بررسی فرسایش خندقی ((گالی[1]))

پیشگفتار:

نگاهی به مسائل آب و خاک ایران

بارانی که بر حوزه های فراخ آبریز این سرزمین می افتد با شتاب بر روی آن پهنه ها میرود و در این حرکت شتاب آمیز بخش بزرگی از خاک کشاورزی و خاک مراتع را به همراه خویش به آبراهه ها می کشاند و این داستان زایش رسوب است از حوزه های آبریز تا به درون آبراهه ها و تا به پشت سدها و بندها. رسوبی که زمانی خاک حاصلخیز کشاورزی و مراتع بوده و اینک پشت بندها و درون آبراهه ها را انباشته و یکی از بزرگترین مسائل آب و خاک این سرزمین را پدید آورده است. هر ساله میلیونها متر مکعب خاک حاصلخیز (که در درازنای میلیونها سال پیدایش یافته است) از گستره مرغزارها و کشتزارها شسته میشود ، سپس فرسایش زمین ها نیز یکی از مسائل مهم آب و خاک در ایران است. در ایجاد این فرسایش بارندگی های شدید و سیلابهای متناوب ، نبودن پوشش گیاهی مناسب ، تند بودن شیب ها ، نبودن مدیریت مؤثر در مرتعداری و آبخیزداری و نبودن حفاظت کافی نقش عمده ای دارند. فرسایش زمین ها، تنها به حوزه های آبخیز محدود نمی شود . کرانه های بسیاری از آبراهه ها و رودخانه های ایران و نیز سواحل دریاها و دریاچه ها نیز در معرض فرسایش شدید هستند . این فرسایش در بسیاری جاها باعث از بین رفتن زمینهای زراعتی گشته ، روستاها و تأسیسات آبی را ویران ساخته و افزون بر آن سبب انتقال مقدار بسیاری مواد رسوبی شده که به گونه ای بسیار بحرانی از عمر مفید سدها در ایران کاسته است. بر این نمونه ها باید خرابی های جاده ها ناشی از لخت بودن دامنه ها ، ریزش کوه، آبروی نابسته و بی پوشش و نبودن دیوارهای حائل مناسب را نیز افزود.رودخانه های ایران با آنکه سیلابی هستند اما تأثیرشان پردوام و پاینده است. سیلابها راه خود را از دشت و دامن می گشایند و گالی پدید می آورند.

مقدمه:

مطالعات انجام شده روی هدکت بسیار اندک میباشند.اولین بررسی در سال ۱۹٦۰ در فرانسه انجام گرفت و سپس در سایر کشورها مانند استرالیا ، ایتالیا، آلمان و ژاپن در این زمینه ، کارهای مطالعاتی انجام دادند . وقتی چگونگی مطالعات کنترل گالی را در ۱۰۰ سال گذشته مورد بررسی قرار دهیم متوجه خواهیم شد که مطالعات ، بیشتر روی مسائل فنی و ساختمان آن متمرکز بوده ،

---

[1] - Gully

تا از نظر مکانیسم ایجاد آن از سال ۱۹۵۰ نیز عده ای توجه خود را به چگونگی تشکیل گالی به ویژه از نظر سطح مکانیسم تشکیل در اراضی که حاصلخیزی کمتری دارند معطوف داشتند.
در مناطق خشک و نیمه خشک ، گالیهای ایجاد شده در اثر انحلال و قلیایی بودن آب میباشد. امروزه بیشتر روی مدیریت مناطق حساس به گالی در ارتباط با کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک مطالعه میشود . در آمریکا مدیریت مناطق حساس به گالی در اراضی زراعی تا حدودی موفق بوده است. به طوریکه در پائین دامنه ها در مناطق راکی با کنترل آبراهه ها و تثبیت و کنترل گالی و استقرار پوشش گیاهی منطقه به حالت اولیه خود برگشته است. در ایتالیا کارهائی که در این زمینه انجام میگیرد عبارت است از : شخم زدن زمین جهت نفوذ آب ، احداث کانالهای مصنوعی در مسیر آبراهه ها و ایجاد پوشش گیاهی در پای دامنه ها جهت جلوگیری از ایجاد هرزآب . این فرسایش در کشورهای مختلف به اسامی گوناگون نامگذاری شده است بطوریکه در انگلستان و آمریکا به نام گالی درمصر وادی[۱] ، در آفریقای جنوبی دونگا[۲] ، در فرانسه راون[۳] ، در هند نولا[۴] ،در آمریکای جنوبی کاراکاوا[۵] ،و در چین گوو[۶] و در ایران خندق معروف است .
در واقع گالی ها همان فرسایش خندقی بوده که اشکال پیشرفته از فرسایش تشدیدشونده می باشند که در اثر عوامل مختلف در مرتع ، جنگل و یا در مناطق کشاورزی دیده می شوند از علائم مشخصه آنها وجود بریدگی عمودی در رأس گالی میباشد که دارای شیب تند و کمی محدب بوده و یکی از عوامل مهم در گسترش توسعه گالی است . گالیها دارای عمق نسبتاً زیاد و عرض کم بوده و دارای پروفیل ((V)) میباشد که رسوبات زیادی را از خود عبور میدهد بطوریکه رابطه بین دبی آب و دبی رسوبات نامحدود میگردد.

