خاك دارد.

Hubel , H . (۱۹۷۰) اشاره می کند که زندگی گیاهان خارج از رطوبت موجود درخاك بستگی به «نیاز آبی آنان» دارد ، زیرا که احتیاجات آبی یك گیاه با توجه به‌زمان رشد آن متغییر است وزمانهای آبیاری باید براساس پریودهای رشد گیاهی انجام گیرد وتأثیر رطوبت خاك هم باتوجه به‌زمان رشد گیاهان متفاوت است.

Bochsch ' R . (۱۹۷۲) درمورد تأثیر نیروی مکشی در مـورد جذب آب توسط گیـاهان این نتیجه‌را گرفت که گرادیان نیروی مکشی در گیاهان سبب ادامه‌حرکت آب درآوندهای گیاهان خواهدشد ودر حالت خاصی نیز گرادیان نـیروی مکشی برگ گیاهان با آتمسفر ایجاد می‌شود بطوری که خروج دائمی آب ازطریق برك گیاهان به‌آتمسفررا نتیجه می گردد.

Safar .N , H . (۱۹۶۸) نتیجه گـرفته است که رطوبت نسبی واختلاف فشار بخارآب مطلق هوا ونزولات ازعوامل مؤثر برروی نیروی مکشی می‌باشند .

Bozorgzadah , M . (۱۹۷۴) اشاره می کند که از روی نیروی مکشی گیاهان می‌توان زمان آبیاری‌را دقیقا تعیین نمود وبامشخص نمودن زمان دقیق آبیاری، میتوان محصولات کشاورزی‌را گذشته‌از کمیت. کیفیت آنهارا بطور قابل ملاحظه‌ای بالابرد.

Boland , P . r . (۱۹۷۱) با توجه به آزمایشاتی که انجام داده است نتیجه گرفت که در تغییرات نیروی مکشی ، عواملی چون رطوبت خاك ، رطوبت نسبی هوا ، درجه حرارت و همچنین باد تأثیر بسزائی دارند و خشکی های مداوم خاك سبب افزایش نیروی مکشی گشته‌و دراینگونه موارد با افزایش خشکی، تأثیر نوع خاك خیلی‌روشن‌تر می گردد.

نتیجه‌گیری :

تحقیقات و گزارشات محققان ذکر شده بما نشان میدهند که چقدر عوامل مربوط به انرژی و کلیمائی ضمن اینکه بایکدیگر در ارتباط هستند، دریکدیگر نیز مؤثرند، تا اینکه بیلان آبی گردش‌طبیعی خودرا طی نماید .

گیاهان ترسط فعالیت های نیروهای کربن‌گیری وتبخیری، از آب وانرژی بمنظور تشکیل ماده حیاتی خود استفاده مینمایند واساس زندگی‌آنان را تشکیل میدهد.

وظیفه ما اینست که از ذخایر آبی طبیعت بطریقه معقولی استفاده نمائیم واز آلودگی آنها جلوگیری بعمل آوریم وتوسط یك برنامه صحیح ضمن استفاده حداکثر آب ، توازن آنرا در طبیعت حفظ نمائیم. برای نیل به‌این هدف غالباً با محاسبات وفرمول‌های خیلی مشکل روبروهستیم، که درکلیه آنها سعی شده‌است، یك‌راه حل مناسب ومنطقی بما ارائه داده شود تا بتوانیم احتیاجات آبی گیاهان رابا توجه به‌امکانات موجود ودر بهترین شرائط بدست آوریم.

بشریت سعی دارد توسط استفاده هرچه بیشتر آب وبا توجه به افزایش روزافزون جمعیت و پیشرفت تکنولوژی گردش آب در طبیعت را بهم بزند اگر قادر باشیم این بیلان را در آینده به‌طریقی در حالت توازن‌نگهداریم، این وظیفه‌را در پیش خواهیم داشت که کلیه مسائل وامکانات‌موجود منطقه باتوجه به‌برنامه‌های صحیح استفاده از آب وتاسیسات‌مربوط به تنظیم آب با توجه به‌مسئله‌اقتصادی آن باید هرچه بیشتر کوشش نمائیم که گردش طبیعی آب درطبیعت‌را بحالت توازن نگهداری کنیم.

بررسی کیفیت آب قناتها وچاههای منطقه برخوار اصفهان

تهیه

شاپور حاج‌رسولیها و اکبر توتونی
انستیتو باغبانی دانشگاه اصفهان

خلاصه:

نظر باینکه منطقه برخوار اصفهان درطی قرون متمادی یکی ازمناطق مهم کشاورزی اصفهان بشمار میرفته واخیراً کارخانجات وشهرکهای متعددی دراین منطقه وبالاخص درمسیر جاده اصفهان- تهران متمرکز ویا درحال توسعه میباشند لذا روربروز برجمعیت این ناحیه افزوده میگردد. لذا بررسی کیفیت آب چاهها وقناتهای این منطقه نه‌فقط برای کشاورزی بلکه برای صاحبان صنایع، شهرکسازیها وبرنامه‌ریزان مملکتی نیز مفیدبوده وروی همین اصل باین بررسی اقدام گردید.

نمونه گیری وتجزیه آب قناتها وچاههای مورد بررسی ۸مرتبه در۸ماه پی‌درپی برطبق روشهای معمول نمونه‌برداری وتجزیه آب انجام ومیانگین تجزیه‌ها درجداول مربوط منعکس گردید.

میانگین قابلیت هدایت الکتریکی آبهای مورد آزمایش از۱۷۱۳ تا۵۱۵۱ میکروموز برسانتی‌متر متفاوت ولذا این آبها جملگی درزمره آبهای نیمه شوروشور قرارمیگیرند. باقیمانده خشك دراین آبها از۱۱۴۴ تا ۳۷۶۶ میلی گرم درلیتر متفاوت بوده ومعمولا باشوری آب رابطه مستقیم دارد.

اگرچه بعلت محدودیتهای زمانی ومکانی کلیه تجزیه‌های آزمایشگاهی لازم برای آبهای زراعی، صنعتی وشهری برروی نمونه‌های مورد آزمایش انجام نگردید معذلك ازنقطه‌نظر عناصری که مورد تجزیه قرار گرفت آبهای منطقه برخواررا میتوان بشرح ذیل مورد بحث وتجزیه وتحلیل قرارداد:

۱ ـ ازنقطه‌نظر مصرف آشامیدن کل میزان مواد شیمیائی محلول درآبهای مورد بررسی دراین پژوهش اغلب ازحدمجاز سازمان بهداشت جهانی (WHO) تجاوزمینماید معذالك این میزان درتعدادی از چاهها وقناتها ازحدزیاد EXcessive limit کمتربوده ودرجه سختی آبها نیزبالا میباشد ولی میزان فلوئور موجود دراین آبها اغلب ازمیزان موردنیازانسان کمتر میباشد.

۲ ـ ازنقطه‌نظر مصارف صنعتی بطور کلی هیچکدام از آبهای موردبررسی ایده‌آل نمیباشند.

۳ ـ ازنقطه‌نظر مصارف کشاورزی (آبیاری) تعدادی ازاین آبها درطبقه $C_۳ - S_۲$ یاآبهای با کیفیت متوسط وتعدادکمتری درطبقه $C_۴ - S_۲$ یا آبهای شورباخطرات ناشی ازسدیم متوسط قرار گرفته و تعداد دیگری از آبهای مورد تجزیه درطبقه $C_۴ - S_۳$ وفقط یك‌نمونه ازاین آبها درطبقه $C_۴ - S_۴$ قرارمیگیرند که این آبها هم‌ازنظرمیزان‌املاح جزو آبهای خیلی شوربوده وازنظرخطرات‌ناشی‌ازسدیم نیزنامناسب‌میباشند.

علیرغم کیفیت متوسط تا نامناسب آبهای موردبررسی، باتوجه به‌جنس‌خاك، وضع‌زهکشی‌زمین ومدیریت صحیح آب وخاك ممکن است ازاین آبها برای آبیاری گیاهان ویژه‌ای‌استفاده نمودوالبته‌بابکاربرد واریته‌های گیاهی مقاوم بشوری واعمال اصول‌صحیح مدیریت‌آب وخاك ازبسیاری از آبهای موردبررسی دراین پژوهش میتوان‌محصول نسبتاًخوبی را انتظارداشت.

مقدمه :

بررسی کیفیت آبهای زراعی، صنعتی‌وشهری دریك منطقه فوق‌العاده حائز اهمیت بوده بطوریکه نتیجه تجزیه‌آب کمکهای شایانی‌به برنامه‌های مورد نظـر درمنطقه خواهـد نمود (۴ و۵) نظرباینکه بلوك برخوار درطی‌قرون متمادی یکی‌ازمناطق مهم کشاورزی استان اصفهان‌بوده واخیراً کارخانجات‌متعددی در این منطقه وبالاخص درمسیرجاده اصفهان‌ـ تهران متمرکزشده‌است لذا روزبروز برجمعیت‌این‌ناحیه‌افزوده گردیده وبررسی کیفیت‌آب چاهها وقناتهای این منطقه نه فقط برای کشاورزان‌بلکه برای صاحبان صنایع ، شهرك سازیها وبرنامه ریزان مملکتی‌مفید خواهدبود. باتوجه بدلائل ذکر شده بالا این طرح بمورد اجرا گذارده شد .

روش تحقیق

۱ ـ نمونه‌برداری ـ نمونه‌برداری‌آب دربطریهای پلاستیکی‌سه لیتری‌که قبلاباآب چاه ویاقنات مورد نظر شسته شده‌بود انجام ومشخصات‌آب حاوی درجه حـرارت، تاریخ نمونـه برداری ومحل‌نمونه برداری روی بطریهانوشته وبلافاصله پس‌ازنمونه‌برداری ، نمونه‌های‌آب بآزمایشگاه منتقل و سعی گردید تجزیه‌های موردنظرباسرعت هرچه تمامتر(۲ الی۴روزه) برروی‌آمها انجام‌گیرد.

جدول شماره ۱ محلهای نمونه‌برداری شده وموارد استفاده ازآب رامنعکس‌می‌نماید .

۲ ـ تجزیه آزمایشگاهی : تجزیه کربناتها ـ بیکربناتها ـ کلرورها از طریق تیتراسیون بااسید ، تجزیه نیتراتها بروش Ferrous Sulfate — Zinc Soda وتجزیه سدیم ـ پتاسیم ـ کلسیم بروش‌فلیم‌فوتو ـ متری (۳)، تجزیه فلوئورها بروش‌آلیزارین زیرکوئیم بااستفاده ازفوتومتر، اندازه‌گیری سولفاتهابروش یدومتری (۱)، تجزیه منیزیم بااستفاده از دستگـاه اتمیك ابسوریشن‌زایس مـدل M4 QIII (۲) واندازه گیری میزان مواد محلول درآب بروش تبخیر در C ۱۰۵ (۵) انجام‌گردید .

---

* دانشیار ورئیس‌انستیتوباغبانی‌ـ دانشگاه اصفهان

** دکتر درداروسازی .

نتایج :

نمونه گیری وتجزیه آب قناتها و چاههائی که در جدول شماره یك منعکس گردیده است ۸ مرتبه در ۸ ماه پی‌درپی از آذرماه ۲۵۳۲ الی تیرماه ۲۵۳۳ انجام گردید که میانگین این تجزیه‌ها برای آب چاهها در جدول شماره ۲ و برای آب قناتها در جدول شماره ۳ درج گردیده است .

بطوریکه جدولهای شماره ۲ و ۳ نشان میدهند میانگین قابلیت هدایت الکتریکی آبهای مورد آزمایش از ۱۷۱۳ تا ۵۱۵۱ میکروموز برسانتی‌متر متفاوت بود. وبطور کلی این آبها جملگی در ردیف آبهای نیمه‌شور و شور قرار میگیرند.

ازبین چاهها ، آب چاه خرزوق باداشتن قابلیت هدایت الکتریکی ۵۱۵۱ میکروموز برسانتی‌متر شورترین و آب چاه دهنو باداشتن قابلیت هدایت الکتریکی ۱۷۷۵ میکروموز برسانتی‌متر شیرین‌ترین بوده وازبین قناتها آب قنات حبیب آباد باداشتن قابلیت هدایت الکتریکی ۳۷۴۹ میکروموز برسانتی‌متر و آب قنات شاهین شهر باداشتن قابلیت هدایت الکتریکی ۱۷۱۳ میکروموز برسانتی‌متر بترتیب شورترین و شیرین ترین آب قناتهای مورد تجزیه درمنطقه برخوار می‌باشند .

جدول شماره (۱) مشخصات منابع آبهای مورد آزمایش

شماره ردیف	نام محلهای نمونه برداری	نوع منبع آب	چگونگی استفاده از آب	عمق چاهها بر حسب متر
۱	شاهین‌شهر	قنات	آشامیدنی، زراعی	–
۲	محمود آباد	چاه	آشامیدنی، زراعی	۶۰ متر
۳	دستجرد	قنات	آشامیدنی، زراعی	–
۴	حبیب آباد	چاه	آشامیدنی، زراعی	۱۷۰ متر
۵	گز	قنات	آشامیدنی، زراعی	–
۶	خرزوق	چاه	زراعی	۱۲۰ متر
۷	علی آباد	قنات	آشامیدنی، زراعی	–
۸	کربه کند	قنات	آشامیدنی، زراعی	–
۹	امین آباد	چاه	آشامیدنی، زراعی	۱۰۰ متر
۱۰	حبیب آباد	قنات	زراعی	–
۱۱	مورچه خورت	قنات	زراعی	–
۱۲	دهنو	چاه	آشامیدنی، زراعی	۶۰ متر
۱۳	گرگاب	چاه	زراعی	۶۰ متر
۱۴	دلیگان	چاه	آشامیدنی، زراعی	۱۰۰ متر
۱۵	دولت آباد	قنات	آشامیدنی، زراعی	–
۱۶	سین	قنات	آشامیدنی، زراعی	–

جدول (۲) میانگین سالیانه نتایج تجزیه آب چاههای منطقه برخوار

محل نمونه برداری	درجه حرارت	pH	قابلیت هدایت الکتریکی بر حسب میکروموز برسانتی متر	باقیمانده خشک بر حسب میلی گرم در لیتر	غلظت برحسب میلی گرم در لیتر		غلظت برحسب میلی اکی والانت در لیتر								سختی کل بر حسب میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم	درصد سدیم	
					نیترات	فلوئور	بیکربنات	کلرور	سولفات	سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم				
خرزوق	۱۳/۳	۷/۳	۵۱۵۱	۳۷۶۶	۱۱/۱	۰/۳۳	۴/۹	۳۴/۷	۷/۱	۳۶/۱	۰/۲۷	۵/۸	۱۲/۶		۹۱۹	۶۵/۶	۱۱/۹
دلیگان	۱۴/۷	۷/۱	۵۰۴۶	۳۳۷۸	۲۲/۳	۰/۳۴	۴/۶	۳۳	۷	۳۰/۹	۰/۲۶	۵/۶	۱۳/۲		۹۳۴	۶۲	۱۰/۱
حبیب‌آباد	۱۴/۳	۷/۳	۲۶۶۲	۱۶۹۸	۵/۹	۰/۱۰	۵/۷	۱۷/۲	۵/۵	۱۶/۴	۰/۱۶	۳/۹	۶/۹		۵۳۹	۵۹/۶	۷
محمودآباد	۱۴/۲	۷/۵	۲۵۱۲	۱۷۳۰	۱۷۲	۰/۱۴	۵/۲	۱۶/۴	۵/۵	۱۶/۴	۰/۰۵	۳/۸	۶/۸		۵۳۲	۶۰	۷/۱
گرگاب	۱۵	۷/۲	۲۰۲۹	۱۳۳۹	۴/۶	۰/۳۱	۵/۴	۱۱/۲	۵/۵	۱۴	۰/۱۳	۳/۶	۵/۷		۴۶۶	۵۹/۵	۶/۵
امین‌آباد	۱۳/۹	۷/۵	۱۸۷۳	۱۲۸۵	۵	۰/۱۶	۴	۹/۹	۵/۵	۱۱/۷	۰/۲۳	۳	۵		۳۹۶	۵۸/۴	۵/۸
دهنو	۱۴/۹	۷/۳	۱۷۷۵	۱۲۵۵	۱۲/۶	۰/۱۰	۷/۲	۸	۴/۷	۱۲/۴	۰/۳۲	۳/۵	۵/۶		۴۵۵	۵۶/۷	۵/۹

جدول (۳)میانگین سالیانه نتایج تجزیه آب قناتهای منطقه برخوار

محل نمونه برداری	درجه حرارت C	pH	قابلیت هدایت الکتریکی برحسب میکروموزبرسانتی متر	باقیمانده خشک بر حسب میلی گرم در لیتر	غلظت برحسب میلی گرم در لیتر		غلظت برحسب میلی اکی والانت در لیتر								سختی کل بر حسب میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم	درصد سدیم	SAR
					نیترات	فلوئور	بیکربنات	کلرور	سولفات	سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم				
حبیب آباد	۱۳	۷/۷	۳۷۴۹	۲۶۲۸	۱۵/۷	۰/۳۵	۲۴/۳	۲۶/۹	۶/۳	۲۸/۴	۰/۱۸	۴/۴	۸/۶		۶۵۰	۶۸/۴	۱۱/۲
کریه کند	۱۴/۶	۷/۸	۳۱۱۷	۱۹۹۴	۱۱/۱	۰/۱۴	۴/۶	۲۰/۵	۵/۹	۲۰/۴	۰/۱۷	۴/۶	۶/۷		۵۰۸	۶۴/۲	۸/۶
علی آباد	۱۴/۲	۷/۹	۲۷۹۰	۱۷۹۹	۱/۷	۰/۱۱	۴/۵	۱۹/۱	۵/۶	۷/۹	۰/۱۷	۳/۴	۶		۴۶۵	۶۵/۳	۸/۳
سین	۱۴/۹	۷/۸	۲۷۸۹	۱۸۶۵	۸/۵	۰/۲۹	۴/۲	۱۸/۲	۵/۸	۱۹/۱	۰/۱۵	۳/۹	۵/۶		۴۸۲	۶۶/۳	۸/۷
مورچه خورت	۱۴/۷	۷/۷	۲۶۳۵	۱۷۳۷	۶	۰/۳۵	۵/۱	۱۷/۳	۶	۱۹/۱	۰/۱۴	۴	۵/۷		۴۸۵	۶۶	۸/۶
دولت آباد	۱۴/۵	۷/۸	۲۱۳۴	۱۳۵۵	۳/۶	۰/۱۶	۴/۸	۱۳/۲	۵	۱۴/۳	۰/۱۴	۳/۲	۵/۲		۴۱۹	۶۲/۶	۷
گز	۱۳/۸	۷/۹	۱۸۹۰	۱۴۰۲	۴/۶	۰/۲۰	۴/۶	۱۱/۷	۴/۶	۱۳/۸	۰/۱۳	۳/۲	۴/۳		۳۷۵	۶۴/۲	۷/۱
دستجرد	۱۴	۸	۱۷۹۱	۱۲۳۰	۱۵/۶	۰/۱۵	۴/۳	۱۰/۱	۴/۶	۱۳/۲	۰/۱۴	۳/۱	۴/۶		۳۸۳	۶۳	۶/۷
شاهین شهر	۱۶	۷/۸	۱۷۱۳	۱۱۴۴	۳	۰/۱۱	۵/۴	۸/۳	۴/۵	۱۳/۱	۰/۱۲	۲/۹	۴		۳۴۸	۶۴/۶	۷/۱

باقیمانده خشك دراین آبها از۱۱۴۳ تا۳۷۶۶ میلی گرم در لیتر متفاوت بوده و معمولا باشوری آب رابطه مستقیم دارد .

میزان فلوئور آبهای مورد آزمایش از۰/۱ تا۰/۳۵ میلی گرم درلیترمتغییر می‌باشد. سختی نمونه های تجزیه شده از۳۴۸ تا۹۳۴ میلی گرم درلیتر تغییرمی کند . کلوراین آبها از۸ تا ۳۴/۷ میلی‌اکیوالنت درلیتردرتغییر می‌باشد .

درصد سدیم[1] از۵۶/۷ تا ۶۸٫۴ و نسبت جذب سدیم یا SAR[2] این آبها از۵/۸ تا ۱۱/۹متفاوت می باشند .

اندازه گیری B و آلودگی میکربی در این آبها بعلت محدودیت زمانی و آزمایشگاهی انجام نگردید .

بحث :

اگرچه بعلت محدودیتهای زمانی‌ومکانی کلیه تجزیه‌های آزمایشگاهی‌لازم برای ارزیابی آبهای زراعی، صنعتی‌وشهری برروی نمونه‌های مورد آزمایش‌انجام نگردید معذلك ازنقطه نظرعناصری که مورد تجزیه قرار گرفت آبهای برخوار رامیتوان بقرارذیل موردبحث وتجزیه و تحلیل قرارداد :

الف ـ ازنقطه نظرمصرف آشامیدنی: کل میزان مواد شیمیائی‌محلول درآبهای مورد بررسی در این پژوهش‌اغلب ازحد مجاز سازمان‌بهداشت جهانی (WHO) تجاوزمینماید معذلك آب چاههای گرگاب امین‌آباد، دهنو وقناتهای دولت‌آباد ، گز، دستجرد وشاهین شهر ازحد زیاد Excessive limit کمتر بود (۴) ودربین کلیه آبهای مورد تجزیه آب قنات شاهین شهر کمترین میزان مواد محلول را دارا می‌باشد.

ازنظرمیزان سختی‌برای مصارف خانگی‌نیزهیچکدام‌ازآبهای موردبررسی‌ایده‌آل‌نبوده واستفاده ازدستگاههای سختی گیربرای خانه‌های منطقه برخوارتوصیه میکردد .

میزان فلوئور این آبها اغلب ازمیزان موردنیاز انسان کمتربوده واین کمبود بایستی بوسیله سایر اغذیه تامین‌شود .

ب ـ ازنقطه‌نظرمصارف‌صنعتی: بطورکلی‌هیچکدام‌ازآبهای مورد بررسی‌دراین‌پژوهش‌برای مصارف صنعتی‌ایده‌آل‌نبوده وبعلت‌سختی‌زیاد (جدول‌شماره۴) این آبها برای‌مصارف‌صنعتی‌مناسب نمی‌باشند (۴) .

$$۱-\%Na=\left(\frac{Na^{+}}{Ca^{++}+Mg^{++}+Na^{+}}\right)۱۰۰$$

$$۲-SAR=\frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{۲}}}$$

SAR = Sodium Absorption Ratio

صورت ومخرج کسرهای بالابرحسب میلی‌اکیوالنت درلیترمیباشد (۵) .

ج ـ ازنقطه نظرمصارف کشاورزی (آبیاری) : برطبق دیاگرام طبقه‌بندی آبهای کشاورزی (۵) ، آب قنات شاهین شهر، دستجرد، دولت‌آباد و گزوچاههای گرگاب ، امین‌آباد و دهنو درطبقه $C_۴-S_۲$ یـا آبهای باکیفیت متوسط قرارمیگیرند .آب چـاههای حبیب‌آباد ومحمودآباد هردو درطبقه$S_۲ - C_۴$ قرار گرفته وجزوآبهای شوربحساب‌آمده وازنظرشوری وزیانهای ناشی‌ازسدیم ایـن دوآب بیکدیگـرخیلی نزدیك می باشند .

آب چاه دلیگان وقناتهای حبیب‌آباد، کربه‌کند : علی‌آباد ، سین ، مورچه خورت در طبقه $C_۴S_۳$ قرارداشته والبته شوری این‌آبها یکسان‌نبوده وبترتیب از۵۰۲۶ تا۲۶۳۵ میکروموز برسانتی‌مترتغییر می‌نمایند وبدیهی‌است‌که دراین‌حالت‌آب قنات مورچه‌خورت باقابلیت هدایت الکتریکی ۲۶۳۵ میکروموز برسانتی‌متربامقایسه باآب‌چاه دلیگان‌باقابلیت هدایت الکتریکی۵۰۴۶ میکروموزبرسانتی‌مترازنظرشوروی

جدول شماره ۴ ــ سختی آبهای مورد تجزیه به‌نسبت نزولی

شماره	محل نمونه‌برداری	سختی برحسب میلیگرم درلیتر
۱	شاهین‌شهر	۳۴۸
۲	گز	۳۷۵
۳	دستجرد	۳۸۳
۴	امین‌آباد	۳۹۶
۵	دولت‌آباد	۴۱۹
۶	دهنو	۴۵۵
۷	علی‌آباد	۴۶۵
۸	گرگاب	۴۶۶
۹	سین	۴۸۲
۱۰	مورچه‌خورت	۴۸۵
۱۱	کربه‌کند	۵۰۸
۱۲	محمودآباد	۵۳۲
۱۳	چاه حبیب‌آباد	۵۳۹
۱۴	قنات‌حبیب‌آباد	۶۵۰
۱۵	خرزوق	۹۱۹
۱۶	دلیگان	۹۳۴

دارای کیفیتی بس‌بالاترمی‌باشد . همینطور ازنظرنسبت جذب سدیم (SAR) نیزبااینکه کلیه این آبها درطبقهٔ S_4 قرار گرفته‌اند معذلك نسبت جذب سدیم این آبها متفاوت میباشد .

آب‌چاه عمیق خرزوق درطبقه $C_4\ S_4$ قرار گرفته وازنظرمیزان شوری (قابلیت هدایت‌الکتریکی) ونسبت جذب سدیم (SAR) بالاترین رقم‌را مابین نمونه های گرفته شده در برخوار دارا میباشد وبطور کلی ازنظر کشاورزی کیفیت این آب فوق‌العاده بدواصولا برای یك کشاورزی موفقیت‌آمیزغیرقابل‌استفاده خواهدبود.

