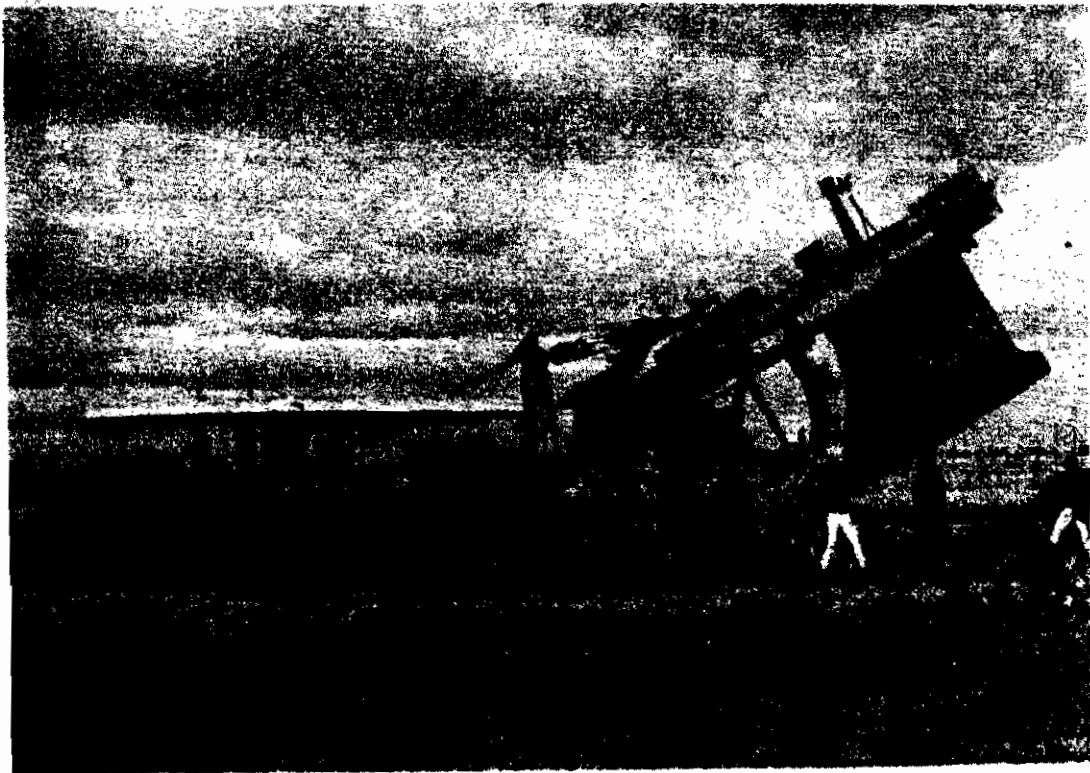


در اراضی تحت آبیاری که زهکشها در اعماق بیشتر از ۲ متر قرار می گیرند حفاری توسط ماشین آلات صورت می گیرد .

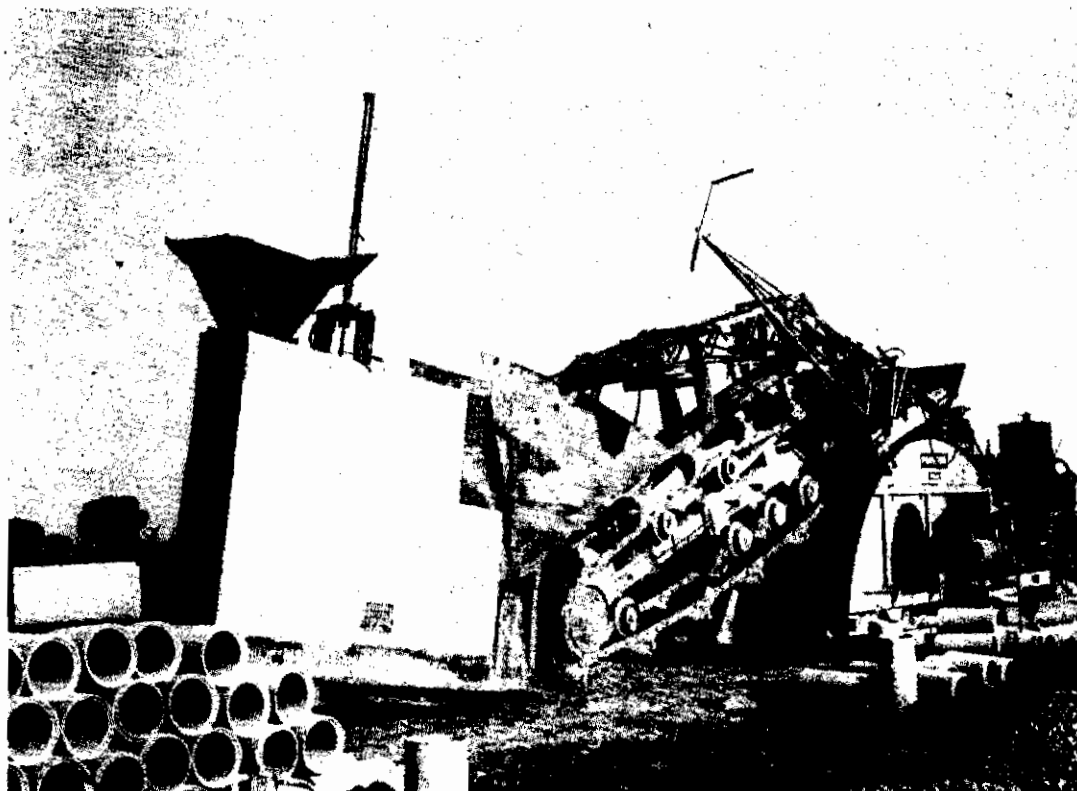
نصب با ماشین

وظیفه اصلی ماشین ، حفر شیار برای قراردادن زهکشها است . امروزه دو نوع ماشین حفاری به کار برده می شود : یکی از آنها نوع حفار چرخدار است . بیلهای حفاری بر روی یک چرخ مدور نصب شده اند با چرخیدن چرخ ، خاک در بیل جمع شده و بر روی نواری که حرکت مداوم دارد قرار می گیرد و این نوار خاک را در کناره شیار ریخته و یا آنرا به قسمت عقب دستگاهی که زهکشها را قرار می دهد حمل می کند . سپس خاک دوباره به شیار ریخته می شود تا عمل پرکردن شیار نیز طی همان عملیات صورت گیرد . یک نفر بر روی ارابه حمل لوله ها سوار شده و لوله ها را در ته شیار قرار می دهد .

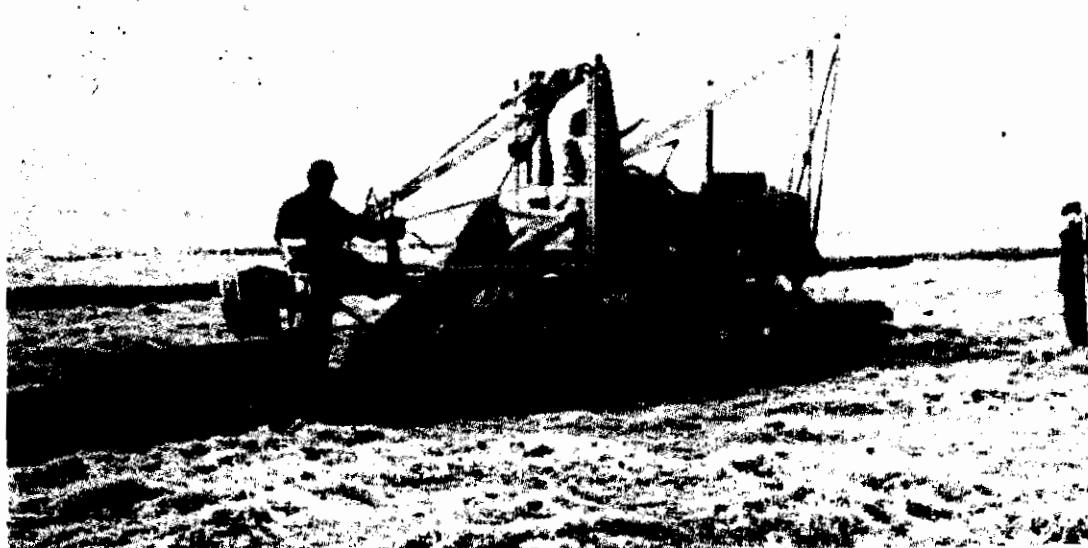


شکل ۱۱-۱۸ : ماشین لوله گذاری که برای قراردادن تنبوشه و لوله های بتونی استفاده می شود . یک نفر بر روی ارابه حمل لوله ها سوار شده و لوله ها را در ته شیار قرار می دهد .

ماشین دیگری که برای قراردادن لوله های زهکش استفاده می شود . ترانشه زن نوع



شکل ۱۱-۱۹: ماشین ترانشه زن نوع نردبانی که برای قراردادن لوله‌های زهکش استفاده می‌شود.



شکل ۱۱-۲۰: ماشین زهکشی برای کار گذاشتن لوله‌های زهکش پلاستیکی در هلند قطر لوله‌های زهکش ۴۰ تا ۵۰ میلیمتر و طول آنها ۵ متر می‌باشد قطعات لوله در روی زمین به هم متصل می‌گردد.

نردبانی است . بیلها بر روی یک نوار بی انتها که بطور مداوم حرکت می کند نصب شده اند . مشکلات ترانشه زن نوع نردبانی کمتر از نوع چرخدار آن است ولی از طرف دیگر نوع چرخدار ماشینهای حفار با سرعت بیشتری کار می کنند .

اگر شیار بیشتر از ۱/۵ متر عمق داشته باشد امکاناتی برای محافظت کسی که در ترانشه کار می کند بایستی فراهم آورده شود . در کناره های شیار ممکن است که قطعات چوبی قابل حمل کار گذاشت . روش کم خرج تر آن وصل یک ارابه فلزی به ماشین است . این ارابه در قسمت عقب بیلهای حفار قرار می گیرد . یک نفر در روی این ارابه نشسته و لوله زهکش را از بالا دریافت می کند و در کف ارابه قرار می دهد . دستگاه حمل کننده مکانیکی لوله ها را به قسمت عقبی ارابه فرستاده و مانع جدا شدن قطعات لوله می شود . ممکن است گراول توسط یک وسیله شیب دار اطراف لوله زهکش ریخته شود .

اگر چنین ماشینی برای قراردادن لوله های پلاستیکی به کار رود امکان دارد که لوله را از روی زمین به داخل شیار فرستاده قطعات لوله در بالای سطح زمین بهم متصل و سپس به ته ترانشه فرستاده شوند . طول لوله هایی که در هلند به کار برده می شوند ۵ متر است ، و لوله ها نیز به اندازه کافی قابل انعطاف می باشند . لذا می توان آنها را خم کرده و به ته ترانشه فرستاد . هر ماشینی که بتواند ترانشه حفر کند می تواند برای نصب زهکشهای زیرزمینی به کار رود بعضی مواقع دراگلاین به علاوه ماشین بک هو ، اسکریپر و از این قبیل ماشین آلات نیز ، به کار گرفته می شوند .



شکل ۱۱-۲۱: لوله های بتونی زهکش که قبل از نصب در مزرعه قرار داده شده اند توجه کنید که زهکش اصلی در جلو و زهکشهای جانبی در زمینه عکس می باشد . کپه های شن برای لایه پوششی اطراف لوله استفاده می شود .

اخیراً" برای ساختن ماشینی که بتواند مانند تیغه نقب کن لوله زهکش را در خاک قرار دهد کوششهای زیادی به عمل آمده است. مشکلات این روش در ایجاد شیب مورد نظر می باشد و ممکن است پیشرفتهای آتی این مشکل را برطرف سازد.

نگهداری زهکشهای زیرزمینی

بیشتر اوقات تصور براین است که زهکشهای زیرزمینی احتیاجی به نگهداری ندارد. درست است که در بعضی مناطق زهکشهای زیرزمینی برای سالیان دراز با تعمیر کم یا بدون تعمیرکار نموده اند. ولی به طور کلی عدم تعمیر و نگهداری علت اصلی شکست سیستمهای زهکشی است.