تاریخچه مطالعه گالی:

گالی در اکوسیستمهای مختلف ایجاد میگردد. مکانیسم ایجاد گالیها طی مراحل مختلف صورت میگیرند که بوسیله محققین مورد بررسی قرار گرفته است ولی آنچه مسلم است اینکه از سال ۱۸۸۰ با توجه به افزایش جمعیت در دنیا ، این فرسایش بسیار سریع توسعه یافته است. در سال ۱۹۵۱ – Schumm-Hadley این استدلال را داشته اند که این توسعه سریع در ارتباط با افزایش چرای مفرط و بی رویه دام از حدود سال ۱۸۸۰ میباشد آقای Leoposd سیلابهای شدید در این زمان را عامل اصلی ذکر کرده است . بنابراین چرای دام یکی از عوامل میباشد. اما بعضی از

---

[1] - Wadi
[2] - Dinga
[3] - Ravine
[4] - Nulla
[5] - Caracava
[6] - Govo

محققین بر این عقیده اند که ایجاد گالی قبل از چرای شدید نیز آغاز گردیده است و در بعضی مناطق مدتها بعد از چرای دام نیز هیچ اتفاقی از نظر فرسایش گالی پیش نیامده است آنچه مسلم است از بین رفتن پوشش گیاهی ایجاد هرزآب نموده که خود عاملی است جهت بوجود آمدن گالی.

مکانیسم تشکیل گالی:

در گذشته کارشناسان تصور می کردند که خندق یا گالی از توسعه و بزرگ شده شیارها بوجود می آید اما با مطالعاتی که در کشورهای مختلف دنیا بویژه مطالعه ای که در منطقه کلرادوی آمریکا انجام شده مشخص گردید که پیدایش گالیها فرایند بسیار پیچیده ای میباشد که اولین مرحله آن ایجاد یک فرورفتگی در سطح توپوگرافی دشت است. این فرورفتگی ممکن است طبیعی بوده و یا در نتیجه از بین رفتن پوشش گیاهی ، آب در داخل این گودالها متمرکز شده و در نتیجه پدیده انحلال و ایجاد راهروی زیرزمینی و گسترش آن آبراهه بوجود آید که در نتیجه ریزش سقف آن خندق و یا گالی ایجاد میگردد. قسمت عمده فرسایش در سر گالی که همان هدکت باشند متمرکز میگردد و دیواره نسبتاً عمودی در نتیجه ریزش آب و تخریب و گسترش فرورفتگی اولیه بوجود می آید بنابراین تشکیل و تکامل هدکت و گالی در چهار مرحله صورت میگیرد:

الف : وجود یک چاله که بتواند فرصت نفوذ آب را افزایش دهد

ب : پدیده انحلال ، آبراهه زیرزمینی ایجاد میکند.

ج : توسعه و گسترش آبراهه زیرزمینی که موجب ریزش سقف کانال میگردد.

د : مرحله نهائی ، خندق و یا گالی که در سطح زمین هویدا میشود .

بنابراین ، شکل خندق و یا گالی که در نتیجه تکامل و پیشروی هدکت ایجاد می گردد با آبراهه ای که بر روی دامنه در نتیجه تکامل شیار و آبراهه بوجود می آید تفاوت دارد. پدیده گالی وقتی ایجاد میگردد که یک آبراهه طبیعی از وضعیت تعادل کم ثبات خود خارج شود این آبراهه بطور معمول متعادل میباشد ، یعنی اندازه ، شکل و شیب آن در مجموع متناسب با جریانی است که حمل میکند و در حقیقت تعادل برقرار میشود.