ناگفته نماند که علیرغم کیفیت متوسط تانامناسب آبهای موردبررسی، باتوجه‌به‌جنس‌خاك،وضع زهکشی زمین ومدیریت صحیح آب وخاك ممکن است ازاین‌آبها برای آبیاری گیاهان ویژه‌ای استفاده کرد (۵) والبته بابکاربرد واریته‌های گیاهی مقاوم بشوری واعمال اصول صحیح مدیریت‌آب وخاك از آبهای مورد بررسی دراین پژوهش میتوان محصول نسبتاً خوبی را انتظارداشت.

مراجع علمی:

۱ ـ علوی، علی‌اکبر. شهریورماه ۱۳۴۹ . آنالیز علمی‌آبهای آشامیدنی و زراعی و صنعتی. از انتشارات سازمان‌آب منطقه‌ای تهران، ۱۶۰صفحه.

2 _ Analytical Methods for Atomic Absorption , and Flame Emissiou . June 1968 . Carl Zeiss Co.

3 _ Chapman , H. D. and P. F. Pratt. 1961 . Methods of Analysis for Soils , Plants and Waters . University of California , Division of Agricultural Sciences . 309 pp .

4 _ Mckee , J. E. and H. W. Wolf , Ed. 1963 . Water Quality Criteria , Second edition , State of California , State Water Quality Control Board. Sacromento, California. 548 pp.

5 _ Richards , L. A. , Ed . , 1954 . Diagnosis and improvement of saline and alkali soils , U. S. D. A. , Hand book No. 60 . 160 pp.

آلودگی آبها و مسائل مربوط به جلوگیری و بازاستفاده آنها

غلامرضا یوسفی

دانشیار گروه آبیاری و آبادانی دانشگاه آذرآبادگان

پیشگفتار :

دراثرازدیاد تصاعدی جمعیت وفزونی‌مصرف ، توسعه هرچه بیشترتـولیدات کشاورزی احساس میشود واین گسترش تولیدات میتواند فقط ازطریق مکانزاسیون کشاورزی وبرنامه ریزی صحیح استفاده ازمنابع آبی حاصل میگردد .

برای نیل باین‌هدف وباتوجهٔ به محدودبودن مقدارنزولات و نیازهای اقتصادی همگام با توسعه منابع آبی درزمینه بهره‌برداری هرچه بیشترازامکانات آبی، بازاستفاده ازآبهای آلـوده ومستعمل وهرز در کشاورزی وصنایع کشورما ازاهمیت خاصی‌برخوردار خواهد بود . بطوریکه‌آمارنشان میدهند ، تـولید فاضلاب درجهان ازمقدار ۴۰ لیترسرانه در روزبه ۱۰۰ تا ۲۰۰ لیترسرانه در روز وحتی‌درشهرهای صنعتی‌تا ۴۰۰لیترسرانه در روزبالـغ گردیده است. لذاپیش گیری ازآلودگی آبها و کنترل‌آنها درچهارچوب‌حفاظت ونگهداری منابع آبها ازجملهٔ مسائلی‌است که ازهم اکنون‌باید موردتوجه خاص‌قرار گیرد.

درجهت تحقق‌بخشیدن باین‌هدف درتـابستان ۲۵۳۶ بـااستفاده ازبورس تحقیقات علمی آلمان فدرال درانستیتو آبیاری وبهسازی محیط زیست دانشگاه یوستوس فون‌لیبیگ وسایردانشگاهها وموسسات تحقیقاتی‌درجانب‌کاراصلی‌خود درزمینه‌آلودگی آبها نیز اطلاعاتی کسب نموده‌ام . نمونه‌ای از فعالیت‌هـا خلاصه گزارش موجود میباشدکه از گزارش آقای Pref. Dr. W. J. Muller استاد دانشگاه فنی‌دار ـ مشتات تهیه وتدوین‌نموده‌ام .

۱ــ مقدمه :

درشهرهای بزرگ وبویژه صنعتی جریانات سطحی‌طبیعی کم وبیش درمعرض‌خطرآلودگی قرار دارند، زیراکه انسانها بمنظوربهره برداری‌های همه جانبه مرتباآبهای منطقه را مـورد استفاده قرار داده و سبب آلودگی آنها میشوند .

آلودگی جریانات سطحی یا ازطریق هدایت فاضلاب شهرها ، قصبات و کارخانجات صورت می گیرد و یا توسط حوضه‌های آبریز مناطق مجاور کـه استفاده کشاورزی و جنگلکاری و یـا مصارف صنعتی دیگر دارند .

کیفیت آبها و درجه آلودگی آنها در جریانات طبیعی بستگی به عوامل مـوثر منطقه دارد که باتوجه به فصول مختلف سال و فعل و انفعالات انسانها در امـر کشاورزی و یا صنایع ازمنطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است .

در دهسال اخیر آلودگی جریانات طبیعی بویژه درمناطق صنعتی و پرجمعیت و باتوجه به همه امکانات فنی یکی ازمشکلات اساسی محیط زیست گشته است. بهمین منظور سازمان‌های بین المللی ازقبیل OECD, WHO بمنظور مبارزه با آلودگی آبها و پاکسازی محیط زیست فعالیت‌های همه‌جانبه‌ای انجام داده‌اند و گرچه همه این تحرکات به نتیجه کامل نرسیده است ولی باید اذعان نمود که پیشرفت قابل ملاحظه‌ای بمنظور جلوگیری از آلودگی آبها بعمل آورده‌اند .

۲ـ کیفیت آبها و موارد استفاده آنها

کیفیت آبها بستگی کامل به نحوه استفاده آنها دارد که میتواند بیکی ازدوطریق زیر صورت گیرد:

الف ـ استفاده جریانات طبیعی بمنظور تامین آب آشامیدنی، استفاده های صنعتی نیروگاهها وهم چنین کشاورزی ودامپروری .

ب ـ استفاده جریـانات طبیعی بمنظور پرورش و تکثیر ماهـی ، استراحتگاهها کشتیرانی و ورزش‌های آبی .

استفاده ازجریانات بستگی به نوع بهره‌برداری آنها نیزدارد مثلا بـرای استفاده آشامیدن و یـا مسابقات ورزشهای آبی باید از کیفیت خوبی برخوردار باشد ولی بمنظور استفاده خنک کردن کارخانجات ویا استفاده کشتیرانی باید کیفیت دیگری داشته باشد. آنچه مسلم است درجه آلودگی آبها باید بحدی باشد کـه هدایت آنها به جریانات طبیعی باعث ازبین رفتن ماهیان ویاسایرجانورانی که در آبها زندگی میکنند نشود. حد آلودگی آبها نیز بستگی به نوع استفاده آنها دارد .

کیفیت آبها با توجه به نوع استفاده و حـدود بهره برداری آنها را مـی‌توان بشرح زیر تقسیم بندی نمود :

ـ آبهائی که بدون هیچگونه تعمقی میتوان بمنظور آشامیدن استفاده نمود که جزء کلاس A منظور میگردند .

ـ آبهائی که باتوجه به درجه آلودگی آنها باید باتعمق بیشتری مورداستفاده قرارداد واستفاده آنها در آشامیدن مستلزم سرمایه گذاری خواهدبود که جزء کلاس B منظور میگردند.

ـ آبهائیکه به حدبیشتری آلوده شده‌اند بامقداری‌فاضلاب مخلوط شده‌باشند وباتوجه به مقررات بهداشتی‌استفاده آنها در آشامیدن غیرقابل قبول‌است وجزءکلاس C منظورمیگردند.

ـ آبهائیکه به حدبسیارزیادآلوده شده‌اند وبامقداری فاضلاب مناطق کشاورزی وصنایع وکشتی - رانی‌مخلوط شده‌باشد وباتوجه به دارابودن مقادیرزیادی مواد معلق ویامواد مسموم‌کننده غیرقابل استفاده درآشامیدن میباشند وحتی‌بازاستفاده آنها درسایرموارد کشاورزی نیزامکان پذیرنخواهدبود. که جزءکلاس D منظور میگردند .

تقسیمات دیگری باتوجه به خاصیت بیولوژیکی‌همزمان باآزمایشات فیزیك وشیمیائی و زندگی گیاهان وجانوران وسایرشرائط طبیعی دیگروجود داردکه ابتدا توسط Mersson و Volkewitz تهیه شده وبعدهاتوسط Liebermann توسعه بیشتری پیداکرده ومتداول‌شده‌است که بشرح زیرخلاصه میگردد:

کیفیت آبهای کلاس I (آبهای تمیزوطبیعی)

موجودات Oligosaprobe

ازمشخصات مهم این‌نوع آبها وجود مقدارزیادی ازلارو حشرات وتعداد جوانه‌آنهاکمتراز۱۰۰ درمیلی‌لیتر ووجودکافی‌اکسیژن محلول میباشد .

مشخصات آنها برروی نقشه تیپ آبها «برنگ آبی» نشان داده میشود.

کیفیت آبهای کلاسII (آبهای طبیعی‌که تاحدودی‌آلوده شده‌باشند) :

موجودات β - Mesosaprobe

ازمشخصات این‌نوع آبها وجود انواع گیاهان وجانوران‌آبزی مثل‌جلبك‌ها حلزون ها خرچنگ های‌کوچك ولارو حشرات است وتعداد جوانه‌آنها کمتراز۱۰۰۰۰۰ درمیلی‌لیتربوده و وجودکم اکسیژن مصرفی است .

مشخصات آنها برروی نقشه تیپ آبها «برنگ سبز» نشان داده میشود .

کیفیت آبهای کلاس III (آبهای‌طبیعی‌که زیادآلوده شده باشند)

موجودات α - MESOSAPROBE

ازمشخصات آن وجود انواع مختلف موجودات وگلهای‌آبی توسط جلبك‌ها وتعدادجوانه‌آنها کمتراز۱۰۰۰۰۰۰ برمیلی‌لیتربوده وبالابودن اکسیژن مصرفی است.

مشخصات آنها برروی نقشه تیپ آبها «برنگ‌زرد» نشان داده میشود.

کیفیت آبهای کلاس IV (آبهای باآلودگی‌زیاد)

موجودات Polysaprobe

از مشخصات آن وجود انواع موجودات و تعداد جوانه‌بیشتراز یك‌میلیون در میلی‌لیتر وکمبود اکسیژن محلول میباشد.

مشخصات آنها برروی نقشه تیپ آبها «برنگ قرمز» نشان داده میشود.

در آلمان فدرال اغلب جریانات سطحی از کیفیت آبهای کلاس II و III وتعدادمحدودی به کلاس IV وتعداد خیلی کمی در کلاس I قرار دارند.

دریاچه‌های آلمان فدرال برای مثال Bodensee که از آب آن بیشتر بمنظور آشامیدن استفاده میشود، بطرف حالت ماندابی سوق پیدا کرده است، بطوریکه مقدار فسفات آن در ۱۰ سال اخیر خیلی افزایش پیدا کرده ورقمی بالاتر از ۲۰ میلی گرم درمترمکعب را نشان میدهد وهمچنین مواد نیتراته وازته نیز بهمان نسبت افزایش پیدا کرده ورقمی بالاتر از ۸۰۰ میلی گرم درمترمکعب را نشان میدهد.

آزمایشاتی که دراروپا و آمریکا انجام گرفته است، نشان میدهند که بیشترین دریاچه‌ها بطورسریع بحالت ماندابی افزایش میکنند وحفاظت آنها ازمسائل مهم بهسازی محیط زیست میباشد.

۳ ــ دلایل آلودگی جریانات طبیعی

تاکنون این چنین بنظر میرسید که جلوگیری از آلودگی آبها ازطریق ورود فاضلاب منازل وصنایع به سهولت امکان پذیر خواهدبود. امروزه آلودگی آبها یك سری مشکلات دیگری بهمراه دارد که در آینده بمراتب بیشتر خواهدشد.

آلودگی آبها بیکی ازطرق زیر امکان پذیر است:

الف ــ توسط فاضلاب شهرها، قصباب، کارخانجات ونیروگاهها

ب ــ توسط فاضلاب حاصل ازبارندگی‌های مناطق مسکونی وصنعتی مجاوروهمچنین فاضلاب خیابانها، فرودگاهها، تأسیسات مربوط به راه آهن وغیره

ج ــ توسط فاضلاب کشاورزی ودامپروری مناطق مجاور

د ــ توسط فاضلاب حاصل ازمناطق جنگلی

ه ــ توسط فاضلاب مناطق کشاورزی خصوصی که به فاضلاب عمومی متصل نیستند.

و ــ توسط فاضلاب محل‌های ذخیره زباله شهرها، کشتیرانی، تصادفات، وآلودگی هوا وغیره.

۳۱ ــ آلودگی آبها توسط فاضلاب منازل وصنایع

بیشترین درصد آلودگی جریانات توسط فاضلاب شهرها وصنایع نیروگاهها صورت میگیرد.

درجه آلودگی فاضلاب منازل شهرها وقصبات معمولا سرانه درروز ثابت است ولی مقدار آن در شهرهای بزرگ وپرجمعیت بمراتب بیشتر ازقصبات خواهدبود.

تکنیك تصفیه فاضلاب‌ها باتوجه به نوع مواد آلوده کننده آنها متفاوت است که کلا به دو صورت زیر میتواند صورت گیرد:

تصفیه مجزا: دراین‌سیستم فاضلاب منازل وهرز آب‌حاصل ازبارندگیهای غیرمترقبه‌توسط‌سیستم کانالیزاسیون بطورمجزا هدایت وتصفیه‌میگردد وبدین‌ترتیب کنترل کلی برروی آلودگی آبهارا امکان‌پذیر میسازد.

سیستم مرکب: دراین سیستم فاضلاب منطقه وهرز آبهای حاصل ازبارندگیها توسط یك‌سیستم کانالیزاسیون‌مرکب‌جمع آوری‌وتصفیه‌میگردد.

این سیستم طـوری تعبیه شده است کـه در زمـان بارندگی‌هـای شدید، مازاد آن بدون اینکه بدستگاه تصفیه خانه خساراتی وارد آید، توسط یك سرریز اطمینان اتوماتیك بخارج هدایت می‌گردد و تا زمانی که مجموع دو فضلاب از حد معینی تجاوز نکـند ، سرریز بسته خواهد بود و فاضلاب‌ها بطور مخلوط بطرف تصفیه‌خانه هدایت میگردد.

از محسنات سیستم مرکب اینست که در مواقع بارندگی‌های شدید سبب شست‌وشوی خیابانها وقسمت‌های‌دیگر منطقه‌شده‌وهمچنین مواد ته‌نشین‌شده درکانالهارا وارد تصفیه‌خانه می‌نماید ولی این‌عیب‌را نیز دربردارد که در زمانهای با بارندگی‌های شدید وطولانی مقدار زیادی ازفاضلاب‌ها بدون عمل تصفیه از طریق سرریز اطمینان بطرف جریانات طبیعی هدایت گشته وسبب‌آلودگی مناطق پائین ترمی‌گردد.

آزمایشاتی‌که در شمال، Northampton انگلستان صورت گرفته ، نشان میدهد، فاضـلابهائی‌که بدون تصفیه از طریق سرریز اطمینان وارد جریانات طبیعی میگردد حدود ۵/۲ درصد مواد BSBs و۱۸/۳ درصد مواد معلق سالانه وارد جریانات گشته وسبب‌آلودگی آنها میگردد.

مناطق غیر محدوده شهرها ویا قصبات که به سیستم کانالیزاسیون عمومی متصل نیستند بایدمجهز بیك سیستم خاص تصفیه باشند.

مثلا در سال ۱۹۲۸ فاضلاب حدود ۲۵ درصد جمعیت آلمان فدرال وحدود ۳۷ درصد جمعیت آمریکا وحدود ۴۵ در صد جـمعیت استرالیا به‌سیستم کانالیزاسیون عمومی متصل نبوده وازسیستم خاص منطقه‌ای برخوردار بوده‌اند بمنظور تقلیل درجه آلودگی فاضلاب‌ها احتیاج مبرم به تصفیه بیولوژیکی می باشد .

در آلمان فدرال ازسال ۱۹۴۵ تعداد زیادی سیستم کانالیزاسیون بـدون تصفیه بیولوژیکی احداث‌گردیده است .

درسال ۱۹۶۸ فاضلاب حدود ۴۵ میلیون نفر جمعیت آلمان فدرال به‌سیستم کانالیزاسیون متصل گردیده واز این مقدار، فاضلاب حدود ۲۲/۸ میلیون نفر از تصفیه بیولوژیکی برخوردار شده‌است.

فاضلاب صنایع خصوصیات دیگری نسبت به‌فاضلاب منازل دارند وکیفیت مواد متشکلـه آنها نیز بمراتب بیشتر متغییراست.

فاضلاب صنایع معمولا دارای موادزیر هستند:

۱ ـ فاضلاب کشتارگاهها، کارخانجات کنسروسازی ، کاغذسازی ، پارچه بافی همـراه بامقدار زیادی موادمعلقه می‌باشد.

۲ ـ فاضلاب کارخانجات قند، آبجوسازی، الکل‌سازی، چرم‌سازی وپشمبافی باکمبود اکسیژن بیوشیمی (BSB) و فاضلاب های کارخانجات تهیه پودر رختشوئی ورنك‌ریزی با کمبود اکسیژن شیمیائی (CSB) روبرو هستند . معمولا نسبت BSB به CSB در فاضلاب صنایع بطور تمایزی با فاضلاب شهری اختلاف دارد .

۳ ـ فاضلاب تعداد زیادی ازکارخانجات تهیه مواد آلی ، آلوده به مقدار بیشتری مواد اسیدی وقلیائی ویا مواد مسموم‌کننده می‌باشند .

فاضلاب صنایع بعلت دارا بودن مواد آلوده کننده زیاد، باید قبل از هدایت آنها به جریانات طبیعی تصفیه‌کردند وعمل تصفیه آنها بستگی به‌نوع ومقدار مواد متشکله آنها متفاوت‌است.

تصفیه فاضلابهای صنایع باید بمنظور مسائل‌زیر انجام‌گیرد :

۱ ـ تعادل بین مقدار آلودگی آبها درحالات طبیعی وغیرطبیعی

۲ ـ رساندن غلظت مواد متشکله فاضلاب ها از قبیل مواد تعلیقی، آلی ، BSBs به تناسب فاضلابهای شهری

۳ ـ تعادل مواد مضره مثل چربی، روغن، اسیدی وقلیائی ومواد مسموم کننده

۴ ـ تقلیل وتعادل حرارت فاضلاب صنایع‌که بمنظور خنك‌کنندگی استفاده میشوند.

درسالهای اخیر افزایش فاضلابهای صنعتی سبب‌گشته است که فاضلاب صنایع مجدداً در داخل کارخانجات استفاده‌گردد.

در آلمان فدرال حدود ۶۰ درصد فاضلابهای صنعـتی مجدداً باز استفاده میگردد وبا توجه به این اصل هنوز مقدار فاضلابهای صنایع بمراتب بیشتر از فاضلاب‌های شهری می‌باشد.

آمار سال ۱۹۶۳ در آلمان‌فدرال روشنگر این مسئله‌است، بطوری‌که فاضلابهای شهری وصنعتی مجموعاً به‌مقدار ۲۰۴۶۹۰۰۰ مترمکعب روزانه می‌باشدکـه حدود ۶۷ درصدآنها قبل‌از ورود به‌جریانات طبیعی تصفیه می‌گردند .

یکی از مشکلات مهم امروزی تهیه‌آب خنك کننده برای نیروگاههای حرارتی می‌باشد . این نیروگاهها بمنظور تولید ۱۰۰ مگاوات نیرو، حدود ۴ متر مکعب آب درثانیه آب خنك‌کننده نیاز دارد. نیروگاههای هسته‌ای بجهت اینکه به انرژی حرارتی کمتری نیازمند است احتیاج به آب خنك‌کننده بیشتری دارند که مقدار آن‌حدود ۷ مترمکعب درثانیه برای‌هر ۱۰۰ مگاوات تولید می‌باشد.

امروزه بمنظور پیشرفت سریع استفاده ازنیروگاهها درممالك پیشرفته، تهیهٔ آب خنك کننده مشکل بزرگی شده‌است.

آلمان فدرال درحال حاضر حدود ۱۵ میلیون متر مکعب آب روزانه احتیاج دارد. مجموع آب خنك‌کننده‌صنایع درسال۱۹۶۳ حدود ۳۰ میلیون‌مترمکعب روزانه‌بوده وبعبارت‌دیگر حدود ۱۱۰۰۰میلیون متر مکعب‌سالانه به‌جریانات‌طبیعی واردمی‌شود.

دراواخرسال ۱۹۷۰ قدرت کلیه‌نیروگاههای آلمان فدرال حدود ۵۰۰۰۰ مگاوات‌بوده‌وپیش‌بینی می‌شود کهٔ در ۱۰ سال آینده این رقم به حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات و سال ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰۰۰ مگاوات افزایش پیدا خواهدکرد.

آبهای خنك‌کننده صنایع بعلت افزایش درجه حرارت آنهاکه به‌جریانات طبیعی وارد می‌شوند وبویژه درزمانهای خاص‌مثلا درتابستان‌که جریانات از آب‌کمتری برخوردارند، بامشکلات بیشتری‌روبرو خواهند بود، زیراکه افزایش درجه‌حرارت‌آبها سبب تقلیل‌نیروی پاك‌کننده‌گی آنهااست بهمین‌سبب باعث مرك‌ومیر ماهیان وسایر موجودات زنده خواهدشد

۳۲ ــ فاضلاب‌های حاصل ازبارندگیها

درمواقعی‌که سیستم کانالیزاسیون شهرها وقصبات از نوع سیستم مجزا تشکیل یافته‌باشد، کلیه هرزابهای حاصل ازبارندگیها بطور جداگانه جمع‌آوری وتصفیه میگردد.

هرزآبهای بارندگیها مواد شست وشو شده خیابانها و سقف منازل‌را نیز همراه داردکه شامل مقدار زیادی موادمعدنی، BSB5 بوده و همچنین مواد مضره از قبیل گرد وغبار زباله، پوشش خیابان‌ها، باقیمانده لاستیك ومواد روغنی وغیره نیز می باشد . آزمایشاتی که اخیرا در آلمان فدرال صورت گرفته است، وجود اینگونه موادباعث‌تشدیدسرطان ومواد مقاوم‌خواهندشدکه ازنظربهداشت‌وسلامتی از اهمیت خاصی برخوردارند.

سیستم مرکب از این‌حسن برخوردار است‌که هرزآبهای حاصل از بارندگیهارا همزمان‌وبطور مخلوط جمع‌آوری می‌نماید. لذا بهتر است‌که ظرفیت کانال‌های جمع‌کننده در مواقع‌بارندگی‌های‌شدید وکوتاه مدت مثل آمریکای شمالی باندازه کافی درنظرگرفته شود. (۱/۵ تا ۳ برابر زمان عادی):ولی‌در اروپا که شدت بارندگی ضعیف‌تر ومدت آن نیز طولانی‌تر است مقطع کانالها باید بمراتب بیشتر یعنی

حدود ۶برابر زمان عادی در نظر گرفته شود.

درهرصورت در سیستم مرکب حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد هرز آبهای حاصل از بارندگیهای سالانه به تصفیه‌خانه‌ها هدایت میگردند . ازآنجائیکه هرزآب حاصل از بارندگی بویژه درمناطق صنعتی بامقدار بیشتری موادآلوده‌کننده ازقبیل مواد حاصل ازاحتراق وسوخت و BSB5 میباشد لـذا اهمیت آن هـا در آلودگی‌جریانات طبیعی‌ازاهمیت خاصی‌برخوردار است.

۳۳ ـ فاضلاب مناطق‌کشاورزی ومراتع

فاضلاب مناطق‌کشاورزی ومراتع دارای خصوصیات متفاوتی‌است، زیـرا فضولات حیوانـات توسط هرزآبهای بارندگی کـه مقدار زیادی مواد الی ونمك‌های تـرکیبات ازتـه وفسفر وهمچنین مواد فرسایشی‌بویژه مواد معدنی‌بهمراه خواهند داشت،که به جریانات طبیعی می‌پیوندنـد . آزمایشاتی‌که در آمریکا انجام‌گرفته‌است مواد حمل‌شده فاضلاب مناطق‌کشاورزی و مـراتع باتوجه به نوع فعالیت‌هـای کشاورزی مناطق مختلف متفاوت‌است. بطوریکه مقدار ازت اندازه‌گیری شده سالانه ۲/۸ تـا ۱۸۶ کیلو گرم درهکتار وفسفرسالانه ۰/۰۲ تا ۱۰ کیلوگرم درهکتاربدست‌آمده است. ولی درآلمان فدرال ، مقدار ازت سالانه حدود ۱۸ کیلوگرم درهکتار وفسفرسالانه ۰/۱۳ کیلوگرم درهکتارمشاهده شده‌است.

ازآنجائیکه مناطق مورداستفاده کشاورزی به‌نسبت مناطق مسکونی‌بمراتب وسیع‌تـر هستند لذا آلودگی‌آبها بهمان‌نسبت ازاهمیت بیشتری برخوردار است.

وسعت مناطق‌کشاورزی درآلمان‌فدرال به‌نسبت هرنفرجمعیت حدود ۰/۲۳ هکتار و در آمریکا حدود ۲/۵ هکتارسرانه میباشد: باتوجه به‌آزمایشاتی کـه درآمریکـا انجام‌گرفته‌است ، مقـدار مجموع ترکیبات ازت وفسفرشست‌وشوشده ازمناطق‌کشاورزی بمراتب بیشترازمناطق مسکونی‌است وبهمین‌دلیل جریانات سطحی‌بویژه دریاچه‌ها بحالت ماندابی گرایش پیدا میکنند.

۳۴ـ فاضلابهای مناطق‌جنگلی

فاضلاب مناطق جنگلی‌معمولا ازموادآلوده‌کننده کمتری برخورداراست وبهمین‌سبب نیزتصفیه آنهابمراتب سهل‌ترازسایر انواع فاضلابها خواهدبود.

