

کاربرد گیاه پالائی Phytoremediation در احیای اراضی آلوده به

پسماند های صنعتی

داود نهرلی^۱

گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

Nohorli-d@tabrizu.ac.ir

چکیده

گیاه پالائی تکنولوژی نوظهور و بوم شناختی است که کاربرد آن از گستردگی روزافزونی برخوردار است. این روش به صورت به کار گیری گیاهان سبز (اعم از علفی، درختچه ای و درختی) جهت خارج کردن آلاینده های مختلف و پالایش آنها از محیط و خصوصاً آب و خاک میباشد. برخی از گیاهان قادر به تأثیر بر آلاینده ها از طریق جذب آنها به سیستم آوندی خود بوده و برخی دیگر ترکیبات مذکور را تجزیه نموده و یا آنها را به ترکیبات کمتر سمی تغییر شکل می دهند. این گیاهان با جذب انواع آلاینده ها توسط ریشه، آنها را درون ساختار سلولی و یا برگ و میوه ذخیره می کنند. میزان تأثیر گیاهان مختلف بر انواع آلاینده های حاصل از پسماندها تابعی مستانه مهمی است که قابلیت گونه های مختلف را در پالایش طیف وسیعی از مواد مختلف از هم متمایز می سازد.

واژه های کلیدی: گیاه پالائی، اراضی آلوده، پسماند، Phytoremediation

۱- مقدمه

استفاده مجدد از سایت های صنعتی برای اهداف تفریحی باعث درک دیدگاه های محیطی، اقتصادی و زیبایی می شود. استفاده مجدد از این اراضی باعث به وجود آمدن یک شهر جذاب و جالب می شود یعنی شهری که مردم از زندگی کردن، کار کردن و گذراندن اوقات فراغت در آن لذت می برند. این موضوع ارزش زمین را نسبت به پارامترهای اطراف افزایش می دهد. بنابراین می توان گفت جذابیت به توسعه اقتصادی کمک می کند. محیط زیست با پاکسازی از آلودگی های مرتبط به سایت اصلاح می شود. توسعه مجدد اراضی صنعتی فعالیت استراتژیکی با پتانسیلی مناسب برای فعالان خصوصی و عمومی است تا بتوانند کارشان را ادامه دهند. این موضوع می تواند استراتژی مناسب و ویژه در زمانی باشد که بخش های خصوصی علاقه کمی در استفاده مجدد Brownfield های موجود نشان می دهند.

سایت های آلوده شده به وسیله ضایعات شیمیایی، پسماندهای کارخانه های گاز و مواد صنعتی محلول بزرگترین مشکلات را برای درختکاری در یک منطقه مطرح می کنند. ضایعات کارخانه ذوب فلزات رنگی که شامل سطح بالایی از رنگ های سمی اند و ضایعات کارخانه های گاز که شامل اسید سولفوریک و سیانیدهای پیچیده می باشند نمونه هایی از این مواردند. اغلب میزان PH تا ۱۲.۷ در ضایعات رنگی افزایش می یابد در حالی که با آزاد شدن اسیدی با اسیدیته زیاد میزان PH تا ۰.۶ پایین می آید. سایر آلوده کننده های معمول زمین های صنعتی فلزات سمی، نمک های محلول، فنول ها و روغن ها هستند.

EPA^۲ مواد خطرناک را به عنوان مواد سمی، فرساینده، آتش زنده یا واکنش پذیر تعریف می کند. این مواد فرساینده انواع بافتها و فلزات هستند، بی ثبات اند و می توانند منفجر شوند یا بخار سمی آزاد کنند.

۲- تأثیرات محیطی

زمینی که به وسیله انواع مواد شیمیایی مختلف آلوده شده معمولاً بی ارزش و بایر است. ممکن است این آلودگی مناطق همجوار را نیز تحت تأثیر قرار دهد که در این میان زمین های باتلاقی آسیب پذیرترند. بسترهای شنی می توانند آلاینده ها را جذب کنند که این موضوع قابلیت شن را برای جذب مقدار زیادی اسید، نمک های آهن و سیانیدها مشخص می کند.

^۱ دانشجوی دکترا در دانشگاه سوربون پاریس، فرانسه.

^۲ Environmental protection Agency, USA.

زمین‌های آلوده شده به پسماندهای صنعتی خطری برای سلامتی و امنیت عمومی محسوب می‌شوند. هنگامی که این سایت‌ها به وسیله فعالیت‌های صنعتی، ذخیره‌سازی یا دسترسی به مواد خطرناک برهم تاثیر داشته باشند، ساکنان نزدیک سایت در خطر قرار می‌گیرند. همچنین این سایت‌ها محوطه مناسبی برای جلوگیری از ورود متخلفان ندارند.

