



وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل  
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی



وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

## دستورالعمل فنی کنترل فرسایش آبکندی در زیرحوضه کندیرق (شهر هشتجین خلخال- استان اردبیل)



نگارش  
دکتر رضا طلائی

نشریه فنی، شماره ۸۷، سال ۱۳۹۴

بسم الله الرحمن الرحيم

نشریه فنی

**دستورالعمل فنی کنترل فرسایش آبکندی  
در زیرحوضه کندیرق  
(شهر هشتجین خلخال – استان اردبیل)**

نگارش

دکتر رضا طلایی

بخش تحقیقات حفاظت خاک و آب‌خیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان  
اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

سال انتشار

۱۳۹۴

نشریه فنی، شماره ۸۷، سال ۱۳۹۴

این نشریه در تاریخ ۱۹/۱۰/۹۴ با شماره ۴۸۴۴۹ در مرکز اطلاعات و مدارک  
علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.



وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل  
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی



وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

**عنوان نشریه:** دستورالعمل فنی کنترل فرسایش آبکندی در زیرحوضه کنديرق (شهر هشتمین خلخال - استان اردبیل)

**تدوین:** دکتر رضا طلایی

**ویرایش علمی:** مهندس بایرامعلی بیرامی،

**ویرایش فنی:** مهندس داور مداح پناه

**ناشر:** سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل - مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی

**شمارگان:** ۵۰۰ جلد

**نوبت و سال انتشار:** اول / ۱۳۹۴

**شماره نشریه فنی:** ۸۷

**قیمت:** رایگان (مخصوص محققان، کارشناسان، مروجان و بهره‌برداران)

---

نشانی: اردبیل - مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل،

تلفن: ۳۳۷۵۱۵۷۹ (۰۴۵)

اردبیل - شهرک اداری بعثت، سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل،

مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی، تلفن: ۳۳۷۴۳۵۰۰ (۰۴۵)

## مخاطبان نشریه:

مدیران اجرایی، محققان، کارشناسان و مروجان آبخیزداری

## اهداف آموزشی:

### شما خوانندگان گرامی در این نشریه فنی با:

- آشنایی با اشکال و ویژگی‌های فرسایش آبکندی در حوضه کندبِرق
- معرفی روش‌های ساده، عملی، نوین و کم‌هزینه جهت کنترل و تثبیت آبکندهای فعال در منطقه
- ارائه نکات فنی برای احیاء و مدیریت اراضی مستعد برای تشکیل و توسعه آبکندها در آینده

**آشنا خواهید شد.**

## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | مقدمه   |
| ۲    | آبکندهای کندیرق   |
| ۴    | نکات فنی برای کنترل آبکندها                                       |
| ۴    | ۱- هیچ عملیاتی انجام ندهید، اجازه دهید فرآیندهای طبیعی ادامه یابد |
| ۵    | ۲- پر کردن و شکل دادن آبکندها                                     |
| ۶    | ۳- پایدار سازی آبکند با پر کردن بخشی آن                           |
| ۱۳   | ۴- پایدار سازی آبکند بدون عملیات پر کردن بخشی                     |
| ۱۷   | ۵- پایدار سازی پیشانی (سر) آبکند                                  |
| ۱۹   | ۶- پایدارسازی حاشیه و دیواره‌های آبکند                            |
| ۲۱   | ۷- پایدارسازی آبکندهایی که در خاک‌های واگرا تشکیل شده‌اند         |
| ۲۵   | منابع مورد استفاده  |

خاک با تهیهی بستر رشد گیاهان و عرضه‌ی عناصر غذایی که برای تمام اندام‌های گیاهی لازم است رشد گیاهان عالی را تضمین می‌کند (۱). تخریب خاک علاوه بر پیامدهای اقتصادی مستقیم به دلیل کاهش باروری، اثرات سوء زیادی بر محیط زیست دارد (۶). فرسایش در ابتدا باعث جابجائی خاک حاصل‌خیز شده و به این وسیله عناصر غذایی خاک از بین می‌رود (۸). براساس برآوردهای انجام شده، فرسایش خاک در سطح کشور ایران در سال ۱۳۵۵ معادل یک میلیارد تن بوده که ده سال بعد به ۱/۵ میلیارد تن افزایش یافته است. در سال ۱۳۷۵ میزان فرسایش در کشور ۲/۵ میلیارد تن برآورد شده است. براساس برآورد دیگری فرسایش خاک از ده تن در هکتار در دهه شصت به بیست تن در هکتار در ده ۷۰ رسیده است. تبعات فرسایش خاک در کشور ما به طور کلی به شکل انباشت رسوبات در پشت سدها، از بین رفتن پوشش گیاهی، افزایش وقوع سیلاب و آلودگی خاک می‌باشد. براین اساس، اگر هرچه زودتر برای مدیریت فرسایش و رسوب در کشور اقدامی نشود طولی نخواهد کشید که علاوه بر تخریب مساحت زیادی از اراضی حاصلخیز زراعی و مرتعی، مخازن سدها نیز از رسوب انباشته خواهند شد.

فرسایش آبی به صورت پاشمانی، صفحه‌ای، شیاری و آبکندی صورت می‌گیرد. آبکند، که بیشتر به خندق<sup>۱</sup> نیز معرف می‌باشد، آب‌روی است که به وسیله فرسایش ناشی از جریان متناوب سطحی (عموماً در مواقع وقوع باران‌دگی شدید و یا پس از آن) ایجاد می‌شود و دارای کناره‌ها و پیشانی پرشیب و فعال می‌باشد (۱۰). فرسایش آبکندی نوعی فرسایش آبراهه‌ای است که به دلیل عمق زیاد (حداقل ۳۰ سانتی‌متر) نمی‌توان با شخم زدن آن‌ها را از بین برد (۵). تشکیل آبکندها یکی از مهمترین فرآیندهای فرسایش آبی می‌باشد که سبب ایجاد تغییرات قابل توجهی در سطح حوضه کندیرق در جنوب استان اردبیل می‌شود. فرسایش شیاری در سطح وسیعی گسترش می‌یابد ولی تغییرات مورفولوژیکی نسبتاً آهسته‌ای را ایجاد می‌نماید؛ فرسایش آبکندی بخش‌های نسبتاً

---

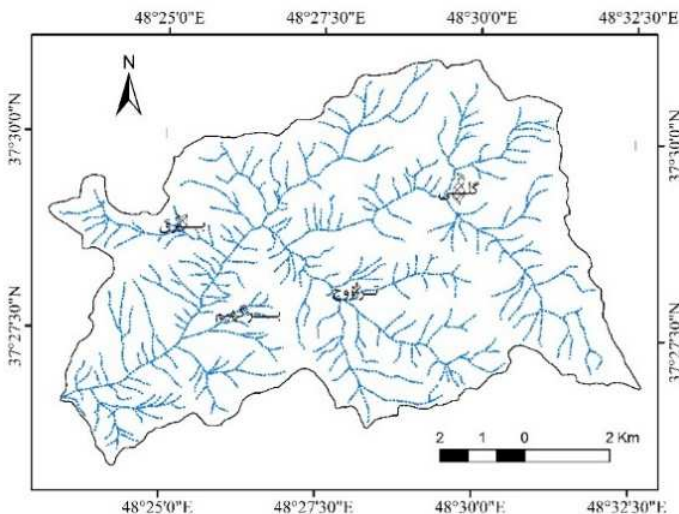
<sup>1</sup> Gully

محدودی از اراضی را تحت تاثیر قرار می‌دهد اما حجم عظیمی از خاک را جابجا می‌کند (۹).

تنوع شکل و ویژگی‌های آبکندهای تشکیل شده در سطح کشور و همچنین در سطح استان اردبیل در تبعیت از شرایط زمین‌شناسی، اقلیمی، نوع پوشش گیاهی و مورفولوژیکی ایجاب می‌نماید که جهت کنترل و تثبیت آن‌ها روش‌های متفاوت به مرحله اجرا در آید.