نگهداری زهکشهای زیرزمینی به علت قرار گرفتن آنها در زیرزمینی و دور از دسترس بودن نسبی آنها مشکلات بخصوصی ایجاد می کند. بازرسی سیستم زهکشی مشکل بوده و غالباً انجام نمی گیرد. وسائلی برای بازرسی مرتب خطوط زهکش وجود دارد. بیشتر این وسایل تاسیسات روی زمینی هستند که توسط آنها می توان حرکت جریان را در داخل لوله ها مشاهده نمود. در صورت امکان استفاده از این وسایل برای سیستمهای زهکشی توصیه می شود. در صورتی که خط زهکش توسط ریشه گیاهان یا خاک مسدود شود این مواد را می توان با میله های خم شونده که از فولاد و انادیوم ساخته شده خارج نمود. وسایلی را می توان به انتهای این میله برای قطع ریشه ها که سبب مسدود شدن لوله شده اند متصل کرد. اگر لوله ها با خاک مسدود شده باشند می توان از شیلنگهایی که مخصوص این کار طراحی شده اند استفاده کرد. جریان آب با فشار زیاد از انتهای شیلنگ در حالی که از مجرای خروجی به داخل لوله هل داده می شود خارج می گردد.

مسائل

- ۱- یک سطح مسطح توسط خطوط زهکش موازی که به فواصل ۸۰ فوت از هم واقع و به طول ۱۰۰۰ فوت می باشند زهکشی می شود. اگر ضریب زهکشی $\frac{1}{4}$ اینچ باشد مقدار جریان در انتهای هر زهکش چقدر خواهد بود.
- ۲- اگر مزرعه ۲۰ ایکر باشد اندازه زهکش اصلی در محل خروج چقدر باید باشد؟ شیب زهکش اصلی ۱۵/۵ فوت در هر ۱۰۰ فوت است.
- ۳- یک شبکه زهکشی برای مزرعه ای به مساحت ۱۶۰ ایکر با شیب ۱۵ درصد برای زهکشهای

جانبی و شیب ۱۰ درصد برای زهکش اصلی طراحی نمایید . ضریب زهکشی را $\frac{1}{4}$ اینچ و فاصله زهکشها را ۱۰۰ فوت فرض نمایید .

۴- در یک مزرعه زهکشها به فواصل ۵۰ متر و در عمق $\frac{1}{8}$ متر قرار دارند . در شرایط غرقابی مقدار جریان بیشتر از ظرفیت زهکش اصلی است . برای اینکه مقدار جریان را ۲۰ درصد کاهش دهد چه فواصل لازم است ؟

۵- لوله زهکشی در ته شیار که ۱۸ اینچ عرض دارد قرار داده شده . شرایط بستر معمولی فرض می‌شود . قطر خارجی لوله زهکش ۶ اینچ است . اگر خاک لومی باشد لوله چه باری را متحمل خواهد شد ؟

۶- اگر عرض شیار ۳۶ اینچ باشد مقدار بار چقدر خواهد بود ؟

۷- یک لوله ۸ اینچی که بر روی شیب $\frac{5}{4}$ فوت در ۱۰۰ فوت قرار گرفته است چند ایکرا زهکشی می‌نماید ، در صورتی که از ضریب زهکشی (الف) $\frac{1}{4}$ اینچ (ب) $\frac{3}{8}$ اینچ و (ج) ۱ اینچ استفاده شود ؟

۸- زهکشیهای جانبی به فواصل ۱۰۰ فوت در یک مزرعه قرار دارند . شیب آنها $\frac{5}{3}$ فوت در ۱۰۰ فوت و طول آنها ۱۵۰۰ فوت می‌باشند . ضریب زهکشی $\frac{1}{4}$ اینچ را به کار ببرید . چه اندازه‌یی برای زهکشیهای جانبی در نظر می‌گیرید ؟

۹- چه شییبی برای ایجاد سرعت $\frac{1}{5}$ فوت در ثانیه در یک لوله ۴ اینچی که دارای جریان پر می‌باشد لازم است ؟ همچنین در مورد لوله ۵ اینچی و ۱۲ اینچی ؟

۱۰- شیب یک خط لوله زهکشی به طول ۶۰۰ فوت که به یک زهکش روباز می‌ریزد را طوری انتخاب نمایید که مقدار حفاری بیشتر از $\frac{4}{2}$ فوت نشود . برای معدل عمق ۴ فوت طراحی نمایید . ارتفاع سطح آب در کانال $\frac{82}{50}$ ، و رقوم منحنیها در ایستگاههای بعدی که به فواصل ۱۰۰ فوتی هستند ($\frac{86}{8}$ ، $\frac{87}{92}$ ، $\frac{88}{15}$ ، $\frac{88}{40}$ ، $\frac{88}{61}$ ، و $\frac{88}{79}$) هستند .

۱۱- بار دینامیکی را در روی لوله ۱۲ اینچ که در عمق ۱۰ فوت و در یک شیاری با عرض ۲۴ اینچ قرار گرفته است تعیین نمایید ، وزن خاک اشباع شده بر روی لوله را ۱۱۰ پوند در فوت مکعب فرض نمایید . بار طرح را با استفاده از ضریب ایمنی $\frac{1}{5}$ محاسبه نمایید .

مآخذ

- American Society for Testing Materials. 1959. Tentative specifications for clay drain tile. *ASTM*. C4-59T.
- American Society for Testing Materials. 1960. Standard specification for concrete drain tile. *ASTM*. C412-60.
- Averell, J. L. and P. C. McGrew. 1929. The reaction of swamp forest to drainage in Northern Minnesota. *Bull. Minnesota Drainage and Waters*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Undated. Methods and machines for tile and other tube drainage. *Informal Working Bull.* 6.
- Kirkham, Don. 1949. Flow of ponded water into drain tubes in soil overlying an impervious layer. *Trans. Am. Geophys. Union*, 30:369-385.
- Kirkham, Don. 1950. Potential flow into circumferential openings in drain tubes. *J. Appl. Phys.* 21:655-660.
- Marston, A. 1930. The theory of external loads on closed conduits in the light of the latest experiments. *Iowa Eng. Expt. Sta. Bull.* 96.
- Roe, H. B. and Q. C. Ayres. 1954. *Engineering for Agricultural Drainage*. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Schwab, G. O. 1955. Plastic tubing for subsurface drainage. *Agr. Eng.*, 36:86-89.
- Schwab, G. O. and D. Kirkham. 1951. The effect of circular perforations on flow into subsurface drain tubes. Part II, Experiments and Results. *Agr. Eng.*, 32:270-274.
- Schwab, G. O., R. K. Frevert, and L. L. De Vries. 1956. Performance and operating costs of tile trenching machines. *Agr. Eng.*, 37:469-472.
- Spencer, W. F., R. Patrick and H. W. Ford. 1963. The occurrence and cause of iron oxide deposits in tile drains. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 27:134-137.
- Sutton, J. G. 1952. Maintaining drainage systems. *U.S. Dept. Agr. Farmer's Bull.* 2047.
- van Schilfgaarde, J., R. K. Frevert, and W. J. Schlick. 1951. Effect of present installation practices on drain tile loading. *Agr. Eng.*, 32:371-374, 378.
- Visser, W. C. 1954. Tile drainage in The Netherlands. *Neth. J. Agr. Sci.*, 2:69-87.
- Weaver, M. M. 1964. *History of Tile Drainage*. M. M. Weaver, Waterloo, New York.
- Yarnell, D. L. and S. M. Woodward. 1920. The flow of water in tile drains. *U.S. Dept. Agr. Bull.* 854.

فصل دوازدهم

زه کشهای روباز برای کنترل سطح آب زیرزمینی

کانالهای روباز در زه کشی سطحی و زیرزمینی بسیار متداول است . این کانالها چه برای زه کشهای مزرعه و چه برای زه کشهای اصلی مورد استفاده قرار می گیرند . مزیت مهم کانالهای روباز کم بودن مخارج اولیه آنهاست . ساختن آنها معمولاً ساده است و ماشینهای مختلفی برای این منظور - علاوه بر حفاری با دست - به کار برده می شود . دیگر مزیت مهم کانالهای روباز ظرفیت آنها برای حمل مقادیر زیاد آب است . ارزانه ترین نوع زه کش در مناطقی که بخواهیم مقدار زیاد رواناب سطحی ناشی از بارندگی را از زمین خارج کنیم زه کش روباز است .

بهترین مورد استفاده کانالهای روباز استفاده از آن به عنوان جمع کننده یا زه کش اصلی در سیستمهای زه کشی زیرزمینی و یا استفاده آن به عنوان انتقال روانابهای سطحی است . هم چنین از این نوع کانالها به طور گسترده ای در زه کشی مردابهای جنگلی و اراضی کم ارزش استفاده می شود .

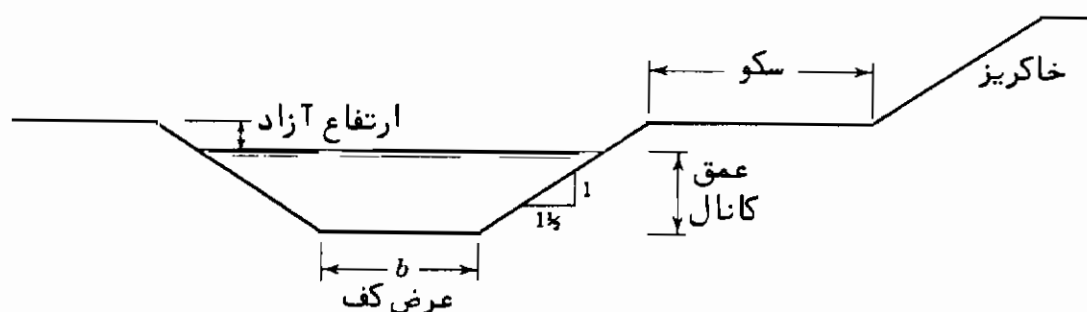
کانالهای روباز برای کنترل سطح آب زیرزمینی نیز به کار می روند . ولی در این مورد، استفاده از آنها دارای چند اشکال مهم می باشد :

مهمترین اشکال آنها احتمالاً " ایجاد مزاحمت در عملیات زراعی است . در مناطقی که زه کشها نزدیک به هم حفر شده باشند مسلم است که این موضوع مشکلات جدی در عملیات زراعی به وجود می آورد . مسئله دیگر حفاظت آنها است . حفاظت یا نگهداری کانالهای روباز یک مشکل همیشگی است . برای آن که کانال بتواند مورد استفاده قرار گیرد لازم است که هر ساله تعمیر شود . در غیر این صورت خاصیت زه کش بودن خود را بزودی از دست می دهد . در برخی از بخشها که زه کشهای روباز عمده ترین سیستم زه کشی آنها را تشکیل

می‌دهد چون تغییر و نگهداری آنها بخوبی صورت نمی‌گیرد کانالها با راندمان کمتری کار می‌کنند.

عیب دیگر زهکشهای روباز قیمت زمینی است که به‌این وسیله از حیزانتفاع خارج می‌شود در شکل ۱-۱۲ مقدار زمینی که در اثر احداث کانالهای روباز از کشت خارج می‌شود نشان داده شده است مساله دیگر لزوم احداث پلهایی است که باید برای رفت و آمد دامها و وسایل نقلیه ساخته شود.

تمام این ساختمانها و خود زهکشهای روباز به‌نگهداری و تعمیر دایمی نیاز دارند. علاوه بر معایب فوق‌الذکر مساله دیگری که در زهکشهای روباز مطرح است حفاظت آنها در خاکهای ناپایدار است. عوامل زیادی باعث از بین رفتن زهکشهای روباز می‌گردند. علی‌رغم این محدودیتها، غالبا "زهکشهای روباز تنها روش زهکشی است که اقتصادی به‌نظر می‌رسد. برای رسیدن به یک تصمیم‌گیری نهایی لازم است در هر منطقه تمام محاسن و معایب مورد ارزیابی قرار گیرند.



