



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری



دستنامه فنی

استخرهای ذخیره آب کشاورزی در مناطق کوهستانی

نویسندگان:

رضا چمن‌پیرا، رضا سیاه‌منصور، یحیی پرویزی

شماره ثبت: ۶۷۵۸۶

۱۴۰۴

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان

دستنامه فنی:
مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی

نویسندگان:
رضا چمن پیرا، رضا سیاه منصور، یحیی پرویزی

شماره ثبت:
۶۷۵۸۶

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان

عنوان: مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی

نویسندگان: رضا چمن‌پیرا، رضا سیاه‌منصور، یحیی پرویزی

ویراستار: سعید نبی‌پی لشکریان

طراحی جلد و صفحه‌آرایی: عباس صدیق

ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

شمارگان: ۱۰ نسخه

تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۴

این اثر در مورخه ۱۴۰۴/۰۴/۱۷ با شماره ۶۷۵۸۶ در مرکز مطالعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطالب، تصاویر، جداول، منحنی هاو نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است.

فهرست مطالب

عناوین	صفحه
چکیده:	۱
۱. کلیات	۲
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- اهداف ساخت استخر آب کشاورزی	۵
۱-۳- انواع استخرهای آب کشاورزی	۵
۱-۴- ابعاد استخرهای آب کشاورزی	۸
۱-۵- مزایای استخر آب کشاورزی	۹
۱-۶- معایب و چالش‌ها	۹
۱-۷- ملاحظات طراحی و ساخت	۹
۱-۸- نگهداری و مدیریت استخر	۱۰
۱-۹- کاربردهای دیگر	۱۱
۲. طراحی استخر	۱۱
۲-۱- محاسبه حجم و ابعاد استخر	۱۱
۲-۲- طراحی ساختار مخزن	۱۳
۲-۳- پوشش مخزن	۱۳
۲-۴- سامانه تخلیه و فیلتراسیون	۱۳
۲-۵- طراحی سرریز (Spillway)	۱۴
۲-۶- طراحی حوضچه آرامش (Stilling Basin)	۱۷

۱۷	۷-۲-بررسی پایداری ساختاری.....
۱۸	۸-۲-بررسی هزینه‌ها و مصالح.....
۱۸	۹-۲-نگهداری و مدیریت.....
۱۸	۱۰-۲-انتخاب ساختگاه مناسب استخر تأمین آب کشاورزی.....
۱۹	۲-۱۰-۱-منابع تأمین آب.....
۱۹	۲-۱۰-۲-منابع آب دائمی.....
۲۰	۲-۱۰-۳-منابع آب فصلی.....
۲۲	۲-۱۰-۴-نوع خاک.....
۲۳	۲-۱۰-۵-شیب زمین.....
۲۵	۲-۱۰-۶-دوری از بستر سیلابی و جریان‌های رسوبی.....
۲۶	۲-۱۰-۷-فاصله استخر تا زمین کشاورزی.....
۲۶	۲-۱۰-۸-درنظر گرفتن بادپناه.....
۲۷	۲-۱۰-۹-رعایت قوانین و مسائل محیط زیستی.....
۲۷	۳. روش ساخت استخر آب کشاورزی.....
۲۸	۳-۱-تورکینست (Turkey Nest).....
۳۰	۳-۲-استخر سنگی ملاتی:.....
۳۳	۳-۳-استخر ژئوممبرین.....
۳۶	۴. بحث و نتیجه‌گیری.....
۳۸	پیشنهادها.....
۳۹	منابع:.....
۴۰	Abstract:.....

فهرست شکل‌ها

صفحه	عناوین
شکل ۱- استخر خاکی اجراشده در حوضه ریمله استان لرستان (منبع عکس: رضا چمن‌پیرا، ۱۳۸۰)..... ۶	
شکل ۲- استخر سنگی ملاتی اجراشده در حوضه ریمله استان لرستان (منبع عکس: رضا چمن‌پیرا، ۱۳۸۰)..... ۷	
شکل ۳- استخر بتنی ذخیره آب کشاورزی (http://shadmand.org)..... ۷	
شکل ۴- استخر ژئوممبرین ذخیره آب کشاورزی (منبع عکس: شرکت وینداور، ۱۴۰۳)..... ۸	
شکل ۵- شمایی از مکان‌یابی و اجزاء حوضچه ذخیره آب کشاورزی (تورکینست) در یک دامنه... ۱۲	
شکل ۶- استخر کوچک سنتی با سازه خاکی و منبع آب دائمی چشمه برای احداث باغ ادر پایین‌دست (منبع عکس: یحیی پرویزی ۱۴۰۳)..... ۲۰	
شکل ۷- استخر جمع‌آوری آب با استفاده از جریان‌های فصلی (منبع عکس: یحیی پرویزی ۱۴۰۳)..... ۲۱	
شکل ۸- جمع‌آوری آب سطحی و زیرقشری در مسیر آبراهه فصلی و پمپاژ به بالادست (منبع عکس: یحیی پرویزی ۱۴۰۳)..... ۲۱	
شکل ۹- محل احداث استخر آب کشاورزی با توجه به شیب عمومی زمین ۲۵	
شکل ۱۰- ایجاد بادپناه مصنوعی با استفاده از کاشت درخت ۲۷	
شکل ۱۱- تورکینست یا استخر ذخیره آب کشاورزی، منبع تأمین آب، جمع‌آوری رواناب ناشی از بارندگی (حوضه ریمله لرستان، منبع عکس: رضا چمن‌پیرا، ۱۳۸۰)..... ۳۰	
شکل ۱۲- سمت راست مکان‌یابی مناسب، سمت چپ مکان‌یابی نامناسب به دلیل عدم دسترسی به منبع آب (حوضه ریمله، لرستان، منبع عکس: رضا چمن‌پیرا ۱۳۸۰)..... ۳۲	
شکل ۱۳- سمت راست استخر پایدار با استفاده از مصالح مناسب، سمت چپ تخریب استخر به دلیل به‌کاربردن مصالح نامناسب (منبع عکس: یحیی پرویزی ۱۴۰۳)..... ۳۲	

شکل ۱۴-نمایی از اجرای استخر ذخیر آب کشاورزی با پوشش ژئوممبرین (منبع عکس: شرکت
وینداور، ۱۴۰۳)..... ۳۶

فهرست جدول‌ها

عناوین	صفحه
جدول ۱- ضریب رواناب در حوضه‌های مختلف.....	۱۵
جدول ۲- سرعت نفوذپذیری در خاک‌های مختلف (Kumar، ۱۹۹۹).....	۲۳

چکیده:

بخش اعظم تولیدات کشاورزی وابسته به بارش‌های سالانه است. پراکنش زمانی و مکانی نامناسب بارندگی، کشور خشک و نیمه‌خشک ایران را با محدودیت آب برای آبیاری مواجه کرده است. هدف از احداث استخرهای کشاورزی ذخیره‌سازی آب از منابع موجود برای آبیاری در فصول خشک است. انواع استخرهای کشاورزی شامل خاکی، بتنی، سنگی ملاتی (بنایی) یا ژئوممبرانی هستند. استراتژی انتخاب نوع استخر در میزان موفقیت آن بسیار مهم است. دسترسی به منابع آب، نوع خاک و شیب محل در انتخاب ساختگاه استخر آب کشاورزی نقش اساسی دارند. محل احداث استخر باید تا حد امکان نزدیک به منطقه تأمین آب باشد و آبیاری ثقلی نسبت به سایر انواع آبیاری در اولویت قرار گیرد. برای جلوگیری از نشتی آب، خاک‌های نفوذناپذیر یا با نفوذپذیری کم در اولویت قرار دارند. شیب زمین باید ملایم باشد تا آب به راحتی به سمت استخر هدایت شود. برای ساخت استخر ابتدا نسبت به جمع‌آوری اطلاعات منطقه و نقشه‌برداری اقدام می‌شود، سپس با توجه به مقدار آب موردنیاز حجم مخزن محاسبه می‌شود. با در نظر گرفتن شرایط محل، قرضه موجود و منابع مالی نوع استخر انتخاب خواهد شد. در مرحله بعد حفاری و آماده‌سازی محل، ساخت دیواره‌ها، ساخت کف، نصب ورودی و خروجی آب برای کنترل جریان، عایق‌کاری، تست آب‌بندی، آبیگری و کنترل نهایی انجام می‌شود. استخرهای خاکی (تورکینست) روشی مناسب و کم‌هزینه برای ذخیر رواناب محسوب می‌شوند. در این روش افزون بر نفوذ آب در خاک و افزایش آبدهی چشمه‌ها و چاه‌ها، دبی اوج سیل کاهش یافته و از فرسایش خاک نیز جلوگیری می‌شود. استخرهای سنگی ملاتی علاوه بر مشکلات آب‌بندی پرهزینه نیز هستند. استخرهای بتنی وضعیت آب‌بندی، دوام و عملکرد مناسب‌تری دارند؛

----- مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی ۲/

اما به دلیل پیچیدگی ساخت و هزینه‌های زیاد مقرون به صرفه نیستند. استفاده از ژئوممبرین‌ها تکنولوژی جدیدی برای احداث و آب‌بندی استخرهای کشاورزی است. اجرای سریع و آسان و عملکرد مناسب بدون نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم باعث شده این نوع از استخرها از استقبال بیشتری برخوردار باشند.

کلید واژه‌ها: آبیاری ثقلی، بهره‌وری، تأمین آب، ژئوممبرین.