### آبکندهای کندیرق

زیرحوضه کندیرق در حوضه قزل‌اوزن و در جنوب استان اردبیل واقع گردیده است. این حوضه با مساحتی حدود ۷۹۱۲ هکتار در جنوب غرب استان اردبیل و شمال شهرهشتجین واقع شده است (شکل ۱). آبکندهای تشکیل شده در حوضه بر روی سازند زمین‌شناسی تحت عنوان "قرمز فوقانی" گسترش یافته‌اند و سنگ‌شناسی آن عموماً مارن و گل سنگ می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت حوضه کندیرق در استان اردبیل

ویژگی‌های کلی آبکندهای منطقه در شکل (۲) قابل مشاهده است. معمولاً پلان عمومی شبکه آبکندها پنجه‌ای بوده (شکل ۲ج) و پلان پیشانی آن‌ها مدور می‌باشد که بر روی شیب ۵ تا ۳۰ درصد واقع شده‌اند. نیمرخ طولی پیشانی در بیشتر موارد عمودی و در برخی از قسمت‌های مسیر آن‌ها به غارمانند با پوشش گیاهی تبدیل می‌شود، پلان پیشانی آبکندها عمودی و شکل مقطع آن‌ها ۷ شکل می‌باشد. به طور کلی حداقل، حداکثر و میانگین اندازه‌های مورفومتری آبکندهای حوضه در جدول (۱) خلاصه شده است.



شکل ۲-ب) نمایی از پیشانی آبکند در پائین دست اراضی زراعی



شکل ۲-الف) نمایی کلی از آبکندهای منطقه کندیرق



شکل ۲-د) نمایی کلی از یکی از آبکند کنار جاده در حوضه



شکل ۲-ج) نمایی از شکل پنجه‌ای شبکه آبکندهای منطقه

به دلیل شرایط محیطی مناسب در حوضه کندیرق تشکیل و توسعه فرسایش آبکندهی در گذشته فرآیندی پیوسته بوده و با تغییر کاربری‌ها و بهره‌برداری‌های غیر اصولی در آینده نیز با شدت بیشتری ادامه خواهد یافت. لذا تثبیت و کنترل این نوع فرسایش در منطقه با استفاده از روش‌های کم هزینه و عملی ضروری است.



جدول ۱- خلاصه اندازه‌های مورفومتری آبکندهای حوضه

| آماره  | طول (متر) | عرض (متر) |     |     |     | عمق (متر) |     |     |     |
|--------|-----------|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|
|        |           | سر        | %۲۵ | %۵۰ | %۷۵ | سر        | %۲۵ | %۵۰ | %۷۵ |
| حداقل  | ۳۰        | ۱         | ۵   | ۴   | ۵   | ۰/۲       | ۲   | ۳   | ۳   |
| متوسط  | ۹۰        | ۱/۵       | ۷   | ۶   | ۱۰  | ۰/۸       | ۳   | ۳   | ۵   |
| حداکثر | ۲۰۰       | ۴         | ۱۰  | ۱۶  | ۱۸  | ۱.۵       | ۴   | ۷   | ۸   |

### نکات فنی برای کنترل آبکندها

اگرچه ممکن است مهمترین بخش ناپایدار در یک آبکند دیواره آن به نظر برسد اما بحرانی‌ترین قسمت یک آبکند که باید پایدارسازی در آن صورت گیرد بستر آن است. اگر پایدارسازی در بستر یک آبکند صورت گیرد احتمال پایداری دیواره و (سرپیشانی) آبکند نیز وجود دارد. اگرچه در برخی موارد فرآیندهای طبیعی موجب کنترل فرسایش آبکندی می‌شوند اما اجرای عملیات پایدارسازی می‌تواند در کنترل فرسایش بستر و دیواره آبکندها نقش بسیار موثرتری داشته باشد. اگر نوع عملیات اجرایی بدون آگاهی از ویژگی‌ها و علت تشکیل و توسعه یک آبکند انتخاب شود نه تنها نتیجه مثبت نخواهد داشت بلکه تاثیرات منفی آن بسیار زیاد خواهد بود.

معمولاً در کنترل فرسایش آبکندی باید هم پیشانی و هم بستر و دیواره‌های آن را تثبیت کرد. براین اساس مهمترین راهکارهای عملی جهت کنترل و تثبیت آبکندهای فعال در حوضه کندیرق خصوصاً در اراضی بدلدنمانند آن عبارتند از:

#### ۱- هیچ عملیاتی انجام ندهید، اجازه دهید فرآیندهای طبیعی ادامه یابد

اگر برخی از آبکندهای منطقه به حال خود رها شوند، بیشتر آنها سرانجام به شرایط پایدار می‌رسند. این در صورتی است که اراضی و مسیرهای جریان آب مجاور آبکند دچار تخریب جدی نشده باشند. در برخی از شرایط منطقه اجرای سیاست **“اجازه دهید طبیعت راه خود را ادامه دهد”** می‌تواند سبب تشکیل و گسترش آبکندهایی شود که سال‌ها بر اراضی با ارزش منطقه تاثیر منفی داشته باشد. حتی در برخی موارد رهاسازی منطقه فرسایشی ممکن است بر سطح آب‌های زیرزمینی و پوشش گیاهی تا

فاصله زیادی از کناره‌های آبکند نیز تاثیر منفی داشته باشد. در این موارد هزینه‌های گزاف این سیاست به گردن نسل‌های آینده خواهد افتاد.

### مزایای روش "هیچ عملیاتی انجام ندهید":

- نتیجه نهایی می‌تواند خیلی پایدارتر و طبیعی‌تر از آبکندی که در آن عملیات پایدارسازی اجرا شده است باشد.

- محیط اطراف و حیات وحش فرصت سازش با تغییر شرایط را خواهند داشت.

### مضرات روش "هیچ عملیاتی انجام ندهید":

- در بسیاری از حالت‌ها حمل مقدار زیادی از رسوب به پائین آبراهه و رودخانه باعث ایجاد مشکلات زیادی در کاربری اراضی، مسیر جریان آب و محیط زیست می‌شود.

- در سطح آب‌های زیرزمینی و پوشش گیاهی تغییرات دائمی بوجود می‌آورد.

- با هدر رفت مقدار زیادی از عناصر غذایی، فلزات و نمک‌ها به کاهش حاصلخیزی خاک منجر می‌شود.

در حوضه کندیرق تنها زمانی می‌توان آبکندی را به حال خود و فرآیندهای طبیعی واگذار کرد که تقریباً به مرحله ثبات رسیده و احتمال وارد شدن خسارت به منابع طبیعی و انسانی به حداقل کاهش یافته است. در بیشتر این مواقع عرض آبکندها به اندازه عرض یک آبراهه و حتی رودخانه محلی شده و هزاران و یا حتی میلیون‌ها تن خاک حمل و جابجا گردیده است. طبیعتاً در چنین شرایطی انجام عملیات‌های حفاظتی بی‌فایده بوده و هیچ کاری نباید انجام داد.

در برخی مناطق حوضه خصوصاً در عرصه‌های جنگلی (جنگل تُنک) بطور مقطعی با تشکیل آبکندهای کوچک، فرسایش تشدید شده است اما بعد از مدتی به علت احیاء طبیعی پوشش گیاهی توسعه آبکند متوقف گردیده است. در این آبکندها می‌توان با اطمینان خاطر از سیاست "هیچ عملیاتی انجام ندهید، اجازه دهید طبیعت راه خود را ادامه دهد" پیروی کرد.