شکل ۱-۱۲: شمای کلی مقطع یک کانال زهکش روباز

طرح زهکشهای روباز

مقطع عرضی کانال

بهترین کانال عبارت از کانالی است که بتواند به‌ازاء شیب و مقطع عرضی مشخص حداکثر آب را از خود عبور دهد. با صرفه‌ترین مقطع عبارت از مقطعی است که محیط خیس شده آن مینیمم باشد. این موضوع با توجه به فرمول مانینگ بخوبی مشاهده می‌شود.

$$Q = av = \frac{1.486}{n} ar^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}}$$

اگر در یک کانال a ، n و s ثابت بماند با افزایش r مقدار Q نیز افزایش می‌یابد. چون $r = a/p$ است با کم شدن p مقدار r افزایش پیدا می‌کند لذا Q در زمانی حداکثر خواهد

بود که مقدار P حداقل باشد. از بین مقاطع مختلف مقطع نیمدایره بهترین مقطع است زیرا محیط خیس شده آن کمترین است. احداث مقاطع نیم دایره‌ای برای کانالهای بتونی یا آجری امکان پذیر است و این کار برای کانالهای خاکی امکان پذیر نمی باشد. معمولی ترین شکل مقطع دوزنقه‌ای، است، از بین مقاطع دوزنقه‌ای مقطع عرضی یک نیمه شش ضلعی دارای کمترین محیط و با صرفه‌ترین آنها است.

شیب دیوارهٔ نهر

نکته مهمی که در ساختن هر کانال باید مورد توجه قرار گیرد مقاومت شیب دیواره‌ها است. عمر یک زهکش روباز بستگی به مقاومت دیواره‌های آن دارد. خصوصیات خاک تأثیر زیادی بر پایداری دیواره‌ها دارد. خاکهای شنی با چسبندگی کم خود نسبتاً "ناپایدارند". خاکهای سیلتی نیز در همین گروه قرار دارند. در صورت حفر نهر در این نوع خاکها دیواره‌ها در اثر فشار آبی که بر آنها وارد می شود بزودی تخریب می گردند. این فشار موجب می شود



شکل ۱۲-۲: یک زهکش روباز بزرگ (۶ متر عمق) که لایه تحت فشاری را که در عمق ۵ متری زیر زمین بوده است قطع کرده است.

که ذرات خاک از بستر خود جدا شده و به ته کانال سقوط نمایند . این امر سبب می‌شود که توده بزرگی از دیواره کانال به داخل آن ریزش نماید . یک عامل دیگر ناپایداری کف نهر است که سبب بالا آمدن آن در اثر اختلاف فشار ایجاد شده بعد از خارج شدن خاک از کف نهر می‌گردد .

روشهای مختلفی برای تثبیت شیب دیواره ، حتی اگر خاک نسبتاً ناپایدار باشد وجود دارد . کوبیدن دیواره‌های نهر با بیل‌های لجن‌کش یکی از روشهایی است که این کار را می‌تواند انجام دهد . روشهای دیگر شامل کوبیدن مکانیکی دیواره‌های نهر با ماشینهای مخصوص و کوبیدن آنها با غلطکهای سنگین می‌باشد . شیب دیواره از ۳ به ۱ یا بیشتر در خاکهای شنی تا ۱ به ۱ ، یا تقریباً " شیب عمودی ، در خاکهای رسی و یا خاکهایی با مواد آلی زیاد ، تغییر می‌کند .



شکل ۱۲-۳: یک کانال ناپایدار در خاکهای شنی

فرسایش و رسوب‌گذاری

فرسایش و رسوب‌گذاری در یک نهر بستگی به نوع خاک و شیب نهر دارد . شیب نهر

باید متناسب با شرایط خاکی که در آن ساخته می‌شود باشد. بهترین روش در ساختمان یک نهر روباز آنست که نهرهای روبازی که در همان منطقه ساخته شده‌اند مشاهده گردیده و متوجه شد که با توجه به شیب و شرایط ویژه خاک به چه طریق کار می‌کنند. ولی اگر چنین نهرهای وجود نداشته باشند بهتر است که به راهنماهایی که در آمریکا سازمانهای دولتی از قبیل سازمان حفاظت خاک تهیه کرده‌اند مراجعه نمود. از این راهنماها می‌توان حداکثر شیب مجاز در خاکهای مختلف را به دست آورد. میزان فرسایش و رسوب با تغییر شیب نهر اضافه می‌گردد. کم کردن شیب سبب رسوب گذاری و اضافه شدن شیب نهر سبب ازدیاد فرسایش می‌شود.



شکل ۱۲-۴: ساختمانی برای کنترل فرسایش در تشکیلات سنگهای آهکی و حفظ موقعیت در محلی که سطح آب زیرزمینی بالا است (جنوب شرقی - استرالیا جنوبی).

خارج کردن خاکهای اضافی

خاکهای اضافی خاکهایی است که در موقع ساختن نهر جابجا می‌شود. معمولاً این خاکها در فاصله‌ای از کناره نهر انباشته می‌شود. فاصله بین تل خاکهای اضافی و دیواره نهر را

به نام سکو (berm) می نامند . عرض این سکو بستگی به عمق خاکبرداری و پایداری قسمت حفاری شده و نوع وسائلی دارد که در نهر از آنها استفاده می شود . اگر خاکهای اضافی در نزدیکی کناره نهر ریخته شود از ثبات دیواره نهر می کاهد . وزن اضافی این مواد خطری جدی از نظر پایداری نهر است .

تل خاکهای اضافی بطور کلی بدمنظره هستند ، و غالباً " سطح زیر کشت را کاهش می دهد . امکان دارد که بتوان خاکهای اضافی را در سطح مزرعه پخش کرد . در این صورت بایستی به شوری و حاصلخیزی این مواد توجه نمود . اگر شوری بالا و حاصلخیزی پائین باشد باعث کاهش محصول می شود مگر اینکه عملیات لازم از قبیل کودپاشی و شستشو صورت گیرد .

جدول ۱۲-۱ سرعتهای مجاز در خاکهای مختلف

نوع خاک	حداکثر سرعت ، متر در ثانیه
شنی و شنی لومی (غیرکلوئیدی)	۱
سیلت لوم	۱
لوم رسی و شنی	۱/۱
لوم رسی	۱/۲
رس سنگین ، گراول ریز و خاکهای دانه بندی شده	
لوم تا سنگریزه	۱/۵
سیلت تا سنگریزه (کلوئیدی) دانه بندی شده	۱/۸
شیل ، کفهای سخت و ریگ درشت	۲

نگهداری زهکشهای روباز

اگر بخواهیم یک زهکش نقش خود را بخوبی انجام دهد لازم است که از آن به طرز صحیحی نگهداری به عمل آید و چنانچه به آن توجهی نشود بزودی از رسوب پر شده یا از علفهای هرز پوشیده شده و عملکردش به عنوان یک زهکش به شدت تقلیل پیدا می کند . تعمیر سالانه زهکشها از ملزومات است بهترین روش مواظبت پیشگیری است یعنی برطرف کردن مشکل قبل از آن که بصورت حاد در آید .

کنترل رسوب در زهکش روباز

در نواحی مرطوب، بیشتر رسوباتی که وارد زهکش می‌شود ناشی از فرسایش زمینهای اطراف می‌باشند. اقدام در جهت کنترل فرسایش می‌تواند تا حد زیادی خطر ایجاد چنین مشکلی را کاهش دهد. از طرفی دیگر غالباً "فرسایش و رسوب در خود نهر صورت می‌گیرد. این وضعیت بخصوص در جایی که شیب زهکش تغییر می‌نماید رخ می‌دهد. در نهرهایی که شیب آنها زیاد است فرسایش صورت گرفته و این مواد در زهکشهای با شیب ملایم که آب با سرعت کم حرکت می‌نماید ته‌نشین می‌شود. در بسیاری مواقع، جلوگیری از تجمع سیلت در زهکشها امکان ندارد، در این صورت زهکش بایستی گاه‌گاه لایروبی شود. استفاده از حوضچه‌های رسوب یا سدهای کنترل‌کننده کوتاه همراه با زهکش روباز توصیه می‌شود. سیلت در حوضچه‌های رسوب و یا در پشت سدهای کنترل جمع شده و به آسانی می‌توان آنها را خارج کرد. در موقعیت خاص این امکان وجود دارد که از رسوبات برای بالا آوردن سطح اراضی پست استفاده شود. البته این امکان بستگی به پستی و بلندی مزرعه دارد. اگر آب بطور یکنواخت روی زمین پخش شود رسوبات موجود در آن نیز بطور یکنواخت روی سطح زمین ته‌نشین می‌شود.

محافظت کناره‌ها در مقابل فرسایش

در اراضی مسطح فرسایش کناره‌ها خطرچندان مهمی به‌شمار نمی‌رود زیرا سرعت جریان زیاد نبوده و معمولاً "امکان احداث زهکشها در امتداد خطوط مستقیم وجود دارد. در زمینهایی که شیب آنها زیاد باشد کنترل فرسایش کناره‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از طرق معمول احداث دیواره‌های سنگی است که عمل نسبتاً "پرهزینه‌ای است. سنگها باید طوری فرش شود که آب از محل برخورد با دیواره منحرف گردد. در احداث این دیواره‌ها باید دقت کافی به عمل آید زیرا ممکن است زیاده از حد باعث انحراف آب و موجب فرسایش در دیواره ساحلی دیگر شود.

حفاظت شیب‌های جانبی

لازم است در هنگام احداث زهکشها، شیبهای جانبی به‌نحو صحیحی طراحی گردند. قبلاً چنین تصور می‌شد که می‌توان شیب دیواره‌ها را نسبتاً "تند گرفت که نهایتی به آن

عمل شود. تئوری بر این اساس بود که دیواره کانال شیب طبیعی خود را پدید آورده و قسمتی از کف نهر از رسوب پر می‌شود. در عمل نشان داده شده است که این نظریه غلط است. دیواره نهر از پایین تخریب و شیب تند دیواره باقی می‌ماند. قسمتی از نهر با خاک پر می‌شود و با ظرفیتی که طراحی شده کار نخواهد کرد. بهتر است که در موقع ساختن نهرها برای دیواره شیب ملایمی در نظر گرفته شود. چون در اراضی شیب‌دار کانال باید قادر باشد که مقدار قابل توجهی آب را از خود عبور دهد لذا به منظور جلوگیری از فرسایش توصیه می‌شود که شیب دیواره‌ها کانال به وسیله کشت چمن تثبیت گردد.

کنترل علف هرز

مساله کنترل علف هرز اهمیت زیادی دارد. رشد علفهای هرز در انهار به شدت می‌تواند ظرفیت حمل آن را کاهش دهد.

علفهای هرز را می‌توان به طرق شیمیایی یا مکانیکی از بین برد. پیشرفتهای اخیر در علف هرزکشا تسهیلات زیادی در کنترل علفهای آبی فراهم آورده است. سوزاندن علفها نیاز به کارگر را در کنترل علف هرزها کم کرده است. مقالات متعددی در باره مصرف مواد شیمیایی از طرف سازندگان آنها نوشته شده است.

بعضی از علفهای هرز از قبیل *Sagittaria latifolia* با روشهای مکانیکی قابل کنترل هستند. زنجیری توسط ۲ تراکتور کشیده می‌شود که هر کدام در یک طرف نهر حرکت می‌کند. گیاهان جوان توسط زنجیر از خاک بیرون کشیده شده و اگر هر ساله انجام گیرد مبارزه موثر خواهد بود.