آزمایشاتی‌که درآمریکاصورت گرفته‌است موادآلوده‌کننده موجود درهرزآبهای مناطق جنگلی به مجموع فسفردرسال حدود ۰/۸۴ کیلوگرم ، ۰/۸۸ کیلوگـرم و۰/۳۶ کیلوگـرم در هکتار ومتوسط ترکیبات فسفرمحلول حدود ۰/۰۰۷ میلی‌گرم درلیتر وازت‌های الی‌حدود ۰/۱۳ میلی‌گرم برلیتربوده‌ولی آزمایشاتی‌کـه درانگلستان‌به سال ۱۹۶۶ صـورت گرفته مواد مضره کمتراز ۰/۰۵ میلی‌گـرم درمترمکعب بدست‌آمده است.

۳۵ـ فاضلابهای مناطق‌کشاورزی‌که به سیستم‌کانالیزاسیون عمومی‌متصل نیستند

نظربه صنعتی‌شدن‌کشاورزی واستفاده‌آنها بصورتهای متمرکز وفشرده ، سبب افـزایش استفاده

کوره‌های معدنی و آلی گشته و کنسرو کردن مواد علوفه‌ای مشکلات بیشتری برای آلودگی آبها بوجود آورده‌است ، لذا درحال حاضر هدایت آبهای آلوده مناطق کشاورزی به جریانات طبیعی مشکل بزرگی در دنیا بوجود آورده‌است ، زیرا که هدایت فاضلاب سیلوها به جریانات طبیعی غلظت زیاد آنها به مواد معدنی ازمهمترین مشکلات آلودگی آبها بشمار میآید .

مناطق دامپروری نیز بعلت کمبودهای نیروی انسانی به‌سیستم مکانیزه تبدیل شده‌اند. آزمایشاتی که درسالهای ۱۹۵۶ تا ۱۹۵۹ در جنوب آلمان فدرال صورت گرفته است ورود اینگونه ضایعات حیوانی به‌جریانات طبیعی سبب آلودگیهای زیاد آنها شده وبویژه در مناطقی که از کوه‌های معدنی در زراعت آن منطقه استفاده شده است، مشکلات فراوانی در آلودگی آبها بهمراه داشته است. لذا باتوجه به‌مراتب‌فوق باید پیش‌بینی اینگونه مشکلات وبویژه پیش گیری آلودگی آبها در آینده ازهم‌اکنون صورت گیرد.

۳۶ــ آلودگی‌های سایر جریانات

گذشته‌از آلودگی جریاناتی که تاکنون موردبحث قرار گرفته‌است، یك سری جریانات غیرفصلی وغیرمترقبه نیز وجود دارد، که به‌جریانات طبیعی میپیوندند وباعث آلودگی آنها میشوند. یکی از همین مشکلات مربوط به‌فاضلاب مناطق خارج‌از محدوده‌ها میباشد. در آلمان فدرال مقدار زباله شهرهارا حدود ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم سرانه درسال تخمین میزنند ودر اثر ذخیره زباله‌ها، آبهای زیرزمینی توسط مواد معدنی‌وترکیبات ازته آلوده حتی‌سبب سختی آنها نیزشده‌است.

باتوجه به‌آزمایشاتی که درانگلستان صورت گرفته ، مشاهده شده‌است که غلظت آبهای زیرزمینی درمحل‌های ذخیره زباله بمراتب بیشترازسایرمناطق می‌باشد ومقدار آن حدود ۲۰ تا ۳۰ برابرغلظت‌فاضلاب منازل میباشد .

مناطق کشتیرانی نیزبعلت مواد زائد نفتی‌ویاروغنی سبب آلودگی جریانات خواهند شد . که مقدار آنرا درآلمان فدرال‌حدود ۱۰۰۰۰ تن درسال تخمین‌میزنند. مناطق مسابقات کشتیرانی‌نیزباهمین‌مشکل روبرو است،آماری که ازدریاچه‌آلمان بدست‌آمده ، مقدار آنها راحدود ۴۰۰۰ لیتردرسال برآورد می ـ کنند. مناطق استراحتگاهها و کمپینگ‌ها نیزکه به سیستم کانالیزاسیون عمومی‌متصل نیستند سبب آلودگی جریانات خواهند شد .

آلودگی هوا نیز در آلودگی آبها موثر هستند ،زیراکه مواد آلوده‌کننده موجود در هوا از قبیل گردوغبار، گازها،اکسیدهای فلزات،فنل‌هاوسایر عناصر مسموم‌کننده در اثر بارندگیها شسته شده و بداخل جریانات هدایت میکند .

۴ ــ امکانات فنی بمنظور جلوگیری از آلودگی آبها

آلودگی آبهارا میتوان‌بسهولت تقلیل‌داد ویاکلاجلوگیری‌نموده بویژه‌زمانیکه‌فاضلابهای موجود در منطقه اعم ازفاضلاب‌شهرهاصنایع‌ویا نیروگاهها‌توسط سیستم کانالیزاسیون عمومی وآبهای هرزحاصل از بارندگیهای مناطق‌خارج از محدوده ویامناطق جنگلی را بطور جداگانه هدایت وبیك سیستم مرکزی

واحدی جمع آوری وتصفیه نمود .

امکانات فنی بمنظور جلو گیری از آلودگی آبها بیکی ازطریق زیر امکان‌پذیر میباشد :

۴۱ ــ بهترکردن سیستم‌های جمع آوری‌کننده

از آنجائیکه سیستم‌های مجزاکننده برای فاضلاب منازل وصنایع‌قابل استفاده بوده وتصفیه‌هرز آبهای حاصل از بارندگیها،جاده‌ها،پارکینگها ومناطق صنعتی را دربر میگیرد ، لذا فاضلاب اخیر مستقیماً وارد جریانات طبیعی میشوند .

در سیستم‌های مرکب تصفیه هرزآبهای حاصل‌از بارندگیها منظورشده است، ولی‌دربارندگیهای شدید ویا غیرمترقبه قسمتی‌بدون عمل تصفیه‌بداخل جریانات راه پیدا میکند.البته سدهای‌ذخیره وتاسیسات تونل‌های زیرزمینی و غیره در اینگونه موارد میتواند از اهمیت خاصی برخوردار باشد . مثلا درشهر BOSTON امریکا یك پروژه تونل زیرزمینی احداث گردیدکه‌آبهای اضافی‌مخلوط مناطق مجاوربه‌وسعت ۶۸۵۰ هکتار را جمع‌آوری وهدایت‌مینماید.تونل‌مذکور بطول ۱۳/۷ کیلومتر وبظرفیت ۴۱۰۰ مترمکعب در دقیقه میباشد وهدایت این آبها بداخل اقیانوس توسط دولوله مقسم بقطر ۴/۲ متر وهرکدام بطول ۱۷۷۰ متر صورت میگیرد .

دریاچه‌ها را نیز میتوان از آلودگیها مصون نگهداشت، به‌ترتیبی‌که در اطراف آنها یك سیستم کانالیزاسیون احداث گرددکه آبهای آلوده قبل از ورود به‌آنها تصفیه شود مثالی در این مورد میتوان دریاچه‌های SCHLIERSEE , TEGERNSEE در آلمان فدرال را نام برد .

۴۲ ــ جلوگیری از ورود آبهای آلوده به جریانات طبیعی

با محدودکردن مواد آلوده‌کننده آبهای هرز ومستعمل میتوان از آلودگی جریانات‌جلوگیری بعمل آورد. این عمل از طریق‌کنترل‌کیفیت آبها با توجه به قدرت پاك‌کنندگی‌آنها امکان‌پذیر میباشد.در تصفیه فاضلابها مقداری مواد آلوده‌کننده درآنها باقی‌خواهد ماندکه مازادآن ازطریق قدرت‌پاك‌کنندگی خود جریانات صورت خواهدگرفت‌حدتصفیه این‌گونه آبهای‌آلوده بستگی به موقعیت‌خاص جریانات و یا دریاچه‌هاخواهد داشت‌که بهمین منظور در تصفیه آبهای آلوده قانون‌خاصی نمیتواند حکمفرما باشد .

بمنظور نهائی تصفیه فاضلاب‌ها ، مرحله سومی بنام تصفیه بیولوژیکی احتیاج است ،که تصفیه کلیه مواد باقیمانده ازقبیل مواد اضافی معلقه،نمك‌های مربوط به ترکیبات ازته و فسفررا بصورت رسوب دادن،جذب‌دیالیزالکتریکی،تعویض یونی،عکس‌العمل اسمزی ودنیترفیکاسیون‌انجام میگیرد.

دریاچه‌های مسدود بعلت ورود آبهای آلوده به فسفاتها بصورت ماندابی درمیایندواین عمل امروزه بدلایل افزایش سریع صنایع ومکانیزاسیون کشاورزی است، لذاجلو گیری ازعمل ماندابی فقط ازطریق تصفیه آبهای آلوده به فسفاتها امکان پذیر خواهد بود .

۴۳ ــ باز استفاده آبهای هرز مناطق کشاورزی ومراتع

فاضلاب مناطق شهری وصنایع که بدون عمل تصفیه بداخل جریانات هدایت میگردند باعث آلودگی بیش ازحد آنها خواهد شد واین عمل ضمن آلودگی باعث تقلیل قدرت پاك کننده گی جریانات نیز خواهدشد.

حد آلودگی آبها بستگی به مقدار وموقعیت خاص جریانات دارد، بطوریکه حداین مضرات در زمانهای کم آبی بیشتراز مواقعی است که‌ازآب کافی برخوردار باشد. قدرت پاك کنندگی جریانات همچنین به‌درجه حرارت آب نیز بستگی کامل دارد برای مثال درجه حرارت جریانات سطحی کشور آلمان فدرال حداقل صفر در زمستان و حداکثر ۲۰ تا ۲۵ درجه درتابستان میباشد. درجه حرارت تاثیر فراوانی نیز در پذیرش اکسیژن ازآتمسفر وفعالیت‌های بیولوژیکی آب دارد. وگذشته ازآنها تغییرات درجه حرارت به زندگی موجودات زنده درآب نیز بی‌تاثیر نیست برای مثال دیده شده، زمانیکه درجه حرارت آب به۲۵ درجه سانتیگراد برسد زندگی ماهیهای ازنوع فورل وزمانیکه به۳۰درجه سانتیگراد رسید ماهیهای ازنوع اردکی و زمانیکه به۳۵ درجه سانتیگراد رسید ماهیهای ازنوع خلیج درخطر است.

بااحداث حوضچه‌های ذخیره کننده میتوان از تغییرات ناگهانی ورود آبهای آلوده به جریانات جلو گیری بعمل آورد. توزیع وهدایت فاضلابها درطول مسیر یك رودخانه ویا دریاچه ازاهمیت خاصی برخوردار است. مسلماً زمانیکه جریانات ازآب کافی برخوردار باشد هدایت آبهای آلوده درمواقع پرآبی از مضرات کمتری برخوردار است، زیراکه دراثر مخلوطشدن باآب رودخانه ویا دریاچه رقیق‌تر گشته و درجه آلودگی آنها نسبت به‌حجم آب کمتر میگردد.

۴۴ــ افزایش قدرت پاك‌کننده‌گی جریانات

هرقسمت ازیك مقطع جریان رودخانه ویا دریاچه دارای یك قدرت پاك کنندهٔ گی خاصی خواهد بود که مقدار آن بستگی به مقدار آبگذری، نوع و وسعت مقطع وبویژه درجات مختلف حرارت آب دارد. برای مثال قدرت پاك کننده گی یك جریان در ۲۰ درجه سانتیگراد درحدی است که در درجات پائین‌تر یا بیشتر فرق دارد مقدار سرعت جریان درقدرت پاك کننده گی آبها تأثیر فراوان دارد برای مثال بمنظورعمل اکسیداسیون باید ارتفاع آب درجریانات که باسطح وسیع و سرعتی حداقل ۳/. متر برثانیه ویا بهتر۰/۶ متر برثانیه آنهم بصورت دائم ویکنواخت داشته باشد.

احداث آب‌بندهای ذخیره‌ای درطول رودخانه ازاهمیت خاصی برخوردار است، زیراکه دراثر جمع‌شده گی، آب سطح وسیع‌تری را بخود میگیرد وبدین‌ترتیب میتواند مقدار بیشتری اکسیژن از هوا دریافت نماید. دراینگونه موارد باید توجه شود که موادته‌نشین شده بمدت طولانی درطبقات زیرین آب جمع نگردد ومانع از تشکیل گازها گردد ویا سبب تجمع طبقات لجن زیاد شود.

تکنیك دیگر عبارتست از تغذیه مصنوعی جریانات در مواقع کم آبی بویژه درمواقع گرم سال است زیرا که مواد آلوده کننده آبها در مواقع آبگذری که دردرجات حرارت زیاد، درحداکثر فعالیت خود قراردارد وبمنظور تغذیه مصنوعی میتوان درمواقع پر آبی، آبهای اضافی را ذخیره نموده ویا ازطریق تغذیه جریانات پر آب ویا توسط پمپاژ ازسایر منابع آبی مجاور استفاده گردد. دادن اکسیژن مصنوعی یکی دیگر از امکانات حفظ وتقویت قدرت پاك کننده گی آبها میباشد این عمل میتواند ازطریق گذر آب ازروی سرازیرها وموانع ویا ازطریق نیروگاههای آبی وسایر امکانات مکانیکی ازقبیل بهم زنها انجام شود.

۴۵ــ بازاستفاده فاضلابها وآبهای آلوده وهرز آبها

آنچه مسلم است بمنظور حفاظت محیط زیست آلوده گی جریانات طبیعی باید تقلیل داده شود ویا کلاً جلو گیری بعمل آید. بویژه زمانیکه بعللی باید مورد بازاستفاده قرار گیرد. عمل تصفیه میتواند باتوجه به درجه آلودگی ونوع استفاده آن بصورت کلی ویا جزئی صورت گیرد بازاستفاده از فلاضلابها بیکی از موارد زیر امکان پذیر میباشد:

۴۵۱ــ بازاستفاده ازفاضلابها بمنظور آشامیدن

استفاده مستقیم از فاضلابها بمنظور آشامیدن بخاطر مسائل بهداشتی ومضراتی که ازنظر سلامتی بهمراه دارند، امکان پذیر نمیباشد. ولی زمانی قابل استفاده میباشند، که گردش آب ← فاضلاب ← آب در آنها صورت گرفته باشد.

البته در مواقعی که آب اضافی در منطقه وجود داشته باشد میتوان آبهای آلوده را رقیق نمود. بازاستفاده فاضلابها با توجه به موقعیت خاص منطقه‌ای تاحدودی امکان پذیر خواهد بود. مثال دراینمورد بازاستفاده فاضلاب در شهر Windhock واقع درجنوب افریقارا نام برد که مخلوطی ازفاضلابهای تصفیه شده وآب طبیعی برای آشامیدن مورداستفاده قرارمیگیرد.

ایجاد سفره‌های زیرزمینی مصنوعی یکی دیگر از امکانات بهره‌برداری از آبها بمنظور آشامیدن میباشد که درخیلی از مناطق مورد استفاده دارد. دراینجا میتوان مثالی ازمنطقه صنعتی Ruhr آلمان فدرال را نام برد که حدود ۶۰درصد آب آشامیدنی خودرا از آبهای زیرزمینی منطقه تامین مینماید.

۴۵۲ــ بازاستفاده آبهای مستعمل درصنایع

بازاستفاده آبهای مستعمل درصنایع منبع بسیار خوبی است، که باید گردش آب قابل استفاده ← فاضلاب آب قابل استفاده را طی کرده باشد وزمانی اقتصادی خواهد بود که اینگونه آبها بطوردائم ومداوم درصنایع مورداستفاده داشته باشند. البته درجه آلودگی آبها باتوجه به نوع صنایع حدمعین و مشخصی دارند. در آلمان فدرال بیش از ۶۰درصد آب مورداستفاده صنایع در گردش بازاستفاده از آبهای مستعمل راتشکیل میدهد.

استفاده مستقیم از آبهـای مستعمل درصنایـع آلمان فدرال بدلیل اینکـه از ذخایر طبیعی کافی برخوردار است، متداول نیست ولی در ایالات غربی ممالك متحده امـریکا بـرای تاسیسات پتروشیمی و تصفیه‌خانه‌های نفت ازفاضلاب شهرها استفاده مینمایند. درانگلستان نیز برای مثال در Stock _ ON _ Trent و Groydon و Scunthorpe از فاضلاب تصفیه‌خانه‌ها بمنظورخنك کردن نیروگاهها وصنایع فولادی خود استفاده مینمایند.

۴۵۳ــ بازاستفاده ازمواد ویژه زائد باقیمانده فاضلابها

بازاستفاده فاضلابهای صنایع بهتر خواهد بودکـه قبل‌از ورودآنها به‌دستگاه تصفیه‌خانه، قبلاً مواد زائد ازآنها دور گردد. بدینوسیله گذشته ازاینکه درعمل‌تصفیه تسریع خواهد شد بلکه اقتصادی‌ترهم خواهد بود.

فاضلاب معادن ذغال‌سنگ، تاسیسات گاز سایر صنایع مشابه دارای مقدار زیادی فنل، ترکیبات آمونیاك، سولفیت‌ها، سیانیدها، تیوسیانیدها ومواد قیری میباشند که قبل از هدایت آنها عمل تصفیه اولیه معمولاً ضروری است. تاازاین‌طریق مواد زائد امکان ترکیب را داشته باشند ومورد بازاستفاده قرارگیرد. برای مثال فنل‌ها را میتوان به‌کمك اکسیداسیون بابنزول تولوئول و ترکیبات مشابه، جذب ذغال موثر و مورد بازاستفاده قرارگیرد. درمناطق Ruhr و Emscher آلمان‌فدرال‌درتهیه فنل‌به‌نتایج خوبی‌دست‌یافته‌اند، بطوریکه درسال ۱۹۶۱ ازتعداد ۱۳ تاسیسات حدود ۳۵۲۵ تن فنل بدست‌آورده‌اند.

از فاضلاب‌کارخانجات چوب وکاغذسازی برای تهیه سلولز وکارخانجات سبزی و میوه‌جات و آبجوسازی وکشتارگاهها بمنظور تغذیه دامها مورد استفاده قرارگیرد.

۴۵۴ ــ بازاستفاده مواد زائد فاضلابها درکشاورزی

بازاستفاده فاضلابها برای‌کشاورزی بستگی‌به ارزش مـواد کودی‌آنها دارد. که‌البته گذشته از کیفیت آب بستگی به‌کیفیت خاك، توزیع نزولات، تبخیر، عوامل‌کلیمائی، سطح سفره‌آب زیرزمینی و سایرشرائط ونوع‌استفاده زراعی‌منطقه‌ای‌دارد.

انواع مختلفی‌ازمواد تشکیل دهنده‌آبهای‌آلوده بغیرازمواد مسموم کننده ویا مواد رادیو آکتیو کلا میتوانند ازموادکودی باارزش‌برخوردار باشند. بطورکلی‌آبهای مستعمل منازل وجریـانات سطحی که توسط فاضلابهای‌شهری‌آلوده هستند وهمچنین فاضلاب صنایع ازقبیل کارخـانجات شیر، قند، آبجو سازی ونشاسته معمولا، میتوان نیز در کشاورزی مـورد استفاده قـرارگیرند. بازاستفاده فاضلاب‌ها در کشاورزی‌گذشته از مصرف و بهره برداری آنها، میتوان از آلودگـی هرچه بیشترجریانات جلوگیری بعمل آورد.

بازاستفادهٔ فاضلابها در آلمان‌فدرال بعلت نبودن امکانات کافی‌و بویژه هزینه‌های زیاد درحمل‌ونقل و وسایل توزیع آنهافقط ۳ درصد در کشاورزی مورداستفاده دارند.

گذشته ازمواد مندرج درجدول فوق ، مقدار زیادی نیزنمك فلزات بصورت عناصرپرارزش و کمیاب وجود دارند که دررشد گیاهان بویژه مراتع ازاهمیت خاصی‌برخوردار هستند . البته وجود زیادی نمك فلزات خاصیت مسمومیت کننده داشته ووجود بر نیزبسیار مضراست . معمولاآبهای آبیاری نباید بیش‌از۰/۳ میلی گرم برلیتر آرسن ، ۰/۳ میلی گرم برلیتر بر، ۲ میلی گرم برلیتر روی ۵ میلی گرم برلیتر مس، ۰/۵ میلی گرم برلیتر کبالت و۰/۵ تا ۱ میلی گرم برلیترنیکل داشته باشند.

موجودات بسیار ریز درفاضلابها ، درحاصلخیزی خاکها بسیارموثرهستند، بطوریکه LIBEIG درصد سال پیش‌باین فکرافتاده بودکه بمنظورگردش طبیعی عناصر و حفظ تعادل حاصلخیزی خاك باید موادکودی بخاك داده شود وبهمین منظورپیشنهاد مینمایدکه از فاضلابها درکشاورزی استفاده گردد و اضافه می‌نماید دراستفاده ازفاضلابها درکشاورزی باید دقت کافی بعمل آید ،که فاضلابها بیش‌از حد معمول موادکودی نداشته باشد و درحالات غلیظ بهتراست آنها را باآب طبیعی‌مخلوط ورقیق نمود.

بمنظورحفظ سلامتی‌انسانها وحیوانات وجلوگیری از مضرات آنها باید بازاستفاده فاضلابها در کشاورزی‌ازقوانین‌خاصی‌برخوردارباشد که دررأس آن‌هامسئله‌بهداشتی‌قراردارد. این‌دستورالعمل درآلمان فدرال در فرم مخصوص استاندارد Din_19650 آورده شده‌است که مهمترین شرائط باز استفاده عبارتنداز:

الف ـ دربازاستفاده فاضلابها باید حداقل تصفیه بیولوژیکی‌صورت گرفته باشد و در استفاده از طریق آبیاری بارانی‌باید به‌آن کلرافزوده شود تا ازمضرات بوی نامطبوع جلوگیری بعمل آید.

ب ـ بمنظورسرایت بوی نامطلوب به مناطق مجاور ، باید در اطراف منطقه مذکور درختکاری شده‌باشد تامانع ازپخش آنها بمناطق مجاور گردد .

ج ـ بازاستفاده‌فاضلابهادرمناطقی که‌بمنظوراستفاده آب آشامیدنی‌درنظر گرفته‌شده‌اندممنوع است.

د ـ برنامه زمانی آبیاری باید دقیقاً آن‌چنان تهیه شودکه زمان آبیاری برای علوفه حداکثر ۱۴ روز قبل‌ازبرداشت ویا چرا دادن حیوانات قطع گردد .

هـ ـ بازاستفاده آبهای مستعمل زراعت‌های چغندرقند ویاعلوفه‌ای و سیب زمینی بمنظور استفاده کارخانجات ، تهیه بذر ودانه‌های روغنی‌و گیاهان سلولزی باید تا۳ هفته قبل ازبرداشت محصول و سیب زمینی‌بمنظورتغذیه انسانها وهمچنین‌غلات باید تازمان گل کردن مورداستفاده قرار گیرد. سبزیجات باید کلا باآب‌های غیرآلوده آبیاری شوند.

و ـ بازاستفاده آبهای آلوده غیربهداشتی درمناطق‌نزدیك محل‌های خاص‌بهداشتی‌ممنوع است.

کلا درآلمان‌فدرال بازاستفاده آبهای آلوده درکشاورزی رابعضی ازمتخصصین بمنظور حفظ سلامتی‌وبهداشت عمومی‌رد وبرخی دیگربمنظورحل مسائل مربوط به جلوگیری از آلودگی آبهاوحفاظت محیط زیست پیشنهاد می‌نمایند.

نکاتی درباره بازده اقتصادی آبیاری

پیشنهادی از

کمیته بازده آبیاری کمیسیون بین‌المللی، آبیاری و زهکشی

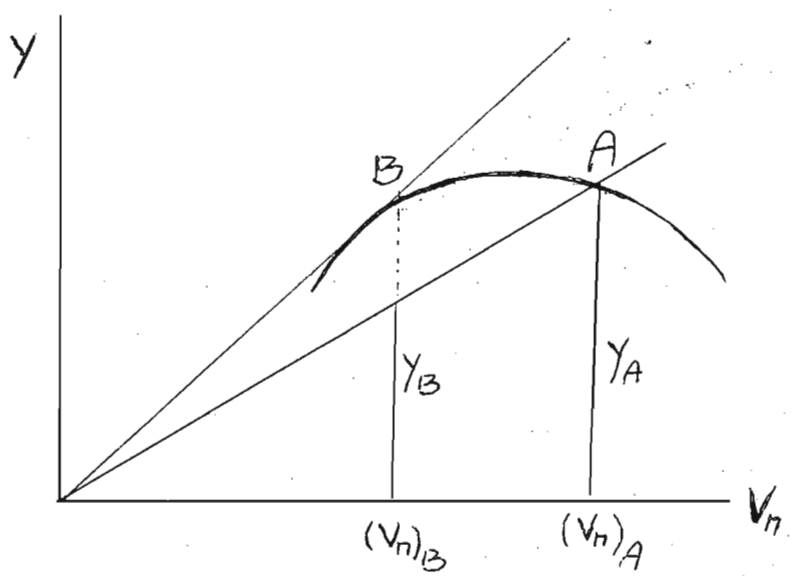
ترجمه: محمد ادیب

با فرض اینکه بازده عمومی یا کل آب آبیاری (e_g) باشد این مقدار برابر است بـا نسبت بین حجم آب قابل استفاده که در دسترس ریشه قرار گرفته (V_n) به کل حجم آب رسانیده شده برای این منظور که از منبع تهیه شده (V_t) که طبق رابطه زیر

$$e_g = \frac{V_n}{V_t} \qquad (1)$$

قبلا باید مفاهیم‌زیر را تعریف نمائیم

۱ـ منحنی تولید: که مربوط به واحد تولید کشاورزی (Kg/ha) به حجم آب ذخیره شده در منطقه ریشه (V_n) در واحد سطح میباشد (m^3/ha).