### ۲- پر کردن و شکل دادن آبکندها

از نظر فنی امکان حمل خاک و پرکردن آبکند و برگردان شرایط به حالت اولیه وجود دارد. در این مورد دو مشکل اساسی وجود دارد، هزینه حمل و پرکردن آبکندها

حتی با اندازه‌های کوچک نیز زیاد است و تأمین خاک لازم نیز به راحتی امکان پذیر نمی‌باشد. براین اساس آبکندهایی که در منطقه عمق و عرض کمتری دارند و در گروه آبکندهای کوچک قرار می‌گیرند می‌توانند به این روش کنترل شوند. در گذشته برخی از آبکندها بطور کامل و یا قسمتی از آن‌ها با زباله‌ها پر می‌شده است که در این حالت به علت شستشوی زباله‌ها به وسیله آب برف و باران یک منبع آلودگی متمرکز بوجود می‌آید. لذا این عملیات، خصوصاً در مناطقی که دارای جریان آب زیرزمینی هستند، نباید و به هیچ عنوان بکار برده شود. خاک یا هر ماده دیگری که برای پر کردن آبکند مورد استفاده قرار می‌گیرد نباید دارای خاصیت واگرایی باشند.

در آبکندهایی که در حوضه با روش پرکردن کنترل می‌شوند باید برروی آن‌ها یک کانال پایدار و یا ثابت برای زهکشی رواناب ساخته شود. در این مدت باید از آتش زدن علف‌ها و چرای دام جلوگیری کرد. بعد از پر کردن آبکند، احیای پوشش گیاهی هرچقدر سریع‌تر اتفاق بیافتد فرسایش آبکندی نیز زودتر کنترل می‌گردد. اگر تلاش شود تا در محل آبکند مسیر رواناب سطحی به حالت اولیه خود برگردد.

بنابراین در محل کنترل آبکندها به روش پرکردن بهترین روش احداث کانال روباز برای هدایت رواناب سطحی است. اگر در مدت زمان تثبیت آبکندها به روش پرکردن و شکل‌دادن، بارندگی‌های شدید اتفاق بیافتد احتمالاً به اقدامات کمکی از جمله: ساختن بندهای اصلاحی، تراس‌های سنگی و حصار چوبی نیز نیاز خواهد بود.

### ۳- پایدار سازی آبکند با پر کردن بخشی آن

این نوع پایدارسازی در حالتی امکان‌پذیر است که:

- آبکند در محلی تشکیل شده است که امکان همکاری اهالی و صاحبان زمین‌های مجاور وجود دارد.

- آبکند سازه‌های مهم و یا جریان‌های حیاتی و یا ارتباطی یک منطقه را تهدید نماید.

- عمق حداکثر آبکند از ۲ متر تجاوز ننماید.

- سر (پیشانی) آبکند فعال باشد و در آینده احتمال حمل رسوب با حجم زیاد وجود داشته باشد و این که به هر حال اعتبار کافی جهت اجرای عملیات کنترلی تأمین شده باشد.

بهترین روش در این نوع آبکندها احداث شیب شکن یا سرریزهای متخلخل<sup>۱</sup> (بند یا سد هم گفته می‌شود) است که در طول بستر آبکند و عمود بر دیواره آن ساخته می‌شود. سرریزهای متخلل می‌توانند با استفاده از مصالح مختلف موجود در محل از جمله سنگ-های آذرین و رسوبی مربوط به سازندهای کرتاسه و ائوسن (آهک‌ها و آتشفشانی‌های که در منطقه خلخال و هشتچین به وفور وجود دارند)، تورهای فلزی<sup>۲</sup>، بندهای الواری<sup>۳</sup>، بندهای توری‌سنگی (گابیونی<sup>۴</sup>) و موانعی از گیاهان علفی سفت و سخت<sup>۵</sup> بومی منطقه اجرا شوند. در مناطقی مانند مسیر رودخانه کندیرق و محل پل‌هایی همچون پل کندیرق (در روی جاده خلخال - هشتچین) که کنترل آبکندها اهمیت زیادی دارد می‌توان با پر کردن بخشی از آن، فرسایش را به کنترل در آورد. در اینگونه مناطق در صورت تامین بودن هزینه‌ها از بندهای بتونی مسلح و یا ستون‌های فلزی<sup>۶</sup> نیز می‌توان استفاده کرد (شکل ۳). سرریزهای متخلخل با پروفیل‌های عرضی V شکل و یا منحنی‌وار بسیار مناسب هستند (شکل ۴).



شکل ۳- نمونه‌ای از ستون‌های فلزی که بصورت عمودی نصب گردیده است

<sup>1</sup> Porous weirs or leaky weirs

<sup>2</sup> Fencing materials

<sup>3</sup> Logs

<sup>4</sup> Gabions

<sup>5</sup> Stiff-grass barriers

<sup>6</sup> Steel sheet piling



شکل ۴- سرریز سنگی با نیمرخ منحنی وار

تندآب‌های پیشانی آبکندها (با هر مصالحی که ساخته شوند) با ارتفاع آبشار بیش از ۵۰ سانتی‌متر از این موضوع مستثنی هستند. معمولاً در تندآب‌ها بالاترین قسمت بصورت مسطح و عمود بر جریان آب ساخته می‌شود، مگر اینکه جهت کاهش انرژی آب از حوضچه پای سازه استفاده شود که در این صورت تاج و شکل تند آب می‌تواند بصورت منحنی ساخته شود (شکل ۵).



شکل ۵- الف و ب) تندآب‌های با تاج مسطح و عمود بر جریان



شکل ۵- ج و د) تندآب‌های با تاج و سطح منحنی وار

## تعداد سرریزها

تعداد سرریزها (بندها) در یک آبکند از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$N = L \frac{S - S_f}{H_c} \quad (1)$$

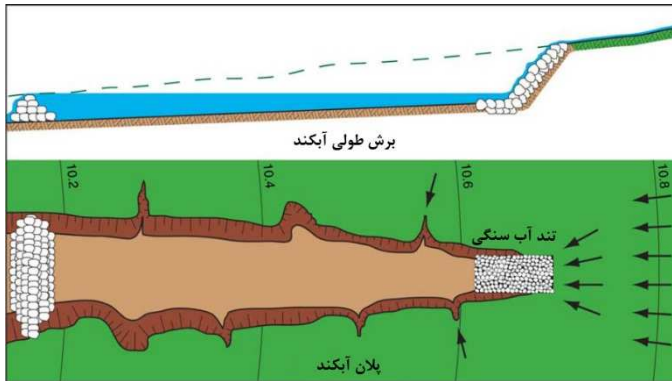
$N$ : تعداد سرریزها (بندها)

$L$ : طول آبکند (متر)

$S$ : شیب آبراهه (مثال ۷/۸ درصد در فرمول بصورت ۰/۰۷۸ جاگذاری خواهد شد)

$S_f$ : شیب حد، شیب رسوباتی که انتظار می‌رود در بالادست سرریز تجمع یابد، می‌توان شیب حد را ۱/۳ شیب طبیعی آبراهه در نظر گرفت. اگر قبلاً سازه‌ای در محل ساخته شده است از شیب رسوبات تجمع یافته در پشت آن نیز می‌توان استفاده کرد.

$H_c$ : ارتفاع موثر بند (متر)، که معمولاً برابر یک چهارم عرض بستر آبراهه آبکند در نظر گرفته می‌شود. همچنین ارتفاع سرریز اصلی (اولین بندی که در انتهای آبکند ساخته خواهد شد) را می‌توان برابر ارتفاع پایه سازه‌های که در پیشانی آبکند ساخته می‌شود در نظر گرفت (شکل ۶) و بر حسب ارتفاع آن فاصله و تعداد سرریزها (بندها) را محاسبه نمود.