روشهای ساختن نهرها

حفاری با دست

در بیشتر کشورها حفاری دستی نهرها به علت کمبود کارگر تقریباً از بین رفته است. بدون شک در بعضی کشورها استفاده از کارگر برای حفاری دستی هنوز از نظر مخارج مقرون به صرفه است. به طور کلی، نهرهایی که با دست حفر می‌شوند نبایستی عرض کف آنها بیشتر از یک متر یا دارای عمقی بیشتر از ۱/۳ متر باشند. در بیشتر مواقع استفاده از ماشینها برای حفاری نهرها اقتصادی است.

نهرکن

در زهکشی اراضی کم ارزش، و بخصوص برای زهکشی اراضی جنگلی استفاده از نهرکن توصیه می‌شود. در فنلاند نهرکنهای بزرگ بخصوصی برای این منظور ساخته شده است. ارتفاع نهرکن تقریباً ۲ متر است و می‌تواند شیار تقریباً به عمق یک متر ایجاد کند. قدرت مورد نیاز برای بکار انداختن این نهرکنها زیاد است و در بیشتر مواقع لازم است که با چرخ در خاک کشیده شوند. تراکتورهای بزرگ از قبیل $D-8$ (کاتر پیلار) معمولاً برای این منظور استفاده می‌شوند. در شرایط فنلاند نهرها در مواد نرم از قبیل مردابها و بقایای گیاهی حفر می‌گردد. نهری که توسط نهرکن ایجاد می‌شود پست و بلند خواهد بود ولی ارزش گیاه که کشت می‌شود استفاده از روشهای گرانتر را توصیه نمی‌نماید. نهرکن فنلاندی به‌گونه‌یی



شکل ۱۲-۵: یک نهرکن بزرگ برای حفر زهکش در اراضی جنگلی، فنلاند

طراحی شده است که باریکه‌هایی در دو طرف نهر به جای می‌گذارد .
انواع دیگر نهرکن‌ها از قبیل اسکریپر نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند .

بیل‌های مکانیکی

بیل‌های مکانیکی شامل قسمت متحرک پایینی (که ممکن است چرخ زنجیری یا لاستیکی باشد) و قسمت دوار بالایی که بر روی قسمت متحرک سوار شده است می‌باشد. در بالای قسمت دوار یکی از شش واحد اساسی که اتصالات انتهایی جلو خوانده می‌شود نصب شده است . اتصال انتهایی جلو کم و بیش بصورت دائمی در روی قسمت دوار سوار است و آخرین قطعه به همین دلیل به این نام نامیده می‌شود .

شش اتصال انتهایی جلو عبارتند از :

Shovel front - ۱

Crane - ۲

۳ - حفار با بن جفت شونده

۴ - حفار با بن کابل دار

۵ - کج بیل

Clamshell - ۶

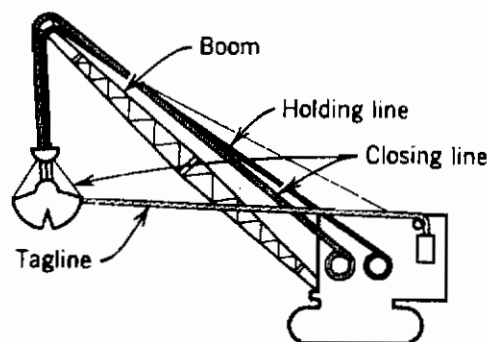
در کارهای زهکشی فقط از بیل حفاری با بن جفت شونده ، بیل حفار با بن کابل دار و کج بیل به عنوان آخرین اتصال‌های انتهایی استفاده می‌شوند .

بیل حفار با بن جفت شونده

بیل حفار با بن جفت شونده شامل دو نیمه یاد و کفه است که از بالا لوله لولا شده اند بطوری که بیل بتواند باز شود . لولا موجب می‌شود که کفه‌ها جمع شده و به صورت کاسه در بیایند . بیل بر روی محلی که بایستی حفاری صورت گیرد با کفه‌های باز انداخته می‌شود . انداختن بیل سبب می‌شود که در موادی که باید حفاری گردد فرو رود . دو کفه توسط لولا بهم بسته می‌شوند . در موقع بسته شدن کفه‌ها ، لبه کفه‌ها در داخل مواد رفته و بیل را پر می‌کنند . از آنجائی که بریدن در اثر وزن بیل صورت می‌گیرد لذا موادی که حفاری می‌شوند بایستی نسبتاً " نرم یا سست باشند .

دستگاه فوق ممکن است برای حفاری‌های عمودی به کار رود ، و برای حفر ترانشه و

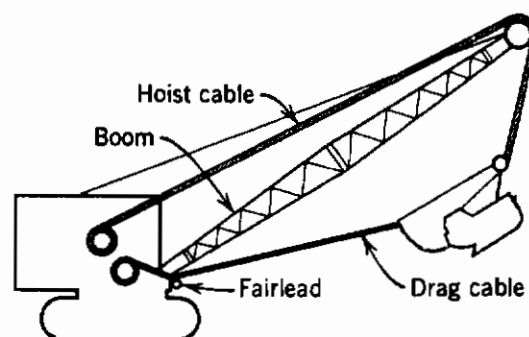
حفاری در زیر آب بسیار مناسب است



شکل ۱۲-۶: بیل حفار باین جفت شونده

بیل حفار باین کابل دار

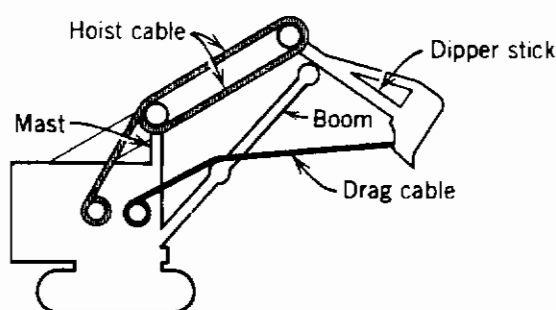
وجه تسمیه حفار باین کابل دار یا دراگ لاین به عمل کشیدنی که برای پرکردن بیل به کار می رود مربوط می شود. بیل مانند قاشقی است که از ماشین خارج شده و در موادی که باید حفر شود فرو می رود و سپس با کشیده شدن به سمت ماشین پر می شود. دراگ لاین در حفاری مواد سست بسیار موثر هستند. دراگ لاین احتمالاً "متداولترین ماشین است که در حفاری نهرهای زه کشی مورد استفاده قرار می گیرد. به خصوص مناسب حفاری در زیر سطح آب است البته در موقع حفاری ماشین در زمین خشک قرار می گیرد. اگر حفاری در مناطق باتلاقی صورت گیرد. در این صورت از الوارهای سخت که برای بلند کردن دارای قلاب باشد استفاده می شود راننده می تواند در موقع حرکت یک تخته را بلند کرده و در جلو ماشین قرار دهد. دراگ لاین می تواند مواد اضافی را در دو طرف نهر بریزد. به علت داشتن بازوی بلند این وسیله بهترین ماشین برای دور کردن مواد از محل حفاری است.



شکل ۱۲-۷: بیل حفار باین کابل دار

کج‌بیل

بک‌هویا کج‌بیل به نام بیل ترانشه زن نامیده می‌شود، زیرا گودکننده بر روی بازویی سوار است که در موقع حفاری به سمت ماشین کشیده می‌شود. بک‌هوشامل تیغه‌ای است که حول انتهای بازوی اصلی حرکت می‌کند. بازوی اصلی که به بازوی حفار ختم می‌شود، در نقطه حفاری پایین آمده، سپس حفار به وسیله سیم کشنده به سمت ماشین کشیده می‌شود. وقتی که گودکننده پرشد تمامی قسمت به وسیله سیم بلند کن بلند می‌شود. بار توسط باز شدن تیغه خالی می‌شود.



شکل ۱۲-۸: کج‌بیل

بک‌هوی بعضی از صفات بیل معمولی و لجن‌کش را با هم دارد. کار اصلی آن حفاری پایین‌تر از سطح زمین است. از آنجایی که وزن بازوی اصلی برای فشار دادن حفار به داخل مواد به کار می‌رود از این ماشین در مواد سخت‌تری نسبت به حفار باین جفت‌شونده و دراگ‌لاین کار می‌کند. و در حفاریهایی که دقت عمل مهم است این بهترین ماشین است.

کارآئی در بیل‌های مکانیکی

فرمولی که برای تخمین راندمان کار در بیل‌های مکانیکی به کار برده می‌شود بصورت زیر است:

$$\text{تولید} = \frac{3,600 \times Q \times f \times E \times k}{C_m}$$

در این فرمول ۳۶۰۰ تعداد ثانیه در ساعت است.

Q = ظرفیت حفار باین جفت‌شونده یا بیل بر حسب یارد مکعب است.

f = ضریب تبدیل خاک است که برای تبدیل ظرفیت بیل به حجم واقعی خاکی که حفاری شده به کار می‌رود.

E = راندمان بیل است زیرا بندرت تمام ۶۰ دقیقه در هر ساعت کار انجام می‌گیرد. بطور متوسط راندمان تقریباً ۵۰٪ است.

C_m = زمان یک دور کامل به‌ثانیه است. یک دوره کار عبارت است از حفاری، چرخش برای تخلیه، تخلیه و چرخش برای حفاری.

k = ضریب راندمان بیل یا حفار است. این ضریب برای منظور نمودن تغییرات ظرفیت بیل برای کار در خاکهای مختلف به‌کار برده می‌شود. برای حفاری آسان در خاکهای نرم و سست ضریب بازدهی از ۹۵ تا ۱۰۰٪ برای دراگلاین و بیل حفار است. در حفاری متوسط در مواد سخت که احتیاج به درهم شکستن نداشته‌باشد ضریب بازدهی برای بیل حفار ۸۵ تا ۹۰٪ و برای دراگلاین ۸۰ تا ۹۰٪ است. بیشتر عملیات زهکشی در خاکهای نرم و سست انجام می‌گیرد.

بعضی از زمانهای یک دوره برای دراگلاین در خاکهایی که معمولاً "عملیات زهکشی انجام می‌گیرد در جدول ۱۲-۲ داده شده است.

جدول ۱۲-۲ زمان یک دوره برای حفاری در مواد مختلف

زمان یک دوره (ثانیه)				
نوع وسیله	ظرفیت (یاردمکعب)	حفاری ساده (رس سبک مرطوب یا لوم)	حفاری متوسط لوم	حفاری سخت (رس سخت)
دراگلاین یا لجن‌کش	$\frac{3}{8}$	۲۰	۲۴	۳۰
(مانور ۹۰°)	$\frac{3}{4}$	۲۲	۲۶	۳۲
	$1\frac{1}{4}$	۲۴	۲۸	۳۵
	۲	۲۸	۳۳	۴۰
	۴	۳۲	۳۶	۴۵

برای اضافه‌شدن ۱۰ درجه در چرخش ۲ ثانیه به‌دوره اضافه کنید. برای کم‌شدن هر ۱۰ درجه از چرخش ۲ ثانیه از زمان یک دوره کسر نمایید.

ضریب تبدیل برای انواع خاکها به‌شرح زیر است:

۱/۱۱	شن
۱/۲۵	لوم
۱/۴۳	رس

این ضرایب برای موادی که در حفاری به مواد سست تبدیل می‌شوند، به کار می‌رود. به عبارت دیگر یک یارد مکعب شن ۱/۱۱ یارد مکعب فضا را در بیل اشغال می‌کند.

حفاری مرحله‌ای

روشهای حفاری که ذکر شد می‌توانند در طی مراحل صورت گیرند. ساختن مرحله‌ای برای خاکهای ناپایدار به کار می‌رود. اگر نهر در مرحله اول به عمق نهایی حفر گردد، دیواره آن فرو ریخته و نهر از خاک پر می‌شود. فروریختن دیواره در اثر بالابودن سطح آب در نتیجه فشار زیاد از حد نشست آب بر روی دیواره نهر روی می‌دهد. در این موقعیت بهتر است که در اول نهر کم عمقی حفر شود. که در این صورت سطح آب توسط این نهر پایین می‌آید و در نتیجه فشار نشست کم می‌شود. در مرحله دوم کار، ماشین نهر را عمیق‌تر می‌کند. تعداد دفعاتی که این فرآیند بایستی تکرار شود فقط از روی تجربه به دست می‌آید. در طول حفاری نهر ممکن است بتوان پایداری کناره نهر را با فشردن خاک آن با بیل یا غلطکهای مخصوص اضافه کرد.