اگر این تعادل بر اثر نیروی خارجی به مقدار جزئی تغییر کند تعادل پس از مدتی برقرار میگردد مثلاً اگر دبی افزایش یابد ، یا آبراهه عریض تر گردد و یا شیب آن بیشتر شود و با این کار تعادل جدیدی بوجود میاید ، بنابراین وقتی که تغییرات جزئی است بحالت تعادل مجدد برمیگردد و اگر تغییر عمده باشد ، جریان آب شروع به ایجاد گالی نموده و وقتی که این عمل اتفاق افتد و تشکیل خندق آغاز گردد بازگشت به حالت قبل از آن بسیار مشکل میباشد.

برهم خوردن تعادل آبراهه ممکن است نتیجه یکی از عوامل زیر باشد :

۱- مقدار دبی بیشتر از ظرفیت آبراهه باشد.

۲- ظرفیت آبراهه در عبور آب کاهش یابد.

در ایران این پدیده اغلب در آبراهه های موجود در روی مارن قرمز گچی و یا نمکی دوره نئوژن مانند منطقه بین میانه و زنجان بخوبی دیده میشوند یا به عبارت دیگر وجود املاح قابل حل در آب ، شرایط مساعدتری بوجود می آورد که در این صورت آب در جاهائیکه خاک ، ساختمان ناپایداری دارد باعث انحلال مواد شده و بتدریج قسمتی از آب در خاک نفوذ کرده و بصورت جریانهای زیرزمینی بطرف پائین جریان می یابد و بتدریج باعث تشکیل حفره هائی میگردد که این حفره ها بنوبه خود ریزش پیدا کرده و فرسایش بطرف بالای دامنه پیشروی می نماید معمولاً در آبراهه هائی که طول نسبتاً کوتاهی دارند فقط در یک هدکت دیده میشود و برای آبراهه های طویل تر در شرایط مشروحه فوق هدکتهای متوالی بوجود می آیند.

تشکیل هدکتها اغلب مربوط به بریدگیهائی است که در نتیجه عدم یکنواختی خاک حاصل میشود مسلماً اعمال مضر کشاورزی که باعث ازدیاد ضریب جریان میگردند نیز اهمیت بسزائی دارند . مثلاً چرای مفرط از طرفی باعث کم شدن پوشش گیاهی فشرده و از طرفی دیگر در نتیجه لگد کوبی دامها و کمبود هوموس ، خاک را بحالت فشرده در می آورد و میزان جریان سطحی را افزایش میدهد.

عواملی که در ایجاد گالی در ارتباط با افزایش جریان مؤثرند:

۱- **حساسیت سازند:**گالیها معمولاً در سازندهائی که دارای انحلال پذیری زیاد میباشد ایجاد میشود در مناطقی که از نظر ژئومورفولوژی از تیپ رس و مارن (همراه با لایه های گچ و نمک) میباشند . در اثر پدیده انحلال ، راهروی زیرزمینی ایجاد شده و بتدریج در نتیجه توسعه آبراهه زیرزمینی سقف آن ریزش نموده و در نهایت گالی تشکیل میگردد.

۲- **تغییر در استفاده در زمین** : در اکوسیستمهای جنگلی در صورتیکه سازند ، سازند حساس به هدکت باشد در نتیجه قطع یکسره درختان هرزآب افزایش یافته و محیط مناسب جهت ایجاد هدکت خواهد بود.

۳- **استفاده بیش از حد از زمینهای کشاورزی:** در نواحی که خاک حساس به پدیده هدکت باشد می تواند هرزآب را افزایش دهد.

٤- **چرای بیش از حد مرتع و قطع پوشش گیاهی** : این عمل موجب افزایش رواناب و ایجاد هدکت میگردد.

۵- **افزایش جریانهای سطحی** :در نتیجه احداث جاده ها و تغییرات آب و هوائی.

مکانیسم تشکیل گالی در اراضی کشاورزی:

تحقیقاتی که در زمینه گالی در مناطق مسطح و اراضی کشاورزی توسط Piest انجام گرفت نشان داد که نیروی تنش برشی و قدرت سیلاب در ایجاد گالی نقش اساسی دارد .

نیروی تنشی برشی عبارت است از :

$T=y*R_1S_1$

که در آن :

Y : نیروی تنشی برشی مخصوص مایع (آب)

R_1 : شعاع هیدرولیکی

S_1 : شیب خط انرژی

قدرت جریان آب در واحد گالی با فرمول زیر تعیین میگردد.