۱. کلیات

۱-۱- مقدمه

منشأ اصلی تأمین آب در کره زمین باران، برف، تگرگ و رطوبت موجود در اتمسفر زمین است. اگر همه آب جهان به صورت یک قطره درآید، اندازه کوچکی نسبت به زمین خواهد داشت. گرچه این قطره عظیم آب در مقایسه با حجم کره زمین کوچک به نظر می‌رسد، اما این قطره، قطری حدود ۱۳۸۵ کیلومتر و حجمی حدود ۱۳۸۶۰۰۰۰۰۰ کیلومتر مکعب دارد؛ که شامل آب‌های زیرزمینی، آب باتلاق‌ها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها است. حجم کل این آب شیرین حدود ۱۰۶۳۳۴۵۰ کیلومتر مکعب است و کره ای به قطر حدود ۲۷۲/۸ کیلومتر را تشکیل می‌دهد، اما بیشتر آن در اعماق زمین است و در دسترس انسان نیست (Cook، ۲۰۲۴). بنابراین باید در حفاظت و مصرف این مقدار آب شیرین و در عین حال بسیار کم نهایت دقت را به عمل آورد. به همین دلیل لازم است در فصول بارندگی نسبت به جمع آوری رواناب‌های فصلی اقدامات لازم و جدی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک

کشور ایران صورت پذیرد تا در فصول خشک سال مورد بهره‌برداری در بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب و حتی صنعت استفاده شود.

وقتی قطرات آب باران به زمین می‌رسند حالت‌های مختلفی ممکن است رخ دهد. یا آب باران بلافاصله در سطح زمین جاری می‌شوند و رودخانه‌های فصلی را تغذیه می‌کند، یا در زمین نفوذ کرده و آب زیرزمینی را بوجود می‌آورند و یا به صورت ذخایر سطحی چالاب‌ها، تالاب‌ها و دریاچه‌ها را پر می‌کند. البته بخشی از آب باران رطوبت خاک را تأمین می‌کند که نقش بسیار مهمی در تعدیل و تنظیم درجه حرارت مناطق مختلف خشکی‌های زمین دارد و حیات گیاهی به شدت وابسته به آن است. آب عامل و محرک اصلی کشاورزی در جهان به شمار می‌رود، به همین دلیل حدود ۷۰ درصد آب مصرفی جهان به آبیاری مزارع کشاورزی اختصاص دارد.

کشور ایران از نظر جغرافیایی در کمربند خشک و نیمه خشک دنیا قرار دارد و همواره تأمین آب کشاورزی چالشی بزرگ در راه توسعه کشاورزی است. در اواخر قرن بیستم و به خصوص در قرن حاضر اهمیت منابع آب بیش از پیش جلوه‌گر شده است. مناسب‌ترین راه حل برای حفاظت و بهره‌برداری بهینه از منابع آب استفاده از فناوری‌های نوین و متناسب آبیاری است. اجرای شیوه‌های کارآمدی همچون پروژه‌های کوچک تأمین آب بسیار و مؤثر حائز اهمیت است. استخرها و مخازن ذخیره آب یکی از ساده‌ترین و عملی‌ترین اقدامات ممکن برای تأمین آب کشاورزی به خصوص در فصول خشک سال است. استخرهای آب کشاورزی، نقش حیاتی در مدیریت منابع آب و افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی ایفا می‌کنند. این استخرها معمولاً برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران، آب‌های سطحی یا انتقال آب از منابع دیگر مانند رودخانه‌ها، چاه‌ها یا قنات‌ها استفاده می‌شوند. در شمال ایران ۶۶۵

----- مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی ۴/

استخر ذخیره آب (آب‌بندان) ساخته شده و اکنون مورد بهره‌برداری قرار دارند. این استخرها حدود ۱۶۰ هزار هکتار از اراضی استان‌های شمالی گیلان، مازندران و گلستان را مشروب می‌نمایند. سالانه حدود ۳۶۰ میلیون مترمکعب آب در استخرهای شمال کشور ذخیره می‌شود و مورد استفاده حدود ۸۰ هزار هکتار اراضی شالیزار قرار می‌گیرد. در استان مازندران بیش از ۵۰ درصد از تولیدات کشاورزی به استخرهای ذخیره آب وابسته‌اند (عرب‌زاده، ۱۴۰۰). در مناطق نیمه‌خشک که بارندگی بیشتر است، احداث تورکینست (حوضچه خاکی) روشی مناسب و کم هزینه برای ذخیره رواناب محسوب می‌شود. در این روش افزون بر نفوذ آب در خاک، افزایش آبدهی چشمه‌ها و چاه‌ها، دبی اوج سیل کاهش یافته و باعث جلوگیری از فرسایش خاک و حفظ منابع طبیعی نیز می‌شود. در روش‌های سنتی از رس و کاه گل برای ساخت استخر کشاورزی استفاده می‌کردند. روش‌های سنتی به علت مشکلات ساخت، ترک خوردگی و نشت آب چندان توصیه نمی‌شوند. از جمله روش‌های ساخت استخر کشاورزی استفاده از مصالح سنگ و ملات و بتن است. گرچه مصالح مذکور بر استحکام این سازه‌ها افزوده است؛ اما استخرهای سنگی ملاتی نیز علاوه بر نقایص آب‌بندی پرهزینه هستند. استخرهای بتنی وضعیت آب‌بندی، دوام و عملکرد مناسب‌تری دارند؛ اما به دلیل پیچیدگی ساخت و هزینه‌های زیاد مقرون به صرفه نیستند؛ اما استفاده از تکنولوژی جدید ژئوممبرین برای احداث و آب‌بندی استخرهای کشاورزی مشکلات یاد شده را به کمینه می‌رساند و از اقبال بیشتر برخوردارند. در این تکنولوژی یک لایه آب بند پلیمری با مقاومت و دوام بالا بر روی سطح خاک پهن، جوشکاری و نصب می‌شود. ژئوممبرین‌ها با قابلیت اجرای سریع، آسان و عملکرد مناسب و بدون نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم، توانایی نگهداری و ذخیره طولانی مدت آب را نیز دارند. هدف از اجرای استخرهای آب کشاورزی ذخیره‌سازی

آب قنات‌ها، چشمه‌ها، رودخانه‌ها، چاه‌ها و ذخیره آب بارندگی و برف در فصول پاییز و زمستان و مصرف آن در فصول آبیاری و کم آبی است. ذخیره حقابه‌ها برای انجام آبیاری تحت فشار، بارانی یا قطره‌ای و یا بهره‌برداری دو منظوره برای پرورش ماهی و شیلات یکی دیگر از کاربردهای مؤثر و ارزشمند استخرهای آب کشاورزی به حساب می‌آید.

۱-۲- اهداف ساخت استخر آب کشاورزی

- ذخیره‌سازی آب: جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب برای استفاده در زمان‌های کم‌آبی یا خشکسالی
- مدیریت منابع آب: کنترل و توزیع مناسب آب برای مصارف کشاورزی
- تأمین آب پایدار: اطمینان از دسترسی به آب در طول سال برای کشاورزان
- جلوگیری از سیلاب: در برخی موارد، استخرها برای کنترل سیلاب و جلوگیری از آسیب به زمین‌های کشاورزی استفاده می‌شوند.

۱-۳- انواع استخرهای آب کشاورزی

به‌طور کلی استخرهای ذخیره آب کشاورزی را می‌توان به چهار دسته تقسیم‌بندی کرد (Shirahatti و همکاران، ۲۰۲۲).

- استخرهای خاکی: ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع استخر که با حفر زمین و ایجاد دیواره‌های خاکی ساخته می‌شود (شکل ۱).

----- مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی ۶/

- استخرهای سنگی ملاتی: در مناطق کوهستانی و با استفاده از سنگ‌های محلی ساخته می‌شوند (شکل ۲).

- استخرهای بتنی: با دوام‌تر و مقاوم‌تر در برابر نفوذ آب، اما هزینه ساخت بالاتری دارند (شکل ۳).

- استخرهای ژئوممبرین: یک روش مدرن و مؤثر برای ذخیره‌سازی آب کشاورزی است. ژئوممبرین یک لایه پلیمری ضد آب است که به‌عنوان پوشش استخر استفاده می‌شود و از نشت آب جلوگیری می‌کند (شکل ۴).



شکل ۱- استخر خاکی اجراشده در حوضه ریمله استان لرستان (منبع عکس: رضا چمن‌پیرا، ۱۳۸۰)



شکل ۲- استخر سنگی ملاتی اجراشده در حوضه ریمله استان لرستان (منبع عکس: رضا چمن پیرا،

(۱۳۸۰)



شکل ۳- استخر بتنی ذخیره آب کشاورزی (<http://shadmand.org>)



شکل ۴- استخر ژئوممبرین ذخیره آب کشاورزی (منبع عکس: شرکت وینداور، ۱۴۰۳)

۴-۱- ابعاد استخرهای آب کشاورزی

اندازه استخرهای کشاورزی معمولاً از ۳۰ تا ۵۰۰ متر مربع متغیر هستند (Miller, ۲۰۰۹). به طور کلی ابعاد استخرهای کشاورزی به منابع آب قابل دسترس، نیاز آبی و منابع مالی بستگی دارد. با توجه به استانداردهای موجود، طول استخرهای کشاورزی در ایران بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر عرض ۵ تا ۵۰ متر و عمق از ۱ تا ۱۰ متر متغیر است. استخرهای کشاورزی در مناطق کم باران و دیم که میزان بارندگی سالانه آنها بیشتر از ۵۰۰ میلیمتر است، نقش بسزایی در کشاورزی دارند. اگر میانگین بارندگی سالانه (AAR)^۱ بین ۵۰۰ تا ۷۵۰ میلیمتر باشد، استخرهایی با ظرفیت ۲۵۰ تا ۵۰۰ مترمکعب قابل احداث است. در صورتی که میانگین بارندگی سالانه بیش از ۷۵۰ میلی متر باشد، ظرفیت استخر به بیش از ۵۰۰ متر مکعب افزایش خواهد یافت. در صورتی که هدف جمع آوری رواناب

^۱ . Average Annual Rainfall

باشد، استخرهای کشاورزی باید در مناطقی احداث شوند که سالانه کمینه دو تا سه رویداد بارندگی داشته باشند (Reddy و همکاران، ۲۰۱۲). در اینصورت استخرهای کشاورزی علاوه بر تأثیر در بهبود و افزایش عملکرد محصولات زراعی و باغی در کاهش دبی اوج حوضه‌ها و کنترل سیل نقش مؤثری ایفا می‌کنند.