شکل ۶- طرح شماتیک برای احداث سرریز در بستر آبکندهای منطقه و در پیشانی آن

معمولاً ارتفاع سرریزهایی که برای کنترل آبکندها ساخته می‌شود از ۳ یا ۴ متر تجاوز نمی‌کند. تعداد زیاد بندهای اصلاحی با ارتفاع کم از یک بند اصلاحی با ارتفاع زیاد بهتر است (۷). در حالتی که پشت بندهای کوتاه پر از رسوب می‌شود و دیواره‌های کناری تخریب می‌شوند کنترل فرسایش و جریان آب آسان‌تر خواهد بود.

#### فاصله بین سرریزها

فاصله بین بندها به شیب آبراهه بستر آب‌کند، شیب حد و ارتفاع موثر سرریز بستگی دارد (رابطه ۲):

$$D = \frac{H_c}{s - s_f} \quad (2)$$

$S$ : شیب آبراهه

$S_f$ : شیب حد، شیب رسوباتی که انتظار می‌رود در بالا دست بند تجمع یابد، می‌تواند شیب حد را  $1/3$  شیب طبیعی آبراهه در نظر گرفت. اگر قبلاً سازه‌ای در محل ساخته شده است از شیب رسوبات تجمع یافته در پشت آن نیز می‌توان استفاده کرد.

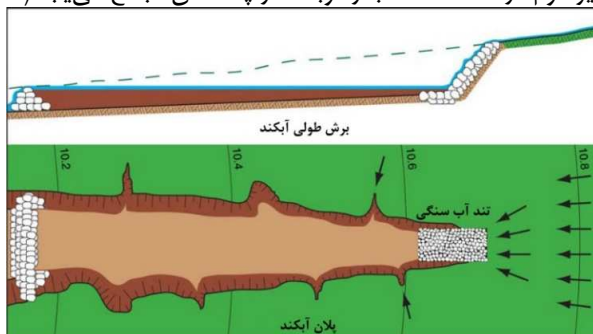
$H_c$ : ارتفاع موثر بند (متر)، (ارتفاع بند از کف بستر آب‌کند تا تاج آن به متر)

$D$ : فاصله سرریزها به متر

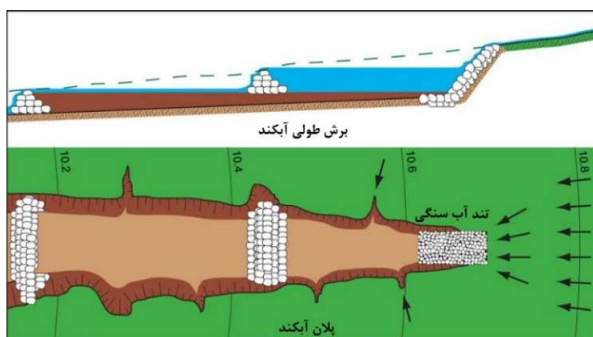
اولین سرریز یا بند اصلی بهتر است در انتهای آب‌کند خصوصاً در محلی که دیواره‌ها سنگی و یا به نحوی مستحکم‌تر از قسمت‌های دیگر دیواره هستند احداث گردد. حتی اگر دیواره محکم هم باشد باز هم بهتر است عمق پی بند اول تا حد ممکن در عمق بیشتر قرار داده شود. با تجمع رسوب در پشت بند ضمن بالا آمدن بستر آب‌کند باعث پایداری دیواره آب‌کند نیز می‌شود (شکل ۷).

پیش از پایداری بستر آب‌کندهای حوضه، خصوصاً آب‌کندهای با عمق متوسط و زیاد، نمی‌تواند در پایداری دیواره آن‌ها نقش زیادی داشته باشد. اما با احداث سرریزی‌های دیگر در طول بستر آب‌کندها می‌توان علاوه بر کنترل فرسایش و حمل رسوب در بستر به پایدار شدن دیواره‌ها نیز کمک کرد. چنانکه اشاره شد برحسب عمق، طول و حتی میزان رسوب حمل شده در بستر آب‌کندها می‌شود تعدادی بند را اضافه نمود. در شکل (۸) موقعیت سرریز (بند) دوم احداث شده نشان داده شده است. در احداث بندهای بعد از بند اصلی حتماً باید دقت شود پی آن بر روی رسوبات نرم و تخریب نیافته محکم

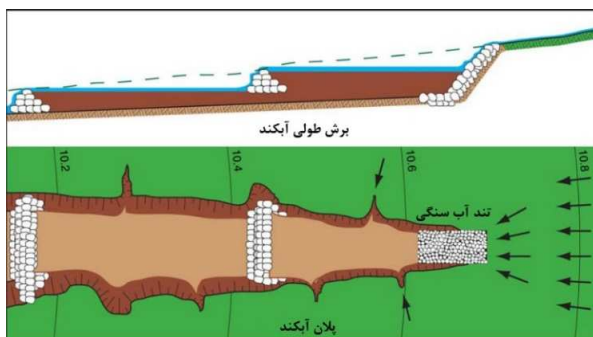
باشد. احداث این بندها تا زمانی که خاک پر شده به ارتفاع مناسب نرسیده باید ادامه یابد. با احداث سرریز دوم در فاصله مناسب رسوبات در پشت آن تجمع می‌یابد (شکل ۹).



شکل ۷- تجمع رسوب در پشت سرریز (سد) متخلخل



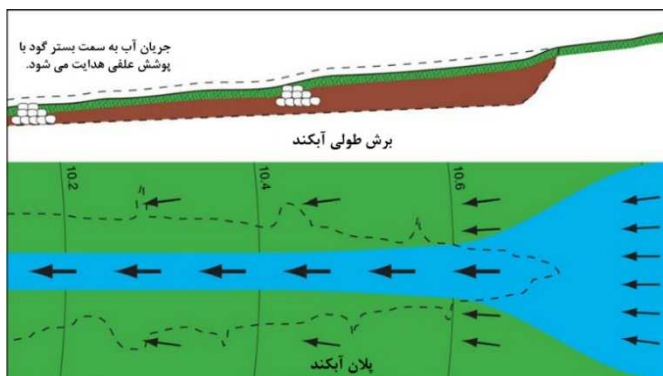
شکل ۸- محل و موقعیت احداث سرریز دوم بطور شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۹- تجمع رسوبات در پشت سرریز جدید



توصیه می‌شود جهت حفظ رسوبات تجمع یافته و پایدارسازی طولانی مدت عرصه آبکند ترمیم شده، نسبت به احیاء پوشش گیاهی علفی، بوته‌ای و درختچه‌ای سازگار با منطقه اقدام شود. با اجرای اصولی این روش در پروفیل طولی آبکند مسیر زهکشی پوشیده از گیاه به وجود خواهد آمد که توانایی هدایت تمام جریانات آب سطحی را خواهد داشت (شکل ۱۰).

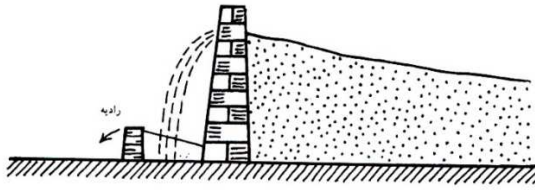


شکل ۱۰- طرح شماتیک یک آبکند کنترل شده نشان داده می‌شود.

برگرداندن محل فرسایش آبکند به شرایطی که جریان رواناب سطحی به حالت قبل از تشکیل آبکند برگردد به هیچ وجه توصیه نمی‌شود. حتی اگر محل فرسایش آبکند تا سطح طبیعی زمین نیز پر شده باشد بعلت ته نشینی مداوم رسوبات یک مسیر زهکشی گود و مرطوب وجود خواهد داشت.

فرآیند نشان داده شده در اشکال ۶ تا ۱۰ ممکن است چند دهه طول بکشد. فرآیندهای فرسایشی در دیواره برخی از آبکندها در حوضه کندیرق به قدری فعال هستند که ممکن است با انجام عملیات پایدارسازی بخشی به حالت اول برنگردد. در این حالت بهتر است خاک از محل‌های دیگر حمل شده و کانال آبکند پر شود.