۲ـ تولید ویژه: نسبت بین Y/V_n

۳ـ ضریب تولید کشاورزی: عبارت است ضریب زاویه تانژانت منحنی تولید که ازنقطه O رسم میشود

$$C_P = \frac{Y_B}{(V_n)_B} \qquad (۲)$$

بعبارت دیگر ارزش عددی نسبت Y/Vn می‌باشد. در نتیجه C_P حداکثر تولید ویژه است.

۴ـ ضریب مصرف کشاورزی: که نسبت بین واحد تولید در هرنقطه (Y_x) و واحد حجم آب تهیه شود از منبع می‌باشد $(V_t)_x$ ویا

$$(C_u)_x = \frac{Y_x}{(V_t)_x} = \frac{Y_x}{(V_n)_x} \cdot eg \qquad (۳)$$

۵ـ بازده تولید کشاورزی: که نسبت بین تولید ویژه و ضریب تولید کشاورزی می‌باشد

$$e_P = \frac{Y_x/(V_n)_x}{Y_B/(V_n)_B} \qquad (۴)$$

با این فرض‌های اساسی می‌توانیم تعاریف زیر را داشته باشیم

بازده کشاورزی: که نسبت بین ضریب مصرف کشاورزی و ضریب تولید کشاورزی می‌باشد:

$$e_{ag} = \frac{(C_u)_x}{C_P} \qquad (۵)$$

با رعایت فرمولهای (۲) و (۳) و (۴) خواهیم داشت

$$\boxed{e_{ag} = C_P \cdot e_g} \qquad (۶)$$

با توجه به بازده اقتصادی مصرف آب آبیاری هنوز مسائل پیچیده زیادی مطرح می‌باشد. که با تعریف جنبه‌های زیر حل میشود.

$B = P - G$: کل‌هزینه ـ کل‌تولید = استفاده

در این رابطه:

Y = تولید در واحدسطح $= f(V_n) = F(V_t)$

S = سطح آبیاری شده

q = قیمت واحد تولید

C = ارزش کل در واحد سطح، که شامل میزان استهلاك و نگهداری تجهیزات می‌باشد اما ارزش آب آبیاری‌را در برنمی گیرد.

P = قیمت یك مترمکعب آب آبیاری

C_r = ارزش آب آبیاری $= P.V_t$

در نتیجه

$$B = S(Y \cdot q - (C + PV_t)) \qquad (۷)$$

ارزش سود بدست‌آمده بقرار زیر است.

$$n = \frac{B}{P \cdot S \cdot V_n} = \frac{Y \cdot q - (C + PV_t)}{P \cdot V_n} \qquad (۸)$$

وقتی‌که منابع آب محدود باشد مسئله مقایسه و رقابت اقتصادی پیش میآید.

مناسب‌ترین نقطه بهره‌برداری (M) بایستی از معادله‌های زیر بدست آید.

$$\frac{C}{q} = Y - V_t \cdot \frac{dY}{dV_t} \qquad (۹)$$

این معادله امکان میدهدکه مقادیر $M(V_t)$ و نتیجتاً $M(V_n)$ را از معادله(۱) تعریف کنیم بـا این اساس حال می‌توانیم مفاهیم زیر را تعریف نمائیم:

۱ـ ضریب تـولید اقتصادی: $(C'P)$: کـه از نسبت بین سود مناسب (B_M) و ارزش آب در دسترس ریشه نباتات بدست می‌آید $[(C'P)M = P(V_n)M \cdot S]$ که هست:

$$C'P = \frac{YM \cdot q - (C + P(V_t)M)}{P \cdot (V_t)M} = nM \qquad (۱۰)$$

که حداکثر مقدار n می‌باشد.

۲ـ ضریب بهره‌برداری اقتصادی $(C'u)$: که از نسبت بین سود B_x و ارزش آب رسانیده‌شده برای منظور معین بدست می‌آید.

$$(C'u)_x = \frac{Y_x - (C + P(V_t)X)}{P \cdot (V_n)X} = nx \qquad (۱۱)$$

۳ـ ضریب بازده اقتصادی (e_B)

$$e_B = \frac{n_x}{n_B} \qquad (۱۲)$$

در خاتمه با مراجعه به دومعادله‌آخر و با محاسبه‌فرمول‌یك $(V_n)_x = (V_t)_x \cdot eg$ و مامی‌توانیم بگوئیم‌که: بازده اقتصادی (e_c) از نسبت‌بین ضریب بهره‌برداری اقتصادی و ضریب تولید اقتصادی‌بدست می‌آید. یعنی:

$$e_c = \frac{(C'u)_x}{C'P} = \frac{nx}{nM} = \boxed{e_B \cdot e_g} \qquad (۱۳)$$

کنفرانس آبیاری و زهکشی تاشکند

محمدرضا فاطمی‌دزفولی ــ مهدی مبین

اولین کنفرانس منطقه‌ای کشورهای آسیایی و افریقایی آبیاری وزهکشی از تاریخ ۴ تا ۱۱ سپتامبر درشهر تاشکند پایتخت ازبکستان شوروی برپا گردید و متعاقب آن در روزهای ۱۲ و۱۳ و۱۴ سپتامبر برنامه گردش علمی انجام گرفت . دراینجا ابتدا شرح مختصری درباره ازبکستان داده میشود و پس از آن اشاره‌ای کوتاه به کنفرانس و گردش علمی خواهیم نمود.

ازبکستان ــ ازجمهوری‌های آسیای مرکزی شورویست ــ وسعت آن ۴۵۱۰۰۰ کیلومتر مربع و جمعیت آن ۱۲/۰۰۰/۰۰۰ نفر است ـ پایتخت آن شهر تاشکند بوده واز رودهای جیحون و سیحون و زرافشان مشروب میشود خاك این جمهوری شامل صحرای قزل‌قوم درغرب واراضی پرآب وحاصلخیز در شمال خاصه دره فرغانه و واحدهای خیوه، سمرقند ــ تاشکند و بخارا می‌باشد محصولات کشاورزی عمده آن پنبه، برنج وابریشم است. ازبکها (۰/۷۵ سکنه) گروهی ازمسلمانان ترك زبان میباشند که فرهنگ ایرانی دارند. آب وهوای ازبکستان در تابستان گرم وخشك وزمستان ابری ویخبندان است حداقل درجه حرارت دربعضی نواحی شمال زمستانها به ۳۰ درجه زیرصفر وحداکثردرنواحی جنوبی به ۵۰ درجه سانتیگراد در تابستان میرسد، میزان بارندگی دردشتها از ۲۰۰-۱۲۰ میلیمتر ودرتاشکند ۳۵۰ میلیمتر است ـ بطور کلی بارندگی در ازبکستان کم است بنابراین برای زراعت ناچاربه استفاده از آب رودخانه میباشند ـ بعلاوه استفاده از آبهای زیرزمینی نیزرایج است .

کشاورزی ــ محصول عمده ازبکستان پنبه است وازاین جهت آنرا سرزمین طلای سفید لقب داده‌اند مساحت کل اراضی قابل آبیاری آن ۳۰ میلیون هکتاراست وازاین مقدار درحال حاضر تقریباً ۳میلیون هکتار زیر کشت آبی است. درسالهای اخیر شبکه‌های آبیاری قدیمی را برای ۱/۳ میلیون هکتار تجدید ساختمان نموده وسالیانه قریب ۱۰۰ هزار هکتار جدید باراضی تحت شبکه‌های آبیاری افزوده‌اند . اراضی زیر کشت پنبه دراین اواخر ۴۶۸۰۰۰ هکتاربوده‌است. تولید سالیانه پنبه ازبکستان ۵ میلیون تن است که معادل $\frac{2}{3}$

تولید پنبه درتمام شورویست، اراضی‌این‌جمهوری از نظر کشاورزی به سه دسته تقسیم میشوند : نواحی کوهستانی که در آن بیشترزراعت دیم وباغداری انجام میشود - درنواحی‌قابل‌آبیاری بیشترمحصولاتی مانندپنبه ، برنج ، سبزیجات ، خربزه ، میوه وعلوفه‌کشت میشود . حدود ۰/.۶۰ سطح این جمهوری را مراتعی میپوشاند که درآنها گوسفند (قره‌گول) که شهرت جهانی‌دارد پرورش میبابد.

ساختمان شبکه‌های بزرگ آبیاری درسالهای اخیر در نواحی (دشت گرسنه) ، (دشت‌کارشی) فرغانه مرکزی ، شیرآباد ، چیرچیك، انگرن Angren ونیزدرحوضه سفلای‌آمودریا (جیحون) وزرافشان انجام‌گرفته‌است . البته درباره طرحهای‌آبیاری‌که دراین‌جمهوری اجرا شده مطالب بسیارمیتوان نوشت ولی‌چون برنامه بازدید منحصراً مربوط بدوطرح ازرودخانه زرافشان بود، بهمین‌اندازه اکتفا میشود ودر جای خود ازدوطرح مزبور گفتگو خواهیم نمود.

گزارش کنفرانس

همانطورکه دربالا گفته شد جلسات‌کنفرانس از تاریخ ۴ تا ۱۱ سپتامبر ۱۹۷۶ درکاخ شورای وزیران جمهوری ازبکستان درشهر تاشکند برپا بود دراین مدت ۲۷ مقاله از طرف نمایندگان ۴۲ کشور آسیایی و افریقایی قرائت‌گردید. علاوه برکشورهای منطقه آسیا و افریقا کشورهای دیگری بشرح زیر نمایندگان خودرا بعنوان ناظر به‌این‌کنفرانس اعزام نموده بودند:

چکسلواکی، آلمان فدرال، جمهوری دموکراتیك‌آلمان، بلغارستان، رومانی، انگلستان، ایالات متحده امریکا، مجارستان ویونان ـ ضمناً مؤسساتی مانند F.A.O وکمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی نیز به‌این‌کنفرانس نماینده اعزام نموده بودند.

موضوع ومحتوای نشریاتی راکه موردبحث قرارگرفت میتوان بشرح زیر طبقه‌بندی‌کرد:

۱ـ آبیاری وزهکشی وکنترل سیلابها بعنوان عوامل اصلی‌گسترش‌کشاورزی:

شرایط فیزیکی و جغرافیایی ـ امکانات استفاده از منابع آب ـ وضع آبیاری درگذشته وحال کشورهای منطقه ـ زهکشی وکنترل سیلابها واهمیت این موارد دراقتصاد منطقه.

۲ـ اطلاعات اساسی موردلزوم برای برنامه‌ریزی وطرح پروژه‌های منابع‌آب.

حداقل اطلاعات لازم درزمینه: هیدرومتئورولوژی ـ هیدروژئولوژی و اقتصادکشاورزی برای طرحها روش‌های فعلی جمع‌آوری اطلاعات، تشخیص وتعیین روشهای جمع‌آوری اطلاعاتی که‌درمراحل تهیه طرح، اجرا وبهره‌برداری موردلزوم هستند.

۳ـ مثالهایی از راه‌حل‌های موفقیت‌آمیزکه برای مسائل فنی، اقتصادی و اجتماعی آبیاری در شرایط مختلف اقلیمی و خاکشناسی بکار رفته، افزایش محصولات‌کشاورزی، مصرف آب جهت نباتات مختلف درشرایط مناسب، ویژگیهای طرح شبکه‌های‌آبیاری و زهکشی، آبیاری باپمپاژ، روشهای پیشرفته جهت‌کنترل شوری وقلیائیت خاك، زهکشی قائم وافقی، مسائل مربوط به‌نشست وفرسایش خاکها.

۴ـ تسریع درایجاد تأسیسات‌آبی و روشهای ساختمان وبهره‌برداری و نگهداری تأسیسات آبی

بوسیله کارگر و ماشین آلات، بکاربردن **قطعات پیش‌ساخته در طرحهای آبیاری، روشهای تعاونی در کشت** اراضی آبی و تأسیس مزارع مربوطه.

۵ ـ مسائل مربوط به گسترش آبیاری، زهکشی و کنترل سیلابها

بحث درباره آبیاری برای کشاورزی بعنوان کلیدی برای حل مسائل کمبود موادغذایی و توجه به مسائل کمبود منابع آب باتأکید کامل برروی جلوگیری از آلودگی منابع مزبور ونحوه تخلیه هرز آبها با توجه کامل به راه‌حلهایی که کشورهای خارج ازمنطقه انتخاب نموده‌اند ـ کلیه سخنرانی‌ها بانمایش عکس و اسلایدهمراه بود.

پس ازپایان کنفرانس وطبق برنامه‌ای که تنظیم شده‌بود تورهایی درمسیرهای مختلف جهت دیدار ازتأسیسات آبیاری و آثارتاریخی ازبکستان انجام شد که تنظیم کنندگان این گزارش تور B ـ ۲ ـ را انتخاب نمودند این تور شامل بازدید ازشهرهای بخارا وسمرقندبود:

بازدیداز بخارا

درساعت ۱۱/۲۲ صبح‌روز۱۲ سپتامبر ازتاشکند بوسیله هواپیما به‌بخارا پرواز وساعت ۱ بعداز ظهربااین‌شهروارد شدیم ازساعت ۳ تا۶ بعدازظهرصرف بازدید از کلخوز(مدنیت) که درحوالی بخاراست شد دراین کلخوز کلیه وسایل تولید اشتراکی است ومحصول آن بوسیله دولت‌خریداری وسود حاصله‌بین زارعین بطورمساوی تقسیم میشود ـ بعلاوه دولت کمکهای فنی وترویجی بآن نموده وآبرا بطورراپگان‌در اختیارزارعین میگذارد. محصول عمده آن‌پنبه است که دروسعت ۵۰۰۰ هکتارکاشته میشود محصول‌متوسط هرهکتار ۲/۵تا ۳ تن است ـ هرخانواده کشاورزحق دارد مالك $\frac{۱}{۶}$ هکتار زمین باشد وآنچه راکه خود بخواهد درآن بکارد ـ آبیاری پنبه دراین‌منطقه بیشتربطریقه سطحی (شیاری) است (حدود۰/۰۸۰) ونیزاز طرق بارانی وزیرزمینی نیزاستفاده میشود. درطریقه اخیرسطح زمین ازمنافذ لوله‌هایی که درعمق۴۰ ـ ۴۵ سانتیمتری زمین‌کار گذاشته‌اند مرطوب شده وآب‌لازم باین‌ترتیب دراختیار گیاه قرارمیگیرد. البته‌این‌روش هنوزدرمرحله‌آزمایش است وازآنجاکه بکاربردن این‌روش تبخیروتلفات آبراکم مینماید حدس میزنند در بالابردن راندمان آبیاری ودرنتیجه کم‌شدن هزینه‌ها تأثیر کلی دارد.

درباره زهکشی بایداین نکته را متذکرشدکه زهکشی درمنطقه بخارا بیشتر بوسیله حفرچاه‌هایی بقطرکم وعمق زیاد انجام میشود، ازآبهای حاصله بشرط مساعد بودن‌شرایط میتوان مجدداً جهت آبیاری استفاده نمود ـ ارقامی که درزیرذکرمیشود مربوط به منطقه‌ای دربخارا است که بوسیله حفر چاه زهکشی شده است:

دراین منطقه‌عمق‌خاك نرم ۸ـ۱۲متربوده ونسبت‌نفوذ Seepage روزانه ۰/۵ـ۰/۱۲ متراست‌برای مساحت ۱۰۰۰۰ هکتار۹۲حلقه چاه حفرنموده‌اندکه‌آب بوسیله پمپاژ ازآنها خارج میشد، این پمپها ۲۳۰ روزدرسال فعالیت داشته و۵۰۷۴مترمکعب ازهرهکتارپمپاژنموده‌اند ودرنتیجه‌آب‌زیرزمینی درعمق ۱/۸ـ تا۳/۳مترثابت مانده‌است.

درساعت۳ بعدازظهرروز۱۳ سپتامبرازبخارا بطرف سمرقند پروازشد ـ درساعت ½ ۴ بعدازظهر همان‌روز جهت‌بازدید ازتأسیسات آبیاری آق ـ قره‌دریا که برروی رودخانه زرافشان نزدیك سمرقند بنا شده است براه افتادیم.

رودخانه زرافشان ازسلسله جبال‌پربرف ترکستان وزرافشان وغرب کوههای ماچی Matchi سرچشمه میگیرد ـ سابقه آبیاری‌در دره‌زرافشان‌به۵ تاعقرن قبل‌ازمیلاد مسیح‌برمیگردد. دره حاصلخیززرافشان یکی ازمهم‌ترین نواحی کشت پنبه شوروی بوده بعلاوه پرورش کرم ابریشم، انگور ودرختان میوه نیز در آن رواج کامل دارد. اگرچه رودخانه زرافشان ازشعبات جیحون است ولی‌بواسطه استفاده زیاداز آن‌باعث میشود که قبل‌ازالحاق به جیحون آبی در آن باقی‌نماند ـ حدود۹۰ درصداز آب این رودخانه صرف آبیاری ۵۵۰،۰۰۰ هکتار اراضی آبخور آن میشود میزان آب سالیانه این رودخانه ۵۱۰۰ میلیون متر مکعب است برروی رودخانه زرافشان تأسیسات آبی بسیاری بنا شده که اهم آن عبارتست‌از: سداول مه (پرووماسکی Peruomaisky) ، دم خواجه، خارخور، شفیرخان، نوایی، ونیزتأسیسات آق ـ قره دریا که مورد بازدید قرار گرفت وذیلا درباره آن بحث میشود:

رودخانه زرافشان درنزدیکی سمرقند به دوشعبه آق دریا وقره دریا تقسیم میشود، تأسیسات مورد نظردرسال ۱۹۷۳ درمحل انشعاب این دو رودخانه اززرافشان ساخته شده است با ساختمان این تأسیسات سالیانه ۵۵۰۰۰ تن محصول اضافی پنبه داشته‌اند که ۴۵۰۰۰ تن آن مربوط باراضی است که جدیداً تحت آبیاری قرار گرفته است.

درمحل تأسیسات آق‌قره دریا میزان تراکم رسوبات رودخانه‌درمواقع پر آبی‌معادل ۲/۳ کیلو گرم درهرمترمکعب بوده واین‌مقداردربعضی مواقع به۶ کیلو گرم درهرمترمکعب میرسد ـ میزان گذرموادمعلقه معادل۹ر۵ میلیون تن‌درسال ومقداررسوبات ۱۷۴۰۰۰تن درسال میشود.

این تاسیسات برروی رسوبات آبرفتی وقلوه سنگی‌مخلوط باشن وماسه ساخته شده ونسبت‌نفوذ آب SeePage آن ۵۶۲ متر در روزاست .آب زیـر زمینی درایـن محل درعمق ۱/۵ تا۲/۵ متری سطح زمین قرارمیگیرد وازلحاظ مواد مدنی‌فقیراست . تاسیسات آق‌قره دریا آب کانالهای : میان کانال مرکزی ، قربان‌آباد ، چرخاب ، وچارجوی را بدون پمپاژ تامین مینماید . تاسیسات آق قره دریا شامل قسمت‌های زیراست :

ـ نهر آبگیر Delivery Channel بطول ۴۲۰ متر، این‌قسمت در واقع انتهای رودخانـه زرافشان بوده و آب راپس‌ازعبور ازیك قسمت منحنی‌شکل‌به تاسیسات هدایت میکندـ ظرفیت آبگذری این‌قسمت ۸۸۵ مترمکعب درثانیه است .

ـ دوواحد آبگیر Intake

ـ دوسرریز که یکی‌ازآنها که واحد اصلی‌است مربوط به قره دریا و دیگری (واحد کمکی) در

آق دریا تخلیه میشود واحد اخیرفقط درمواقع سیلابی کارمیکند ـ کانالهای انحرافی این دوسرریز بترتیب ۵۵۰ و ۲۳۰ مترمکعب درثانیه ظرفیت دارند.

ـ دریچه‌های تنظیم کننده Regulator Sluices روی کانال‌های مرکزی وقربان‌آباد بترتیب برای دبی ۷۰ و ۳۶ میرمکعب درثانیه .

نهر آبگیر بواسطه انحنایی که دارد همراه باوسیله جدا کننده لای Tail Beard که درآن تعبیه شده باعث جریان Transversal Circulation شده و درنتیجه کلیه رسوبات بجای ورود و تراکم درآبگیر ها ازسرریز قره دریاتخلیه می‌شوند ـ برای جلوگیری ازشسته شدن پاشنه Apron پائین‌دست پیش بینی های لازم درطرح دهانه‌های سرریزشده‌است. همچنین‌برای ممانعت ازخراشیدگی‌سرریز قره دریا آنرا با ورقه‌های چدن پوشانده‌اند سرریزآق دریا نیزطرح مشابهی‌دارد ولی‌پوشش‌آن لازم نبوده‌است.

همه قسمت‌های تاسیسات مزبور ازمرکزی که بادستگاههای کامپیوتر مجهزاست کنترل می‌شود درنتیجه عملیات تقسیم واندازه گیری آب، تجمع مواد رسوبی‌پیش‌بینی‌وقوع سیل وغیره کلاً «خودبخود انجام میشود .

کنترل اتوماتیک رودخانه زرافشان

پس‌ازبازدید ازسدآق ـ قره دریا ازتاسیسات کامپیوتری تنظیم آب زرافشان که درهمان نزدیکی است دیدارشد . استفاده فراوانی که ازرودخانه زرافشان میشود و نیزالحاق قسمتی ازآب جیحون به‌آن (بوسیله کانال آمو ـ بخارا) ترکیب پیچیده‌ای ایجادنموده که بوسیله دستگاههای کامپیوتر کنترل میشود ـ این‌کار ازسال ۱۹۶۹ شروع واجرای آن در دومرحله برنامه ریزی شده‌است.

مرحله اول شامل‌موارد زیراست : تعیین‌روشهای ریاضی‌عملیات برنامه ریزی صحیح وکنترل منابع آب دره زرافشان ـ برنامه ریزی توزیع آب بین مصرف کنندگان اصلی‌وفرعی‌براساس پیش‌بینی‌های کوتاه مدت ودرازمدت جهت مقدارآب دریکسال مفروض و تصحیح آن برحسب هیدروگرافهای مختلف رودخانه .

واحد مرکزی توزیع که بایك سیستم کامپیوتر ۴۰۳۰- ACBT–M مجهزاست درسمرقند مستقر شده‌است ـ این‌واحد کلیه محاسباتی‌راکه بمنظوربرنامه ریزی وعملیات کنترل و پیش‌بینی های دراز مدت وکوتاه مدت ده روزه‌لازم است انجام میدهد. درمرحله مورد بحث (مرحله اول) جمع آوری اطلاعات مربوط بهٔ توزیع آب وعملیات کنترل درواحدهای اجرایی‌سیستم کنترل باکمك وسایل موجود (مانند تلفن وکنترل‌دریچه‌ها ازراه دوریابوسیله دست) انجام میگیرد. همچنین دراین مرحله ازکامپیوترهای‌الکترونیك بعنوان راهنمای واحدهای توزیع ونیزبرای اتخاذ تصمیم می‌توان استفاده کرد . مرحله دوم شامل جمع آوری اطلاعات است. جمع آوری وانتقال اطلاعات بوسیله دستگاههای خودکار کنترل ازدورانجام می‌گیرد. اجرای مرحله دوم موارد زیررا لازم دارد :

ـ آماده نمودن کلیه واحدها برای کنترل ازراه دور وخودکارشدن آنها (تجدید ساختمان تاسیسات

ایجاد وسایل ارتباطی و احداث خطوط انتقال نیرو و ایستگاههـای اندازه گیری آب که تقریباً انجام شده است) .

ـ اتوماتیك نمودن عملیات فنی در کار توزیع آب در ساختمانهای هیدرولیکی ضمن کنترل کانالهای اصلی توسعه دستگاههای کنترل وتنظیم کانالها وسایر تاسیسات هیدرولیکی وایستگاههای پمپاژ در کانال آمو- بخارا بعنوان دستگاههای فـرعی انفرادی . برای آینده در نظر است کـه دستگاههای اتوماتیك کنترل تامحل مصرف آب توسعه داده شود وهمچنین نظارت برتوزیع آب بـرای کلیه شبکه هـا از مرکز واحدی انجام گیرد .

توسعه کنترل خودکار در رودخانه زرافشان باهمکاری شش مؤسسه علمی ومرکز تحقیقاتی شوروی ونیزواحدهای صنعتی ومطالعاتی دیگرانجام گرفته است .

انجام چنین برنامه‌ای تلفات آب وهزینه‌های بهره‌برداری را به حداقل رسانیده وازنظـر اقتصادی ارزش فراوانی داشته است بطوریکه پس‌ازاجرای مرحله اول سالانه یك میلیون روبل صرفه جویی شده و با اجرای مرحله دوم هرسال ۱/۲ تا ۱/۷۵ میلیون روبل دیگرصرفه جویی خواهد شد.

تاسیسات آبیاری اول مه

سد دیگری که در روز ۱۳ سپتامبر موردبازدید قرار گرفت سداول مه (پرومایسکی) بود- این سد درسال ۱۹۲۹ برروی رودخانه زرافشان درجمهوری تاجیکستان ساخته شده‌است. باساختمان این سد آب مطمئن برای آبیاری اراضی قسمت‌های علیای رودخانه زرافشان تامین شده‌است ـ ناحیه آبخور آن (دشت دالورزین) نام دارد ـ کانال اصلی آن بظرفیت ۳۵ مترمکعب درثانیه آب لازم بـرای ۲۴۰۰۰ هـکتار اراضی دشت نامبرده راتامین می‌نماید ـ بقیه دشت دالورزین ازسد دیگری که بر روی رودخانه تجن ساخته شده مشروب می‌شود ـ جمع مساحت حوزه آبخوراین دوسد ۴۴۰۰۰ هکتاراست .

بازدید ازانستیتوی تحقیقات آبیاری آسیای مرکزی

پس‌ازخاتمه برنامه درسمرقند وبخارا صبح روز ۱۴ سپتامبربه تاشکند مراجعت گـردید و عصر همان روز ازانستیتوی تحقیقات آبیاری آسیای مرکزی دیدارشد .