۱-۵- مزایای استخر آب کشاورزی

- افزایش دسترسی به آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک
- بهبود بهره‌وری کشاورزی با تأمین آب کافی
- کاهش وابستگی به منابع آب زیرزمینی
- امکان استفاده از آب‌های سطحی و باران‌های فصلی

۱-۶- معایب و چالش‌ها

- هزینه‌های اولیه ساخت و نگهداری
- احتمال تبخیر آب در مناطق گرم و خشک
- نیاز به مدیریت و مداوم برای جلوگیری از آلودگی آب
- احتمال نفوذ آب به زمین و هدررفت آن در استخرهای خاکی

۱-۷- ملاحظات طراحی و ساخت

برای طراحی و ساخت استخرهای ذخیره آب کشاورزی لازم است ملاحظات ذیل در نظر گرفته شود (Sachin و همکاران، ۲۰۲۲).

----- مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی / ۱۰

- نوع استخر: انتخاب نوع استخر با توجه به منابع قرضه موجود
- ساختگاه یا موقعیت مکانی: انتخاب محل مناسب با توجه به دسترسی به منابع آب و زمین‌های کشاورزی
- ظرفیت استخر: محاسبه حجم موردنیاز براساس نیاز آبی محصولات و شرایط اقلیمی
- نوع پوشش: استفاده از پوشش‌های ضد تبخیر مانند صفحات شناور یا مواد شیمیایی
- سیستم‌های انتقال آب: طراحی کانال‌ها یا لوله‌ها برای انتقال آب به زمین‌های کشاورزی

- رسوبگیر: احداث حوضچه‌های رسوبگیر در بالادست استخرهای خاکی به‌منظور جلوگیری از ورود رسوبات به درون استخر
- سیستم‌های تصفیه: در صورت نیاز، استفاده از فیلترها یا روش‌های تصفیه برای جلوگیری از آلودگی آب

۸-۱- نگهداری و مدیریت استخر

- نظافت دوره‌ای برای جلوگیری از تجمع رسوبات و آلودگی
- بررسی و تعمیر دیواره‌ها و کف استخر
- کنترل تبخیر با استفاده از پوشش‌های مناسب
- مدیریت سطح آب و جلوگیری از سرریز شدن

۱-۹- کاربردهای دیگر

- پرورش ماهی و آبی‌پروری
- استفاده به‌عنوان منبع آب برای دام‌ها
- ایجاد فضای سبز و بهبود محیط زیست محلی

استخرهای آب کشاورزی به‌عنوان یک راه‌حل پایدار برای مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نقش مهمی در توسعه کشاورزی و امنیت غذایی ایفا می‌کنند. با این حال، طراحی و مدیریت صحیح این استخرها برای بهره‌وری بیشینه ضروری است.

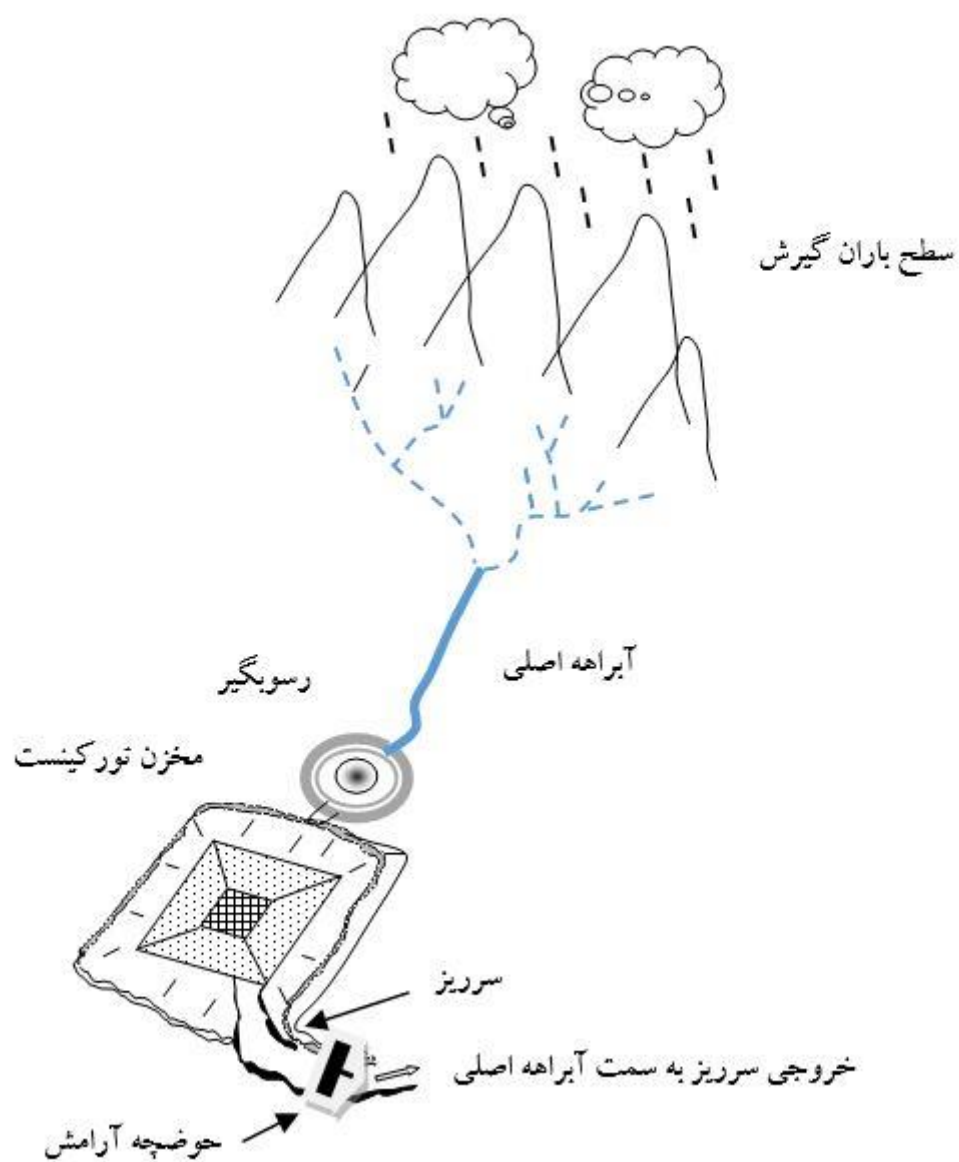
۲. طراحی استخر

۲-۱- محاسبه حجم و ابعاد استخر

حجم مخزن به میزان آب موردنیاز و میزان رواناب یا بارش در منطقه بستگی دارد (شکل ۵). برای محاسبه حجم مخزن می‌توان از رابطه ۱ استفاده کرد (ESCWA، ۲۰۲۱):

$$V=A \times R \times C \quad \text{رابطه (۱)}$$

- **V:** حجم آب قابل جمع‌آوری (مترمکعب)
- **A:** مساحت منطقه جمع‌آوری آب (catchment area) بر حسب متر مربع
- **R:** میزان بارش سالانه (متر)
- **C:** ضریب رواناب (معمولاً بین ۰/۲ تا ۰/۸ بسته به ویژگی‌های سطح زمین بالادست)



شکل ۵- شمایی از مکان یابی و اجزاء حوضچه ذخیره آب کشاورزی (تورکینست) در یک دامنه

۲-۲- طراحی ساختار مخزن

- شکل مخزن: معمولاً برای استخرهای خاکی مثل تورکینست^۱ به شکل دایره‌ای و برای سنگی ملاتی و بتنی مستطیلی مثل ساخته می‌شود.
- عمق مخزن: عمق از ۱ تا ۱۰ متر است و معمولاً بین ۲ تا ۴ متر در نظر می‌گیرند تا تبخیر آب کاهش یابد.
- دیواره‌ها: دیواره‌ها باید با خاک فشرده، سنگ یا مصالح دیگر تقویت شوند تا از ریزش جلوگیری شود.
- ورودی و خروجی آب: یک ورودی برای هدایت آب به مخزن و یک خروجی یا سرریز برای کنترل جریان آب در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳- پوشش مخزن

- برای کاهش تبخیر آب، می‌توان از پوشش‌های ساده مانند پلاستیک یا سایبان‌های طبیعی مثل شاخ و برگ درختان استفاده کرد.

۲-۴- سامانه تخلیه و فیلتراسیون

- فیلتراسیون: برای جلوگیری از ورود خاک و آشغال به مخزن، یک سامانه فیلتراسیون ساده (رسوبگیر) در ورودی آب نصب می‌شود.

¹ -Turkey Nest

----- مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی ۱۴/

- **تخلیه:** برای استخرهای خاکی یک سرریز با ابعاد مناسب در شانه چپ یا راست استخر برای برگشت آب اضافی به مسیر آبراهه اصلی در نظر گرفته می‌شود. برای استخرهای دیگر یک شیر یا لوله در پایین مخزن برای تخلیه آب در صورت نیاز تعبیه می‌شود.