**نکته:** آبی که از بالای سرریز ریخته می‌شود باعث تخریب در پشت دیوار می‌گردد. برای جلوگیری از این اثر تخریب کننده، پشت سد بوسیله سنگ مفروش شده و یک دیوار کوچک بنام رادیه با فاصله کم از بند ساخته می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- بندهای کوچکتر در پایاب سرریزها جهت جلوگیری از تخریب پشت سد در آبکندها

#### ۴- پایدار سازی آبکند بدون عملیات پر کردن بخشی

پر کردن بخشی آبکندها در تمام آبکندهای منطقه عملی نخواهد بود. چرا که اجرای عملیات پر کردن بخشی آبکند زمانی امکان پذیر است که:  
 - آبکند کوچک باشد یعنی عمق آن از ۲ متر کمتر باشد.  
 - هزینه‌های لازم هم تامین شده باشد

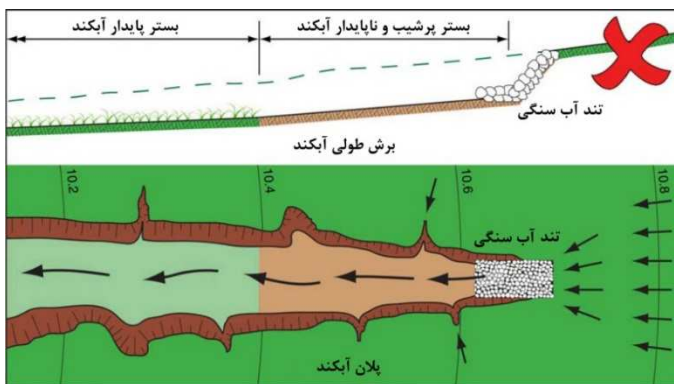
- جریان رسوب قابل توجهی جهت پر کردن کانال آبکند در آینده وجود داشته باشد.  
 با بررسی‌های میدانی می‌توان تعیین کرد که تغییرات زمانی فرسایش و حجم رسوب حمل شده اجازه استفاده از روش‌های پر کردن بخشی را می‌دهد یا خیر. در آبکندهایی از حوضه کندیرق که عمق بیش از ۲ متری دارند پایدارسازی باید در سه بخش یعنی بستر، دیواره‌ها و پیشانی (سر) آبکند صورت گیرد (شکل ۱۲).



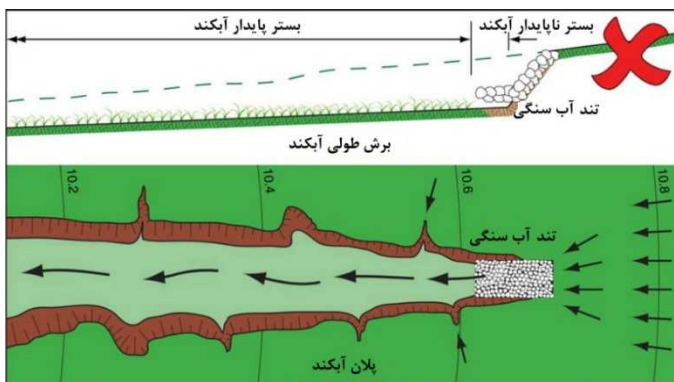
شکل ۱۲- بخش‌های بحرانی یک آبکند که باید پایدار شوند.

تثبیت آبکندهای بزرگ در منطقه باید با پایدارسازی بستر آن‌ها شروع شود. معمولاً تثبیت پیشانی آبکند زمانی عملی خواهد شد که بستر آبکند پایدار شده باشد. در نهایت نیز دیواره این گروه از آبکندهای منطقه باید تثبیت شوند. در برخی از آبکندها، خصوصاً آن‌های که در کنار جاده‌ها، کنار سازه‌های مسکونی و یا پل‌ها و همچنین پای زمین زراعی تشکیل می‌شوند، پیشرفت پیشانی آبکند با سرعت زیاد انجام می‌گیرد، که در این موارد بهتر است قبل از هرگونه اقدام در بستر آبکند، عملیات تثبیت موقت در پیشانی آن به اجرا در آید.

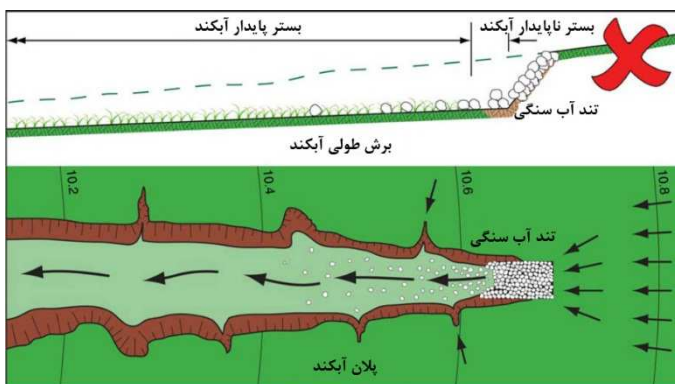
اگر قبل از تثبیت بستر آبکندهای منطقه اقدام به تثبیت پیشانی آن‌ها شود بستر آبکند تا زیر لایه‌های سنگی و یا هر سازه‌ای که برای حفاظت از پیشانی احداث شده باشد فرسایش خواهد یافت. افت بستر آبکند سبب تخریب سازه محافظ پیشانی خواهد شد. نادرستی این نوع عملیات تثبیت در شکل‌های ۱۳، ۱۴ و ۱۵ نشان داده شده است. اگر یک سرریز سنگی در پیشانی آبکند (تندآب) مانند شکل ۱۵ تخریب شود اولاً هزینه تعمیر آن بسیار زیاد خواهد بود و دوماً چون در مدت کوتاهی بازسازی نخواهد شد پیشروی آبکند با سرعت بیشتری ادامه خواهد یافت.



شکل ۱۳- پایدارسازی پیشانی آبکند قبل از اینکه بستر آبکند تثبیت شده باشد غیراصولی است.



شکل ۱۴- پایین رفتن مداوم بستر آبکند به دلیل فرسایش آن باعث می‌شود تا زیر سازه‌ای که جهت پایدارسازی پیشانی آبکند ساخته شده خالی گردد.



شکل ۱۵- اگر سازه احداث شده در پیشانی آبکند با سطح بستر فرسایش یافته درست تنظیم نشده باشد تخریب سازه حتمی خواهد بود.

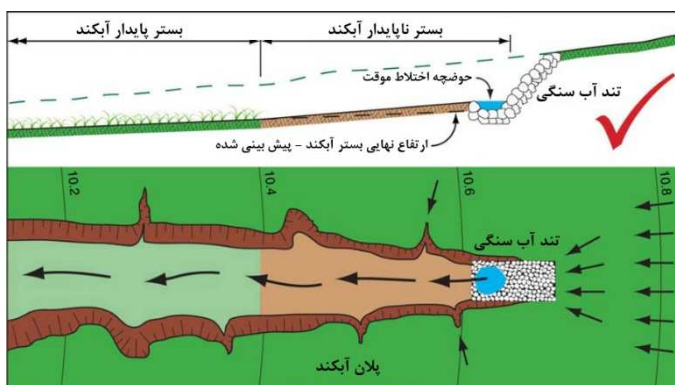
اگر مجریان طرح‌های احیاء و بازسازی مجبور به اجرای سازه‌های کنترل کننده پیشانی آبکند قبل از تثبیت بستر آن شدند حتماً باید در زمان اجرا، ابتدا نیمرخ طولی نهایی بستر آبکند (شیب و ارتفاع بستر) را به صورت تخمینی برآورد نمایند. جهت تخمین نیمرخ نهایی بستر آبکندها پیشنهاد می‌شود که به دو روش اقدام گردد:

- از بستر برخی از آبکندهای پایدار شده در منطقه می‌توان استفاده کرد. در این مورد بهتر است نوع خاک و سطح حوضه آبخیز بالادست آبکندها مشابه باشند. همچنین

در عمل پیدا کردن بستر آبکند تثبیت شده در منطقه مشکل خواهد بود، شاید یک بستر با پوشش گیاهی خوب از بهترین نشانه‌های تشخیص بستر تثبیت شده باشد، اما تجربه کارشناس بخش اجراء از همه اینها مهمتر خواهد بود.