$W=T*P*V$

T : نیروی تنشی برشی

P : محیط خیس شده

V : سرعت متوسط جریان آب (متر در ثانیه)

در معادله فوق اگر W قدرت جریان با محیط خیس شده برابر باشند W بعنوان عواملی بجای P در معادله وارد میشود و ضریب زبری N از فرمول مانینگ محاسبه میگردد.

$$V = \frac{R^{2/3} i^{1/2}}{n}$$

Piest مسئله اساسی در اندازه گیری فرسایش را تعیین دبی رسوب می داند چون :

الف) دبی رسوب بستگی به میزان جریان و غلظت رسوب دارد که هر کدام بستگی به میزان هرزآب دارند.

ب) تغییرات اساسی در وضعیت گالی بستگی به هرزآب ندارد بلکه در ارتباط با شرایط فرسایش در حوزه آبخیز است.

مطالعات انجام شده نشان داده است که تخریب گالی با توجه به نیروی کششی و قدرت جریان یا پدیده انحلال و ایجاد حفره زیرزمینی آغاز میشود طبق نظریه Piest ارتفاع سطح آب نیروی چسبندگی خاک و سرعت نفوذ آب و میزان انحلال پذیری سازند از عوامل اصلی تشکیل گالی است.

توسعه و پیشروی گالی:

پیشروی تدریجی گالیها که با بهم خوردن تعادل آغاز میشود ، بصورت تک مسئله پیچیده ای در آمده است . وقتی که آبراهه ای در حال تعادل است شیب و زبری بستر از عوامل مهمی هستند که در این تعادل مؤثرند بطوریکه در فرمول مانینگ میتوان آن را مورد بررسی قرار داد.

$$V = \frac{KR^{2/3}i^{1/2}}{n}$$

در این فرمول :

V : سرعت متوسط آب (متر بر ثانیه)

I : شیب سطح آب (متر به متر)

R : شعاع هیدرولیکی

K : ضریب ثابت است که در سیستم متریک برابر یک در نظر گرفته میشود . با ریزش سقف کانال و آغاز خندقی شدن مقطع آبراهه زاویه دار و دیواره های آن عمودی میگردد بطوریکه شعاع هیدرولیکی (R) آن افزایش می یابد . وقتی هدکت بصورت گالی عاری از پوشش گیاهی شده و در نتیجه ضریب زبری آن کاهش می یابد. برای اینکه سرعت ثابت بماند باید شیب کاهش پیدا کند ، بنابراین روی این اصل است که شیب بستر تمام گالیها کمتر از آبراهه اصلی است نتیجه چنین تغییر شیب باعث خواهد شد که با پیشروی قسمت انتهائی آبراهه ارتفاع ریزش آب تقریباً افزایش پیدا کند این ناحیه فعالترین قسمت گالی در پدیده هدکت است زیرا در نتیجه ایجاد آبشار خاک محل ریزش آب کنده شده و در نتیجه انرژی آب ، فرورفتگی گسترش یافته بطوریکه بخش بالایی بصورت تیغکهای نامتعادل در می آید و سرانجام پس از مدتی این قسمت نیز ریزش پیدا کرده و بدین ترتیب با تکرار این پدیده گالی توسعه می یابد . بنابراین بر اساس فرمول مانینگ پس از شروع گالی شعاع هیدرولیکی (R)افزایش می یابد و ضریب زبری (n) کاهش پیدا میکند و شیب نیز کاهش می یابد و در مجموع اثر مهم این تغییرات افزایش سرعت میباشد که نتیجه آن تشدید تداوم فرسایش گالی است.

چگونگی توسعه گالی

در حال حاضر هیچ فرمول یا مدل فیزیکی برای توسعه گالیها بیان نشده ولی بعضی از عوامل و اطلاعات و پارامترها می تواند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و یک مدل ساده برای بررسی وضعیت پدیده هدکت و گالی ارائه دهند. Seginer درسال ۱۹٦٦ فرمول زیر در جهت بررسی میزان سطح توسعه هدکت و گالی ارائه داده است. به طوریکه :