۲-۵- طراحی سرریز (Spillway)

سرریز برای سیستم‌های ذخیره‌سازی آب در سازه‌های خاکی مانند تورکینست بسیار مهم است، زیرا از سرریز شدن آب و آسیب به ساختار مخزن جلوگیری می‌کند. سرریز باید به گونه‌ای طراحی شود که بتواند آب اضافی را به صورت کنترل شده از مخزن خارج و به مسیر اولیه آبراهه هدایت کند.

- تعیین بیشینه دبی سرریز

در طراحی استخرهای کشاورزی از یک سرریز اضطراری برای هدایت مازاد آب استفاده می‌شود، که براساس درصدی از بیشینه رواناب حوضه تعیین می‌شود. برای تعیین دبی سرریز در استخرهای خاکی (تورکینست) علاوه بر حجم یا ارتفاع رواناب، دبی بیشینه لحظه‌ای سیلاب نیز باید محاسبه شود. دبی سرریز به میزان آب اضافی که باید از مخزن خارج شود بستگی دارد. این مقدار معمولاً براساس بیشینه بارش یا سیلاب محاسبه می‌شود. استفاده از روش استدلالی^۱ برای محاسبه دبی بیشینه لحظه‌ای در حوضه‌هایی با مساحت کمتر از ۱۰۰۰ هکتار مفید است. این روش برای تعیین دبی سرریز حوضه‌های خاکی که در دامنه‌ها و مسیر آبراهه‌ها احداث می‌شوند مناسب است. چنانچه

^۱ -Rational method

بارانی با شدت i روی حوضه ببارد و مساحت حوضه A باشد، اگر شدت بارندگی ثابت و مدت بارندگی برابر با زمان تمرکز حوضه یا بیشتر از آن باشد با فرض این که بارندگی تمام سطح A را در بر گرفته باشد بیشینه دبی رواناب با توجه به ضریب رواناب C از رابطه ۲ استفاده می‌شود. چنانچه شدت بارندگی بر حسب میلی‌متر در ساعت و مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع باشند، دبی خروجی (Q) بر حسب مترمکعب بر ثانیه از رابطه ۳ بدست می‌آید (علیزاده، ۱۴۰۰). فرمول کلی برای محاسبه دبی سرریز به صورت رابطه ۳ است.

$$Q = \frac{1}{36} CiA \quad \text{رابطه (۲)}$$

I : شدت بارندگی (سانتیمتر بر ساعت)

A : مساحت حوضه (هکتار)

C : ضریب رواناب از جدول ۱

Q : بیشینه دبی رواناب (مترمکعب بر ثانیه)

$$Q = 0.278 CiA \quad \text{رابطه (۳)}$$

جدول ۱- ضریب رواناب در حوضه‌های مختلف

شیب زمین (%)			نوع پوشش سطح حوضه
۱۰-۳۰	۵-۱۰	۰-۵	
اراضی مرتعی			
۰,۲۲	۰,۱۶	۰,۱	خاک شنی لومی
۰,۴۲	۰,۳۶	۰,۳	خاک رسی لومی
۰,۶۰	۰,۵۵	۰,۴	خاک رسی سنگین
اراضی جنگلی			
۰,۳	۰,۲۵	۰,۱	خاک شنی لومی
۰,۵	۰,۳۵	۰,۳	خاک رسی لومی

----- مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی ۱۶/

۰,۶	۰,۵۰	۰,۴	خاک رسی سنگین
اراضی کشاورزی			
۰,۵۲	۰,۴	۰,۳	خاک شنی لومی
۰,۷۲	۰,۶	۰,۵	خاک رسی لومی
۰,۸۲	۰,۷	۰,۶	خاک رسی سنگین
اراضی شهری			
	۰,۵	۰,۴	۳۰ درصد آسفالت
	۰,۶۵	۰,۵۵	۵۰ درصد آسفالت
	۰,۸	۰,۶۵	۷۰ درصد آسفالت

در نهایت دبی سرریز از طریق رابطه شماره ۴ محاسبه می شود.

$$Q = C * L * H^{3/2} \quad \text{رابطه (۴)}$$

Q: دبی سرریز (مترمکعب بر ثانیه)

C: ضریب دبی (معمولاً بین ۱/۷ تا ۲/۲ برای سرریزهای آزاد)

L: طول تاج سرریز (متر)

H: ارتفاع آب روی تاج سرریز (متر)

- انتخاب نوع سرریز

سرریزها به دو نوع اصلی تقسیم می شوند:

سرریز آزاد (Overflow Spillway): آب از روی تاج سرریز عبور می کند.

سرریز جانبی (Side Channel Spillway): آب از کنار مخزن خارج می شود.

نوع سرریز بستگی به شرایط محل و طراحی مخزن دارد.

- محاسبه ابعاد سرریز

طول تاج سرریز (L): این طول باید به اندازه‌ای باشد که بتواند بیشینه دبی را مدیریت کند.

ارتفاع تاج سرریز: باید بالاتر از سطح معمول آب در مخزن باشد تا فقط در مواقع اضطرار فعال شود.

- محاسبه انرژی و سرعت جریان

برای جلوگیری از فرسایش و آسیب به ساختار سرریز، باید انرژی جریان آب محاسبه شود. فرمول

انرژی به صورت رابطه ۵ است (Ghanshyam, ۲۰۰۲).

$$E = \frac{V^2}{2g} \quad \text{رابطه (۵)}$$

E: انرژی جریان (متر)

H: ارتفاع آب (متر)

V: سرعت جریان (متر بر ثانیه)

g: شتاب گرانش (۹٫۸۱ متر بر ثانیه مربع)

۲-۶- طراحی حوضچه آرامش (Stilling Basin)

برای کاهش انرژی جریان و جلوگیری از فرسایش، یک حوضچه آرامش در پایین‌دست سرریز

طراحی می‌شود. ابعاد این حوضچه به دبی و انرژی جریان بستگی دارد.

۲-۷- بررسی پایداری ساختاری

فشار آب: دیواره‌های سرریز باید بتوانند فشار آب را تحمل کنند.

مصالح: مصالح مورد استفاده باید مقاوم به فرسایش و نفوذناپذیر باشند.

۲-۸- بررسی هزینه‌ها و مصالح

هزینه ساخت: بستگی به مصالح مورد استفاده (خاک، سنگ، سیمان و غیره) دارد.

مصالح محلی: استفاده از مصالح محلی مانند خاک و سنگ، هزینه‌ها را کاهش می‌دهد.

محصول کربوفول ژئوممبرین: به صورت رول‌هایی با طول و عرض زیاد هستند؛ که پس از عملیات بسترسازی با استفاده از ژئوتکستایل در کف و دیواره‌های استخر به سادگی و با سرعت زیاد نصب می‌شود. به دلیل دوام بالا (حدود ۵۰ سال) استفاده از این روش بسیار مقرون به صرفه است.

۲-۹- نگهداری و مدیریت

تمیز کردن: مخزن باید به طور دوره‌ای از رسوبات و آشغال تمیز شود.

بازرسی و کنترل: دیواره‌ها و ساختار مخزن باید به طور منظم بازرسی و کنترل شوند تا از آسیب‌های احتمالی جلوگیری شود.

۲-۱۰- انتخاب ساختگاه مناسب استخر تأمین آب کشاورزی

انتخاب محل مناسب برای احداث استخر تأمین آب کشاورزی یکی از اساسی‌ترین مراحل ساخت آن است، زیرا تأثیر بسیار زیادی در هزینه احداث و پایداری سازه دارد. دسترسی به منابع تأمین آب، نوع خاک، شیب زمین و موقعیت مکانی ساختگاه نسبت به زمین کشاورزی از دیگر عوامل مهم و تأثیر گذار در مکان‌یابی صحیح بحساب می‌آیند. اطلاع از مساحت محل، ظرفیت زهکشی، نفوذپذیری خاک، الگو و توزیع بارندگی برای برنامه‌ریزی و اجرای سازه از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور کلی در انتخاب ساختگاه مناسب استخر تأمین آب کشاورزی باید موارد ذیل مدنظر قرار گیرد:

۱. با کمترین مقدار عملیات خاک برداری و خاک ریزی بیشترین حجم ذخیره سازی ایجاد شود.
۲. از مناطق وسیع با عمق کم باید اجتناب کرد، زیرا باعث افزایش بیش از حد تبخیر آب و رشد علف های هرز می شود.
۳. تلفات آب در اثر تراوش و نشتی باید کمینه باشد.
۴. محل احداث استخر باید تا حد امکان نزدیک به منطقه تأمین آب باشد.
۵. آبیاری ثقلی نسبت به سایر انواع آبیاری در اولویت باشد، به طوریکه محل احداث استخر از نظر پستی و بلندی بر زمین کشاورزی مشرف باشد.

۲-۱۰-۱- منابع تأمین آب

در انتخاب ساختگاه استخر آب کشاورزی، آگاهی از تداوم جریان آب شیرین در منابع موجود بسیار اهمیت دارد. به طور کلی منابع آب شیرین عبارتند از، رودخانه ها، چشمه ها، و چاه ها هستند، که آب در بستر آنها به صورت فصلی یا دائمی جریان می یابد.

۲-۱۰-۲- منابع آب دائمی

اگر منابع آب دائمی در محدوده طرح موجود باشد به عنوان یک امتیاز مهم در نظر گرفته می شود. در چنین شرایطی با ضریب اطمینان بالا می توان نسبت به طرح ریزی و هدایت آب به سمت ساختگاه استخر ذخیره آب کشاورزی اقدام کرد (شکل ۶). مقدار آب در منابع آب دائمی نظیر رودخانه، چشمه، چاه یا قنات کافی بوده و دسترسی به آن سهل الوصول است. در منابع آب دائمی، بیش از ۹۰ درصد اوقات سال آب جریان دارد.