- بستر پایدار شده در انتهای آبکند

چنانکه در بالا اشاره شد اگر در آبکندی از منطقه، اجباری در تثبیت پیشانی آبکند قبل از بستر وجود داشته باشد باید قبل از هر گونه اقدامی، سطح بستر احتمالی آبکند در آینده تخمین زده شود. سپس پای تندآبی که ساخته می‌شود در زیر سطح آبکند فعلی قرار داده شود (شکل ۱۶). با ساخت یک حوضچه اختلاط (آرامش) موقتی در پای تند آب می‌توان انرژی آب ریزشی را کاهش داد.



شکل ۱۶- احداث سازه هرگونه سازه کوچک مقیاسی همچون بندهای کنترلی یا

غیر از روش‌های ذکر شده هرگونه سازه کوچک مقیاسی همچون بندهای کنترلی یا اصلاحی<sup>۱</sup> و یا سازه‌های کنترل شیب<sup>۲</sup> که ساخته شود می‌تواند در تثبیت بستر آبکندها مفید باشد.

<sup>۱</sup> Check dam

<sup>۲</sup> Grade control structures (Drop structures)

## ۵- پایدار سازی پیشانی (سر) آبکند

بعد از تثبیت بستر آبکند و یا تخمین بستری که در آینده بوسیله فرسایش به آن خواهد رسید باید در جهت پایدارسازی پیشانی اقدام کرد. براساس ویژگی‌های حوضه کنديرق جهت تثبیت پیشانی آبکند می‌توان از سه نوع سازه استفاده کرد:

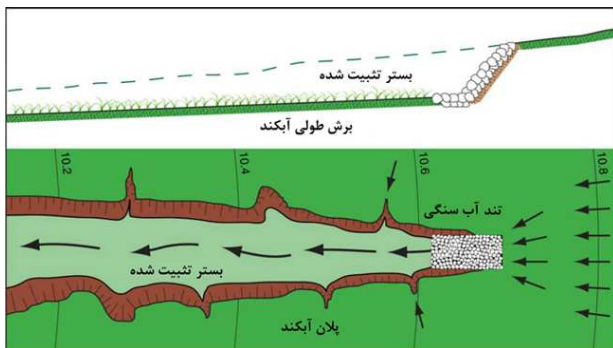
- سازه‌های ساخته شده از مصالح سخت به روال سنتی شامل: تندآب‌های پله‌ای بتنی، تندآب بتنی، استخرهایی کاهنده انرژی آب در خروجی آبگذرها، سریزهای ساخته شده از قلوه سنگ و دوغاب و همچنین قلوه سنگ‌های چیده شده در پیشانی.

- سازه‌های نیمه سخت شامل: سازه‌های کنترل شیب توری سنگی (گابیونی) بصورت پله‌ای، سازه‌های کنترل شیب توری سنگی قائم با کانال زهکشی اصلاح شده (شکل داده شده)، سازه‌های کنترل شیب بوسیله اضافه کردن سیمان به خاک (به منظور سخت کردن خاک).

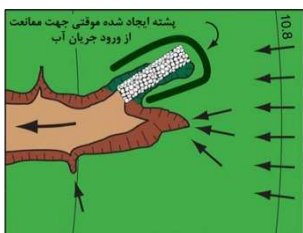
- سازه‌های نرم شامل: سازه‌های کنترل شیب سنگی و مسلح کردن خاک بوسیله پوشش گیاهان علفی، بوته‌ای و درختچه‌ای بومی منطقه.

هر کدام از روش‌های فوق می‌تواند براساس شرایط منطقه، مصالح موجود، اندازه آبکند و میزان اعتبارات در نظر گرفته شده انتخاب شود. اگر آبکندی که در حوضه کنديرق بوجود آمده دارای یک پیشانی است و بستر آن قبلاً بطور طبیعی پایدار شده و یا طبق روش‌های بند ۳ این دستور العمل تثبیت گردیده است می‌تواند با ساخت یک تندآب پایدارتر شود (شکل ۱۷).

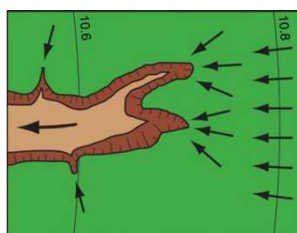
در برخی از آبکندهای منطقه بیش از یک پیشانی وجود دارد (شکل ۱۸ الف). جهت احیاء این نوع آبکندها باید مسیر جریان آب در یکی از پیشانی‌ها بطور موقت بسته شود و تندآب مربوط به آن اجرا گردد (شکل ۱۸ ب). بعد از استحکام کامل تندآب اول، مسیر پیشانی بعدی بسته می‌شود و سازه مربوط به آن نیز اجرا می‌گردد (شکل ۱۸ ج). در نهایت هر دو مسیر برای عبور جریان رواناب باز می‌شود (شکل ۱۸ د).



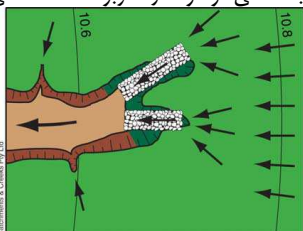
شکل ۱۷- پایدار سازی پیشانی آبکند متعاقب پایدار سازی بستر



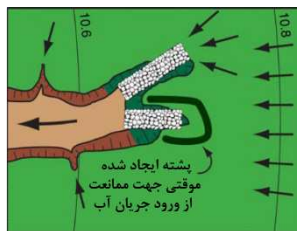
شکل ۱۸- ب) مسیر رواناب اولیه پیشانی بطور موقت بسته می‌شود و سازه مربوطه احداث می‌گردد.



شکل ۱۸- الف) آبکند با دو پیشانی



شکل ۱۸- د) بعد از استحکام سازه پیشانی دوم مسیر رواناب برای هر دو باز می‌شود.



شکل ۱۸- ج) پیشانی دوم نیز مانند پیشانی اول بوسیله سازه مربوطه تثبیت می‌شود.

**نکته:** اگر تندآبی که احداث می‌شود با جهش هیدرولیکی آب از میزان انرژی آن بکاهد باید تاج سرریز مسطح ساخته شود. اما اگر تندآب ساخته شده با هدایت آب به یک حوضچه میزان انرژی آب را کم می‌کند حتماً باید تاج سرریز به شکل منحنی و یا V شکل ساخته شود. قسمت محدب باید به سمت بالادست باشد (شکل ۵).

**نکته:** اگر آب عبوری از یک سازه پایدارکننده شیب به یک کانال تخلیه می‌شود، بازه کانال حداقل باید به طول ۶ برابر عمق کانال به شکل مستقیم باشد و در شرایط ایده‌آل این طول ۱۰ برابر عمق کانال خواهد بود (شکل ۱۹ الف). اگر خروجی سرریز یا تندآبی به یک مسیر خمیده برخورد کند خطر فرسایش دیواره وجود خواهد داشت (شکل ۱۹ ب).