E: میزان سطح هدکت است که تبدیل به گالی شده

A : سطحی است که بوسیله هدکت اشغال شده ولی هنوز به گالی تبدیل نشده است.
C : عدد ثابتی است که از منطقه ای به منطقه دیگر تغییر می کند
بررسیهای انجام شده بوسیله Thompson در سال ۱۹٦٤ نشان داد که عوامل دیگری در گسترش و توسعه پیشروی گالی مؤثرند این عوامل عبارتند از :
شیب قسمت بالا دست گالی
افزایش بارندگی بیشتر از ۱۳ میلیمتر در ۲٤ ساعت
مواد ریز دانه(ذرات کمتر از ۰/۰۰۵ میلیمتر)
وضعیت زهکشی در قسمت بالا دست گالی
میزان املاح موجود در سازند
قابلیت انحلال پذیری سازند

انواع گالی

گالی خطی: این گالی از تعدادی خندق مجزا که هر کدام دارای یک دیواره عمودی هستند که از هدکت نتیجه شده اند و اغلب در سازندهای ریز که دارای مقدار کمی ماسه و یا شن می شود بوجود می آید . پروفیل طولی آن به شکل خط مستقیم است.

گالی پنجه ای: این نوع گالی در سازندهای رسی و مارنی ایجاد می گردد. گسترش آنها در امتداد چندین هدکت بوجود می آید و شکل کلی آن شاخه ای است . این گونه گالی در قسمت پائین دامنه های مارنی ایجاد می گردد.

گالی جبهه ای:این گونه گالی معمولاً در مجاور رودخانه ها و اغلب در محل باتلاقها وانشعابات رودخانه ایجاد می گردد . چون گالیهای خطی و جبهه ای در مناطق مسطح دشت سرهای محل پخش آب و دشت سر پوشیده ایجاد می گردند و سطح وسیع تر را در بر می گیرند ، در نتیجه روان آبی که از آنها می گذرد بیشتر از گالیهای پنجه ای است که در شیب تپه ها دیده میشود . بنابراین فرسایش در آنها شدیدتر و میزان تخریب و رسوب بیشتر است. بررسیهای انجام شده در سال ۱۹۷۳ بوسیله Rozhkov در روسیه نشان داد که میزان تخریب در گالیهای خطی و جبهه ای شش برابر بیشتر از گالیهای پنجه ای است.

پروفیل عرضی گالی یا خندق به دو شکل دیده می شود:

پروفیل V شکل: این نوع گالیها در مناطقی که ضخامت سازند مارن و یا رس زیاد باشد بوجود می آید به طوری که عوامل تخریب تا سازند بعدی که از نظر جنس و مقاومت به فرسایش

متفاوت است عمل نموده و گالی در عمق توسعه یافته و عرض کمی پیدا نموده و در نهایت پس از ریزش سقف به شکل V در سطح زمین نمایان می شود.

پروفیل U شکل: این نوع گالی و یا خندق در مناطقی که سازند مارن و یا رس ضخامت چندانی ندارد و به یک طبقه مقاوم به تخریب می رسد ایجاد می گردد.به طوری که گالی از عرض توسعه یافته و عمق چندانی پیدا نمی کند و به شکل U در می آید.

نتیجه :

با توجه به آنچه گفته شد از نظر ژئومرفولوژی گالی و یا خندق مرحله تکامل یافته هدکت می باشد که اغلب در پائین ناهمواریهای مارنی در مناطقی که شیب کاهش یافته و به دشت سر و یا دشت می رسد.که از نتیجه عمل انحلال ، ایجاد میگردد . البته باید توجه داشت که بعضی از متخصصین ، آبراهه های عمیقی که در روی دامنه ها ایجاد می شود و اغلب در نتیجه نیروی آب و گاهی نیز ممکن است پدیده انحلال و یا حرکتهای توده ای در تکامل آن دخالت داشته باشند را گالی نامگذاری کرده اند ، که ما آن را در رده آبراهه قلمداد می کنیم(مراجعه شود به بخش فرسایش آبراهه ای)بنابراین از ویژگیهای گالی یا خندق اینکه :

۱- در مناطق مسطح که شیب کمی دارند ایجاد می شود.

۲- این نوع گالی را از تکامل هدکت ایجاد میشوند.

۳- پدیده انحلال موجب تشکیل آن شده است.

٤- عمق آنها نسبتاً زیاد و تا ۱۰ متر هم مشاهده می گردد و شبیه پرتگاهی در دشت سرها و دشت ها ایجاد می گردند ، این نوع گالیها را در حوزه آبخیز سفیدرود و بویژه در محدوده بین زنجان و بیجار و همچنین در منطقه بین اهواز و شوشتر و در منطقه بندر لنگه و یا سایر مناطق ایران ، که دارای سازند رس و مارن و حساس به پدیده انحلال باشند میتوان مشاهده نمود.