شکل ۶- استخر کوچک سنتی با سازه خاکی و منبع آب دائمی چشمه برای احداث باغ ادر پایین دست

(منبع عکس: یحیی پرویزی ۱۴۰۳)

۲-۱۰-۳- منابع آب فصلی

در منابع آب فصلی جریان آب همیشگی نیست و بنا به تعریف سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA) رود یا جریان فصلی (Intermittent) به رود یا جریانی گفته می شود که در زمان های مشخصی از سال آب در آن ها جریان دارد ولی در دوره های خشک آب در آن جریان نمی یابد (USEPA، ۲۰۲۴). به منظور جمع آوری آب های فصلی (آب باران) و هدایت و ذخیره سازی آن به درون استخر آب کشاورزی، باید با توجه به شرایط اقلیمی (آب و هوایی) شامل دامنه تغییرات میانگین سالانه بارندگی از ۲۵۰ تا بیشتر از ۷۵۰ میلی متر و تکرار کمینه دو تا سه بارش در سال تمهیدات لازم را برای جمع آوری آب در نظر گرفت. جریان های فصلی در بعضی مناطق به صورت زیر سطحی در دامنه ها یا مناطق پست تراوش می کند (شکل های ۷ و ۸).



شکل ۷- استخر جمع آوری آب با استفاده از جریان های فصلی (منبع عکس: یحیی پرویزی ۱۴۰۳)



شکل ۸- جمع آوری آب سطحی و زیرقشری در مسیر آبراهه فصلی و پمپاژ به بالادست (منبع عکس:

یحیی پرویزی ۱۴۰۳)

۲-۱۰-۴-نوع خاک

نوع خاک ساختگاه نیز ازجمله عواملی است که باید با دقت و حساسیت زیاد به آن پرداخته شود. خاک ساختگاه به خصوص در مناطق شیب دار باید از پایداری مناسب برخوردار بوده و نفوذپذیری خیلی کمی داشته باشد. خاک ها براساس ریزی و درشتی به انواع رسی، لومی، سیلتی، ماسه‌ای، گچی و تورب تقسیم بندی می شوند. در نگاه کلی خاک های ریزبافت را سنگین و خاک های با بافت درشت را خاک سبک می نامند. خاک های سبک دارای قدرت نگهداری کم و زهکشی سریع هستند. در عوض قدرت نگهداشت آب در خاک های سنگین زیاد و زهکشی آن ضعیف است. خاک رس نوعی خاک سنگین است که بیش از ۲۵ درصد مواد موجود در آن از رس تشکیل شده است. این نوع خاک به دلیل فاصله کم بین ذرات، مقدار زیادی آب را در خود نگه می دارند. خاکهای ماسه‌ای اغلب به دلیل نسبت زیاد ماسه و مقدار کم رس، به خاکهای سبک معروف هستند؛ زیرا وزن حجمی خاک های رسی بیشتر از ماسه‌ای است. قدرت نگهداری آب در خاک های ماسه‌ای کم اما زهکشی در آن ها زیاد است. خاک های سیلتی نوعی خاک سبک است که از ذرات سنگی و معدنی تشکیل شده است. این نوع خاک علاوه بر اینکه خوب زهکشی می شود رطوبت را نیز به خوبی حفظ می کند. از آنجا که ذرات سیلت کوچک است، به راحتی فشرده می شوند و درعین حال مستعد شستشو با آب باران هستند. خاک لومی مخلوطی از ماسه، سیلت و رس است که برای جلوگیری از اثرات منفی هر کدام، با هم ترکیب می شوند. خاک گچی می تواند سبک یا سنگین باشد و به دلیل وجود کربنات کلسیم (آهک) در ساختار آن، همیشه قلیایی است. خاک تورب (Peat) دارای مواد آلی زیادی است و رطوبت را به خوبی در خود حفظ می کند و کاربرد کشاورزی دارد. برای ساخت استخر کشاورزی، خاک سنگین

با قابلیت جلوگیری از نشت آب مورد نیاز است. بنابراین، خاک‌های رسی و سنگین برای ساخت استخر مناسب‌تر و خاک‌های شنی و سبک نامناسب هستند. عمق حوضچه به‌طور کلی باتوجه به نوع خاک تعیین می‌شود. در مناطق خشک و نیمه‌خشک عمق، یکی از مهمترین ابعاد حوضچه محسوب می‌شود، زیرا تلفات تبخیر را می‌توان با افزایش عمق و کاهش سطح حوضچه برای همان حجم کاهش داد. با این حال، با افزایش عمق، تلفات نشت نیز افزایش می‌یابد. با این حال عمق ۲/۵ تا ۳/۵ متر ممکن است به‌طور کلی برای حوضچه‌ها مناسب باشد (Kumar, ۱۹۹۹) (جدول ۲). برای کاهش نفوذپذیری در خاکه‌های سبک می‌توان از پوشش‌های ژئوممبران استفاده کرد. خاک حوض باید آب را در خود نگه دارد. خاک‌هایی با میزان نفوذ کم برای احداث استخر بسیار مناسب هستند. جدول ۵ میزان فیلتراسیون انواع مختلف خاک را نشان می‌دهد.

جدول ۲- سرعت نفوذپذیری در خاک‌های مختلف (Kumar, ۱۹۹۹)

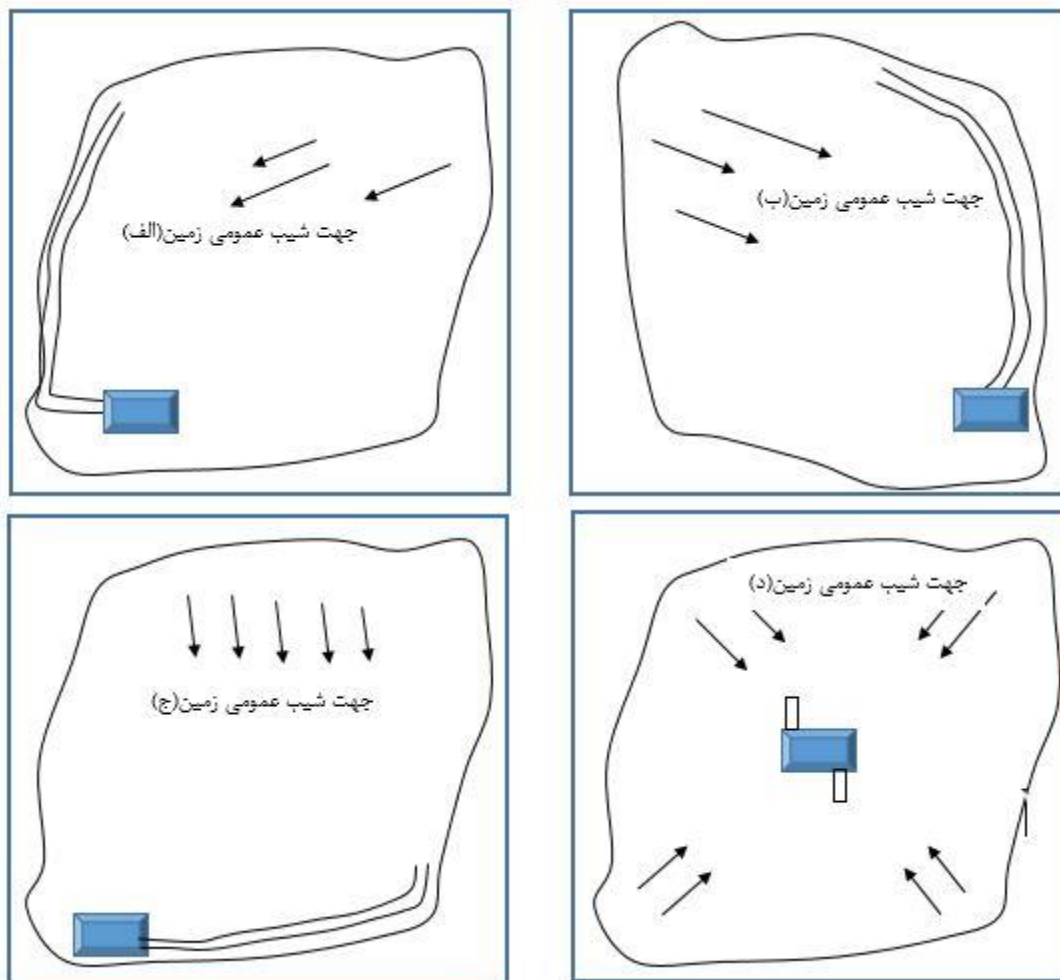
نوع خاک	سرعت نفوذپذیری (میلیمتر در ساعت)
رس	۵-۱
لومی رسی	۱۰-۵
سیلتی لوم	۲۰-۱۰
لومی شنی	۳۰-۲۰
شنی	۱۰۰-۳۰

۲-۱۰-۵- شیب زمین

شیب مناسب، شیبی است؛ که باعث هدایت آب به سمت استخر و زمین کشاورزی شود و نیاز به پمپاژ آب را کاهش دهد. درشرایطی که هدف جمع‌آوری رواناب است، در نظر گرفتن شیب عمومی مزرعه از نکات مهم و کلیدی بشمار می‌آید. چنانچه شیب عمومی زمین به سمت گوشه پایین سمت

----- مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی / ۲۴

چپ مزرعه باشد، حوضچه باید در گوشه سمت چپ قطعه ساخته شود تا رواناب ناشی از بارندگی از طریق کانال جمع آوری رواناب به درون استخر هدایت شود (شکل ۹-الف). اگر شیب عمومی به سمت گوشه سمت راست پایین مزرعه باشد، حوضچه باید در گوشه سمت راست ساخته شود (شکل ۹-ب). اگر شیب عمومی به سمت پایین مزرعه باشد، می‌توان حوضچه را در هر دو طرف پایین دست مزرعه احداث کرد (شکل ۹-ج). چنانچه مزرعه دارای شیب‌های متعدد و در جهات مختلف است، حوضچه را باید در جایی احداث کرد که آب به راحتی درون آن وارد شود، در این صورت ممکن است مرکز زمین به عنوان گزینه‌ای مناسب پیشنهاد شود (شکل ۹-د).