شکل ۱۹- ب) سرریز سنگی در محل خمیدگی کانال احداث شده



شکل ۱۹- الف) جریان آب عبوری از سرریز سنگی در یک مسیر مستقیم

## ۶- پایدارسازی حاشیه و دیواره‌های آبکند

بعد از پایدارسازی بستر و پیشانی آبکندها باید در جهت تثبیت دیواره‌های آنها اقدام شود. پایدارسازی و تثبیت دیواره آبکندها باید طی مراحل زیر انجام گیرد:

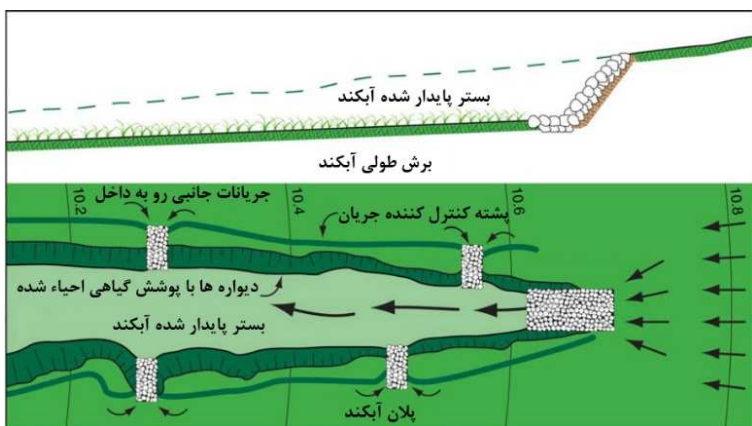
- باید جریان‌ات جانبی آب به سمت دیواره‌های آبکندها با استفاده از تندآبها کنترل شود.
- کاشت گونه‌های از گیاهان بومی که در حوضه رشد می‌نمایند. جهت کاشت گیاهان باید عملیات آماده سازی در دیواره‌ها انجام گیرد. در این حالت دیواره آبکند یا قبلاً بوسیله فرسایش هموار شده و یا با استفاده از روش‌های مکانیکی هموار می‌گردد. جهت احیاء پوشش گیاهی دیواره آبکندها یکی از ترکیب‌های گیاهی می‌تواند جنس‌های بومی زیر باشد:

*Salsola, Juncus, Ononis, Stipa*

در ابتدا تندآب‌های کنترل کننده رواناب‌های جانبی ساخته می‌شوند. جهت هدایت جریان آب حاشیه آبکندها به این تندآب‌ها باید پوشش گیاهی حاشیه آبکندها تقویت شود



(شکل ۲۰). جهت حصول نتیجه بهتر و دوام بیشتر این گروه از تندآب‌ها بهتر است از مواد نرم و انعطاف پذیر ساخته شوند. حتی جهت ساختن تندآب در محل ورود رواناب-های جانبی می‌توان آن را با قطعات سنگی و پوشش شاخه‌ای و ترکه‌ای پوشش داد سپس روی آن‌ها خاک ریخت و گیاهان مناسب منطقه را کاشت.



شکل ۲۰- پایدارسازی اراضی جانبی و مسیر رواناب‌های آن‌ها در یک نمونه از آبکند

جهت تقویت پوشش گیاهی آبکندها در حوضه کنديرق تركيب پوشش گیاهی زیر پیشنهاد می‌شود:

*Ononis, Salsola, Plantago, Thymus,*  
*Artemisia, Teucrium, Juncus, Stipa*

اگر شدت فرسایش به قدری زیاد باشد که امکان کنترل با احیاء پوشش گیاهی در کوتاه مدت امکان پذیر نباشد استفاده از سازه‌های سخت و نیمه سخت همچون دیوار نگهدارنده توری سنگی ضروری خواهد بود. در روش نیمه سخت نیز می‌توان از مواد تجزیه‌پذیر بیولوژیکی مانند تورهای کنفی و الیافی همراه با کاشت گیاهان استفاده کرد. همچنین در محدوده‌های شهری و یا روستای بعد از تسطیح دیواره می‌توان از سنگفرش‌های که در بین آن‌ها گیاهان کاشته می‌شوند استفاده نمود.

## ۷- پایداری آبکندهایی که در خاک‌های واگرا تشکیل شده‌اند

خاک‌های رسی با خاصیت واگرایی به محض تماس با آب به سرعت شسته می‌شوند. در این خاک‌ها اگر سرعت آب کم هم باشد خاک به سرعت شسته شده و فرسایش می‌یابند. خصوصیت واگرایی خاک‌ها در منطقه سبب وقوع فرسایش‌های بصورت شیارهای عمیق در دیواره‌های رودخانه‌ها و فرسایش تونلی شده است. متأسفانه در بسیاری از موارد که روی این خاک‌ها عملیات‌های کنترل انجام می‌گیرد، حتی با اجرای بهترین سازه‌ها نیز، امکان برخورد با مشکل وجود دارد، بطوریکه در برخی از موارد به دلیل شرایط جوی نامساعد در همان چند سال اول، پروژه به نتیجه نمی‌رسد. بنابراین در مناطقی از حوضه که خاک‌های واگرا وجود دارند احتمال شکست عملیات‌های احیاء و کنترل فرسایش آبکندی وجود دارد. حتی در محل وجود این پروژه ممکن است در محل تندآب‌ها، سرریزها، دیوارهای حایل و .... فرسایش تونلی بوجود آید و به این ترتیب فرسایش تشدید شود.

به نظر می‌رسد که وجود کانی‌های مونتوریلونیت در خاک‌های منطقه و قرار گیری یون‌های سدیم در میان لایه‌های آن‌ها، یکی از علل اصلی بروز احتمالی پدیده‌ی واگرایی در خاک‌های رسی حوضه کندیرق است، چراکه وجود کانی‌های رسی و کاتیون سدیم در واگرایی خاک رس بسیار موثرند (۱۱). با توجه به نتایج مطالعات گذشته (۴) پیش‌بینی می‌شود که در برخی از مناطق آبکندی حوضه کندیرق خاک‌های واگرا وجود داشته باشد. مطمئن‌ترین روش برای تشخیص خاک‌های واگرا انتقال نمونه‌ای از خاک به آزمایشگاه و تجزیه فیزیکوشیمیایی و مکانیکی آن است. اما کارشناس اجرا می‌تواند با انجام آزمایش ساده‌ای در صحرا و در کارگاه، خاک واگرا را بطور احتمالی تشخیص دهد. مقداری از خاک منطقه مورد نظر در آب مقطر قرار داده شده و در یک ظرف شیشه‌ای به خوبی به هم زده می‌شود. ظرف شیشه‌ای به مدت ۵ روز بدون اینکه جابجا و یا تکان داده شود در یک محل قرار داده می‌شود. بعد از ۵ روز اگر خاک بطور کامل ته نشین شده و آب صاف در بالای ظرف مشاهده شود نشان دهنده خاک بدون خصوصیت واگرایی است. اگر خاک بطور کامل ته نشین نشده باشد و آب کمی گل آلود باشد خطر واگرا بودن خاک وجود دارد (شکل ۲۱).