کارا بودن نسبی زهکشهای روباز نسبت به زهکشهای زیرزمینی

در انتخاب بهترین روش زهکشی سؤال کارا بودن نسبی زهکشی روباز نسبت به زهکشی زیرزمینی مطرح می‌شود. از نظر تئوری، از قبیل راه حل کرکهام برای حالتی که آب در روی خاک جمع شده باشد، اختلاف کمی بین کارا بودن این دو روش وجود دارد. به نظر می‌رسد که یک زهکش روباز به علت بزرگتر بودن زهکش باید سطح آب را سریعتر از یک زهکش زیرزمینی پایین ببرد. کرکهام نشان داده است که ازدیاد قطر زهکش سبب بالارفتن مقدار جریان به داخل زهکش می‌شود.

از نظر قطع لایه آبدار، زهکش زیرزمینی در مقایسه با زهکش روباز کمتر عمل می‌کند. در زمینهای شیب دار امکان جریان کشش موئین در بالای زهکش زیرزمینی وجود دارد. زهکش زیرزمینی این جریان را قطع نمی‌کند. از طرف دیگر یک زهکش روباز تمام جریان در ناحیه بالای زهکش را حایل می‌شود. در تمام این موارد فرض بر این است که زهکش روباز در شرایط مناسبی نگهداری شده و بخوبی کار می‌کند. هم چنین فرض می‌شود که نفوذپذیری موادی که در روی زهکش زیرزمینی ریخته شده حداقل به اندازه خاک اطراف آن می‌باشد.

مآخذ

- Allen, R. R., V. I. Myers, and L. R. Ussery. 1962. Comparison of tile and open drains for subsurface drainage on nonirrigated lands. *Am. Soc. Agr. Eng.*, Paper 62, p. 727.
- Iowa Drainage Guide. 1955. *Iowa Agricultural Experiment Station. Special Report 13.*
- Power Cranes-Shovels-Draglines. Technical Bull. 4.* Power Crane and Shovel Association, Chicago, Illinois.
- Weir, W. W. 1929. Drainage in the Sacramento Valley Rice Fields. *Univ. of Calif. Agric. Exp. Sta. Bull.* 464.

فصل سیزدهم

چاههای زه‌کشی

استفاده از چاهها به منظور زه‌کشی اراضی، مخصوصاً "در زمینهای تحت آبیاری متداول گردیده است. در برخی از اراضی سطح ایستابی را به وسیله پمپاژ از چاه با موفقیت کنترل کرده‌اند. در هر حال تنها تحت شرایط خاصی است که می‌توان انتظار داشت زه‌کشی با چاه توام با موفقیت باشد. نفوذپذیری خاک نقش مهمی را در تعیین امکان استفاده از زه‌کشی با چاه ایفا می‌نماید. البته مسئله اقتصادی را نیز باید در نظر گرفت.

برای هدفهای زه‌کشی دودسته چاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. دسته اول چاه ثقلی یا آزاد که در یک سفره آب آزاد واقع شده و آب را مستقیماً از منطقه نفوذ ریشه‌ها خارج می‌کند. این چاهها ممکن است عمیق یا سطحی باشد.

دسته دیگر از چاهها که در کارهای زه‌کشی مورد استفاده قرار می‌گیرند چاه آرتزین است که یک سفره آب تحت فشار را مورد بهره‌برداری قرار می‌دهد این سفره آب در قسمت فوقانی خود محدود به لایه‌هایی می‌شود که قابلیت نفوذ کمتری دارند. چاههایی که سفره‌های آب آرتزین را مورد بهره‌برداری قرار می‌دهند ممکن است پمپاژ شده یا آن که آب بخودی خود از آنها خارج می‌گردد در هر دو حالت فرضیه اساسی در مورد بهره‌برداری از آنها یکسان است.

عوامل مؤثر بر کاربرد چاههای زه‌کشی

شرایط خاک: در استفاده موفقیت‌آمیز از چاههای زه‌کشی، نفوذپذیری لایه‌هایی از خاک که بایستی زه‌کشی شوند در درجه اول اهمیت قرار دارند. آب زه‌کشی باید بتواند

به سفره آب که پمپاژ می شود نفوذ نماید سطح آب باید از لایه سطحی خاک تا لایه آبداری که از آن آب استخراج می شود پیوسته بوده و نفوذپذیری لایه ها مانعی برای حرکت آب نباشد. مؤثرترین نوع چاه های زهکشی را در خاک های شنی عمیق با نفوذپذیری نسبتاً زیاد و سنگ های آتشفشانی شکاف دار که در زیر یک خاک قابل نفوذ قرار گرفته اند می توان حفر کرد. در هر دو حالت سطح آب زیرزمینی تحت تأثیر پمپاژ سفره آب قرار می گیرد. در بعضی موارد به منظور زهکشی اراضی نسبتاً کوچک امکان دارد که پمپاژ در یک سفره آب محدود صورت گیرد ولی البته هرچه وسعت سفره آب زیادتر باشد بهتر خواهد بود.

قبل از حفر چاه در زمین به منظور زهکشی، لازمست تحقیقات کاملی در مورد موقعیت خاک به عمل آید. بهتر خواهد بود که ضخامت و سطح سفره آب تا حد امکان تعیین گردد برای رسیدن به دلایل معقولی جهت امکان عملی بودن زهکشی با پمپاژ باید در نقاط کافی چاه های آزمایشی به منظور آزمایش خاک و نیز آزمایشات مربوط به چگونگی پمپاژ حفر گردد.

شرایط لایه آبدار: برای اطمینان از انجام یک زهکشی مناسب باید سفره آب از یک سطح کافی برخوردار باشد. بیشتر زمین زهکشی باید روی سفره آب قرار گیرد و خصوصیات این لایه طوری باشد که بتوان مقدار زیادی آب از آن پمپاژ کرد.

کاملاً روشن نیست که عمق لایه آبدار از سطح زمین چقدر باید باشد. ولی بیشتر آزمایشات آبکشی از لایه های کم عمق - کمتر از ۱۰ فوت از سطح زمین - با موفقیت چندانی روبرو نبوده است. موفق ترین چاه های زهکشی آنهایی است که آب را از لایه های آبدار واقع در عمق ۸۰ تا ۳۰۰ فوتی زیر سطح زمین پمپاژ می کند. برای هر شیب معینی ترکیبی از ضخامت و نفوذپذیری لایه آبدار است که شدت جریان آب به طرف چاه را تعیین می نماید. مخروط افت عبارت از افت قیفی شکل سطح ایستابی در اطراف یک چاه پمپاژ شده می باشد. شیب منحنی سطح ایستابی در نزدیک چاه خیلی تند است. برای به دست آوردن شکل دقیق منحنی باید سطح آب در چاه اندازه گیری شود. و یک پیزومتر در فاصله حدود ۱۰ فوتی از چاه و پیزومترهای دیگری ممکن است در فاصله های ۲۰، ۴۰ و ۱۰۰ فوتی یا بیشتر از چاه نصب گردد. افت سطح آب ناشی از عمل پمپاژ باید خوانده شود سپس نتایج حاصله روی نقشه ترسیم گردد. فرض می شود که اثرات چاه های مجاور نیز بر آن افزوده می گردد یعنی اگر در فاصله ۱۰۰۰ فوتی از یک چاه مقدار افت ۲ فوت باشد و چاه دیگری در فاصله ۱۰۰۰ فوتی همان نقطه ولی در جهت دیگر قرار داشته باشد افت کل بر اثر دو چاه ۴ فوت خواهد شد.

با استفاده از روش تشریح شده بالا این امکان وجود دارد که بهترین فواصل چاه ها را

برای اقتصادی‌ترین کارکرد پروژه به دست آورد. در هر حال برای استفاده از روش فوق باید خاکهای منطقه یکنواخت باشند. اطلاعات به دست آمده از آزمایش پمپاژ را می‌توان به عنوان یک راهنما برای محل چاههای اضافی مورد استفاده قرار داد. به موازات حفر چاههای اضافی و کسب اطلاعات اضافی از چاههای آزمایشی معیارها تعدیل می‌شود تا هماهنگی لازم با تغییر شرایط خاک که معمولاً وجود دارد حاصل گردد.

آب زهکشی به داخل کانال آبیاری پمپاژ شده و مورد استفاده آبیاری قرار می‌گیرد. فاصله چاهها طوری است که حدود یک مایل مربع به دو چاه تعلق می‌گیرد.

طراحی سیستمهای چاه زهکشی

چاههای ثقلی در لایه‌های آزاد با تغذیه افقی

در چاههای ثقلی واقع در لایه‌های آزاد (چاههای آزاد) لایه غیرقابل نفوذی که روی لایه آبدار قرار گرفته باشد وجود ندارد چندین راه حل مختلف برای بسط معادلات مربوط، به منظور کاربرد و مورد استفاده قراردادن آنها برای این چاهها وجود دارد. قدیمی‌ترین روش، راه حل دوپویی است. سطح نفوذ در اطراف چاه نادیده گرفته می‌شود و سطح ایستابی، سطح آب در چاه فرض می‌شود همچنین دوپوئی فرض نمود که خطوط جریان به طرف چاه افقی باشد. برای جریان ماندگار دبی کامل چاه باید از یک سری استوانه متحدالمرکز با شعاع های متفاوت عبور نماید. اگر h را ارتفاع سطح ایستابی از سطح ترازی که کف چاه روی آن قرار دارد بگیریم شیب آبی dh/dr به دست می‌آید که شیب سطح ایستابی در شعاع r از چاه می‌باشد.

کل مقدار جریان از هر استوانه با توجه به قانون دارسی به صورت زیر خواهد بود:

$$Q = 2\pi r h k \frac{dh}{dr} \quad (1)$$

اگر انتگرال بگیریم نتیجه می‌شود

$$\frac{Q}{\pi k} \ln r = h^2 + C \quad (2)$$

فرض می‌شود که ارتفاع آب در چاه مقدار ثابت h_w باشد یعنی در بالای سطح آب چاه شعاع مساوی r_w و بار مساوی h_w است. اگر این شرط مرزی (حدی) را در معادله (۲) قرار بدیم

نتیجه می شود :

$$\frac{Q}{\pi k} \ln \frac{r}{r_w} = h^2 - h_w^2 \quad (۳)$$

حال فرض می شود که در فاصله r_e از چاه بار هیدرولیکی ثابت می ماند اگر ارتفاع در فاصله r_e مساوی با h_e باشد با جانشین سازی آنها خواهیم داشت :

$$\frac{Q}{\pi k} \ln \frac{r_e}{r_w} = h_e^2 - h_w^2 \quad (۴)$$

معادله فوق نشان داده است که برای محاسبه جریان آب به داخل چاه در مواردی که مفروضات تقریباً رعایت شده باشد کاملاً دقیق می باشد .

اگر معادلات ۳ و ۴ را با هم ترکیب کنیم معادله ای برای سطح ایستابی خواهیم داشت ، این معادله سطح آزاد آب را نشان می دهد :

$$h^2 = \frac{h_e^2 - h_w^2}{\ln (r_e/r_w)} \left(\ln \frac{r}{r_w} \right) + h_w^2 \quad (۵)$$

که روش دوپویی برای سطح آزاد آب ، نامیده می شود . و در فواصل دوری از چاه مقادیر کاملاً دقیقی را برای سطح آزاد آب به دست می دهد و لسی دقت آن برای اندازه گیری های نزدیک به چاه ، ضعیف است علت آن هم این حقیقت می باشد که سطح نفوذ در چاه در فرمول دوپویی دخالت داده نشده است ، برخلاف آنچه که سالهای قبل مورد قبول بوده ، این سطح نفوذ ناشی از افت بار هیدرولیکی در چاه نیست بلکه بیشتر همگرایی خطوط جریان در نزدیک چاه سبب آن می گردد . همچنین در جریان آب به داخل یک نهر روباز یا جریان در میان یک سد خاکی نیز سطح نفوذ وجود دارد ، در فرمول دوپویی r_e شعاع تأثیر نامیده می شود . جریان آزادی که از جریان های افقی و جریان های عمودی آب تغذیه می گردد : در مناطق تحت آبیاری تغذیه چاه معمولاً از آبی است که بر اثر نفوذ عمودی و رو به پایین وارد لایه آبدار می شود . حالت تغذیه افقی چاه که توسط فرمول دوپویی بیان می شود محدود به مناطقی می گردد که تغذیه عمودی قابل توجهی ندارند .