خسارت ایجاد شده بوسیله گالی:

همان طور که گفته شد ایجاد هدکت و گالی علاوه بر اینکه سالانه موجب تولید میزان قابل ملاحظه ای رسوب می گردد ، در افزایش رسوب دریاچه ها و سدهای هیدروالکتریک بسیار مؤثر است. اثرات تخریبی دیگر آن عبارت است از :

- پر شدن تخریبی شبکه های آبیاری
- در نتیجه عمیق شدن گالیها ، هرزآبها به جای اینکه در زمین نفوذ کرده و موجب تغذیه سفره های زیرزمینی شود از دسترس خارج می گردند.

- پیشروی گالی موجب تخریب جاده ، پل و زمینهای کشاورزی و مرتع می گردد.

جلوگیری از ایجاد و توسعه گالی:

آنچه مسلم است عامل اصلی ایجاد گالی ، آب می باشد ، بنابراین با کنترل آب مـی تـوان از ایجـاد هدکت و گالی جلوگیری نمود . ساده ترین و عملی تـرین روش ، در قسـمت بـالا دسـت منطقـه بـا ایجاد یک مانع که میتواند یک سد خاکی باشد از ورود آب به منطقه حساس جلوگیری نمـود و آب را به قسمت مطمئن دیگری هدایت می نماید.

اقدامات کنترلی:

اصول کنترل خندق ها: دلیل اینکه کنترل محدود با موفقیت روبرو نمی شود این اسـت کـه بـا اصول اولیه کنترل خندقها که عبارت از تعیین علت پیدایش خندق و اقدام مقتضی است تطبیق نمـی کند . یک پزشک قبل از شناختن ماهیت فرض و علت یا علل آن شروع به مداوای مریض نمـی کنـد اگر به دلیل دو برابر شدن حجم سیلاب تعادل بهم خـورده و خنـدق ایجـاد گردیـده اسـت در ایـن صورت وصله کردن و تعمیر خسارات وارده ، مسئله را حل نمی کند. اصل دوم ایـن اسـت کـه یـا باید تعادل هیدرولیکی اولیه را مجدداً برقرار کرد و یا اینکه شرایط جدیدی بوجود آورد ، بنابراین یا بایستی سیلاب به حجم خود کاهش داده شود و یا آبراهه جدیدی احداث گردد که بتواند سیلاب اضافه شده را از خود عبور دهد.

کنترل بوسیله رویش گیاهان:

از یک مهندس حفاظت خاک با تجربه نقل می شود که گفته است در کنترل خنـدق یـک کیسـه کـود شیمیائی مؤثرتر است از یک کیسه سیمان . او با این گفته ، ایـن واقعیـت را بـا کمـی اغـراق بیـان داشته است که اگر چه کارهای ساختمانی بعضی اوقات ضروری هسـتند ولـی در مجمـوع احیـاء خندقها بوسیله رویاندن گیاه ترجیح داده می شود . ساختمانها چه بتونی، چـوبی ، سـنگی یـا هـر نوع دیگر در معرض پوسیدگی یا سائیدگی قرار داشته و یا ممکن است زیر آنها خـالی شـود و یـا آب از کنار آنها راه خود را باز کند و در هر حال با گذشت زمان تأثیر آنها کمتر و کمتر می گـردد در صورتیکه گیاهان روئیده شده در خندقها با گذشت زمان تکثیر یافتـه و مقـاومتر میگردنـد . از طرفی برای طرح ریزی و احداث ساختمانها به انواع تخصصها و مهارتها احتیـاج بـوده و معمـولاً پرخرج هستند . رویانیدن گیاه معمولاً هدف دوگانه ای را دنبال میکند . اولاً این کار موجـب فـراهم آمدن حفاظ فیزیکی برای خـاک در مقابـل آبشـوئی مـی گـردد و دوم اینکـه بـا افـزایش مقاومـت هیدرولیکی آبراهه سرعت جریان را کاهش داده و به این وسیله نیـز قـدرت آبشـوئی و سـائیدگی سیلاب را به شدت کاهش می دهد. اگر سرعت به اندازه کافی کاهش یابـد آنگـاه مقـداری از مـواد