انستیتوی نامبرده درسال ۱۹۲۹ تاسیس‌شده ویکی‌ازقدیمی‌ترین مراکـز تحقیقاتی شوروی در زمینه تاسیسات آبی، اصلاح اراضی وآبیاری است .

این انستیتو ۲۵ قسمت برای تحقیقات ویك ایستگاه جهت بررسی تکنیك‌های آبیاری داردهمچنین واحدهای آزمایشی متعددی که وابسته به‌آنست مشغول مطالعه اراضی خوآرزم و دشت گرسنه هستند . این بررسی‌ها بابکاربردن کمپیوترهای جدید وسایر ابزار وآلات لازم انجام می گیرد . این انستیتو دارای یکی از بزرگترین فلوم های مخصوص آزمـایش شیب خاکریزهـا و سدها بـه کمك مـوج تحریك کننده WAVE CXCITER است .

تحقیقاتی که دراین انستیتو انجام میگیرد برروی سه موضوع کلی متمرکز میشود :

۱ــ اصلاح اراضی

بخش علمی انستیتو مسائلی را که مربوط به رابطه آب و خاك است بررسی میکند ـ انستیتو اصول علمی وفنی طبقه‌بندی خاکهای ازبکستان رابرای آبیاری وزهکشی، مشخص نموده‌است . این تحقیقات هم‌چنین شامل طرح، محاسبه و عملیات لازم برای ایجاد زهکشهای قائم بمنظور نمك زدایی خاك در سایر سرزمین‌های آسیای مرکزی وبخصوص جمهوری کازاخستان میشود . با استفاده ازاین تحقیقات بوده که متوسط برداشت محصول پنبه به ۳-۳/۵ تن درهکتار رسیده‌است .

انستیتو همچنین جهت انتخاب بهترین ترکیب شن وماسه در اطراف زهکشها ونیز زهکشی قائم بوسیله پمپاژ بررسی کافی نموده است.

۲ــ تاسیسات آبی و بهره برداری ازآن

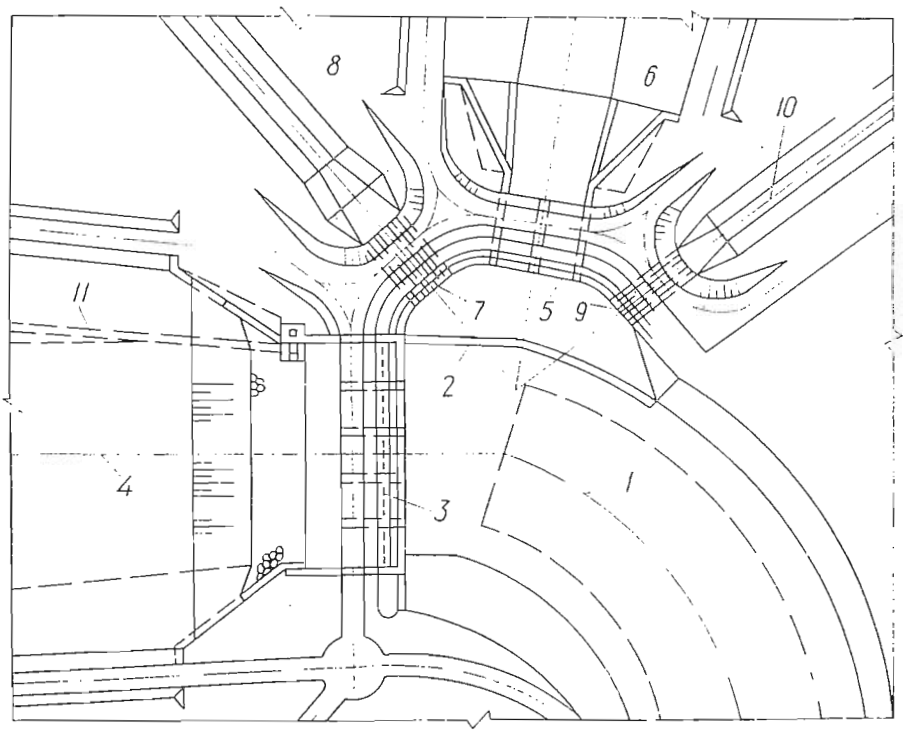
تحقیقاتی که دراین زمینه انجام گرفته بازسازی وبهره‌برداری ازتاسیسات آبی را آسان نموده و نتیجه آن تقلیل هزینه‌های نگهداری وبالا رفتن بازده شبکه‌های آبیاری موجودبوده‌است. درانستیتو مطالعات مخصوصی برای تاسیسات آبیاری انجام گرفته که ازجمله آن تهیه طرح دستگاه تخلیه با سیفون SIPHON SPILLWAY جهت نگهداری اتوماتیك تراز آب انهار دریك سطح ثابت است. برای رودخانه های حوزه دریای آرال این انستیتو ساختمانهای تنظیم کننده متعددی طرح ریزی نموده که مقدار آب کانال های آبیاری رابادرنظر گرفتن مقدار آب رودخانه منظم می‌نماید . مهندسین انستیتو وسایل اندازه گیری خودکاربرای رودخانه‌های مختلف تهیه نموده‌اند ـ بسیاری ازطرحهای پمپاژ آب ونیزطرح قطعات پمپها بوسیله کارشناسان این انستیتو تهیه شده‌است .

۳ ــ اصلاح روشهای بهره برداری

قسمت‌ها و آزمایشگاههایی که دراین زمینه کارمیکنند سازمان دهی ومکانیزاسیون طرحهای آبیاری و کشاورزی رابااصول علمی تطبیق میدهند .

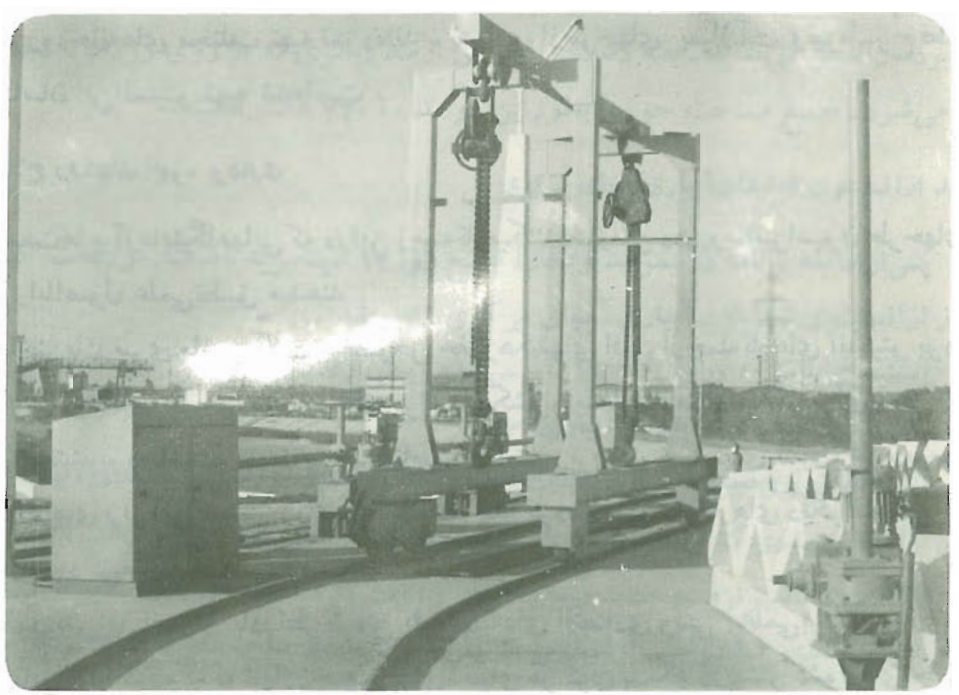
ساختن یك سری ماشین آلات مخصوص حفرزهکشهای افقی ازجمله کارهای انستیتو بوده است . همچنین ساختن لوله‌های سیمانی ضد سولفاته برای زهکشی واستفاده ازمواد صنعتی برای محل اتصال آنها نیزازکارهای انستیتو بوده است. جهت ساختن تاسیسات آبی برروی خاکهای تثبیت شده بوسیله مواد شیمیائی وانفجارهای زیرآبی انستیتو روشهای جدیدی پیدا کرده است ـ ازکارهای دیگرانستیتو بررسی طرق جلوگیری ازآلودگی منابع آب بوده‌است.

بطور کلی این انستیتو بادرنظر گرفتن کلیه جنبه‌های اقتصادی وفنی وعلمی برای بسیاری ازمسائل مهندسی راههایی پیدا کرده که نه تنهادرجمهوریهای آسیای مرکزی بلکه دربیشتر کشورهای جهان ازآن استفاده می‌شود .

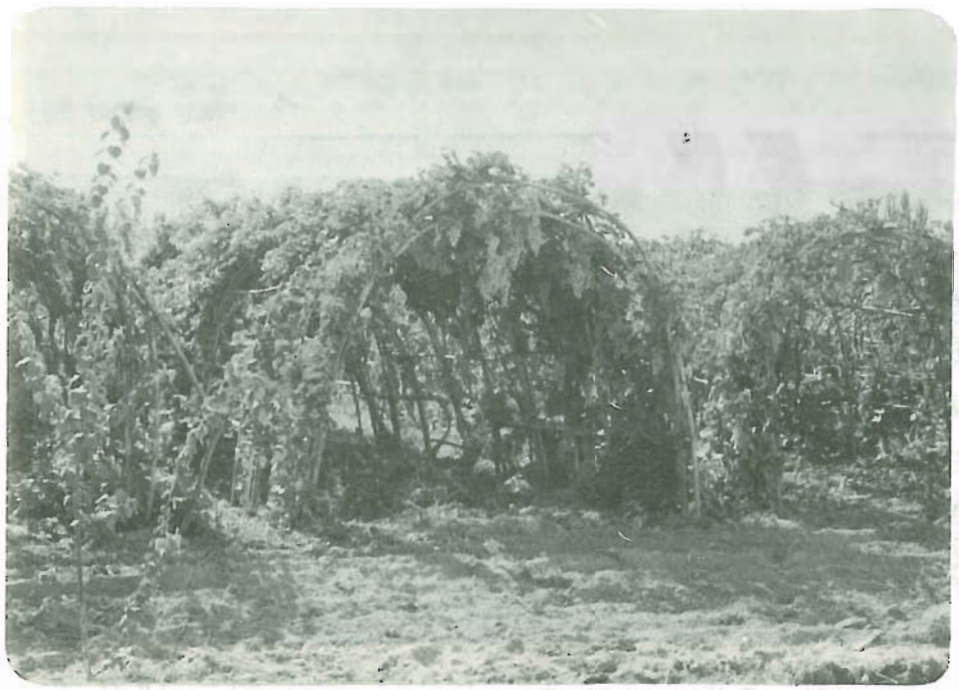


پلان کلی تاسیسات آق- قره دریا (رودخانه زرافشان)

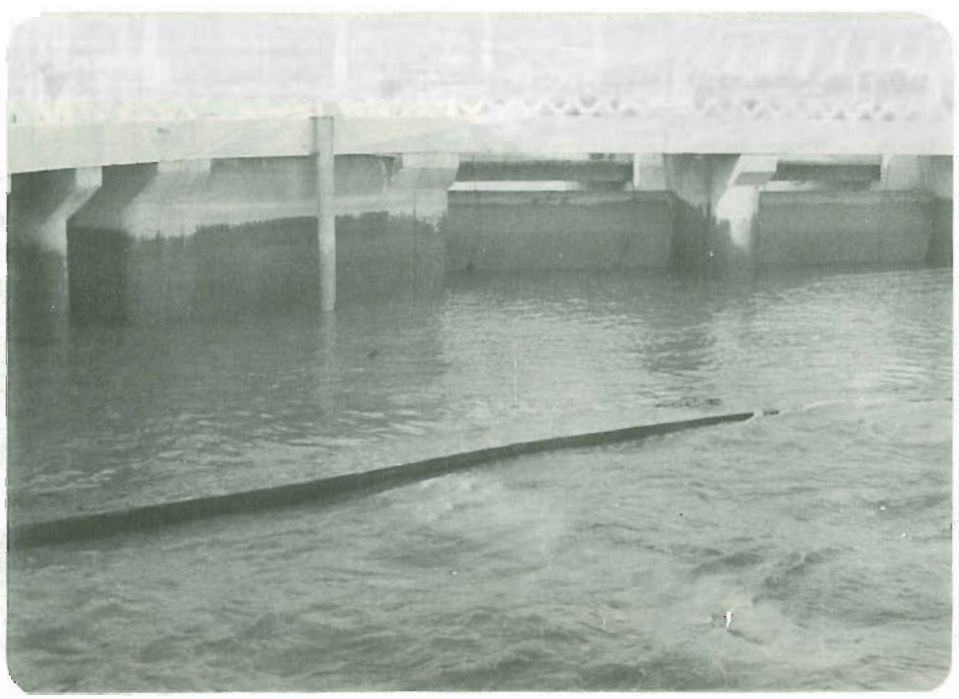
۱- نهر آبگیر ۲- آستانه SIIL ۳- سرریز قره دریا ۴ -کانال انحرافی سرریز قره دریا ۵ - سرریز آق دریا ۶-کانال انحرافی سرریز آق دریا ۷- دریچه تنظیم کننده نهر میانکال ۸ - نهر مرکزی میانکال ۹- دریچه تنظیم کننده نهر قربان آباد ۱۰ ـ نهر قربان آباد ۱۱- مجرای خروج آب بطرف پائین دست رودخانه .



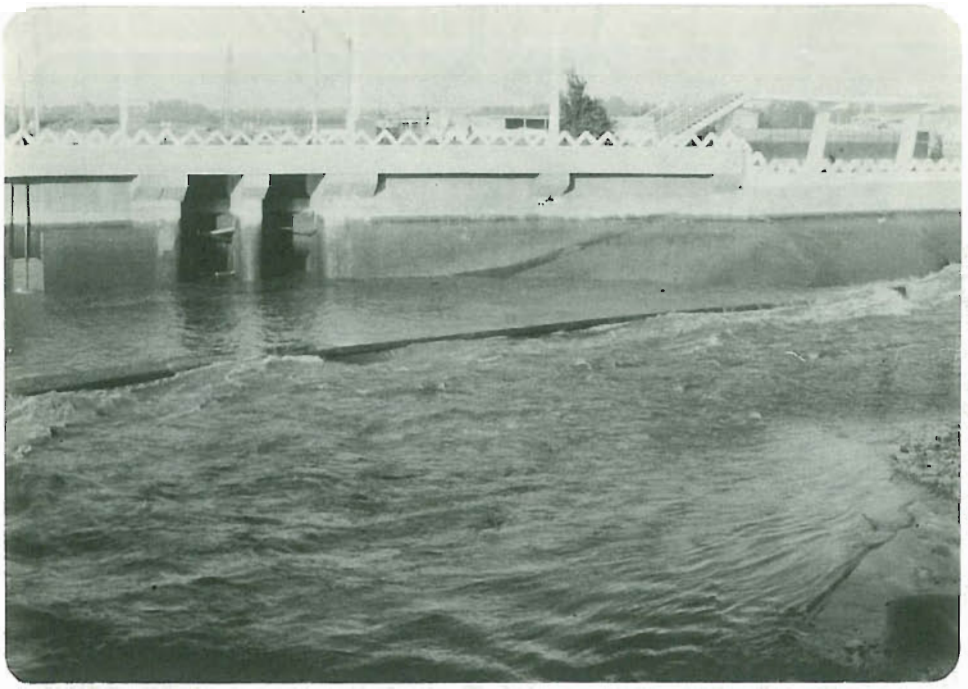
یکی ازدریچه‌های سدآق قره دریا



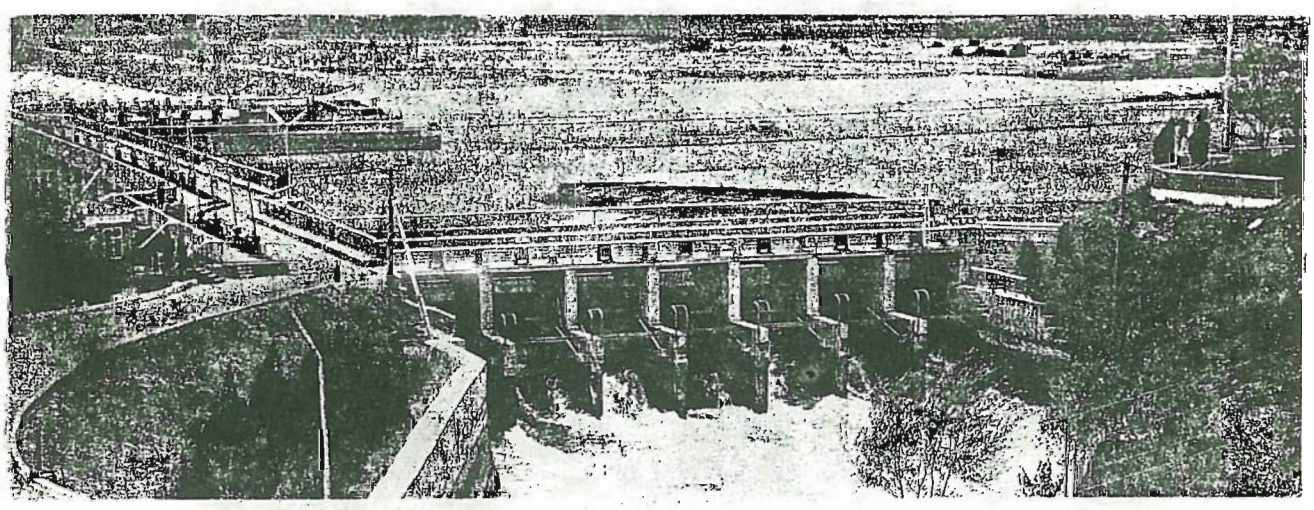
دار بست انگور در انستیتوی باغبانی تاشکند



منظره‌ای‌ازدریچه‌تنظیم‌کننده سرریزآق دریا وسیله جداکننده لای نیز دراین عکس‌دیده میشود

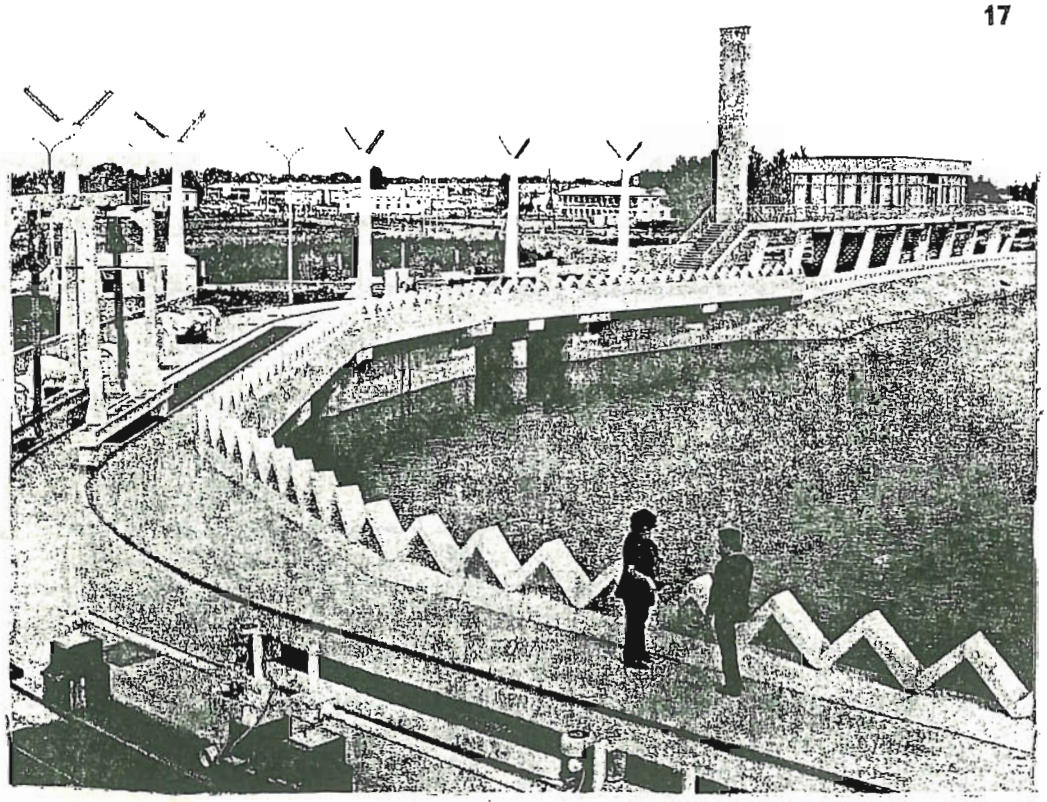


منظره ای ازدریچه تنظیم‌کننده سرریز آق دریا وسیله جدا کننده لای نیز درعکس دیده میشود



سد اولمه برروی رودخانه زرافشان درتاجیکستان

17



سدآق ــ قره دریا برروی رودخانه زرافشان درازبکستان

استفاده از کامپیوترهای دیژیتال

درحل مسائل آبیاری وزهکشی

عبدالصمد عمادی

کلیات :

مدیریت صحیح و مؤثر منابع آب بدون شك یکی از بزرگترین نیازمندی های دنیای کنونی بشمار می‌آید. پیچیده بودن وضعیت منابع آب متدهای باستانی استفاده از آب‌را تحت‌الشعاع قرارداده وطراحان منابع آب‌را برآن داشته‌که با توجه به‌تکنولوژی وکاربرد تکنیك‌های‌جدید جدید مسائل‌جاری آب‌را حل‌وفصل نموده وبا تهیه آئینامه‌ها وقوانین نوین برمسایل آینده تفوق یابند.

در تکنولوژی پیشرفته با استفاده از کامپیوترهای دیژیتال و از طریق همـانندسازی حوزه‌های منابع آب ودر چارچوب تجزیه وتحلیل سیستم‌ها مسائل متابع‌آب حل‌و فصل خواهد شد.

مفهوم تجزیه وتحلیل سیستم‌ها «Systems analysis» مطالعه وبررسی کلیه نیازمندی ها و تعیین خط مشی صحیح و ارتباط کلیه فاکتورها و هدف های مختلف یك سیستم می‌باشد بعبارت دیگر هدف اساسی متدولوژی تجزیه وتحلیل سیستم‌ها درمنابع آب‌بسط و توسعه مدل‌های مناسب ازطریق‌برنامه‌های کامپیوتری برای برنامه‌ریزی جامع وارائه راه‌حل مناسب است.

شناخت مسائل وارائه راه حل های مناسب و مطمئن براساس برنامه‌ریزی کامپیوتـری موجب آنست‌که طرح‌های موردنظر ازطریق شبیه سازی وساختن مدل های نمایشی و آزمایشی مقایسه گردند و احتیاجات آبی منطقه، نحوه مصرف و توزیع منابع آب‌سطحی وزیرزمینی واحداث شبکه سدها وتغذیه مصنوعی وتلفیق منابع مشخص‌گردند واز طرف دیگر اثرات اقتصادی طرح‌های مختلف بدون داشتن‌اثر نامطلوب درمناطق مجاور توجیه‌گردیده وموارد‌فیزیکی ، دینامیکی مخازن آب و سیستم های انتخابی در شرائط فعلی و شرائط آینده مشخص شوند و براساس ارتباط فاکتور های فیزیکی اقتصادی ، اجتماعی و

کشاورزی خط مشی هدفهای برنامه‌ریزی درامور مهندسی آب‌شبکه های آبرسانی وآبیاری وبالاخره طرح های کشت وصنعت ومناطق قطب‌های کشاورزی وافزایش درآمد وبالا بردن سطح زندگی کشاورزان‌توأم باحداکثر بازده اقتصادی درقالبی عالی ونهائی غائی ترسیم کردند.

در تعقیب این هدف وجایگزینی برنامه‌ها درقالب برنامه‌های کامپیوتری‌برای اولین‌بارمشخصات ووضعیت منابع آب وکشاورزی درمناطق‌ورامین‌وگرمسار ونحوه عمران آن با استفاده ازکامپیوتر های دیژیتال بررسی وعملی گردید وبراساس‌جواب‌های حاصل ازمکانیسم‌ماشین‌های محاسب دیژیتال هم‌اکنون طرحهای انتخابی توسط دستگاههای ذیربط در دست اجرا می‌باشد .

از آنجائی که هدف اصلی پیشبرد برنامه‌ها وانجام صحیح مطالعات و اجراء طرح‌ها توام با نتیجه‌گیری مطمئن و کسب اطلاعات دقیق می باشد لذا درتعقیب این‌منطق و بمنظور آنکه هدف مذکور فراهم آید وازهرحیث نمایانگر خطوط اساسی پیشرفت در جهت فعالیت های علمی تازه درکشور باشد تعمیم استفاده از تکنیك فوق و گسترش برنامه های کامپیوتری در سایر مناطق کشور در کادر فعالیت‌ها و برنامه‌های جاری واجرائی وزارت نیرو قرار گرفت وتاکنون الگوی آبیاری وکشاورزی پاره‌ای ازمناطق استان‌های مختلف کشور با توجه به اولویت‌های مطالعاتی و اجرایی براساس بررسی های کامپیوتری طرح‌ریزی گردیده‌اند.

باشد تا برنامه‌ها وتکنیك‌های جدید بلطف تکنولوژی پیشرفته بسیاری از مشکلات را برطرف نموده و در مدت زمان‌کوتاه و صرف هزینه کمتر راه حل مسائل را به‌متخصصان ودست اندرکاران ارائه نموده وموجب گردد سازمان‌های مسئول و ذیربط بیش از پیش در جهت تکامل تحقیقات علمی طی طریق نمایند .

کاربرد کامپیوتر های الکترونیك درمنابع آب

کامپیوترهای الکترونیك یکی ازمهمترین ابزارهای جدید درتحقیقات وبررسی‌های منابع آب هستند. باآنکه ازکاربرد ماشینهای محاسب الکترونیك درحل مسائل بیورولژی زمان چندانی نمی گذرد مع‌الوصف اهمیت وارج بسیار درتوسعه وبسط آینده منابع دارا می‌باشند. بطورکلی کاربرد کامپیوترهای الکترونیك درهیدرولژی درسه مورد است.