با روش مشابهی که برای فرمول دوپویی به کار رفت می توان فرمولهایی برای تغذیه عمودی چاهها نیز به دست آورد فرض می شود که آب علاوه بر نفوذ افقی با شدت ثابت i به داخل منطقه نفوذ در حال نشت کردن است که منشاء این آب ممکنست بارش باران روی

سطح خاک و یا بر اثر حرکت ماندگار و صعودی آب از یک سفره آبدار عمیق تر و آرتزین بوده و یا این که ممکن است ناشی از آب آبیاری باشد که روی زمین وارد می شود. در هریک از این موارد فرض بر اینست که جریان ماندگار و لاینتیجیر باشد.

روش مورد استفاده برای بدست آوردن معادله، مشابه طریقه‌ای است که در مورد استخراج معادله هوگهات برای سطح ایستابی بیضوی و در حال تعادل با بارندگی مورد استفاده قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل جریان افقی در یک بخش قائم از سفره آبدار صورت گرفته و فرض می شود که جهت تمام جریان افقی باشد. این جریان را می توان به دو قسمت تقسیم کرد یک قسمت نتیجه تغذیه افقی و قسمت دیگر نتیجه تغذیه قائم می باشد. تغذیه عمودی ناشی از شدت تغذیه، v ، روی سطح πr^2 در شعاعی r از چاه است. مقدار دبی عبوری از این قسمت عبارتست از:

$$Q_r = Q - v\pi(r^2 - r_w^2) \quad (6)$$

که در آن Q کل جریان ورودی به چاه و r_w شعاع چاه است معمولاً r_w با مقایسه با r کوچک بوده و می شود از آن صرف نظر کرد بنابراین داریم:

$$Q_r = Q - \pi v r^2 \quad (7)$$

با استفاده از قانون دارسی می توانیم معادله دیگری را برای جریان آب در آن قسمت داشته باشیم. اگر شیب سطح ایستابی در بالای هر قسمت یعنی dh/dr را مساوی شیب هیدرولیکی بگیریم (فرضیات دوپویی - فورشایمر) عبارت زیر را می توان برای جریان آب در این قسمت نوشت:

$$Q_r = 2\pi r h k \frac{dh}{dr} \quad (8)$$

اگر معادلات (۷) و (۸) را مساوی قرار دهیم داریم:

$$Q - \pi v r^2 = 2\pi r h k \frac{dh}{dr} \quad (9)$$

پس از انتگرال گیری:

$$\frac{Q}{\pi k} \ln r - \frac{v r^2}{2k} = h^2 + C \quad (10)$$

در سطح چاه $r = r_w$ و ارتفاع مساوی h_w است اگر این مقادیر را در معادله ۱۰ قرار دهیم داریم:

$$\frac{Q}{\pi k} \ln \frac{r}{r_w} - \frac{v(r^2 - r_w^2)}{2k} = h^2 - h_w^2 \quad (11)$$

در شعاع تاثیر r_e ، و ارتفاع مساوی h_e است با قراردادن این مقادیر در معادله ۱۱ داریم:

$$\frac{Q}{\pi k} \ln \frac{r_e}{r_w} - \frac{v(r_e^2 - r_w^2)}{2k} = h_e^2 - h_w^2 \quad (12)$$

نظر به اینکه r_e خیلی بزرگتر از r_w است به طور تقریب می توان نوشت:

$$r_e^2 - r_w^2 = r_e^2 \quad (13)$$

اگر n را به عنوان نسبت بده آب ناشی از نفوذ عمودی به کل بده چاه، تعریف کنیم خواهیم داشت:

$$n = \frac{\pi r_e^2 v}{Q} \quad (14)$$

و معادله ۱۲ بدین صورت در می آید:

$$Q = \frac{\pi k (h_e^2 - h_w^2)}{2.303 \log_{10} r_e/r_w - n/2} \quad (15)$$

و شدت تغذیه عبارت است از:

$$v = \frac{nk(h_e^2 - h_w^2)/r_e^2}{2.303 \log_{10} r_e/r_w - n/2} \quad (16)$$

از معادلات ۱۱ و ۱۶ - با صرف نظر کردن از مقدار (r_w^2/r_e^2) - می توان معادله منحنی افت سطح آب به صورت زیر را نتیجه گرفت:

$$h^2 = \frac{(h_e^2 - h_w^2)(2.303 \log_{10} r/r_w - n/2(r/r_e)^2)}{2.303 \log_{10} r_e/r_w - n/2} + h_w^2 \quad (17)$$

چاههای آرتزین با جریان تحت فشار

جریان آب به طرف یک چاه آرتزین را که از یک سفره آبدار تحت فشار تغذیه می‌کند، می‌توان مشابه روشی که در مورد جریان آزاد گفته شده مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. جریان در یک سفره آب دار تحت فشار یک جریان افقی واقعی است و ناشی از شیب فشار در لایه می‌باشد. ارتفاع پیزومتری همراه با تغییر فاصله شعاعی تغییر کرده و این تغییر بیان کننده شیب فشار است. مقدار جریان دقیقاً به صورت زیر توصیف می‌شود:

$$Q = 2\pi r m k \frac{dh}{dr} \quad (18)$$

که در آن dh/dr عبارت است از شیب ارتفاع پیزومتری
 m ضخامت لایه آبدار
 r فاصله شعاعی از چاه
 پس از انتگرال گیری از معادله ۱۸ حاصل می‌شود:

$$Q = 2\pi k m \frac{h_2 - h_1}{\ln r_2/r_1} \quad (19)$$

اگر تغذیه چاه کاملاً از لایه آبدار تأمین گردد، جریان آب به طرف چاه دارای جزء عمودی نبوده و برای چاههای آرتزین سطح نفوذ وجود نخواهد داشت، ضمناً اگر r_1 و r_2 به ترتیب شعاع نفوذ و شعاع چاه باشند، $h_2 - h_1$ مساوی افت سطح ایستابی D ، در چاه بوده و معادله را ممکن است بدین صورت نوشت:

$$Q = \frac{2\pi k m D}{\ln r_e/r_w} \quad (20)$$

در مواردی که چاه در قسمتی از عمق لایه آبدار نفوذ می‌کند راه حل‌های بخصوصی توصیه گردیده است. در هر حال اگر چاه در ۵۰ درصد لایه آبدار نفوذ کند دقت معادلات فوق کامل خواهد بود.

فرمولهای مربوط به شرایط غیرماندگار: در سالهای اخیر توجه زیادی در تجزیه و تحلیل شرایط غیرماندگار چاههای زهکشی معطوف شده است. گرچه تجزیه و تحلیل شرایط ماندگار که قبلاً گفته شد خیلی مفید می‌باشد ولی اساساً بیشتر شرایط زهکشی به صورت غیرماندگار

است. در هر صورت اگر تغییرات بکندی صورت گیرد می‌توان فرمول حالت ماندگار را با صحت زیاد مورد استفاده قرار داد. تنها برای حرکت سریع سطح ایستابی است که تجزیه و تحلیل شرایط غیرماندگار جریان مورد احتیاج می‌باشد.

اگر چاه تغذیه نشود و یا اگر شدت تغذیه کمتر از بده چاه باشد حالت غیرماندگار حاکم خواهد شد. در چنین وضعیت، آبی که چاه از خاک می‌گیرد از ذخیره آبی خاک تأمین می‌شود. نحوه آزاد شدن این آب بگونه‌ای است که در قسمت طراحی زهکشی در مورد آزاد شدن آب خاک تحت شرایط افت سطح ایستابی تشریح گردید.

برای تجزیه و تحلیل سیستمهای جریان غیرماندگار می‌توان از معادله بوسینسک استفاده کرد. چون جریان به طرف چاه به صورت شعاعی است لذا لازم است که معادله در مختصات استوانه‌ای نوشته شود. موقعی که معادله در مختصات استوانه‌ای توصیف شد به علت نبودن هیچگونه جریانی در اطراف چاه، تعداد متغیرهای مورد مطالعه کاهش پیدا خواهد کرد. عامل زاویه از معادله خارج شده و معادله دیفرانسیل بدین صورت نوشته می‌شود:

$$\frac{S}{km} \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} \quad (21)$$

که در آن S ضریب ذخیره یا آبدهی ویژه بوده و بطور کلی مساوی است با حجم آب خروجی از واحد سطح خاک برای واحد افت ارتفاع پیژومتری. همانطور که معادله فوق نشان می‌دهد ضریب ذخیره مقدار ثابتی در نظر گرفته شده است در فصل ۶ در مبحث حجم منافذ قابل زهکشی، نمایش دقیق‌تری از ضریب ذخیره ارائه گردیده است. در بیشتر موارد عملی می‌توان حجم منافذ قابل زهکشی را با عددی که معادل ضریب ذخیره است نشان داد در هر حال باید در کاربرد این مفهوم برای حالتی که سطح ایستابی صعود می‌کند دقت گردد. در موردی که سطح ایستابی حرکت صعودی دارد باید برای ارزیابی ضریب ذخیره، مقدار رطوبت خاک در شروع حرکت (که رطوبت اولیه خاک نامیده می‌شود) در نظر گرفته شود. در معادله ۲۱ ممکنست km به صورت T نمایش داده شود که قابلیت انتقال آب نامیده می‌شود.

در مورد چاههای آرتزین آبی که بر اثر فشردگی و تجمع توام با کاهش فشار در سفره آب زیرزمینی آزاد می‌گردد به عنوان ضریب ذخیره در نظر گرفته می‌شود.

حالت غیرماندگار چاههای آرتزین در یک سفره آبدار آرتزین: عبارت زیر در سال ۱۹۳۵، توسط تیس (Theis) برای یک چاه آرتزین که مدام یک سفره آبدار نامحدود را آب‌کشی می‌کند به دست آمده است. در این شرایط افت سطح ایستابی $D = h_0 - h$ در فاصله شعاعی r و زمان

پمپاژ t با رابطه زیر به دست می‌آید:

$$D = \frac{Q}{4\pi T} \int_{r^2 S/4Tt}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \quad (22)$$

که در آن S آبدهی ویژه است. انتگرال سمت راست معادله به عنوان انتگرال نمایی شناخته شده و به طور وسیعی آنرا به صورت جدول درآورده‌اند. در نوشته‌های راجع به چاهها اغلب انتگرال را بدین صورت می‌نویسند:

$$W(u) = \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \quad (23)$$

که در آن $W(u)$ تابع چاه نامیده می‌شود.