شکل ۹- محل احداث استخر آب کشاورزی با توجه به شیب عمومی زمین

۲-۱۰-۶- دوری از بستر سیلابی و جریان‌های رسوبی

اگرچه موقعیت مکانی ساختگاه استخرهای خاکی (تورکینست) در دامنه‌ها و در مسیر آبراهه‌های درجه دو یا سه است؛ اما در سایر استخرها باید بدور از خطرات ناشی از وقوع سیلاب و جریان‌های رسوبی باشد. بدین‌منظور بهتر است مکان‌های مرتفع در بالادست اراضی کشاورزی در اولویت قرار گیرند. از احداث سازه ذخیره آب در خط‌القعرها، مسیر رودخانه‌ها و بسترهای سیلابی و مناطقی که

----- مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی ۲۶/

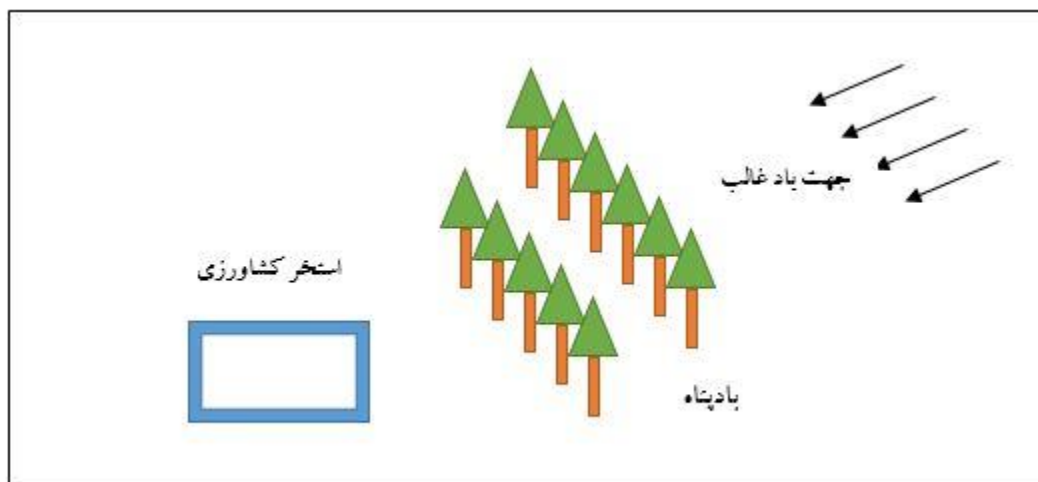
در معرض انواع فرسایش آبی، به خصوص فرسایش‌های خندقی و زمین لغزش قرار دارند، اکیدا باید اجتناب شود.

۲-۱۰-۷-فاصله استخر تا زمین کشاورزی

در شرایطی که منبع تأمین آب استخر کشاورزی از طریق منابع آب دائمی مثل رودخانه، چشمه، چاه یا قنات تأمین می‌شود، محل ساخت استخر باید کمترین فاصله را نسبت به اراضی کشاورزی داشته باشد. زیرا نزدیکی استخر به زمین کشاورزی تبخیر و تعرق آب را در مسیر انتقال تقلیل داده و علاوه بر جلوگیری از هدررفت آب، هزینه‌های انتقال آب را به شدت کاهش می‌دهد.

۲-۱۰-۸-در نظر گرفتن بادپناه

علاوه بر تابش نور خورشید، وزش باد نیز می‌تواند باعث تبخیر آب شود. بنابراین، در انتخاب محل ساخت استخر آب کشاورزی، توجه به جهت و شدت وزش باد بسیار حائز اهمیت است. بهتر است محل ساخت استخر در مسیر وزش بادهای شدید نباشد، در غیر این صورت برای کاهش اثرات باد باید از بادپناه استفاده شود. بادپناه می‌تواند نوعی عارضه طبیعی مثل تپه‌ها یا درختان باشد. که البته در صورت لزوم، امکان ایجاد آن‌ها به صورت مصنوعی نیز وجود دارد. بادپناه مصنوعی به معنای ایجاد مانع یا موانعی در مسیر باد غالب است. این موانع می‌توانند موانع زنده مثل درختکاری، یا موانع غیر زنده مثل انواع چپرهای باشند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- ایجاد بادپناه مصنوعی با استفاده از کاشت درخت

۲-۱۰-۹- رعایت قوانین و مسائل محیط زیستی

برخی اراضی مزروعی یا مرتعی برای حفظ منابع طبیعی یا محیط زیست، ممکن است از سوی دولت به عنوان اراضی ملی اعلام و در اختیار سازمان منابع طبیعی یا سازمان محیط زیست قرار داده شود؛ اما گاهی هم تنها بخشی از اراضی، ملی اعلام شده و مابقی آن به عنوان مستثنیات از اراضی ملی جدا شده و در اختیار مالکان خصوصی قرار می گیرد. بنابراین، محل احداث استخر باید در ملک خصوصی یا مستثنیات انتخاب شود و نباید در عرصه های حفاظت شده و غیر قانونی اجرا شود. محل ساخت استخر باید منطبق با قوانین حاکم بر منابع طبیعی و محیط زیستی در نظر گرفته شود تا هنگام اخذ مجوزهای لازم از مراجع ذیصلاح باعث اتلاف وقت و هزینه اضافی نشود.

۳. روش ساخت استخر آب کشاورزی

در روش های سنتی برای ساخت استخر از مصالح آهکی (ساروج) و برای جلوگیری از نفوذ و هدررفت آب، از رس و کاه گل استفاده می کردند. در سال های اخیر علاوه بر استخرهای سنگی ملاتی

استخرهای بتنی نیز احداث و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. روش‌های سنتی به علت مشکلات ساخت مثل عدم یکنواختی خاک رس و ایجاد درز شکاف و ترک خوردگی و نشت آب چندان مورد استقبال نیستند. استخرهای سنگی ملاتی نیز علاوه بر نقایص آب‌بندی، نیاز به تعمیرات مداوم و صرف هزینه‌های نگهداری دارند. استخرهای بتنی؛ گرچه از وضعیت آب‌بندی، دوام و عملکرد مناسبی بهره‌مند هستند؛ اما به دلیل پیچیدگی ساخت و هزینه‌های زیاد اجرا به خصوص در رابطه با استخرهای کوچک کشاورزی مقرون به صرفه نیست.

۳-۱- تورکینست (Turkey Nest)

یک روش یا ساختار سنتی ساده برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب در برخی مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این سامانه‌ها معمولاً به شکل حوضچه‌ها یا مخازن کوچک ساخته می‌شوند و برای جمع‌آوری آب باران یا رواناب استفاده می‌شوند.

- ویژگی‌های تورکینست:

ساختار ساده: این سامانه‌ها معمولاً با استفاده از خاک، سنگ یا مصالح محلی ساخته می‌شوند. جمع‌آوری آب باران: آب باران یا رواناب‌ها در این مخازن جمع‌آوری می‌شود. استفاده در کشاورزی: آب ذخیره‌شده برای آبیاری محصولات یا استفاده دام‌ها به کار می‌رود. مناطق خشک: این روش در مناطقی که دسترسی به منابع آب پایدار محدود است، مفید است.

- انتخاب محل مناسب

- موقعیت جغرافیایی محل باید در منطقه‌ای باشد که رواناب‌ها یا آب باران به راحتی به سمت آن هدایت شود.

- شیب زمین: زمین باید شیب ملایمی داشته باشد تا آب به راحتی به سمت مخزن هدایت شود.

- نوع خاک: خاک باید نسبتاً نفوذناپذیر باشد (مانند خاک رسی) تا از نشت آب جلوگیری شود.

- محاسبه حجم مخزن

با توجه به مقدار آب موردنیاز و رواناب ناشی از بارش سالانه و با در نظر گرفتن مساحت حوضه بالادست یا همان سطح باران‌گیرش، حجم مخزن محاسبه می‌شود.

مثال: اگر مساحت حوضه بالادست یا منطقه جمع‌آوری آب برابر ۱۰۰۰ متر مربع، میزان بارش سالانه ۰/۵ متر و ضریب رواناب ۰/۶ باشد حجم مخزن با استفاده از رابطه ۱ برابر با ۳۰۰ متر مکعب محاسبه می‌شود.

$$V = 1000 \times 0.5 \times 0.6 = 300 \text{ متر مکعب}$$

V: حجم آب قابل جمع‌آوری (مترمکعب)

A: مساحت منطقه جمع‌آوری آب بر حسب مترمربع

R: میزان بارش سالانه (متر)

C: ضریب رواناب (معمولاً بین ۰/۲ تا ۰/۸ بسته به ویژگی‌های سطح زمین بالادست)

شکل ۱۱ نمونه‌ای از تورکینست‌های اجرا شده در حوضه ریمله استان لرستان را نشان می‌دهد.