- برای حل معادلات ریاضی مربوط به‌تشریح قوانین وپدیده‌های هیدرولیك
- برای شبیه سازی سیستم های هیدرولژی
- برای کنترل تأسیسات خودکار وبررسی‌های هیدرولژی

دو مورد اول بطورکامل بسط داده شده درحالی‌که مورد سوم اخیراً شناخته‌گردیده و بخصوص کاربرد در رشته تأسیسات خودکار برای اندازه‌گیری‌های هیدرولژی و تأسیسات لابراتوارهای هیدرولژی

بسیار جدید می‌باشد .

اصول‌و روش‌های مورد استفاده در برنامه‌ریزی و طرح‌ها براساس کامپیوترها بسرعت در حال تغییر و پیشرفت می باشد بطوربکه نظرات وروش های جدید یکدیکر را بطور مدام جابجا می نمایند . کامپیوترهای دیژیتال هرروز باقدرت وامکانات بیشتر یکی پس از دیگری در مؤسسات ومراکز پژوهشی و علمی دنیامستقر می‌شوند وهنوز در راه‌کاملترو بهتر ساختن آن ادامه دارد. در این زمینه شرکت ای.ب.ام کامپیوترهای سری ۳۷۰و شرکت هانیـول کامپیوتر هـای سری ۶۰۰۰ و شرکت ان ـ سی ـ آرسری‌های ۱۰۱و۲۰۱ را به‌بازارهای دنیا عرضه نموده‌اند.

برنامه کامپیوترهای دیژیتال درحل مسائل منابع‌آب

برنامه کامپیوترهای دیژیتال در حل مسائل منابع آب عبارتست از مجموعه مشخصات‌اطلاعات ودستور عمل‌ها که باید برای حل سیستم معادلات درقوانین هیدرولژی بکار برده شوند .

در حل مسائل منابع آب از برنامه هـای مختلف کامپیوتر های دیژیتال بمقیاس وسیع استفاده شده است .

درآبهای سطحی درمورد جریان‌آب درکانال‌های باز،چرخش هیدرولژی، هیدرولیك‌رودخانه و مخازن، مسائل‌ومشکلات مصارف‌آب‌و کیفیت‌آب‌ها، برنامه‌ریزی‌منابع‌آب‌برای‌تجزیه وتحلیل،طرح‌ریزی، برنامه‌ریزی وبهره‌برداری ازمنابع‌آب درپروژه‌های‌آبیاری.

درآبهای زیرزمینی برای‌تغییرات سطح‌آب‌زیرزمینی، فشارهیدرولیکی سفره‌های‌آبدار وقابلیت انتقال سفره‌های‌آبدار، محاسبات اقتصادی ظرفیت چاههای‌منفردو گروهی، مصارف‌آب‌زیرزمینی، بررسی فشارهیدرولیکی سفره‌های‌آب آرتزین، شبیه سازی مرزهای هیدرولیکی درآبهای‌زیرزمینی ازطرین‌مدلهای ریاضی درچاههای حقیقی‌ومجازی، تهیه مدلهای‌ریاضی دوبعدی‌وسه‌بعدی جریان‌های‌آب‌زیرزمینی وبر آورد مقداروجهت جریان‌های یکنواخت‌درسیستم‌های‌سفره‌های‌آبداروحوزه‌های زمین‌شناسی‌وپیش گوئی‌حرکت هیدرو کربن‌ها درمصارف‌آب وبالاخره سیستم حفاظت منابع‌آب ازطریق‌برنامه‌های‌کامپیوترهای‌دیژیتال.

با توجه‌به‌برنامه‌های مذکوردر سیستم منابع آب برای‌آبیاری و کشاورزی بعنوان یك‌سیستم‌جامع ملاحظه خواهدشد که سیستم‌منابع‌آب آبیاری‌و کشاورزی منطقه ورامین خودازسیستم‌های کوچکتر تشکیل میگردد که هریك محتاج به‌برنامه جداگانه میباشد وبعنوان مثال برنامه‌کامپیوتردیژیتال درسیستم مدل‌ریاضی منابع‌آب زیرزمینی منطقه ورامین بررسی میشود. شکل‌شماره ۱ معرف‌سیستم جامع‌آبیاری‌و کشاورزی و سیستم‌های وابسته میباشد.

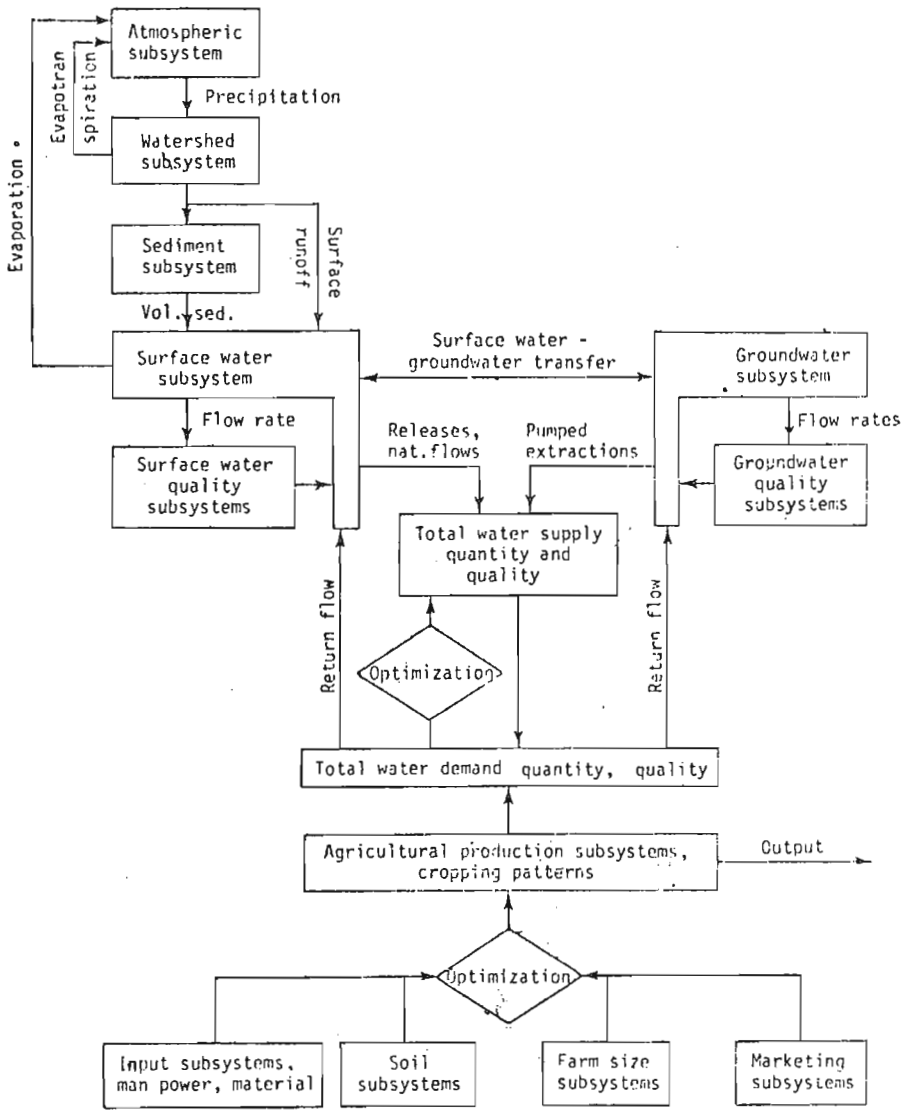


Fig. 1 Scheme of the various subsystems of planning irrigated agriculture.

ورامین درچهل کیلومتری جنوب تهران واقع گردیده، ازشمال محدود است به کوههای البرز، در غرب به تشکیلات رسی دوران سوم، درجنوب رشته‌سیاه کوه ودرمشرق به تپه پیشوا محدود میباشد. کوهها وتپه‌های مذکوربعنوان منابع غیرقابل نفوذ وموانع عبورجریان آب بداخل منطقه موردمطالعه دشت میباشند. درداخل محدوده مدل حوزه آب زیرزمینی معرف سیستم پیچیده‌ای ازسیستم سفره‌های آبدارمیباشد که توسط رسوبات دانه‌ریزازیکدیگرمجزا گردیده لذا ازسفره‌های آبدارزیرزمینی کاملا مجزا ازیکدیگرنبوده ودرنتیجه آب‌زیرزمینی از سفره‌ای به سفره دیگرجریان دارد. حوضه آب زیرزمینی منطقه ورامین بعنوان یك مخزن آبدارمنفرد مورد مطالعه قرار گرفته ومدل ریاضی حوضه مذکوربنحوی ساخته شده که از مشخصات سفره آبدارمتعدد که عملا سیستم آب زیرزمینی ورامین‌را تشکیل داده برخوردارمیباشد.

مدل ساخته شده به۲۷شبکه چندضلعی ازطریق روش‌تایسن تقسیم‌بندی گردیده، چند ضلعی های مذکورتوسط ۶۱شاخه اتصالی بیکدیگرمتصل گردیده‌اند نقشه‌شماره ۱ پاسخ‌دینامیکی موقعیت مدل‌درشبکه ها بوسیله ارتفاع سطح آب معرفی شده است. اندازه ووسعت شبکه‌ها بستگی‌به تغییرات آمار سطح آب، ضرائب ذخیره داشته است بدین‌معنی درنواحی که گرادیان هیدرولیك زیاد است اندازه شبکه کوچك‌شده است مانند «نواحی مرکزی» وشبکه‌های‌بزرگتر درنواحی ازمدل که گرادیان هیدرولیك دارای افت کمتری است مثلا نواحی جنوبی ترسیم شده‌اند.

مدل ریاضی آب زیرزمینی منطقه ورامین بمنظورپیش گوئی ارتفاع سطح آب درحوزه مذکور و ازطریق استفاده ازفرمول دارسی ومعادله بقاء ماده درسیستم سفره آبداربدون فشاروبدون تغییرات درجهت قائم بکاررفته است.

قانون دارسی معرف معادله حرکت آب زیرزمینی ایست یعنی:

$$\bar{V} = -\rho g \frac{p}{\mu} \nabla h \qquad (۱)$$

ومعادله بقاء ماده درسیستم سفره آبداربدون فشاروبدون تغییر درجهت قائم عبارتست از:

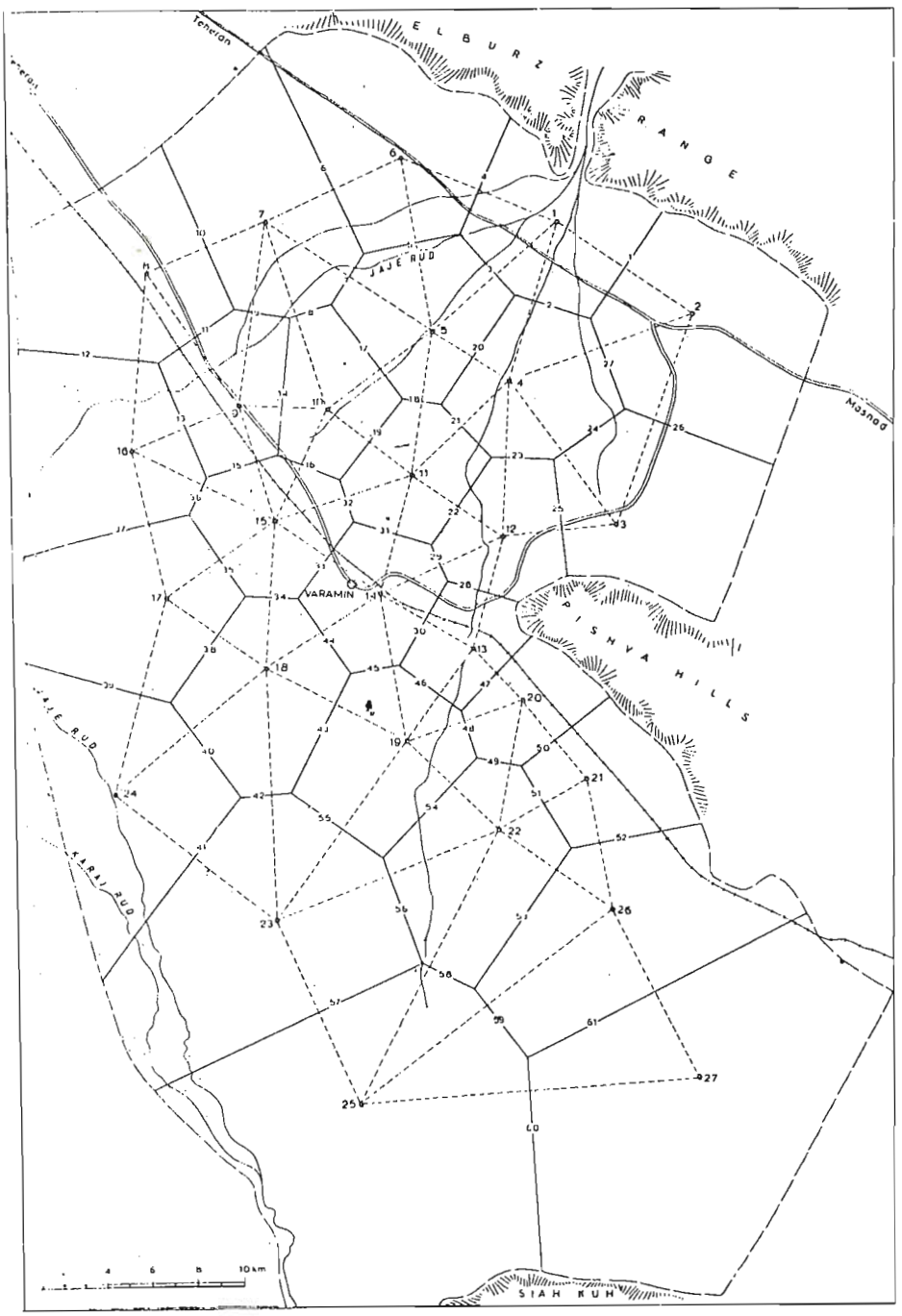
$$\nabla \cdot m \bar{v} + S \frac{\partial h}{\partial t} + Q = 0 \qquad (۲)$$

$$h^{\circ} = m + Z \, , \quad m = m_o + \bar{m}$$

m_o و $\bar{m}$ اجزاء متغیرومتوسط m میباشند

پارامترها درمعادلات (۱) و (۲) بشرح زیرتفسیر میشوند.

پارامتر	دیمانسیون
Z = ارتفاع نشانه	L
h = ارتفاع فشار آب	L
m = ضخامت‌بخش اشباع سفره آبدار	L



map.1 *Asymmetric network of the Varamin groundwater basin.*

$\bar{V}=$ سرعت جریان آب	LT^{-1}	
$S=$ ضریب ذخیره	بدون دیمانسیون برحسب درصد	
$Q=$ نسبت حجم جریان آب درواحد سطح	LT^{-1}	
$\rho=$ غلظت	ML^{-3}	
$g=$ شباب ثقل	LT^{-2}	
$K=$ قابلیت نفوذ	L^{2}	
$\mu=$ غلظت مطلق	ML^{-1}	
$T=$ زمان	T	

ازتلفیق معادله‌دارسی‌ومعادله بقاء ماده معادله خطی‌دیگری که بستگی بـه شرایط مرزهای منطقه دارد حاصل می‌شود ومعرف دنیامیك‌جریان‌آب درسفره‌آبدارمی‌باشد . ضخامت سفره‌آبداربا‌توجه بـه ابعاد جانبی آن‌کوچك درنظر گرفته می‌شود ومعادله‌ای خطی‌برای سفره آبدار دوبعـدی بدست می‌آید معادله ۳)

$$\nabla.T\nabla h-s\frac{\partial h}{\partial t}-Q=0 \qquad (۳)$$

دراین معادله $T=m\rho gp/\mu$ می باشد . مقادیر SوT بترتیب قابلیت انتقال و ضریب ذخیره سفره‌آبدار هستند .T عبارتست ازحاصل‌ضرب قابلیت نفوذ(P) وضخامت سفره‌آبدار(m)، Q مقـدار جریان‌آب بستگی‌به زمان دارد وعبارتست ازجمع جبری مقادیربرداشت وتغذیه ـ عوامل‌تغذیه عبارتند از نزولات جوی ،آب وارد شده بمنطقه ، جریان انهار. تغذیه مصنوعـی ونفوذآب درزیـرسطح زمین در امتداد مرزهای منطقه عوامل‌برداشت عبارتنداز‌پمپاژ آب برای مصارف کشاورزی ازمخزن‌آب اززیرسطح زمین درمرزهای منطقه .

معادله(۳) بایك معادلة دیفرانسیل معادل جابجا مـی‌شود وجواب حاصل ازآن معـرف ارتفاع فشارآب (h) درمراکزشبکه‌هاکه درمحدوده یك‌سفره‌آبدارقراردارند میباشد.

سیستم معادلات دیفرانسیل بکاربرده شده دریك‌سفره‌آبدار بشرح زیرخلاصه میشود:

$$\Sigma(hi-h_B)\,Yi,B-A_B\,S_B\,\frac{dh_B}{dt}+A_BQ_B \qquad (۴)$$

Y عبارتست ازفاکتورانتقال وترکیبی‌ایست از مقادیر قابلیت انتقال (T) ، عرض مرزمنطقه شبکه (I) وفاصله بین‌دو گروه (L).

تعریف پارامترها درمعادله (۴) بشرح‌زیراست.

پارامتر	دیمانسیون
$AB=$ سطح وابسته به‌گره B	کیلومترمربع
$\gamma i,B=$ هدایت جریان مابین گره i و گره B	مترمربع‌درروز

S_B = ضریب‌ذخیره منطقه شبکه وابسته‌به گره B بدون‌دیمانسیون‌برحسب‌درصد

$Q_{i,B}$ = حجم‌آب درواحد سطح گره B مترمکعب درسال

$T_{i,B}$ = قابلیت‌انتقال‌درنقطه‌میانی‌مابین گره i و گره B مترمربع‌درروز

$L_{i,B}$ = فاصله بین گره i و گره B متر

$J_{i,B}$ = طول عمود منصف وابسته‌به گره i و گره B متر

واژه‌ها درقسمت اول معادله۴ بشرح‌زیرتفسیرمیگردند:

سمت‌چپ معرف مجموع جریان‌ازیك‌سفره به‌یك‌منطقه شبکه (AB)یعنی«ازوسط‌خطوط تیره‌ایکه طول‌آنها برابر$J_{i,B}$ است».

واژه اول درسمت راست معادله ۴ معرف مقدارآب ذخیره شده در AB است و واژه باقیمانده درسمت راست معرف برداشت یاتغذیه از AB میباشد. شکل‌شماره۲.

جواب‌کامپیوتردیژیتال Digital Computer Solution

سیستم معادلات ۴ را میتوان درکامپیوترهای دیژیتال باروش انتگرال عددی مطلق حل‌نمود یعنی معادلات ۴ با معادلات ذیل جابجا میشوند:

$$\Sigma (h_i^{J+1} - h_B^{J+1})\, y_{i,B} = \frac{A_B S_B}{\triangle t}(h_B^{J+1} - h_B^{J}) + A_B Q_B^{J+1} \qquad (5)$$

$$Y_{i,B} = \frac{J_{i,B} T_{i,B}}{L_{i,B}}$$

J معرف‌زمان‌های هم‌پایه (برابر) است. برتری این‌متد انتگرال‌درآنست که‌مقدارفاصله زمان $\triangle t$ به معیارثابتی بستگی‌ندارد. طرزعمل بشرح‌زیراست:

مقادیر اولیه سطح‌آب که بنام h_B (o) نامیده میشوند درآخرفاصله زمان مربوط بعنوان‌ارتفاعات سطح‌آب اولیه برای پله زمان بعدی که عبارت از h^j درگره‌های مختلف میباشد محسوب میشود یعنی h_B^J(B=۱و۲و....N) و N عبارت از تعداد گره‌های داخلی است. سپس‌برای پله بعد (J+۱) ویکسری‌از ضرایب مانند S_B و $y_{i,B}$و Q_B^{J+1} مقادیر h^{J+1} در انتهای یك فاصله زمان $\triangle t = J+1$ محاسبه میگردند سپس‌این مقادیربعنوان مقادیراولیه برای‌فاصله‌زمان‌بعد (J+۲) محسوب می‌شوند. درشکل شماره ۳ بخشی ازشبکه‌غیرمتقارن‌که شبکه‌ها وشاخه‌های اتصالی شماره‌گذاری شده‌اند ملاحظه می‌شود.

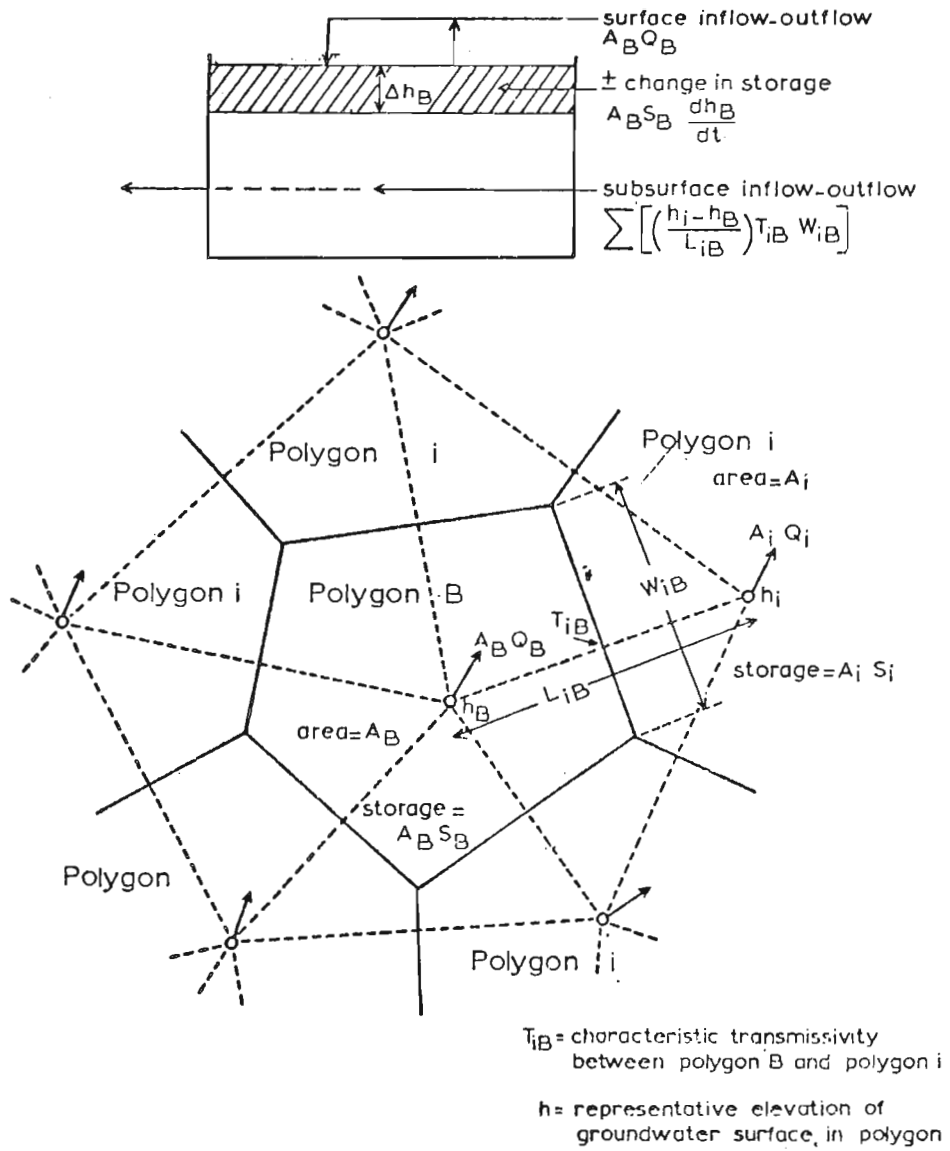


Fig. 2 Scheme of Computer Groundwater Basin Model (after Fowler and Valentine, 1963).

شکل ۳ ـ بخشی از شبکه غیرمتقارن دشت ورامین

برنامه کامپیوتر Computer Program

برای حل معادلات دیفرانسیل محدود معادله ۵ وبمنظور پیش گوئی دینامیك منابع آب‌زیرزمینی از کامپیوتر دیژیتال استفاده می‌شود.

این برنامه بزبان فورترن ۴ نوشته شده است.

قسمتی از برنامه فورترن که برای ای . ب . ام ۳۶۰ مدل ۶۵ نوشته شده در شکل ۳ ملاحظه می‌شود ودیاگرام مربوط نیز درشکل ۴ نشان داده شده است. بطوریکه در شکل ۳ ملاحظه می‌شود ابتدا کلیه جریان‌های زیرزمینی (Q) از شبکه‌ای به‌شبکه دیگر محاسبه شده‌اند. سپس تمام جریان‌های ذخیره (S) محاسبه می‌شوند.

بعداً مجموع جریانات (زیر زمینی ، ذخیره و بهره برداری) درهرشبکه‌باواژه‌ای بنام باقی‌مانده (RES) سنجیده شده‌اند. ارتفاعات سطح آب محاسبه شده درهر شبکه‌باحجم باقی‌مانده در آن شبکه وضریبی بنام ضریب تخفیف ویا ضریب تناوب «Relaxation Coeficient» سنجیده‌شده‌اند. پس‌از آنکه

مقادیر ارتفاعات سطح آب سنجیده شد مجموعه‌ای ازباقی‌مانده گره‌ها تشکیل می‌شود . این مجموعه با معیاری بنام‌حدآستانه ویامعیار آستانه (ERROR) مقایسه گردیده است.