اکنون با دوباره نویسی معادلات فوق داریم:

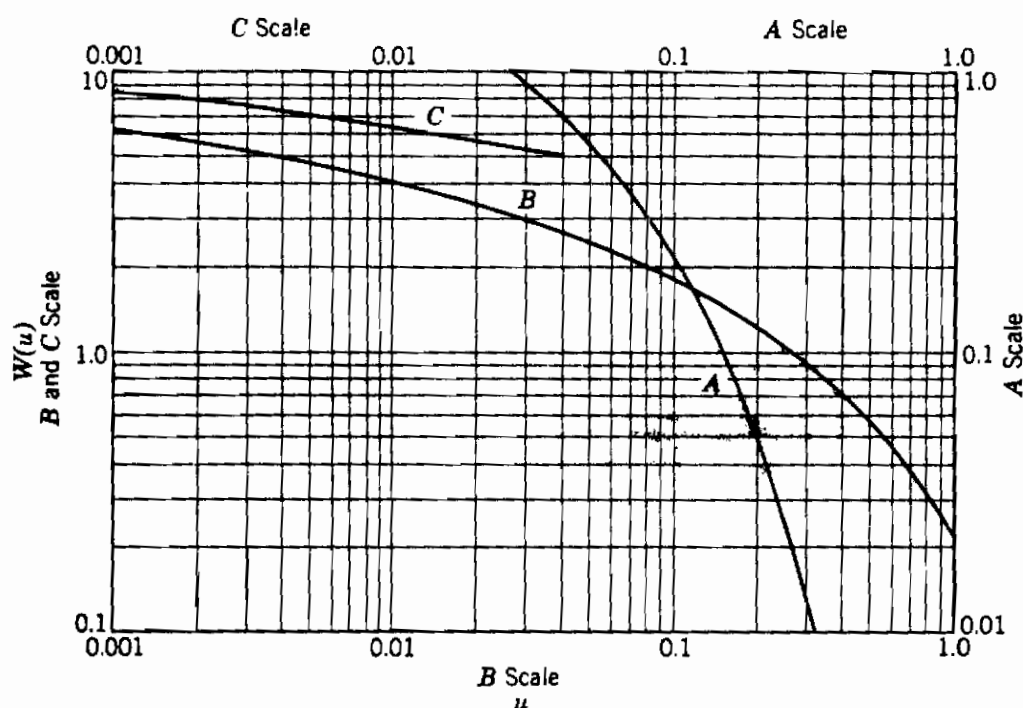
$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (24)$$

و

$$D = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (25)$$

برای یافتن مقادیر S و T از روی داده‌های آزمایش پمپاژ، لازم است که از یک روش گرافیکی مانند شکل ۱۳-۱ استفاده شود. این شکل $W(u)$ را به صورت تابعی از u نشان می‌دهد. با توجه به معادلات ۲۴ و ۲۵، در مورد چاه آزمایشی معینی مقدار u متناسب با r^2/t و D متناسب با $W(u)$ است. اگر بر روی کاغذ شفاف D را عرض مختصات و r^2/t را طول مختصات انتخاب کرده و منحنی تغییرات را با همان مقیاس رسم کنیم منحنی به دست خواهد آمد که مشابه یکی از منحنیهای شکل ۱۳-۱ خواهد بود. قسمتی از منحنی که از روی داده‌های مربوط به آزمایش چاه ترسیم شده با منحنی شکل ۱۳-۱ مطابقت خواهد داشت. موقعی که منحنیها برهم منطبق می‌شوند لازمست که از مختصات موازی استفاده شود.

ابتدا نقطه‌ای روی دو منحنی انتخاب کرده و مقادیر u ، $W(u)$ ، D و r^2/t مربوط به این نقطه را یادداشت می‌کنیم. سپس برای به دست آوردن مقدار T می‌توان مقادیر D و $W(u)$ را در معادله ۲۵ قرار داده و همچنین با داشتن مقادیر T ، u و r^2/t و با استفاده از معادله ۲۴ مقدار S را می‌توان به دست آورد.



شکل ۳۳-۱: تابع چاه

برای افت، سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در چاه r را می‌توان برابر شعاع چاه r_w در نظر گرفت.

برای بیشتر کارهای عملی دقت تخمینی از معادله ۲۵ کفایت می‌کند. انتگرال نمایی را می‌توان در یک سری نامحدود به صورت زیر بسط داد:

$$D = \frac{Q}{4\pi T} \left[-0.5772 - \ln \frac{r^2 S}{4Tt} + \frac{r^2 S}{4Tt} - \frac{1}{2.2!} \left(\frac{r^2 S}{4Tt} \right)^2 + \frac{1}{3.3!} \left(\frac{r^2 S}{4Tt} \right)^3 - \dots \right] \quad (26)$$

برای مقادیر نسبتاً کوچک u (مقادیر کم r یا مقادیر زیاد t)، تمام عبارات به جز دو عبارت اولیه معادله ۲۶ ناچیز خواهد بود لذا داریم:

$$D = \frac{Q}{4\pi T} \left(\ln \frac{1}{u} - 0.5772 \right) \quad (27)$$

اگر مقادیر $u_1 = r^2 S / 4Tt_1$ و $u_2 = r^2 S / 4Tt_2$ را بطور متوالی در معادله ۲۶ قرار دهیم برای یک فاصله شعاعی معین تفاضل مقادیر حاصله عبارتست از:

$$D_2 - D_1 = \frac{0.183Q}{T} \log_{10} t_2 / t_1 \quad (28)$$

برای استفاده از معادله ۲۸، D را به عنوان تابعی از زمان روی یک کاغذ نیمه‌لگاریتمی رسم می‌کنیم. ابتدا این تغییرات به صورت یک منحنی است ولی بعد از فاصله زمانی کوتاهی به صورت یک خط راست در می‌آید. از قسمت مستقیم منحنی برای حل T استفاده می‌شود. اگر D_1 و D_2 در یک سیکل لگاریتمی انتخاب شوند، $\log t_2/t_1 = 1$ بوده که تسهیلاتی را برای حل معادله ۲۸ فراهم می‌کند. اگر در معادله $D = 0.27$ باشد $\ln(1/u_0) = 0.5772$ و $u_0 = 0.563$ خواهد شد. اگر خط مستقیم ادامه یابد تا مقدار $D=0$ برای t_0 به دست آید. با قراردادن این مقادیر در معادله ۲۴ خواهیم داشت:

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2} \quad (29)$$

که ممکن است برای به دست آوردن S حل شود.

چاههای ثقلی

برای چاههای ثقلی می‌توان از فرمول مربوط به چاههای آرتزین غیرماندگار استفاده کرد در هر حال باید تصحیحی در مورد سطح جریان به عمل آید. سطح جریان در چاه آرتزین ثابت می‌باشد حال آن که سطح جریان در چاههای ثقلی، به علت فروکشی سطح ایستابی بطور مداوم تغییر می‌کند. جاکوب پیشنهاد کرده است که بایستی تصحیحی برای تغییر سطح جریان به عمل آید. بعقیده او باید تصحیحی مساوی $D^2/2m$ از مقدار مشاهده شده افت سطح ایستابی کم شود. که در این مورد D مساوی عمق اولیه آب است. ادامه تجزیه و تحلیل در مورد چاههای آرتزین نشان داده که اگر تصحیحی به عمل نیاید به مقدار قابل توجهی جواب اشتباه در خواهد آمد.

تعیین خصوصیات لایه آبدار:

خواص یک لایه آبدار را می‌توان با داده‌های زیر نشان داد:

۱- ضخامت

۲- هدایت هیدرولیکی یا نفوذپذیری

۳- آبدهی ویژه یا ضریب ذخیره

قابلیت انتقال یک سفره آبدار حاصل ضرب ضخامت سفره و هدایت هیدرولیکی است. و آن

عبارت از مقدار آبی است که در واحد زمان و در تحت شیب هیدرولیکی واحد از یک نوار عمودی سازند آبدار - تشکیلات زمین شناسی آبدار - با ضخامت واحد که در تمامی ضخامت اشباع شده آن تشکیلات گسترده شده است عبور می کند .

روش تیس برای چاههای آزاد :

چاههای گمانه ای در فواصل r_1 و r_2 از محور چاه حفر می شود ، سپس پمپاژ از چاه تا بوجود آمدن شرایط تعادل ادامه می یابد . زمانی که تغییرات سطح آب در چاه ناچیز بود مقدار افت سطح ایستابی در چاههای گمانه D_1 و D_2 ، اندازه گیری می شود سپس با استفاده از معادله زیر قابلیت انتقال محاسبه می گردد :

$$T = \frac{527.7Q \log_{10}(r_2/r_1)}{D_1 - D_2} \quad (30)$$

که در آن Q بده چاه یا حجم آب در واحد زمان و 527.7 ضریب تبدیل است که مقادیر اندازه گیری شده را به گالن در فوت در روز تبدیل می کند . اندازه گیریها در معادله فوق بر حسب فوت و گالن در دقیقه هستند . در معادله تیس فرض بر این است که شرایط تعادل حاکم باشد اما به قدرت اتفاق می افتد که شرایط مزرعه یک تعادل واقعی را نشان دهد .

روش تیس برای شرایط غیرماندگار یک چاه آزاد :

بر اساس شدت کاهش سطح آب پیژومتری که در داخل مخروط تخلیه فشار نصب شده باشد ، تیس این مسئله را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است . اشتقاق (که در این جا ارائه نمی شود) بر اساس این فرضیه است که تمام آب استخراج شده از چاه از ذخیره آبی سفره آبدار وسیعی تامین می گردد .
معادله تیس عبارتست از :

$$D = \frac{114.6Q}{T} \int_{1.87r^2 S/Tt}^{\infty} \left(\frac{e^{-u}}{u} \right) du \quad (31)$$

که در آن D = افت سطح آب در پیژومتر به فوت .
 Q = بده چاه پمپاژ شده به گالن در دقیقه .

r = فاصله پیزومتر از چاه پمپاژ شده به فوت .

T = ضریب قابلیت انتقال به گالن در روز فوت .

S = ضریب ذخیره بصورت یک نسبت یا اعشاری .

t = مدت زمان پمپاژ چاه به روز

با استفاده از تابع چاه $W(u)$ که قبلاً توضیح داده شد حل این معادله ساده می شود تابع نمایی را می توان مجدداً بدین صورت نوشت که :

$$D = \frac{114.6Q}{T} W(u) \quad (۳۲)$$

مقدار انتگرال را می توان با حل یک سری به دست آورد در آن :

$$u = \frac{1.87r^2S}{Tt} \quad (۳۳)$$

یک روش گرافیکی توسط تیس ابداع گردیده که استفاده از آن به میزان زیادی کاربرد فرمول غیرماندگار را ساده می کند . مقادیر $W(u)$ به صورت تابعی از u روی کاغذ لگاریتمی ترسیم می گردد این منحنی به نام منحنی تیپ (type Curve) شناخته می شود . با دوباره نویسی فرمولهای قبلی داریم :

$$D = \frac{114.6Q}{T} = W(u) \quad (۳۴)$$

و

$$\frac{r^2}{t} = \frac{T}{1.87S} u \quad (۳۵)$$

اگر فرضهایی که در به دست آوردن معادلات شده رعایت شده باشد مقادیر داخل پرانتز برای هر آزمایش پمپاژ بایستی ثابت باشد . چون همانند وابستگی $W(u)$ به u مقدار D هم به r^2/t بستگی پیدا می کند لذا افت سطح ایستابی در هر پیزومتر ، D ، را می توان نسبت به مقادیر r^2/t روی کاغذ لگاریتمی شفاف با همان مقیاس منحنی الگوی $W(u)$ نسبت u ، رسم کرد سپس با استفاده از انطباق می توان این منحنیها را ردیف کرد و نقطه ای مشترک (matching point) انتخاب و مقادیر لازم برای محاسبه T و S را از منحنی استخراج کرد .