¹ -catchment area



شکل ۱۱- تورکینست یا استخر ذخیره آب کشاورزی، منبع تأمین آب، جمع آوری رواناب ناشی از بارندگی

(حوضه ریمله لرستان، منبع عکس: رضا چمن پیرا، ۱۳۸۰)

۳-۲- استخر سنگی ملاتی:

طراحی و ساخت استخرهای آب کشاورزی سنگی ملاتی یک روش سنتی و مؤثر برای ذخیره سازی آب در مناطق خشک و نیمه خشک است. این استخرها با استفاده از سنگ و ملات ساخته می شوند و برای ذخیره روانابها یا آب چشمه ها استفاده می شوند.

- انتخاب محل مناسب

- دسترسی به منابع آب: محل باید نزدیک به منبع آب (مانند رودخانه، رواناب یا منطقه بارشی) باشد.
- نوع خاک: خاک باید نفوذناپذیر یا با نفوذپذیری کم باشد (مانند خاک رسی) تا از نشت آب جلوگیری شود.
- شیب زمین: زمین باید شیب ملایمی داشته باشد تا آب به راحتی به سمت استخر هدایت شود.

- حجم استخر:

حجم استخر با استفاده از رابطه ۲ و براساس نیاز آبی و میزان آب قابل جمع آوری محاسبه می شود.

- طراحی استخر

شکل استخر معمولاً به شکل مستطیل است. دیوارها با سنگ و ملات ساخته می شوند و ضخامت دیوارها معمولاً بین ۶۰ تا ۸۰ سانتیمتر است و باید به اندازه ای باشد که فشار ناشی از ارتفاع آب را تحمل کند. کف استخر باید با خاک فشرده یا لایه ای از سنگ و ملات به ضخامت کمینه ۶۰ سانتیمتر پوشانده شود تا از نشت آب جلوگیری شود.

- مواد و مصالح

سنگ: سنگ های محلی با اندازه های متوسط و بزرگ.
ملات: ملات سیمان یا ملات ماسه و آهک برای چسباندن سنگ ها.
عایق کاری: برای کاهش نشت آب، می توان از لایه های عایق مانند خاک رس یا پلاستیک استفاده کرد.

- مراحل ساخت

- حفاری و آماده سازی محل: زمین را به اندازه مورد نیاز حفر کنید و سطح آن را صاف و فشرده کنید.
- ساخت دیوارها: سنگ ها را با ملات به صورت لایه لایه روی هم قرار دهید و دیوارها را به ارتفاع مورد نظر برسانید.
- ساخت کف استخر: کف استخر را با خاک فشرده یا لایه ای از سنگ و ملات بپوشانید.

----- مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی ۳۲/

- عایق کاری: در صورت نیاز، لایه‌ای از خاک رس یا پلاستیک به‌عنوان عایق اضافه کنید.

- نصب ورودی و خروجی آب: یک ورودی برای هدایت آب به استخر و یک خروجی برای کنترل جریان آب تعبیه کنید.

شکل‌های ۱۲ و ۱۳ مقایسه مکانیابی مناسب و نامناسب از جنبه‌های مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- سمت راست مکان‌یابی مناسب، سمت چپ مکان‌یابی نامناسب به‌دلیل عدم دسترسی به منبع

آب (حوضه ریمله، لرستان، منبع عکس: رضا چمن‌پیرا ۱۳۸۰)



شکل ۱۳- سمت راست استخر پایدار با استفاده از مصالح مناسب، سمت چپ تخریب استخر به‌دلیل

به‌کاربردن مصالح نامناسب (منبع عکس: یحیی پرویزی ۱۴۰۳)

۳-۳- استخر ژئوممبرین

طراحی و ساخت استخر کشاورزی ژئوممبرین یک روش مدرن و مؤثر برای ذخیره‌سازی آب در کشاورزی است. ژئوممبرین یک لایه پلیمری ضد آب است که به‌عنوان پوشش استخر استفاده می‌شود و از نشت آب جلوگیری می‌کند. این روش به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که حفظ آب اهمیت زیادی دارد، بسیار کارآمد است. در این تکنولوژی یک لایه آب بند پلیمری با مقاومت و دوام بالا (تا ۵۰ سال) بر روی سطح خاک مناسب پهن و جوشکاری شده و یک سطح ناتراوای واحد در یک مخزن خاکی می‌سازد که می‌تواند آب را به صورت طولانی‌مدت در خود ذخیره کند. اجرای سریع و آسان و عملکرد مناسب بدون نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم باعث شده از استقبال بیشتری برخوردار باشد.

- مراحل طراحی و ساخت:

انتخاب محل و محاسبات اولیه شبیه استخرهای سنگی ملاتی یا بتنی است و از همان روابط استفاده می‌شود. ابعاد استخر نیز براساس حجم موردنیاز تعیین می‌شود. شکل استخر معمولاً به شکل مستطیل یا مربع مستطیل است. دیواره‌ها باید شیب ملایمی (معمولاً ۱:۲ یا ۱:۳) داشته باشند تا از ریزش آن‌ها جلوگیری شود. کف استخر باید صاف و فشرده باشد تا از آسیب به ژئوممبرین جلوگیری به عمل آید.

- مواد و مصالح

ژئوممبرین: از جنس پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE) یا پلی اتیلن با چگالی کم (LDPE) با ضخامت معمولاً بین ۰.۵ تا ۲ میلی‌متر.

----- مراحل ساخت و اجرای استخرهای ذخیره آب کشاورزی / ۳۴

- لایه محافظ: از یک لایه ژئوتکستایل برای محافظت از ژئوممبرین در برابر ساییدگی و آسیب استفاده می شود.
- لایه زهکشی: در صورت نیاز، یک لایه زهکشی برای جمع آوری آب نشت کرده در زیر ژئوممبرین تعبیه می شود.

- مراحل ساخت

۱. حفاری و آماده سازی محل: زمین را به اندازه مورد نیاز حفر کنید و سطح آن را صاف و فشرده کنید.
- صب لایه محافظ: لایه ژئوتکستایل را روی سطح حفاری شده قرار دهید.
۲. نصب ژئوممبرین: ورق های ژئوممبرین را روی لایه محافظ قرار دهید و آن ها را با استفاده از جوش حرارتی یا چسب مخصوص به هم متصل کنید.
۳. ثبت لبه ها: لبه های ژئوممبرین را در یک ترانشه دور استخر ثابت کنید و با خاک یا سنگ پر کنید.
۴. نصب ورودی و خروجی آب: یک ورودی برای هدایت آب به استخر و یک خروجی برای کنترل جریان آب تعبیه کنید.
۵. تست آب بندی: استخر را با آب پر کنید و از عدم نشت آب اطمینان حاصل کنید.

- سیستم سرریز

برای جلوگیری از سرریز شدن آب، یک سرریز در دیواره استخر طراحی کنید.

- نگهداری و مدیریت

- تمیز کردن: استخر باید به طور دوره ای از رسوبات و آشغال تمیز شود.
- بازرسی و کنترل: ژئوممبرین و لایه های محافظ باید به طور منظم بازرسی شوند تا از آسیب های احتمالی جلوگیری شود.

- هزینه ها

هزینه ساخت بستگی به ابعاد استخر، نوع ژئوممبرین و دستمزد کارگران دارد. استفاده از ژئوممبرین با کیفیت بالا می‌تواند هزینه‌های نگهداری را کاهش دهد. محصول کربوفول ژئوممبرین به‌صورت رول‌هایی با طول و عرض قابل‌توجه وارد کارگاه می‌شود، پس از این‌که ژئوممبرین در محل ساختگاه قرار گرفته و پهن شد، رول‌های محصول طی یک فرآیند ویژه با دستگاه‌های خاص جوشکاری پلاستیک، در دما، فشار و حرارت کنترل‌شده به هم پیوند زده می‌شوند (شکل ۱۴). نصب این محصول بسیار آسان و یک فرآیند بسیار سریع است. عملیات نصب باید توسط یک فرد تعلیم‌دیده با تجهیزات مناسب صورت گیرد لذا یک نصاب باتجربه با ادوات مناسب می‌تواند تا ۵۰۰۰ مترمربع در روز عملیات نصب را انجام دهد. نهایتاً با ابزار تست نتیجه عملکرد تیم نصب قابل‌کنترل و تحویل است (windavar، ۱۴۰۳). به‌طورکلی برای دستیابی به یک استخر استاندارد با پوشش ژئوممبرین باید مراحل ذیل انجام شود:

۱. انتخاب محل مناسب
۲. نقشه‌برداری، جمع‌آوری اطلاعات اولیه و طراحی استخر
۳. عملیات خاکی (خاکبرداری و/یا خاکریزی)
۴. عملیات بسترسازی استخر با استفاده از ژئوتکستایل
۵. حفاری ترانشه‌های گیرداری
۶. نصب ورق ژئوممبران و آب‌بندی کامل
۷. تهیه و نصب فنس در اطراف استخر
۸. آبیگری استخر آب و کنترل نهایی



شکل ۱۴-نمایی از اجرای استخر ذخیره آب کشاورزی با پوشش ژئوممبرین (منبع عکس: شرکت وینداور،

۱۴۰۳)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

استخرهای آب کشاورزی به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های مؤثر در مدیریت منابع آب، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نقش مهمی در تأمین آب پایدار برای کشاورزی ایفا می‌کنند. این استخرها با ذخیره‌سازی آب باران، آب‌های سطحی یا آب‌های انتقال‌یافته از منابع دیگر، امکان استفاده بهینه از آب را فراهم می‌کنند. با این حال، طراحی، ساخت و مدیریت صحیح این استخرها برای دستیابی به بیشینه بهره‌وری ضروری است.

- نقاط قوت استخرهای آب کشاورزی:

۱. افزایش دسترسی به آب: در مناطق کم‌آب، استخرها می‌توانند آب موردنیاز برای کشاورزی را تأمین کنند.
۲. کاهش وابستگی به منابع آب زیرزمینی: با ذخیره‌سازی آب‌های سطحی، فشار بر منابع آب زیرزمینی کاهش می‌یابد.