معلق همراه آب رسوب داده می شود و این رسوبات محیط بهتری را برای رویش گیاهان نسل بعد فراهم کرده و باعث تسریع در رشد آنها می گردند.به این ترتیب تراکم گیاهان بیشتر گردیده و باز مواد معلق بیشتری را در خود نگه میدارند و این عمل آنقدر ادامه پیدا می کنند تا تمام خندق پر شود البته نباید فراموش کرد که عمل فوق وقتی اتفاق می افتد که آبخیزهای بالادست منبع تأمین کننده مواد معلق باشد.البته برای رویانیدن گیاه در خندقها موانع و مشکلات زیادی وجود دارد ، شرایط محیطی معمولاً در بدترین حالت ممکن قرار دارد کف خندق احتمالاً از شن سترون شده بدون ساختمان ، بدون مواد آلی، بدون مواد غذایی گیاهی و با ظرفیت رطوبتی کم تشکیل شده است . اگر هم رطوبتی وجود داشته باشد احتمالاً در سطوح خیلی پائین و دور از دسترس ریشه گیاه تازه کشت شده قرار دارد و درست در همین جاست که گراس ، نی و جگن در صورت روئیدن بیشترین فایده را خواهند رسانید . کناره های خندقها و نهرها نیز احتمالاً هیچ بهتر از کف آنها نیست وضع آب در داخل خندق بین دو حد کاملاً خشک و سیلابی در نوسان بوده و مسئله عدم تعادل شیمیائی نظیر شوری و قلیائیت نیز به وفور یافت می شود .

کنترل خندق به کمک تأسیسات ساختمانی:

ساختمانهای موقت: غالباً اتفاق می افتد که رویانیدن گیاه به دلیل شسته شدن گیاهان تازه کشت شده و یا نبودن خاک کافی برای رویش گیاهان با اشکال روبرو می گردد. در چنین شرایطی جا دارد که از نوعی ساختمان موقت استفاده گردد تا از گیاهان تازه کشت شده و آسیب پذیر برای مدتی محافظت بعمل آورد. اگر منظور ، تنها آهسته تر کردن سرعت جریان آب و در نتیجه تشدید عمل رسوبگذاری است لازم نیست که این ساختمان بدون منفذ باشد. موانع تراوا نام خوبی برای اینگونه تأسیسات است.

بالشتک سیمی: این یک روش ساده و در عین حال مؤثر در صورتی که سنگ لاشه در آن نزدیکیها به مقدار زیاد وجود داشته باشند . این سنگها بوسیله تور سیمی بهم نگهداشته شده و یک سد سنگی نه چندان متراکمی را بوجود می آورند . ابتدا یک تور سیمی گالوانیزه کلفت و محکم به عرض دو متر یا بیشتر در عرض خندق پهن گشته و تا نصف عرض آن از سنگ پر می گردد. سپس نیمه دیگر آن بر روی سنگها تا شده و دو سر تور بهم بافته میشود بطوریکه چیزی شبیه سوسیس یا بالشتک پر شده از سنگ با پوسته ای از تور سیمی درست شود . با قرار دادن چند لایه از بالشتکهای سنگی بر روی هم میتوان ساختمان را به ارتفاع دلخواه رسانید.

سدهای مشبک: مورد استفاده دیگر تور سیمی ساختن سدهای کوچک تنظیمی است که معمولاً در نزدیکیهای رأس خندق ساخته میشود . پایه های چوبی در کف خندق کوبیده شده و از آنها برای

نگهداری نوارهایی از تور سیمی استفاده می شود که مجموعاً دیوار کوتاهی را در عرض خندق بوجود می آورند. ارتفاع این دیوار بایستی حدود نیم متر بوده و لبه پائینی تور سیمی در خاک فرو برده شود. علفهای سبک و گاه بطور آزاد در سمت سر آب این دیوار قرار داده می شود تا بوسیله جریان آب به دیوار سیمی فشرده شده و مانعی را بوجود آورند که با وجود متخلخل بودن ، سرعت جریان آب را کاهش داده و موجب افزایش رسوبات پشت سر گردند.

سدهای چپری: از خصوصیات مهم و مطلوب ساختمانهای کنترلی موقت سریع و ساده بودن برپائی آنها و فراوانی و ارزانی مواد مصرف آنهاست. در نواحی جنگلی معمولاً دو نوع سد لای گیر مورد استفاده قرار میگیرد. یکی از آنها سد چپری است. دو نکته اساسی در ساختن این نوع سد بایستی رعایت شود : یکی اینکه شاخه ها تا حد ممکن محکم بهم بسته شوند و دیگر اینکه با وضعی پایدار در جای خود مستقر گردند. با رعایت این دو نکته میتوان انتظار داشت که این نوع سد چندین سال دوام بیاورد.