مسائل

- ۱ - مساله زیر را با استفاده از فرمول دوپویی برای یک چاه ثقلی با تغذیه افقی واقع در سفره آبدار آزاد حل کنید. افت سطح ایستابی در چاه ۳۰ فوت، سطح ایستابی در شعاع ۱۵۰۰ فوتی معادل ۳ فوت زیر سطح خاک قرار گرفته و قطر چاه ۲۴ اینچ است.
- ۲ - برای این که سطح ایستابی بیش از ۶ فوت زیر سطح خاک قرار بگیرد فاصله چاهها از یکدیگر باید چقدر باشد؟
- ۳ - در مساله فوق آب با شدت (۱/۵) اینچ در ساعت به سطح خاک اضافه شده و تمام این آب به طرف سطح ایستابی نفوذ می کند. منحنی افت سطح ایستابی را برای این چاه محاسبه کنید.
- ۴ - یک چاه آرتزین کاملاً "به داخل یک سفره آبدار به ضخامت ۲۵ فوت نفوذ کرده است. افت سطح ایستابی در چاه ۴۰ فوت، بده چاه ۲۰۰۰ gpm شعاع چاه ۲۴ اینچ و شعاع نفوذ ۱۵۰۰ فوت است هدایت آبی سفره آبدار چقدر است؟ و قابلیت انتقال سفره چه اندازه می باشد؟

مآخذ

- Babbitt, Harold E., and David H. Caldwell. 1948. The free surface around and interference between gravity wells. *Illinois Engineering Experiment Station Bull.* 374.
- Engelund, Frank. 1957. On the theory of multiple-well systems. *Acta Polytechnica, Civil Engineering and Building Construction Series*, Vol. 4, No. 7, Copenhagen, Denmark.
- Hantush, M. S. 1957. Nonsteady flow to flowing wells in leaky aquifers. *J. Geophys. Res.*, 64:1043-1052.
- Jacob, C. E. 1946. Radial flow in a leaky artesian aquifer. *Trans. Am. Geophys. Union*, 27:198-205.
- Marr, James C. 1926. Drainage by means of pumping from wells in Salt River Valley, Arizona. *U.S. Dept. Agr. Bull.* 1456.
- Muskat, M. 1946. *The Flow of Homogeneous Fluids Through Porous Media*. McGraw-Hill Book Co. (reprinted by Edwards Bros., Ann Arbor, Michigan).
- Peterson, Dean F., Jr., O.W. Israelsen, and V.E. Hansen. 1952. *Hydraulics of Wells. Agricultural Experiment Station Bull. 351 (Technical)* Utah State Agricultural College.
- Scott, V. H., and J. N. Luthin. 1959. Investigation of an artesian well adjacent to a river. *Proc. Am. Soc. Civil Eng., Irrigation and Drainage Division* 85, No. IR 1.
- Theis, C. V. 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage. *Am. Geophys. Union Trans.*, 16:519-524.
- Wenzel, L. K. 1942. Methods for determining the permeability of water bearing materials. *U.S. Geol. Survey, Water Supply Paper* 887.

واژه نامه فارسی - انگلیسی

آ

Aquifer	آبخانه (اکیفر)
Channel	آبراهه
Water way	آبراهه روباز
Bearing test	آزمایش مقاومت
Aquitard	آکی تارد

الف

Free-board	ارتفاع آزاد
Rational	استدلالی
Osmosis	اسمز
Electro-Osmosis	الکترواسمز
Grade size	اندازه دانه ها
Effective size	اندازه مؤثر

ب

Guage	باران سنج
recording guage	باران سنج ثبات
non recording guage	باران سنج معمولی
Storm design	باران طرح
Frontal Precipitation	بارانهای جبهه ای
Cyclonic Precipitation	بارانهای چرخه ای
Precipitation	بارندگی
Bedding	بستر سازی

پ

Parshal flume	پارشال فلوم
Wilting	پژمردگی
Planosols	پلانوسول (خاک نوع پلانو)
Void	پوکی
Piezometer	پیزومتر

ت

Analysis	تجزیه
Wet mechanical analysis	تجزیه به روش مکانیکی آبی
Prosity	تخلخل
Moisture concentration	تراکم رطوبت
Seepage	تراوش
Equilibrium	تعادل
Dynamic equilibrium	تعادل پویا
Concentration	تمرکز
Frequency	تناوب
Thiessen	تیسن

ج

Convection	جابجائی (کندکتیو)
Front	جبهه
Frontal	جبهه ای
Occluded front	جبهه بسته
Velocity	جریان
Overland flow	جریان روی زمینی

چ

Auger hole	چاهک
Cohesive	چسبنده (کوهزیو)

ح

Non-steady state	حالت غیرماندگار
Steady state	حالت ماندگار
Interceptor	حایل

خ

Soil	خاک
Soil primary	خاک اولیه
Scondary soil	خاک ثانوی
Transported soil	خاک جابجائی
Loam	خاک لوم
Yolo loam	خاک لوم یولو
Outlet	خروجی

د

Gradaion	دانه بندی
Saturation percentage	درصد اشباع
Return period	دوره برگشت
Dipole	دوقطبی

ر

Sediment	رسوب
Sedimentation	رسوب گذاری
Moisture	رطوبت
Available moisture	رطوبت قابل دسترس
Equivalent moisture	رطوبت معادل
Run off	رواناب
Overland	روی زمینی

ز

Time of Concentration	زمان تمرکز
-----------------------	------------

Time of Overland	زمان جریان روی زمینی
Drain	زه کش
Buried Drain	زه کش سرپوشیده
Drainage	زه کشی
Piping	زیرشویی

س

Weir	سرریز
Rectangular Weir	سرریز مستطیلی
Current meter	سرعت سنج
Price Current meter	سرعت سنج نوع پرایس
Water table	سطح ایستابی
Surface of Seepage	سطح تراوش
Aquifer Phreatic	سفره آزاد
Man hole	سوراخ آدم رو (چاهک بازدید)

ش

Velocity flux	شدت جریان
Boundary condition	شرایط مرزی
Mesh size	شماره سوراخ غربال
Hydraulic gradient	شیب هیدرولیکی

ض

Load factor	ضریب بار گذاری
Drainage coefficient	ضریب زه کشی
Uniformity coefficient	ضریب یکنواختی

ف

Rational formula	فرمول استدلالی
Flum	فلوم (ناو)

ن	
Poiseuille's law	قانون یوازی
Darcy law	قانون دارسی
ک	
Casagrande	کازاگرانده
Hard pan	کفه سخت
Collector	کولکتور (جمع کننده)
Orographic	کوهستانی
گ	
Gallon	گالن
Imperial Gallon	گالن امپریال
U.S. Gallon	گالن آمریکائی
ل	
Lateral	لاترال (بال)
Laterite	لاتریت
Impermeable layer	لایه غیر قابل نفوذ
Slotted-tube	لوله شکافدار
م	
Steady	ماندگار
Coordinate	مختصات
Cylindrical Coordinate	مختصات استوانه ای
Ectangular Coordinate	مختصات قائم
Spherical Coordinate	مختصات کروی
Boundary	مرزی
Mesh	مش
Core	مغزه (نمونه)
Bearing	مقاومت

Three edge Bearing	مقاومت سه لبه
Type curve	منحنی تیپ
Effective	موثر

ن

Permeability	نفوذ پذیری
Lumped Permeability	نفوذ پذیری کل
Permeameter	نفوذ سنج
Constant head Permeameter	نفوذ سنج با بار ثابت
Falling head Permeameter	نفوذ سنج با بار متغیر
Matching point	نقطه اشتراک
Wilting point	نقطه پژمردگی
Core sample	نمونه دست نخورده
Ditch	نهر
Drain open ditch	نهر زه کش روباز

و

Quick condition	وضعیت سریع
-----------------	------------

ه

Conductivity	هدایت
Electrical Conductivity	هدایت الکتریکی
Capillary Conductivity	هدایت موئینه‌ای
Hydraulic Conductivity	هدایت هیدرولیکی
Hydration	هیدراسیون (آبکی شدن)
Hydrometer	هیدرومتر

واژه نامه انگلیسی - فارسی

A

Analysis	تجزیه
wet mechanical	تجزیه به روش مکانیکی آبی
Aquifer	اکیفر (آبخانه)
Aquitard	اکی تارد
Auger hole	چاهک

B

Bearing	مقاومت
test	آزمایش مقاومت
three edge	مقاومت سه لبه
Bedding	بستر سازی
Boundary	مرزی
condition	شرایط مرزی

C

Capacity	ظرفیت
field	ظرفیت زراعی
Casagrande	کازاگرانده
Channel	آبراهه
Cohesive	چسبنده (کوهزیو)
Collector	کولکتور (جمع کننده)
Concentration	تمرکز
time of	زمان تمرکز
Conductivity	هدایت

capillary	هدایت موئینه‌ای
electrical	هدایت الکتریکی
hydraulic	هدایت هیدرولیکی
Coordinate	مختصات
cylindrical	مختصات استوانه‌ای
rectangular	مختصات قائم
spherical	مختصات کروی
Convection	جابجایی (کندکتیو)
Core	مغزه (نمونه)
Sample	نمونه دست نخورده
Current meter	سرعت سنج
price	سرعت سنج نوع پرایس

D

Darcy law	قانون دارسی
Design storm	باران طرح
Dipole	دوقطبی
Dispersion	پراکندگی
Ditch	نهر
Drain	زه کش
buried	زه کش سرپوشیده
open ditch	نهر زه کش روباز
vertical	زه کش عمودی
Drainage	زه کشی
coefficient	ضریب زه کش

E

Effective	موثر
size	اندازه موثر
Equilibrium	تعادل

dynamic	تبادل پویا
F	
Free-board	ارتفاع آزاد
Frequency	تناوب
Front	جبهه
occluded	جبهه بسته
Frontal	جبهه ای
Flume	فلوم (ناو)
parshal	پارشال فلوم
G	
Gallon	گالن
imperial	گالن امپریال (۴/۵۴ لیتر)
u.s	گالن آمریکائی (۳/۷۵ لیتر)
Gradation	دانه بندی
Grade size	اندازه دانه ها
Guage	باران سنج
nonrecording	باران سنج معمولی
recording	باران سنج ثبات
H	
Hard pan	کفه سخت
Hydration	هیدراسیون (آبکی شدن)
Hydraulic gradient	شیب هیدرولیکی
Hydrometer	هیدرومتر
I	
Impermeable	غیر قابل نفوذ
layer	لایه غیر قابل نفوذ
Interceptor	حائل

L	
Lateral	لاترال - بال
Laterite	لاتریت
Load factor	ضرب بار
Loam	خاک لوم
yolo	خاک لوم یولو
M	
Man hole	سوراخ آدم‌رو (چاهک بازدید)
Matching point	نقطه اشتراک
Mesh	مش
size	شماره سوراخ غربال
Moisture	رطوبت
available	رطوبت قابل دسترس
concentration	تراکم رطوبت
equivalent	رطوبت معادل
N	
Non-cohesive	غیرچسبنده
Non-frontal	غیرجبه‌ای
Non-steady	غیرماندگار
state	حالت غیرماندگار
O	
Orographic	کوهستانی
Osmosis	اسمز
electro	الکترواسمز
Outlet	خروجی
Overland	روی زمینی
flow	جریان روی زمینی
time of	زمان جریان روی زمینی

P

Permeability	نفوذ پذیری
lumped	نفوذ پذیری کامل
Permeameter	نفوذ سنج
Constant head	نفوذ سنج با بار ثابت
falling head	نفوذ سنج با بار متغیر
Phreatic aquifer	سفره آزاد
Piezometer	پیزومتر
Piping	زیرشویی
Planosols	پلانوسول (خاک نوع پلانو)
Poiseuille's law	قانون پوازی
Precipitation	بارندگی
cyclonic	بارانهای چرخه ای
frontal	بارانهای جبهه ای
Prosity	تخلخل

Q

Quick condition	وضعیت سریع
-----------------	------------

R

Rational	استدلالی
formula	فرمول استدلالی
Return period	دوره برگشت
Run off	رواناب

S

Saturation	اشباع
percentage	درصد اشباع
Sediment	رسوب
Sedimentation	رسوب گذاری
Seepage	تراوش

surface of	سطح تراوش
Slotted-tube	لوله شکافدار
Soil	خاک
primary	خاک اولیه
secondary	خاک ثانوی
transported	خاک جابجائی
Steady	ماندگار
state	حالت ماندگار
Storm	بارندگی
design	باران طرح

T

Thiessen	تیسن
Type curve	منحنی تیپ

U

Uniform	یکنواخت
Uniformity	یکنواختی
coefficient	ضریب یکنواختی

V

Velocity	جریان
flux	شدت جریان
Void	پوکی
ratio	نسبت پوکی

W

Water	آب
hydration	آب هیدراسیون
imbibitional	آب جاذبه‌ای
interplanar	آب داخل لایه‌ای