این معیار معرف حداکثر مجموع باقی مانده‌های قابل قبول جریان در هر فاصله‌زمان می‌باشد . اگرچنانچه مجموع باقی مانده کوچکتر ویا برابر حدآستانه باشد محاسبه‌ارتفاعات سطح آب(h)برای آن فاصله زمان‌کامل می‌باشد درغیر اینصورت محاسبه‌آنقدر ادامه می‌یابد تامقدار مجموع باقی‌مانده برابر ویا کمتراز حدآستانه می گردد.

سپس برای ضریب تخفیف (RELAT) بایستی فرمولی بکار برد . چون حاصلضرب مقادیر RES و RELAX منتج به‌تغییر ارتفاع سطح آب (h) می گردد وچون اصطلاح‌باقی‌مانده مقدارجریان‌می‌باشد بنابراین ضریب‌تخفیف یك مقاومت خواهد بود. هر گره محل‌تلاقی یك‌یا چند شاخه است بنابراین مقدار ضریب تخفیف‌مقاومتی معادل مقاومت شاخه‌های متصل کننده یك گره به گره دیگرخواهد بود.

بنابراین (۶)

$$RELAX = \frac{1}{\Sigma_i Y_i , B + \frac{A_B S_B}{\triangle t}}$$

روش‌فوق‌الذکر برای‌پاسخ‌معادله ۸ اصول روش Gauss _ Seidel می‌باشد ومتد گاس‌سیدل برای سیستم های معادلات خطی هندسی نظیر سیستم مربوط به‌مسئله آب‌زیرزمینی یك روش تلفیق‌شده بدون شرط می‌باشد.

شکل جریان ساده شده برای پاسخ کامپیوتر دیژیتال در شکل ۵ ملاحظه می‌شود وقسمتی از برنامه فورترن درشکل۶ نشان‌داده شده‌است.

مدل همانند آب زیرزمینی Cround water Simulation model

مدل همانند آب زیرزمینی ورامین درسه مرحله بسط داده شده است: یك شبکه هندسی ساخته شده‌است پارامتر های‌حوزه‌آب زیرزمینی‌و آمار ورودی تهیه‌شده‌اند ونتیجتا مدل آب زیرزمینی تکمیل گردیده است .

تکمیل مدل‌وبسط مدل Verification the Model

امتحان اطلاعات حاصل از کامپیوتر مؤید آنست که دربیشتر شبکه‌ها ارتفاعات سطح آب که توسط کامپیوتر محاسبه شده‌با ارتفاعات سطح آب اندازه گیری‌شده مطابقت داشت ولی درمقادیرضرایب ذخیره،قابلیت‌انتقال آب ویامقدارنفوذعمقی آب تاحدودی‌اشتباه‌وجودداشت. درمرحله تصحیح‌وتکمیل‌مدل واشتباهات مذکوراصلاح گردید وبالنتیجه سطوح آب زیرزمینی‌اندازه گیری شده و محاسبه شده مطابقت حاصل گردید. بعبارت دیگرعمل تکرار وتصحیح مقادیر ثابت سفره آب تازمانیکه نتیجه رضایت بخش

```
      T = 0.0


      DO 80 M=1, MAJOR
      DO 70 J=1, MINOR

      T = T + DELTA

      DO 40 K=1,N
40    HO(K) = H(K)

41    Q(2) = Y(2)*(H( 1 ) - H(4))
      Q(3) = Y(3)*(H(1) - H(5))
      Q(4) = Y(4)*(H(1) - H(6))
      Q(5) = Y(5)*(H(6) - H( 5 ))
      .
      .
      .
      Q(45) = Y(45)*(H(14) - H(19))
      Q(46) = Y(46)*(H(13) - H(19))
      Q(47) = Y(47)*(H(13) - H(20))


      .
      Q(61) = Y(61)*(H(26) - H(27))

      DO 50 K=1,N
50    S(K) = AS(K)*(H(K) - HO(K))/DELTA

      RES(1)=AQ(1) - S(1) - Q(1) - Q(2) - Q(3)*  Q(4)
      RES(2)=AQ(2) + S(2) + Q(1) - Q(26)- Q(27)


      RES(14)=AQ(14) - S(14) + Q(29) + Q(31) + Q(33) - Q(30) - Q(44) -Q 45


      RES(27)=AQ(27) - S(27) + Q(61) - Q(60)

      DO 100 K=1,N
100   H(K) = H(K) + RELAX(K)*RES(K)

      SUM = 0.0
      DO 60 K=1,N
60    SUM = SUM + ABSF(RES(K))
      IF(SUM - ERROR) 70, 70, 41

70    CONTINUE

      PRINT, T
      DO 90 K=1,N
      PRINT, K, H(K)

      PAUSE
```

Definitions:

DELTA = Time Step (Δt), Years
ERROR = Max Acceptable Sum of Nodal Flow Residuals at Any Time Step, m^3
AQ(K) = Source Flow Rate at Node (K) at Time $(j+1)\Delta t$, MCM/Year
AS(K) = Capacitance at Node (K), m^2
H(K) = Water Level Elevation at Node (k) at Time $j(\Delta t)$, m.
Ho(k) = water Level Elevation at Node (k) at Time $j(\Delta t)$, m.
S(k) = Storage Flow Rate at Node (k) at Time $(j+1)\Delta t$, MCM/Year
Q(80) = Sub-surface Flow Rate Along Node-to-node Branch (80) at Time $(J+1)\Delta t$, MCM
Y(80) = Conductance of Node-to-node Branch (80), m^2
T = $(J+1)\Delta t$, Years
RELAX(k) = Relaxation Coefficient at Node (k), m^2
RES(k) = Nodal Flow Residual, MCM/Year

FIG 3 FORTRAN IMPLICIT INTEGRATION ROUTINE

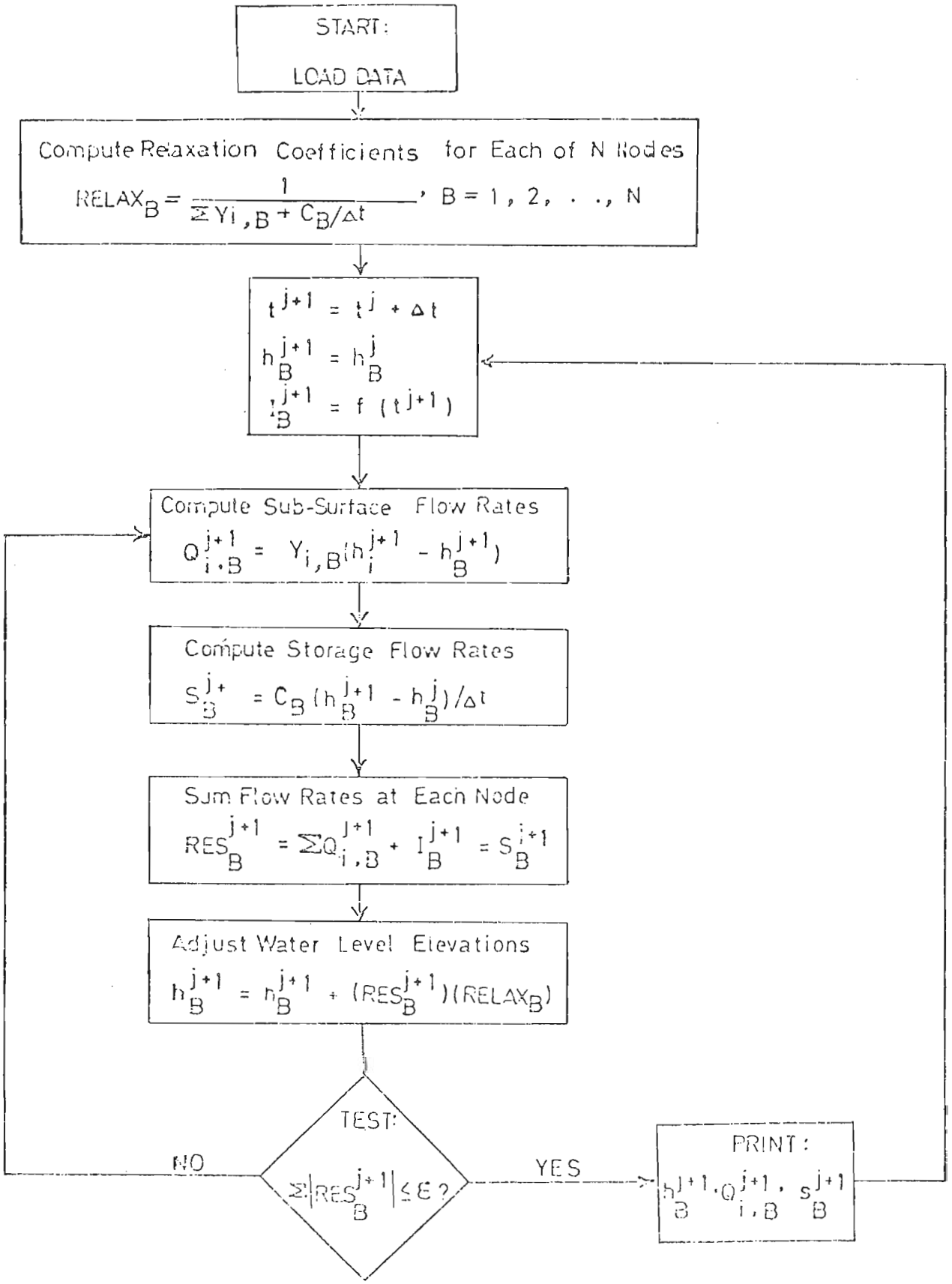


FIG 4 SIMPLIFIED FLOW CHART FOR DIGITAL COMPUTER SOLUTION OF GROUND WATER PROBLEM

شکل ۹- فلوچارت ساده شده برای جواب کامپیوتر دیفرنسیال در مسایل آبهای زیرزمینی

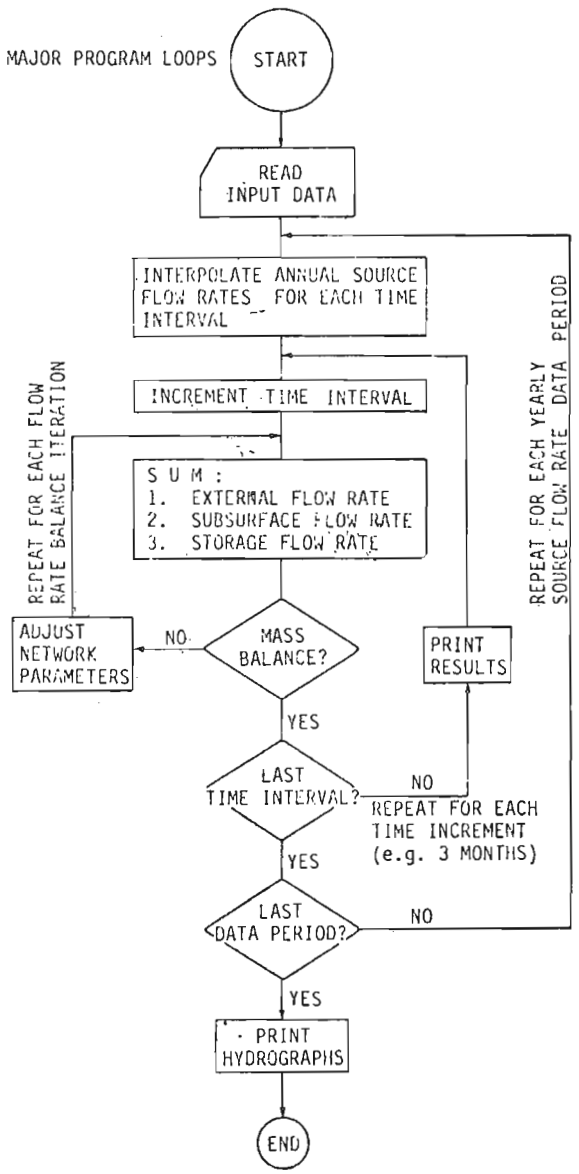


Fig. 5 Computer Program Flow Chart.

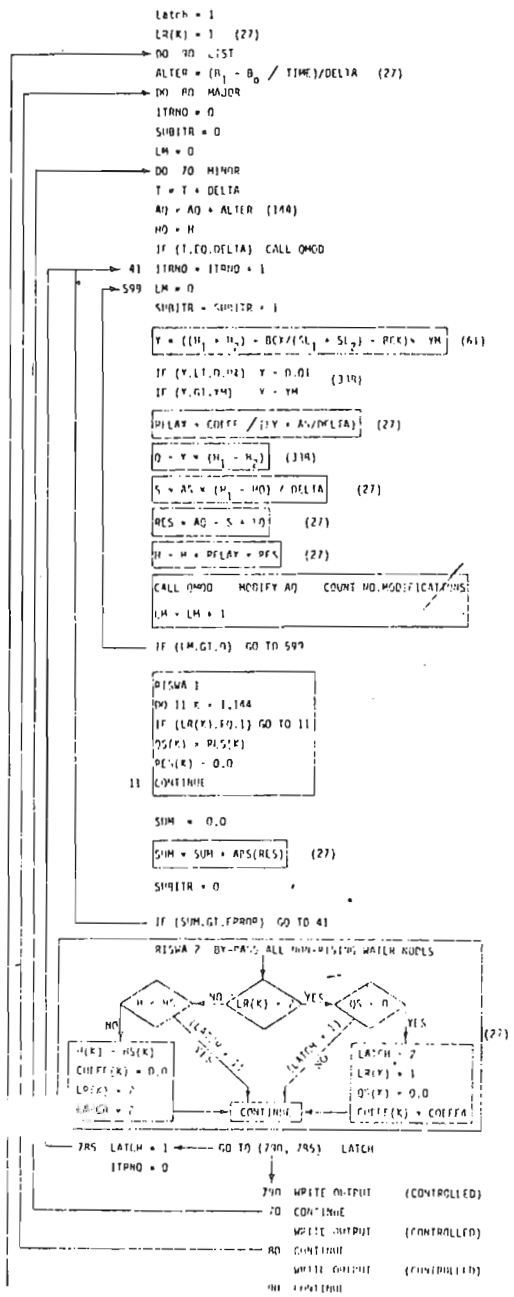


Fig. 6 Part of computer programme.

COMPUTER PROGRAMME DEFINITIONS

DELTA = Time step (t), Years

ERROR = Maximum acceptable sum of nodal flow residuals at any time step, Million cubic metres/year

AQ(K) = Source flow rate at node (K) at time (j+1)T. Million cubic metres/year

AS(K) = Capacitance at node (K), Million square metres

H(K) = Water level elevation at node (K) at time J(t), metres

HO(K) = Water level elevation at node (K) at time j(t), start of time step, metres

S(K) = Storage flow rate at node (K) at time (j+1)T. Million cubic metres/year

Q(80) = Subsurface flow rate along node-to-node branch 80 at time (j+1) t, Million cubic metres/year

Y(80) = Conductance of node-to-node branch (80) at selected water level elevation, Million cubic metres/year - metres

SL(K) = Representative ground surface elevation at node (K), metres

BOT(10) = Representative elevation on the base of the groundwater reservoir on node-to-node branch (10), metres

YM(10) = Maximum conductance of node-to-node branch (10), Million cubic metres/year - metres

= Time, (j+1)T, Years

RELAX (K) = Relaxation coefficient at node (K), Years-metres/million cubic metres

RES (K) = Nodal flow residual, Million cubic metres/year

مابین مقادیر سطح آب اندازه گیری شده ومحاسبه شده حاصل شود ادامه داشت. تصمیمات و موازنات در تعداد دفعات کار کامپیوتر (Run) تا نتیجه کامل مطابقت کلیه سطوح آب زیرزمینی محاسبه شده واندازه گیری شده تکرار خواهد شد شکل۷ معرف نمودار مسیر تکمیل و آماده شدن مدل می‌باشد .

مرحله مطالعات عملیاتی Operational Studies

پس از آنکه کار مدل کاملا رضایت‌بخش گردید یعنی نتایج ارتفاعات سطح آب اندازه گیری شده ومحاسبه شده درشبکه‌ها مطابقت داده‌باشد ازمدل تکمیل شده برای پیشگوئی عملیات طرح های مختلف پیشنهاد شده‌برای عمران وتوسعه استفاده شده‌است . بدین منظور مقدار آب مورد نیاز درهریك ازطرح های پیشنهادی بامقدار آب حاصل از آبهای سطحی ویاآبهای زیرزمینی و یاتلفیق هردومنبع آبی‌مقایسه و نتایج تغییرات سطح آب درکامپیوتر بدست‌آمده‌است . ازبین‌جواب‌های حاصل یك سری‌نتایج مناسب انتخاب وهدف‌های طرح موردنظر برمبنای آن پی‌ریزی گردیده است . شکل۸ معرف نمودار مسیر امتحان سیستم‌های مختلف آب درسیستم مدل ریاضی‌میباشد .

امتحان اطمینان Testing the Rliability of The Mathematical Model

بطوریکه ذکر گردید مرحله امتحان واطمینان و اطمینان عبارتست از مقایسه بین نتایج مقادیر ارتفاعات سطح آب محاسبه شده وارتفاعات اندازه گیری شده می‌باشد. چنانچه نتایج دوفرم مذکور در شبکه‌ها بایکدیگرمنطبق ومطابقت داشته‌باشند مدل موردقبول‌بوده وبرنامه‌آینده براساس آن‌طرح ریزی خواهد شد وچنانچه نتایج ارتفاعات سطوح آب محاسبه شده واندازه گیری شده مطابقت نداشته باشند براساس هدف‌های طرح مقادیرقابلیت انتقال ومقدار آب نفوذی درداخل زمین‌تعدیل خواهندشد. باتعدیل فاکتورهای مذکور مجدداً سطوح آب جدیدی ازکارکامپیوتر (Run) حاصل می‌شود وزمانیکه بهترین‌تناسب خطی بین آمارسطوح اندازه گیری شده ومحاسبه شده حاصل گردید مدل ریاضی بعنوان کاملترین نوع که معرف وضعیت دینامیکی منابع آب زیرزمینی‌است معرفی‌والگوی برنامه‌ها وهدف‌های منابع آب درآینده خواهد شد. شکل۶ بعنوان‌نمونه مقایسه سطوح آب اندازه گیری شده ومحاسبه شده ومرحله‌اطمینان مدل می‌باشد. درشکل شماره ۷ نتیجه تغییرات سطح آب پس‌ازمرحله امتحان واطمینان‌ملاحظه می‌شود.

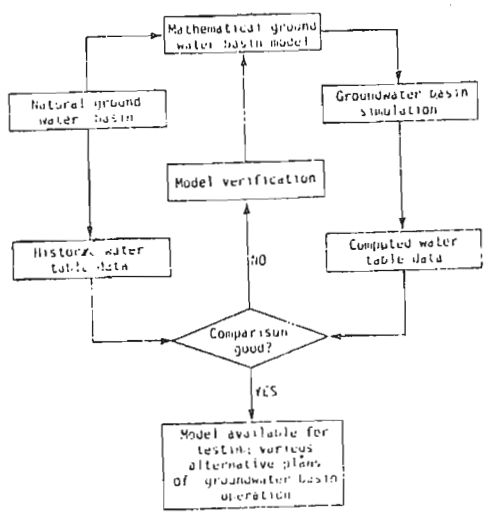


Fig. 7 Flow chart of model verification.

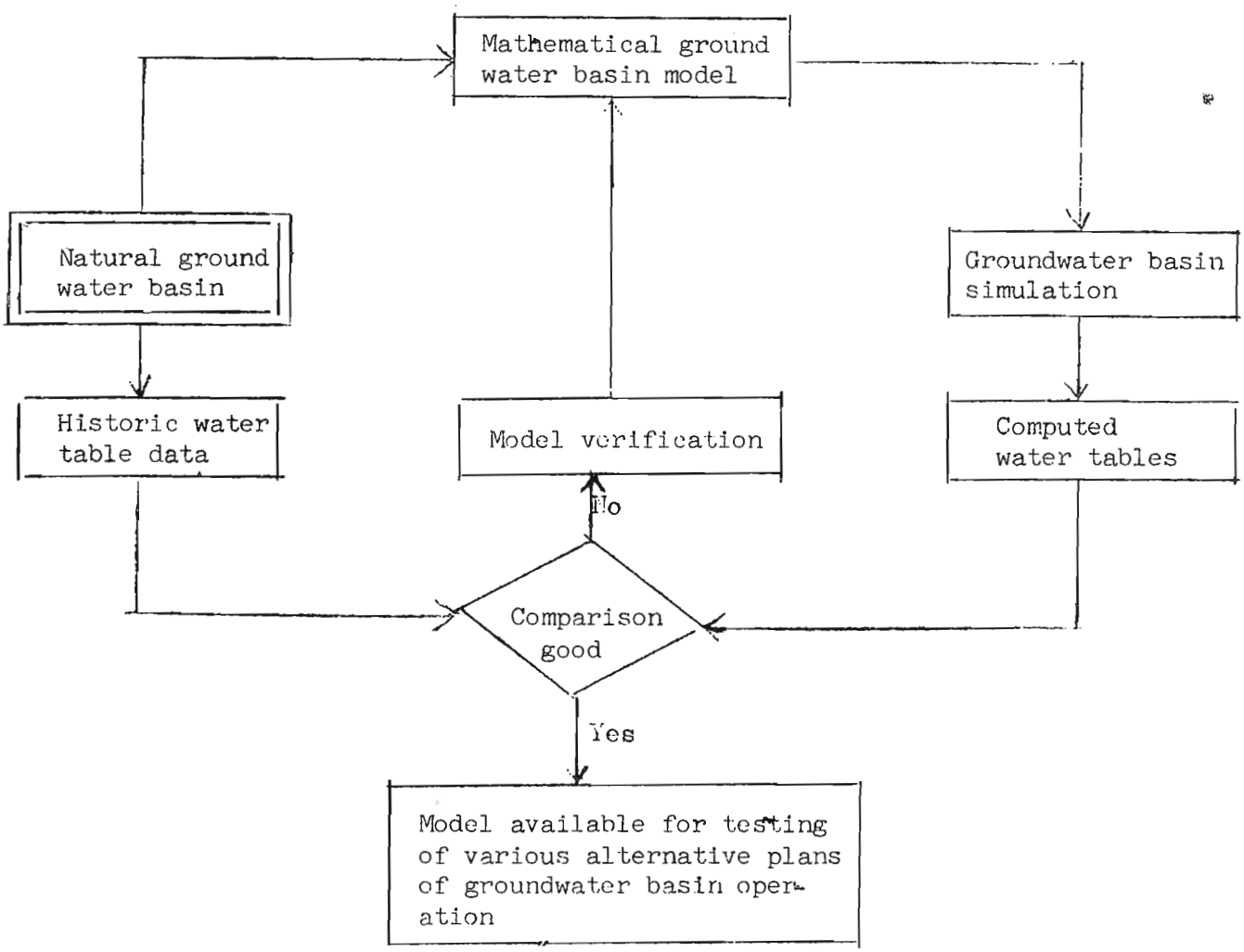
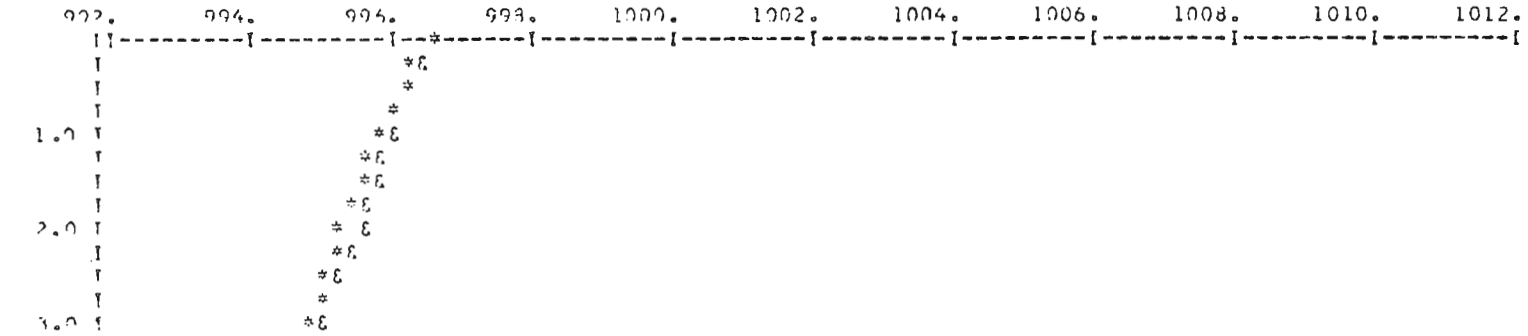


Fig. 8 Groundwater basin model analysis

مقایسه سطح آب اندازه‌گیری شده وسطح آب محاسبه شده

(شکل ۹)



COMPT.	HIST.
996.5	996.5
996.3	996.4
996.2	996.3
996.0	996.1
995.9	996.0
995.7	995.9
995.6	995.8
995.4	995.6
995.3	995.5
995.2	995.4
995.1	995.3
995.0	995.1
994.8	995.0

NODE NO. 1

ELEVATION IN METERS ABOVESEA LEVEL VS. TIME IN YEARS

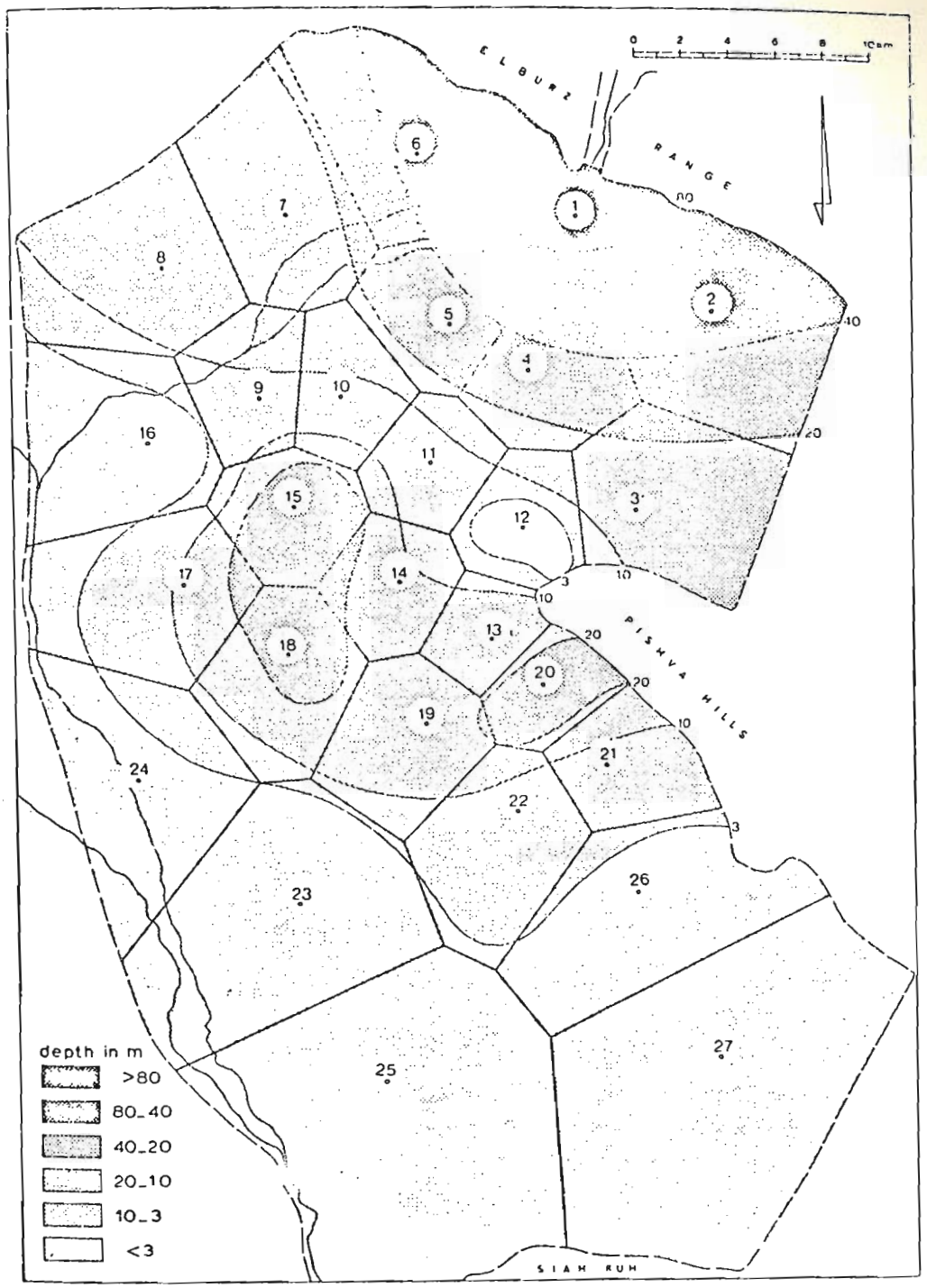


Fig. 10 Depth to water table after 10 years. Adjusted solution of Scheme No.1.