- سدهای کنده ای
- بندهای آجری
- تأسیسات دائمی

خندقها را بایستی حتی الامکان با ایجاد پوشش گیاهی و یا ترکیبی از پوشش و کارهای ساختمانی ساده و ارزان که طول عمرشان اهمیت چندانی ندارد مهار کرد ولی بهرحال شرایطی نیز وجود دارد که مسأله را تنها میتوان با ایجاد تأسیسات دائمی حل کرد.مهمترین نکته برای موفقیت این بناها این است که کار بایستی بطور کامل انجام و با دقت انجام گیرد ، زیرا همه شرایط موجود مخالف آنها و در جهت عدم موفقیتشان است. اینها در شرایط ناجور و سخت نظیر خاکهای ضعیف و ناپایدار و نواحی دور افتاده که مراقبتهای بعدی را مشکل می کند ساخته میشوند ولی در عین حال از آنها انتظار میرود که در مقابل یورش ناگهانی سیلابها ایستادگی کرده و عمر نامحدودی نیز داشته باشند در خندقها ، اینها بیانگر این واقعیتها هستند که اقدامات نیمه کاره و یا کارهائی که سعی در ارزان تمام کردنشان میشود تماماً اتلاف وقت و انرژی و سرمایه بوده اند.

سدهای لایه گیر:یکی از مواردی که سد دائمی بهترین راه حل مسأله می باشند وقتی است که گل و لای معلق در آب منابع آبی پایاب را تهدید میکند. لای گیر به مقدار کافی بوسیله رویاندن گیاه در مسیر آب کاری است آهسته و غیر مطمئن در حالی که با ساختن سدهای لای گیر دائمی به سرعت و به نحو مؤثر میتوان از حرکات رسوبات جلوگیری کرد.

چنین برنامه ای در آفریقای جنوبی و در منطقه ای بنام تارکا که مسـأله فرسـایش خنـدقی در آن خیلی شدید بوده و رسوبات حمل شده دریاچه آرتور را تهدید میکرد پیاده شد. سـدهای لای گیـر با اشکال مختلف در هر جا که شرایط محل اجازه این کار را می داد ساخته شدند.

سدهای تنظیمی : مورد استفاده دیگر سدهای دائمـی تنظـیم سـیلابهای ناگهـانی اسـت و ایـن بـا استفاده از اصلی که به اصل ((وان سوراخ)) مشهور است انجام میگیـرد . سـد دائمـی بـا ظرفیـت های کافی برای بررسی ذخیره روان آب شدیدترین رگبار در بالای دره میشود.

شیب شکن یا آبشار: روش دیگر برخورد با مسأله تثبیت خندق احـداث تأسیسـاتی اسـت کـه بـا بتون ، آجر و سنگ ساخته شده و سیلاب از روی آنها بدون خطر عبور می کند . ظرفیـت چنـدین شیب شکنهایی بوسیله اندازه دریچه ورودی تعیین میگردد که مانند یک آبشار مستطیل شکل عمل کرده و مقدار جریان در آن متناسب با طول آبشار است.

بیان ریاضی این مطلب به ترتیب زیر میباشد:

$$Q = CLH\frac{3}{2}$$

که در آن Q مقدار جریان ، L طـول آبشـار ، H عمـق آبـی کـه از روی آبشـار عبـور میکنـد و C ضریبی است مربوط به وضعیت محل ورود آب ، طول آبشار L را میتوان با افزودن یک مجـرای مستطیل شکل اضافه کرد . با این کار میتوان با اندک هزینه اضـافی و بـدون عـریض کـردن کلـی ساختمان ظرفیت را به مقدار زیاد بالا برد.

منابع :

۱-احمدی؛حسن.ژئوموفولوژی کاربردی انتشارات دانشگاه تهران؛۱۳٦۷

۲-رفاهی ؛حسینقلی.فرسایش آبی وکنترل آن انتشارات دانشگاه تهران؛۱۳۷۵

۳-معاونت آبخیزداری وامور زیربنایی ؛سازه های توریسنگی

٤-نخجوانی ؛فیروز.آبخیزداری دانشگاه تهران

٥-هادسون؛نورمن.حفاظت خاک ؛ترجمه حسین قدیری انتشارات چمران ؛۱۳٦۸