شکل ۲۱-ب) خاک با خطر واگرایی

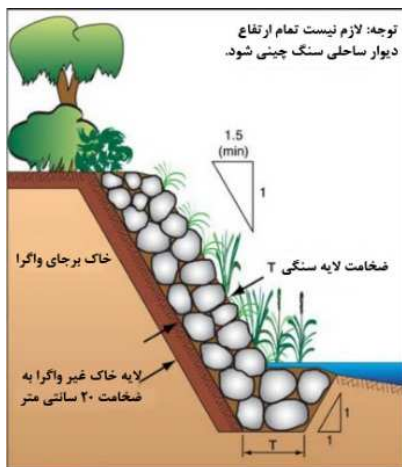


شکل ۲۱-الف) خاک بدون خاصیت واگرایی و

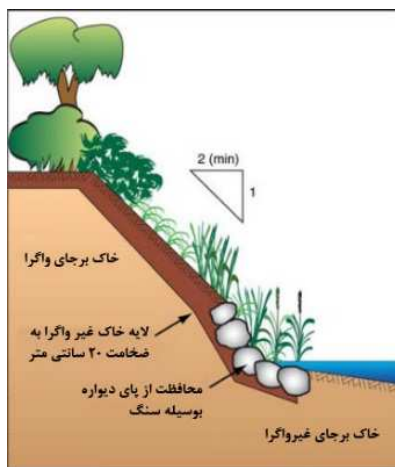
بهترین راهکار عملی در مناطقی که خاک‌های واگرا وجود دارند پوشش دادن سطح تمام خاک عرصه با خاک‌های غیر واگرا قبل از اجرای عملیات نهایی اصلاح و احیاء (بذر پاشی، چمن کاری، روکش‌های سنگی و یا بتنی) است (شکل ۲۲). خاک‌های واگرا نباید مستقیماً پذیرپاشی شوند و هیچ وقت بطور مستقیم با روکش‌های کنترل فرسایش پوشش داده نشوند. حداقل ضخامت خاک غیر واگرایی که روی خاک‌های واگرای منطقه ریخته می‌شود ۱۰ تا ۳۰ سانتی متر خواهد بود. ضخامت خاک غیرواگرا بسته به درجه خطر احتمالی فرسایش تعیین می‌شود. ضخامت حداقل ۱۰ سانتی متری خاک غیرواگرا برای آبکنده‌های با دیواره کم شیب، ۲۰ سانتی متری برای دیواره‌های پر شیب با درجه خطر پائین و ۳۰ سانتی متری برای دیواره‌های با درجه خطر بالا پیشنهاد می‌شود. تهیه خاک غیر واگرا در حجم بالا برای بسیاری از مناطق آبکندی حوضه آبخیز کندیرق مشکل خواهد بود، لذا پیشنهاد می‌شود خاک‌های واگرای منطقه با آهک و یا گچ مخلوط گردد. هر چند حجم خاک واگرا و میزان گچ و آهک می‌تواند برابر انتخاب شود اما جهت تعیین مقدار دقیق مخلوط باید از نتایج آزمون خاک استفاده شود.

**نکته:** وقتی که آبکندی کنترل و تثبیت شد باید در اسرع وقت نسبت به احیاء پوشش گیاهی دیواره و بستر آن اقدام کرد. هرچند به دلیل کنترل فرآیندهای فرسایشی پوشش گیاهی منطقه بطور طبیعی احیاء خواهد شد، اما به جهت اقلیم نیمه خشک منطقه ممکن است رویش طبیعی گیاهان مدت‌ها طول بکشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که گیاهان بومی منطقه بر حسب توانایی ساقه و ریشه در حفاظت از خاک در مقابل

فرآیندهای فرسایشی انتخاب و کاشته شوند. در اینجا به منظور ایجاد سهولت در کار کارشناسان برخی از گیاهان مهم منطقه جهت استفاده در احیاء پوشش گیاهی دیوارها و بستر آبکندهای حوضه کنديرق معرفی می‌گردد (جدول ۲).



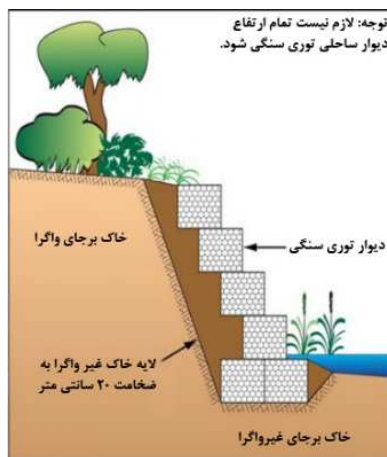
شکل ۲۲-ب) ساحل‌سازی دیواره آبکند بوسیله سنگ چینی



شکل ۲۲-الف) احیاء پوشش گیاهی دیواره آبکندی



شکل ۲۲-د) پوشش دادن دیواره آبکند با سازه سخت



شکل ۲۲-ج) تثبیت دیواره آبکندی بوسیله سازه توری سنگی

جدول ۲- اولویت بندی گیاهان بومی براساس توانایی آنها در کنترل فرسایش جهت احیاء پوشش گیاهی مناطق آبکندی در حوضه کنديرق با معرفی روش تکثیر

| دبواره های آبکندها | بستر آبکندها        | نحوه تکثیر  | مناطق فرسایش آبکندی و مناطق حساس به فرسایش |
|--------------------|---------------------|---|--|
| <i>Salsola</i>     | <i>Plantago</i>     | جوانه زنی بذر   | <i>Plantago</i>                            |
| <i>Juncus</i>      | <i>Brachypodium</i> | ریزوم   | <i>Juncus</i>                              |
| <i>Stipa</i>       | <i>Juncus</i>       | جوانه زنی بذر   | <i>Artemisia</i>                           |
| <i>Ononis</i>      | <i>Ononis</i>       | جوانه زنی بذر و جوانه زنی دوباره یا پاجوش (بعد از آتش سوزی، سرزنی و یا چرا) | <i>Salsola</i>                             |
|                    |                     | ریزوم   | <i>Brachypodium</i>                        |
| -                  | <i>Salsola</i>      | ریزوم، جوانه زنی دوباره یا پاجوش (بعد از آتش سوزی، سرزنی و یا چرا)          | <i>Stipa</i>                               |
| -                  | <i>Thymus</i>       | جوانه زنی بذر   | <i>Ononis</i>                              |
| -                  | -                   | جوانه زنی بذر   | <i>Thymus</i>                              |
| -                  | -                   | جوانه زنی بذر   | <i>Teucrium</i>                            |

## منابع مورد استفاده

۱. برادی، ن. و ر.ر. ویل. ۱۳۸۵. سرشت و خصوصیت خاک‌ها. ترجمه: شاهوئی، س.ص. دانشگاه کردستان. ۸۸۰ ص.
۲. رفاهی ح. ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۵۱ ص.
۳. ضیائی، ح.ا. ۱۳۸۰. اصول مهندسی آبخیزداری. انتشارات آستان قدس رضوی. ۵۴۲ ص.
۴. طلائی، ر.، ب. بیرامی، و. ساعدنیا، م. ابراهیمی. ۱۳۹۳. بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندق‌های ایران - فاز ۳ (استان اردبیل). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، وزارت جهاد کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۱۵۴ ص.
5. Adediji1, A. and M.O. Ibitoye. 2013. Urban gully profiles and patterns in south-western Nigeria. J. Environ. 2(1): 5-13.
6. Babayi, A.U., A.H. Hong, Y.I. Tashiwa, B.G. Umara, S. Buba and A.S. Abdullahi. 2012. Extent and remedy on gully erosion in Bangshika area Adamawa state, Nigeria. Academic Res. Int. 3(2): 138-144.
7. Geyik, M.P. 1986. FAO watershed management field manual, Gully control. FAO Consultant, FAO conservation guide 13/2.
8. Jakab, G., B. Madarász, A. Órsi, Z. Szalai and A. Kertész. 2012. Gullies of tow Hungarian region a case study. Hungarian Geographical Bulletin, 60(40): 325-342.
9. Kertész, Á. 2009. Environmental conditions of gully erosion in Hungary. Hungarian Geographical Bulletin. 58(2): 78-89.
10. Lei, S.A. 2008. Impact of gully development on vegetation structure of Larrea Tridentate Ambrossia Dumosa shrublands in Southern Nevada. J. Arizona-Nevada Academy Sci. 40(2): 115-120.
11. Min, F., C. Peng and S. Song. 2014. Hydration layers on clay mineral surfaces in aqueous solutions: a review. Archives of Mining Sci. 59(2): 489-500.



Ministry of Agriculture Jihad  
Jihad Agricultural Organization of Ardabil Province  
Agricultural Extension Coordination Management



Ministry of Agriculture Jihad  
Agricultural Research, Education and Extension Organization  
Ardabil Agriculture and Natural Resources Research and  
Education Centre

# Technical Recommendations for Control of Gully Erosion in Kandiraq Sub-basins (Hashtjin city of Khalkhal -Ardabil Province)



**Author**

Reza Talaei, *PhD*

**Technical Manual, Number 87, 2015**