۳. انعطاف‌پذیری در آبیاری: کشاورزان می‌توانند در زمان‌های مناسب از آب ذخیره شده استفاده کنند.
۴. کاربردهای چندگانه: استخرها می‌توانند علاوه بر کشاورزی، برای پرورش ماهی، تأمین آب شرب دام و حتی تولید انرژی خورشیدی استفاده شوند.

- چالش‌ها و محدودیت‌ها:

۱. هزینه‌های ساخت و نگهداری: ساخت استخرهای بتنی یا پلی‌اتیلنی هزینه‌بر است و نگهداری آنها نیازمند توجه مداوم است.
۲. تبخیر آب: در مناطق گرم و خشک، تبخیر آب می‌تواند باعث هدررفت قابل توجهی شود.
۳. آلودگی آب: ورود رسوبات، مواد شیمیایی یا فاضلاب به استخر می‌تواند کیفیت آب را کاهش دهد.
۴. نیاز به دانش فنی: طراحی و ساخت استخرها نیازمند دانش فنی و محاسبات دقیق است.

با توجه به قرارگرفتن ایران در کمربند بیاباتی کره زمین و وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی اجرای شیوه‌های کارآمد و مؤثری همچون پروژه‌های کوچک تأمین آب راهکاری مؤثر در راستای بهره‌برداری بهینه از منابع آب و نزولات جوی است. احداث استخرها و مخازن ذخیره آب یکی از ساده‌ترین و عملی‌ترین اقدامات ممکن برای تأمین آب کشاورزی به‌خصوص در فصول خشک سال می‌باشد. هدف از اجرای استخرهای آب کشاورزی ذخیره‌سازی آب قنات‌ها، چشمه‌ها، رودخانه‌ها، چاه‌ها و ذخیره آب بارندگی و برف در فصول پاییز و زمستان و مصرف آن در فصول آبیاری و کم‌آبی است. ذخیره حقابه‌ها برای انجام آبیاری تحت فشار، بارانی یا قطره‌ای و یا بهره‌برداری دومنظوره برای پرورش ماهی و شیلات یکی دیگر از کاربردهای مؤثر و ارزشمند استخرهای آب کشاورزی به حساب می‌آید. اندازه استخرهای کشاورزی معمولاً از ۳۰ تا ۵۰۰ متر مربع متغیر هستند. استخرهای کشاورزی در مناطق کم‌باران و دیم با بارش سالانه بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر برای توسعه کشاورزی آبی مناسب هستند. در صورتی که هدف جمع‌آوری رواناب باشد، استخرهای کشاورزی باید در مناطقی احداث شوند که

سالانه کمینه دو تا سه رویداد بارندگی داشته باشند. در این صورت استخرهای کشاورزی علاوه بر تأثیر در بهبود و افزایش عملکرد محصولات زراعی و باغی در کاهش دبی اوج حوضه‌ها و کنترل سیل نقش مؤثری ایفا می‌کنند. انتخاب محل مناسب برای احداث استخر تأمین آب کشاورزی یکی از اساسی‌ترین مراحل ساخت آن است، زیرا تأثیر بسیار زیادی در هزینه احداث و پایداری سازه دارد. استخرهای با پوشش ژئوممبرین به دلیل طول عمر بیشتر، ساخت سریع و ارزان نسبت به سایر استخرهای ذخیره آب کشاورزی ارجحیت دارند. استخرهای آب کشاورزی به عنوان یک ابزار کلیدی در مدیریت منابع آب، می‌توانند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری کشاورزی و کاهش اثرات خشکسالی ایفا کنند. با این حال، موفقیت این پروژه‌ها به عوامل متعددی مانند طراحی صحیح، انتخاب محل مناسب، استفاده از مصالح با کیفیت و مدیریت مؤثر آب بستگی دارد. برای دستیابی به بهترین نتایج، لازم است کشاورزان، مهندسان و مسئولان محلی با همکاری یکدیگر، از دانش فنی و تجربیات موفق در این زمینه استفاده کنند. در نهایت، استخرهای آب کشاورزی نه تنها به بهبود تولیدات کشاورزی کمک می‌کنند، بلکه می‌توانند به حفظ محیط زیست، افزایش درآمد کشاورزان و توسعه پایدار مناطق روستایی نیز منجر شوند. با توجه به چالش‌های تغییرات اقلیمی و کمبود آب، سرمایه‌گذاری در این زمینه می‌تواند راه‌حلی مؤثر برای آینده‌ی کشاورزی باشد.

پیشنهادها

- برگزاری دوره‌های آموزشی برای بهره‌برداران و آبخیزنشینان به منظور بیان اهمیت استخرهای آب کشاورزی
- جلب مشارکت روستاییان و کشاورزان از طریق برگزاری روز مزرعه یا هر روش ترویجی مناسب دیگر
- تدوین تفاهم‌نامه بین سازمان تات و بانک‌های عامل به منظور اعطای تسهیلات بانکی برای ساخت

منابع:

- عرب‌زاده، ب. ۱۴۰۰. استخرهای ذخیره‌ای آب (آب‌بندان). مازندران: مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی مازندران. ۲۶ صفحه.
- علیزاده، ا. ۱۴۰۰. اصول هیدرولوژی کاربردی. مشهد: دانشگاه بین‌المللی امام رضا. ۸۱۱ صفحه.
- Cook, J. 2024. USGS. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/how-much-water-there-earth>: <https://www.usgs.gov>
- Deore, S. and Ashok Pachore, R. 2022. Farm Pond: Types and Maintenance. Agri Articles. 204-206.
- Das, G. 2022. Hydrology and Soil Conservation Engineering. New Delhi: Asoke K. 489 pp.
- Kumar, D. 1999. Fish culture in undrainable ponds. Rome: FAO. 325pp.
- ESCWA. 2021. Rainwater harvesting in dry environments. Amman, Jordan: Consultant, agricultural water management. 40pp.
- Miller, J. 2009. Farm ponds for water, fish and livelihoods. Rome: FAO. 61pp.
- Reddy, K.S., Kumar, M., Rao, K.V., Maruthi, V., Reddy, B.M.K. Umesh, B. 2012. FARM PONDS: A Climate Resilient Technology for Rainfed Agriculture, Planning, Design and Construction. Andhra Pradesh, India: Central Research Institute for Dryland Agriculture. 68 pp.
- Shirahatti, M.S., Patode, R.S., Yousuf, A., Narsimlu, B., Halidoddi, R.R., Sonowal, A. and Rejani, R. 2022. Farm pond: Resilient technology for higher productivity in rainfed farming. Indian Farming. 12-15.
- USEPA. 2024. Rivers & Streams. USA: U.S. Environmental Protection Agency.
- <https://www.windavar.net/portfolio>.

Abstract:

Agricultural production is mostly dependent on annual precipitation. Inappropriate temporal and spatial distribution of rainfall has faced Iran, an arid and semi-arid country, with limited water supply for irrigation. Farm ponds are constructed to store water from the available water resources for irrigation during the dry seasons. They include earthen, concrete, masonry, and geomembrane ponds. The strategy in selecting the pond type is very important in determining how successful it will be. Access to water resources, soil type, and the slope at the selected pond site play the main role in selecting its site. The pond should be as close to the water supply region as possible, and gravity fed irrigation has priority over the other irrigation practices. Impermeable or low permeability soils are prioritized over other soil types to prevent water seepage. Slope of the land must be gentle so that water can be easily led toward the pond. To build a pond, the needed information on the region is gathered and mapping is carried out first. The reservoir volume is then calculated taking into account the volume of needed water. Taking into consideration the conditions at the pond site, the available loan, and the financial resources, the pond type will be selected. Following that, the pond site is dug and prepared, the walls and bed are built, the inlet and outlet structures are installed to control the water flow, the pond is insulated, an insulation test is performed, the pond is filled with water, and the final control is carried out. Building earthen ponds (turkey nests) is a suitable and low-cost strategy for water storage. These ponds enhance water penetration into the soil, increase the discharge of the springs and wells, reduce the peak flood discharge, and prevent soil erosion. In addition to their insulation problems, masonry ponds are costly. Concrete ponds are more appropriate with respect to insulation, durability, and performance; however, they are not cost-effective because of the complexity of their construction and their high costs. A newer technology for building and insulating ponds is to use geomembranes. Geomembrane ponds are more popular because it is possible to build them easily and rapidly in addition to having acceptable performance and not needing continuous repair and maintenance.

Keywords: Geomembrane, Gravity irrigation, productivity, water supply.

**Ministry of Agriculture Jihad
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
(SCWMRI)
Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of
Lorestan**

Title: Steps for constructing and implementing agricultural water storage ponds

Authors: Reza Chamanpira, Reza siahmansour, Yahya Parvizi

Editor: Saeed Nabipay Lashkarian

Document Formatting: Abbas Seddigh

Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Circulation: 10 Copies

Date of Publicaytion: Summer 2025

This Scientific work has been registered with the series number of **67586** at the date of **2025-07-08** in the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No Part of this Publication may reproduce or transmitted without the original reference.

**Ministry of Agriculture Jihad
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of
Lorestan**

Technical Handbook:
Steps for constructing and implementing agricultural water storage ponds

Authors:
Reza Chamanpira, Reza siahmansour, Yahya Parvizi

Series Number:

67586

2025



Ministry of Agriculture Jihad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute



Technical manual

Steps for constructing and implementing agricultural water storage ponds

Authors:

Reza Chamanpira, Reza siahmansour, Yahya Parvizi

Series Number: 67586

2025