سمینار بررسی منابع آب کشور

از ۱۴/لغایت ۱۷/اسفند ۲۵۳۶

سمینار بررسی منابع آب کشور بمنظور بالا بردن کیفیت آمار هیدرولوژی و هیدروژئولوی و همچنین هم‌آهنگ کردن مطالعات منابع آب درسطح کشور باشرکت ۴۲نفر مدیران امورمطالعات مسئولان آبهای سطحی وزیرزمینی استانها و۲۲نفر کارشناسان ادارات کل آبهای سطحی، زیرزمینی ودفتر بشکیلات ازتاریخ ۲۵۳۶/۱۲/۱۴ بمدت چهار روز درسالن کنفرانس وزارت نیرو تشکیل گردید.

ابتدا گزارشی که حاوی اوامر همایونی درباره حداکثر استفاده از آب موجود کشور وهمچنین گزارش گروه کار توسعه وحفاظت منابع آب درباره بالابردن کیفیت آمار هیدرولوژی و وضع موجود آمار وبرنامه‌های پیش‌بینی‌شده دربرنامه ششم بود توسط آقای قاضی‌نوری مدیر کل آبهای سطحی قرائت گردید سپس جناب آقای توکلی وزیر نیرو بااظهار مطالبی درباره ثبت آمار آبهای سطحی و آبهای زیرزمینی از کتاب انقلاب سفید وهمچنین درباره دقت درتهیه آمار وتوجه کارشناسان و تکنیسینها باین امر مخصوصاً اندازه گیری و رسوب‌برداری درمواقع سیلاب وتاکید براینکه نباید دراین مورد غفلت نمود بیاناتی ایراد نموده وسمینار را بنام نامی اعلیحضرت همایون شاهنشاه آریامهر افتتاح نمودند.

جناب آقـای حجازی معاون امور توسعه منابـع آب نیز درمورد اهمیت آمار هیدرولوژی و هیدروژئوژی بیاناتی ایراد نموده واظهارداشتند که بعدازاین برای ارزیابی کارها ورفع مشکلات این سمینار دراستانها تشکیل خواهد شد.

روزهای ۱۴ و۱۵/۱۲/۳۶ آقایان بشرح زیرنیزطبق برنامه پیوست کنفرانس‌هائی ایراد نمودند.

۱ـ آقای کوچکپور سرپرست اداره کل آبهای زیرزمینی	در مورد برنامه آبهای زیرزمینی
۲ـ آقای ایقانیان رئیس‌اداره بررسی‌های عمومی	درمورد آبهای زیرزمینی
۳ـ آقای شاه محمدی رئیس‌اداره کنترل آمار	درمورد کیفیت آمار
۴ـ آقای اوربان کارشناس اداره کل آبهای سطحی	درمورد دقت آمار
۵ ـ خانم صحت‌پور	درباره تشکیلات جدیدامورمطالعات

۶ـ آقای اسفندیاری مدیر کل نظارت و سنجش درباره نظارت برطرحها

۷ـ آقای پروفسور آسام ـ درباره مدلهای آبهای زیرزمینی ومدیریت بهره‌برداری منابع آب

بعدازظهرروز ۳۶/۱۲/۱۵ نیزشرکت کنندگان به سه گروه تقسیم وبررسی‌های خودرا آغاز نمودند

نتایج سمینار = پس‌ازبررسی‌های لازم‌وتبادل نظرنتایج حاصله بشرح زیر از طرف شرکت کنندگان درسمینار پیشنهاد گردید.

۱ـ هم آهنگ کردن بررسی منابع آب کشور

۲ـ تفکیك اعتبار وابلاغ به مدیران امورمطالعات آب دراستانها

۳ـ تفویض اختیارات ضروری ازطرف مدیرعامل سازمان به مدیران امورمطالعات آب‌دراستان

۴ـ ابلاغ اعتبار و تفکیك مواد اعتبار سال ۲۵۳۷ به امور مطالعات منابع آب برای شروع و تسریع دراجرای برنامه

۵ـ تفویض اختیار ازطریق وزارت نیرو به مدیران امورمطالعات برای هزینه اعتبارات مربوط

۶ـ تفکیك وسائط نقلیه امورمطالعات ازسازمانها وتفویض اختیاربرای استفاده از آنها

۷ـ تفکیك امورمطالعاتی ازامور اجرائی

۸ـ ۳ الی۰/۰۵ ازاعتبارعقد قرارداد بامهندسان مشاور رابرای بالا بردن کیفیت آمار آب درنظر گرفته وبصندوق امورمطالعات منابع آب واریز گردد

۹ـ موافقت باستخدام کمبودپرسنل وتفویض اختیاربه مدیران امورمطالعات آب دراستانهابمنظور اجرای آن درسال ۲۵۳۸

۱۰ـ استفاده ازبورس آموزش درداخل وخارج ازکشورطبق‌برنامه تصویب اعتبار وابلاغ آن به مدیران امورمطالعات

۱۱ـ تقاضای تکرار وتجدید سمینار امورمطالعات آب دراسفند ماه هرسال در مرکز

سمینار بین‌المللی سیستم آمار و اطلاعات منابع آب

سمینار کارشناسان گروه کار درزمینه سیستم اطلاعات و آمارمنابع آب ازتاریخ ۴ تا ۱۰ آوریل ۱۹۷۸ درشهربانکوك ، تایلند تشکیل گردید.

دراین سمینارکارشناسانی ازکشورهای : ایران، افغانستان ، استرالیا ، بنگلادش ، هنگ کنگ هندوستان ، اندونزی ، ژاپن ، مالزی ، نپال ، زلاندنو، گینه جدید، تایلند، شوروی ، انگلستان و ایالات متحده آمریکا شرکت داشتند. دراین سمینار همچنین نمایندگان برنامه محیط زیست سازمان ملل (UNDP) یونسکو (UNESCO) وسازمان‌بهداشت جهانی (WHO) وسازمان هواشناسی جهانی (WMO) نیز شرکت نموده بودند .

دراین سمینارکارشناسان شرکت‌کننده مقالاتی‌درموضوع‌کار سمینار ارائه نمودندکه موردبحث وتبادل نظرقرار گرفت ونتیجه بحث وتبال نظر واظهارنظرهای‌کارشناسان شرکت‌کننده درسمیناربصورت گزارشی‌که به تصویب شرکت‌کنندگان رسید به دبیرخانه (ESCAP) تسلیم گردید تا گزارش مذکوررا تکثیر وجهت استحضارمقامات کشورهای شرکت‌کننده درسمینار ارسال‌نماید.

بطورکلی‌موضوعاتی‌که درسمینار موردبحث وتبادل نظر قرار گرفت بشرح‌زیرخلاصه‌می گردد.

۱ـ عناصراصلی سیستم آمارهیدرولژی گویا وقابل استفاده .

۲ـ مراحل توسعه سیستم آمارشامل :

الف ـ شبکه ایستگاههای مشاهده‌ای

ب ـ وسائل و تجهیزات

ج ـ استقرار وتاسیس وسائل وتجهیزات

د ـ نگهداری ـ تعمیروتنظیم وسائل وتجهیزات

ه ـ سیستم عملیات برای بهره‌برداری درآمار

و ـ آموزش

ض ـ سازمان

مشخصات سدهای انحرافی ایران

ردیف	نام سد	نام رودخانه	محل سد	طول سد متر	ارتفاع از کف متر	ظرفیت آبگیر متر مکعب در ثانیه	تاریخ شروع ساختمان	تاریخ خاتمه ساختمان
۱	آبشار	زاینده‌رود	اصفهان	۶۴	۶/۹۰	۳۰	۲۵۲۹	۲۵۳۰
۲	الوند	الوند	قصر شیرین	۳۲	۱/۸۰	۴	۲۵۱۵	۲۵۱۷
۳	بمپور	بمپور	بمپور	۶۰	۶/۵	۲/۵	۲۵۱۴	۲۵۱۵
۴	پسیخان	پسیخان	۵ کیلومتری راه رشت‌فومن	۴۹۸	۵	۴	۲۵۲۶	۲۵۲۸
۵	تاریك	سفیدرود	۳۵ کیلومتری پهاب سد شهباز نوفرح	۲۵۰	۲۰	۳۵	۲۵۲۴	۲۵۲۸
۶	چغلوندی	کلیسیان	چغلوندی لرستان	۴۰	۵	۳/۲۰	۲۵۰۸	۲۵۱۰
۷	خیر آباد	شاوور	۷۰ کیلومتری شمال اهواز	۲۶	۹	۸	۲۴۹۸	۲۴۹۹
۸	زیاران	زیاران	زیاران آبیك	۱۸۴	۲۵/۵	۳۰	۲۵۲۹	۲۵۳۲
۹	زهك	سیستان	زهك	۵۲/۲۰	۸/۳۰	۴۵	۲۵۰۹	۲۵۱۳
۱۰	سنگر	سفیدرود	سنگر	۲۳۱	۱۸	۱۸۱	۲۵۲۱	۲۵۲۴
۱۱	شاخزر	شاخزر	۱۶ کیلومتری راه رشت‌فومن	۱۹۰	۴	۲	۲۵۲۶	۲۵۲۸
۱۲	شبانکاره	شاپور	شبانکاره	۵۵/۵	۳/۵	۵	۲۴۹۸	۲۵۰۰
۱۳	شاوور	شاوور	۵۰ کیلومتری شمال اهواز	۲۱	۶/۵	۶	۲۴۹۴	۲۴۹۵
۱۴	صیقلان رودبار	صیقلان رودبار	رشت	۳۶	۷	۱	۲۵۰۶	۲۵۰۸
۱۵	سنگبان	شاهرود	طالقان	۱۸۳	۱۰/۱۰	۳۰	۲۵۲۹	۲۵۳۳
۱۶	کرخه	کرخه	شمال حمیدیه	۱۹۲	۴/۷	۶۱	۲۵۰۹	۲۵۱۵
۱۷	کوچری	گلپایگان	گلپایگان	۱۷۲	۳/۵	۳/۵	۲۵۲۲	۲۵۲۴
۱۸	کوهرنگ	شیخ علیخان	جهلگرد	۷۰	۱۰	۲۰	۲۵۰۷	۲۵۱۲
۱۹	کهك	سیستان	کهك	۶۸/۲۰	۶/۳۰	۲۲	۲۵۲۴	۲۵۲۵
۲۰	گنجانچم	گنجانچم	پاسگاه رضا آباد	۲۰۵	۲/۴۰	۵	۲۵۲۴	۲۵۲۵

مشخصات سدهای انحرافی ایران

ردیف	نام سد	نام رودخانه	محل سد	طول سد متر	ارتفاع از کف متر	ظرفیت آبگیر مترمکعب در ثانیه	تاریخ شروع ساختمان	تاریخ خاتمه ساختمان
۲۱	میل‌ومغان	ارس	اصلاندوز	۱۳۵	۸/۵	۸۰	۲۵۲۴	۲۵۲۹
۲۲	نکوآباد	زاینده‌رود	۴۰ کیلومتری جنوب اصفهان	۶۴	۶/۵۰	۶۵	۲۵۲۹	۲۵۳۱
۲۳	بریموند	الوند	۳ کیلومتری پل‌ذهاب	۳۰	۳	۴/۵	۲۵۲۹	۲۵۳۱
۲۴	شاپوراول	مهاباد	یوسف کندی	۴۴۳	۴/۵	۱۷	۲۵۳۰	۲۵۳۱
۲۵	نوروزلو	زرینه‌رود	۱۵ کیلومتری جنوب‌غربی میاندوآب	۵۱۰	۶	۶۰	۲۵۲۶	۲۵۲۹
۲۶	حشمت‌رود	دیسام	۱۴ کیلومتری آستانه‌اشرفیه	۳۰	۵	۲۵	۲۵۰۷	۲۵۱۲
۲۷	آبیاری دز	دز	جنوب دزفول	۳۹۴	۴	۲۵۰	۲۵۲۷	۲۵۲۹
۲۸	گتوند	کارون	گتوند	۷۱۰	۲۲	۱۰۱	۲۵۳۴	۲۵۳۶
۲۹	ورامین	جاجرود	بن‌کوه	۳۷۵	۴	۳۲	۲۵۳۴	۲۵۳۶
۳۰	گرمسار	حبله‌رود	بارکین	۱۲۰	۳	۱۳	۲۵۳۴	۲۵۳۶
۳۱	سیستان	سیستان	جزیمه	۱۵۸	۱۱	۶۰	۲۵۳۲	۲۵۳۷
۳۲	سومار	کنگیر	کرمانشاهان	۱۰۰	۳	۲/۵	۲۵۳۲	۲۵۳۷
۳۳	قشلاق	قشلاق	سنندج	۱۵۰	۲/۳	۱/۳	۲۵۳۵	۲۵۳۸
۳۴	برف‌آباد	راوند	شاه‌آباد غرب	۶۵	۶	۲/۸	۲۵۳۶	۲۵۳۸

کمیته ملی آبیاری وزهکشی ـ اردیبهشت ۲۵۳۷

شماره ردیف	نام سد	نام رودخانه	محل سد	نوع سد	طول تاج سد متر	ارتفاع از کف متر	ظرفیت سرریز تخلیه مترمکعب در ثانیه	حجم مصالح مصرفی مترمکعب	گنجایش مخزن به میلیون مترمکعب: گنجایش کل	گنجایش مفید	مقدار آب قابل تنظیم سالیانه میلیون مترمکعب	سطح زیر کشت هکتار	تولید برق: قدرت نصب شده	تولید سالانه	تاریخ شروع ساختمان	تاریخ خاتمه ساختمان	مهندس مشاور	مقاطعه کار
۱	محمدرضاشاه پهلوی	دز	شمال دزفول	بتونی قوسی	۲۱۲	۲۰۳	۶۰۰۰	۴۵۹۰۰۰	۳۳۴۰	۲۴۸۰	۶۹۳۸	۱۰۰۰۰۰	۵۲۰۰۰۰	۲۲۰۰	۲۵۱۶	۲۵۲۱	دی اندآر	ایمپرجیلو
۲	شهبانو فرح	سفیدرود	منجیل	بتونی پایه دار	۴۲۵	۱۰۶	۶۰۰۰	۸۴۰۰۰۰	۱۸۰۰	۱۴۵۰	۲۰۰۰	۲۴۰۰۰۰	۸۷۵۰۰	۴۲۰	۲۵۱۶	۲۵۲۲	آنکو و دفر	ساسر
۳	امیرکبیر	کرج	شمال کرج	بتونی قوسی	۳۹۰	۱۸۰	۱۴۵۰	۷۵۰۰۰۰	۲۰۵	۱۹۵	۴۰۰	★ ۲۱۰۰۰	۹۰۰۰۰	۱۳۰	۲۵۱۲	۲۵۲۳	مارزا	موریس نودسن
۴	شهناز پهلوی	آبشینه	یالغان همدان	بتونی وزنی	۲۸۶	۵۳	۵۰۰	۱۶۰۰۰۰	۸	۵	۱۷	★ ۲۰۰	—	—	۲۵۱۸	۲۵۲۲	فرنون پلان	شرکت پور (اطریشی)
۵	شاه اسمعیل	گلپایگان	انحنوان	خاکی	۳۶۰	۵۶	۲۰۰۰	۸۵۰۰۰۰	۴۴٫۵	۴۰	۸۰	۵۵۰۰	—	—	۲۵۱۳	۲۵۱۶	جستن اندکوتی طالقانی و دفتری	شرکت مثلث
۶	فرحناز پهلوی	جاجرود	لتسیان	بتونی پایه دار	۴۵۰۰	۱۰۷	۱۷۵۰	۷۷۰۰۰۰	۹۵	۸۵	۲۴۵	★ ۳۰۰۰۰	۲۲۰۰۰	۵۰	۲۵۲۴	۲۵۲۶	سراکس اندکیپ	ساسر
۷	شاه عباس کبیر	زاینده رود	قریه ایسی سو	بتونی قوسی ضخیم با رودانخا	۴۵۰	۱۰۰	۵۳۵۰۰۰	۱۸۸۰	۱۴۵۰	۱۲۴۰	۱۲۰۰	۹۵۰۰۰	۵۵۰۰۰	۱۷۴	۲۵۲۴	۲۵۲۹	سوگراه - سوفرانک	〃
۸	شاپور اول	مهاباد	مهاباد	سنگریز با هسته خاکی	۷۰۰	۴۶٫۵	۱۵۵۰	۱۶۶۰۰۰۰	۲۳۰	۱۹۰	۱۹۵	۲۰۰۰۰	۵۷۶۰	۲۴	۲۵۲۶	۲۵۲۹	الکتروپروژکت	شرکت تاد (مجید اعلم)
۹	کورش کبیر	زرینه رود	جنوب شرقی بوکان	خاکی با هسته خاکه رس	۷۲۰	۵۰	۱۸۹۰۰۰۰	۴۳۰۰	۶۵۰	۴۸۶	۵۳۵	۹۵۰۰۰	در دست مطالعه		۲۵۲۶	۲۵۳۰	جستن اندکوتی طالقانی و دفتری	شرکت پور
۱۰	آدرس	ارس	قزل قشلاق	خاکی	۹۴۵	۳۸	۳۴۹۰۰۰۰	۲۷۶۰	۱۳۵۰	۱۱۵۰	۱۴۰۰ (سهم ایران)	۹۰۰۰۰	۲۲۰۰۰	۸۸ (سهم ایران)	۲۵۲۶	۲۵۲۹	باک بیمه رو برژکت	ایران و شوروی
۱۱	وشتگیر	گرگان رود	سنگرسوار گرگان	خاکی	۴۳۰	۱۹	۱۳۵۰۰۰۰	۱۴۰۰	۷۹	۵۰	۱۰۰	۲۵۰۰۰	—	—	۲۵۲۳	۲۵۲۹	انکو	دایهو - باستان
۱۲	داریوش کبیر	کر	درودزن شیراز	خاکی با پوشش سنگی	۷۰۰	۶۰	۵۷۰۰۰۰۰	۴۱۰۰	۹۹۳	۸۶۰	۴۳۳	★ ۴۱۰۰۰	—	—	۲۵۲۵	۲۵۳۱	جستن اندکوتی طالقانی - دفتری	شرکت سوم و توسعه منابع آب
۱۳	رضاشاه کبیر	کارون	شمال شرقی مسجدسلیمان	بتونی قوسی	۳۸۰	۲۰۰	۱۵۷۰۰۰۰	۱۶۲۰۰	۲۹۰۰	۱۱۰۰	۹۲۵۹	۴۸۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۴۱۲۰	۲۵۲۸	۲۵۳۵	مارزا	ساسر - سایر

سدهای در دست اقدام

۱۴	جیرفت	هلیل رود	تنگ نراب	بتونی قوسی	۲۵۰	۱۲۳	۳۰۰۰۰۰	۶۹۰۰	۴۳۰	۳۵۵	۲۳۵	۱۰۵۰۰	۳۰۰۰۰	۸۰	۲۵۳۳	۲۵۳۹	رستیران - بهتوکی - آبرس	—
۱۵	میناب	میناب	میناب	بتونی پایه دار	۴۵۰	۶۰	۴۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	۳۵۰	۲۷۱	۲۴۰	★ ۱۴۰۰۰	—	—	۲۵۳۳	۲۵۳۸	〃 〃 〃	—
۱۶	لار	لار	شمال پلور	خاکی	۱۵۰۰	۱۰۵	۱۳۰۰۰۰۰	۱۷۰۰	۹۶۰	۸۶۰	۴۳۰	★ ۶۵۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۲۰۰	۲۵۳۳	۲۵۳۹	انکاندرکیپ	—
۱۷	قشلاق	قشلاق	سنندج	خاکی سنگی	۳۰۰	۸۰	۲۰۰۰۰۰۰	۲۶۰۰	۲۲۴	۱۹۹	۱۰۵	★ ۷۰۰۰	۴۰۰۰	۱۲٫۶	۲۵۳۲	۲۵۳۸	طالقانی - دفتری	سایر
۱۸	پیشین	سرباز	پیشین	خاکی سنگی	۴۰۰	۶۰۰	۳۰۰۰۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۳۰	۲۰۰	۹۰	۹۰۰۰	—	—	۲۵۳۴	۲۵۳۹	پاریس کنولت و ۵۰۲۰۶۹	آپور و همکاران ایرانی
۱۹	چاه نیمه	سیستان	چاه نیمه	خاکی	۲۰۰	۱۷	۱۷۰۰۰۰	۵۰	۷۰۰	۳۵۰	۳۵۰	۴۵۰۰۰	—	—	۲۵۳۱	۲۵۳۸	کاژه سانیو	نوکار
۲۰	طرق	طرق	طرق مشهد	بتونی قوسی	۳۰۰	۶۵	۱۲۶۰۰۰	۲۴۰	۳۸	۳۵	۱۳	★ ۱۳۰۰	—	—	۲۵۳۷	۲۵۴۱	سیتران	سایر - کامپتون برنارد
۲۱	کارده	کارده	کارده مشهد	بتونی قوسی	۱۴۴	۵۰	۲۹۰۰۰	۷۰۰	۳۸	۳۵	۳۱٫۶	★ ۱۵۰۰	—	—	۲۵۳۷	۲۵۴۱	〃	〃 〃

سدهای در دست مطالعه

۲۲	آریوبرزن	ماروت	تنگ تکاب	خاکی با سرریز بتونی	۲۲۰	۱۶۵	۷۲۰۰۰۰	۱۰۷۰۰	۱۲۸۶	۱۱۰۰	۸۸۸	۵۹۰۰	—	—	۲۵۲۸	۲۵۴۳	مارزا	—
۲۳	ساوه	وفرقان	جنوب غربی ساوه	بتونی قوسی	۲۶۵	۸۸	۳۰۸۰۰۰	۲۷۵	۲۹۰	۲۷۰	۳۲۸	★ ۱۳۵۰۰	۱۰۰۰۰	۳۳٫۷	۲۵۳۷	۲۵۴۲	هیدروانرژتیک و همانی	—
۲۴	خداآفرین	ارس	خداآفرین	خاکی	۳۸۰	۶۰	۳۶۰۰۰۰	۳۵۰۰	۱۶۲۰	۱۲۰۰	۱۵۰ (۷۵ سهم ایران)	۶۰۰۰	۱۰۰۰۰ سهم ایران	۲۵۰ سهم ایران	۲۵۳۸	۲۵۴۳	باک بیمه رو پروژکت	ایران و شوروی
۲۵	فریزی	فریزی	فریزی مشهد	خاکی	۵۰۰	۷۷	۳۰۰۰۰۰	۱۴۰۰	۴۸	۳۷	۲۶٫۷	★ ۱۸۰۰	—	—	۲۵۳۸	۲۵۴۳	سیتران	—
۲۶	طالقان	طالقان	سنگبان	خاکی	۱۲۰۰	۱۲۵	۲۴۵۰۰۰۰	۱۶۲۰	۷۲۱	۴۶۹	۴۶۷	★ ۳۵۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۲۷۷	۲۵۲۹	۲۵۴۶	طالقانی - دفتری	—

★ - بعلاوه تأمین قسمتی از آب مشروب شهر مجاور

کمیته ملی آبیاری و زهکشی - اردیبهشت ۲۵۳۷