EPA سه فازی که در ارزیابی محیطی زمین در هنگام خرید و فروش زمین صنعتی انجام می‌شود را شرح می‌دهد:

در فاز یک تاریخچه سایت مرور می‌شود. این فاز صاحبان زمین در سی سال گذشته یا قبل‌تر را معرفی می‌کند که این موضوع کاربری قبلی سایت و همچنین اطراف آن را مشخص می‌کند.

در فاز دوم نمونه‌هایی از آب و خاک سایت جمع‌آوری و آلودگی‌های بالقوه سایت معرفی می‌شود. گروهی برای رسیدگی به میزان آلودگی سایت تشکیل شده و فهرستی از کارهای مورد نیاز برای تصفیه سایت را ارائه می‌دهند.

فاز سوم نیز شامل تصفیه کامل سایت آلوده شده است. این فاز سه حق انتخاب را ارائه می‌کند:

۱- مواد خطرناک و آلوده حفر شده و در زمین‌های دفن زباله ریخته می‌شوند و یا تا اندازه‌ای که ممکن است سوزانده می‌شوند.

۲- سدی برای جلوگیری از انتشار آلودگی از سایت به دیگر مناطق استفاده می‌شود. این سد می‌تواند از جنس آسفالت یا رس باشد.

۳- آلودگی‌ها به صورت طولانی‌مدت اصلاح می‌شوند، که این آلودگی‌ها در مورد آب شامل استخرها، رودخانه‌ها و یا سفره‌های آب زیرزمینی است و در مورد خاک نیز ممکن است خاک جابه‌جا، شسته و یا سوزانده شود. این موضوع اگرچه ممکن است خیلی گران باشد اما بسیار موثر است.

عموماً مانع مهم برای توسعه مجدد زمین‌های متروکه و به‌طور بالقوه اراضی صنعتی آلوده شده، هزینه مستقیم تصفیه مواد خطرناک و آلاینده‌های زمین است که کاربرد گیاهان در اینگونه مناطق می‌تواند روشی بسیار موثر و ارزان قیمت و کاملاً پایدار و بوم‌شناختی باشد. عمده‌ترین کارکردهای گیاهان در احیای اینگونه مناطق می‌تواند شامل موارد زیر باشد.

- اصلاح منظر و تولید اقتصادی
- ایجاد فرصت ورزشی و تفریحی
- دفاع در برابر سیل
- افزایش تنوع زیستی شهری
- کاهش آلودگی اتمسفری
- کاهش تاثیر جزیره حرارتی شهری.

از زمانی که ایجاد فضای سبز به عنوان یکی از موضوعات سیاست پاک از توسعه اراضی صنعتی درآمده است دیدگاه‌ها و فعالیت‌های متضادی در مورد چگونگی دسترسی به فضای سبز پایدار در زمینه اصلاح زمین وجود دارد. فازهای اصلاح و ایجاد رویش گیاهی از احیا زمین اغلب به طور جداگانه در نظر گرفته می‌شوند و فرصت‌های احیا و بازیافت مواد تشکیل‌دهنده خاک برای ایجاد رویش گیاهی از بین رفته‌اند. سایت‌های آلوده اغلب در سطوح کلی پاکسازی می‌شوند و شکل‌گیری منظر نهایی به وسیله جداسازی فرایندهای اصلاحی صورت می‌گیرد.

۳- تعریف گیاه پالائی Phytoremediation

گیاه پالائی تکنولوژی است برای اصلاح اراضی آلوده به پسماندهای صنعتی، اراضی دفن زباله‌ها و سایر سایت‌های آلوده شده است. گیاه پالائی استفاده از گیاهان برای تصفیه و یا اصلاح خاک، رسوبات و آب‌های زمینی آلوده از طریق حذف و یا کاهش آلاینده‌های محیط زیست (نظیر فلزات سنگین، عناصر کمیاب، ترکیبات آلی و مواد رادیواکتیو) و یا مانع نفوذ شدن آن می‌باشد.

مهم‌ترین ترکیبات معدنی آلاینده، فلزات سنگین بوده و میکروارگانیسم‌های خاک تنها قادر به تجزیه آلاینده‌های آلی هستند، در نتیجه برای تجزیه میکروبی فلزات نیاز به آلی شدن و تغییر آنها وجود دارد که امروزه از گیاهان برای این بخش استفاده می‌شود.

اصول گیاه پالائی قرن‌ها در اروپا و خاورمیانه استفاده می‌شده است. این روش در اروپا در دوره‌های مدرن در مقیاس وسیع استفاده شده و در آمریکای شمالی در ۲۰ سال گذشته مشهور شده است. فلزات سنگین، عناصری با وزن اتمی ۶۳/۵۴ تا ۲۰۰/۵۹ و وزن مخصوص بیشتر

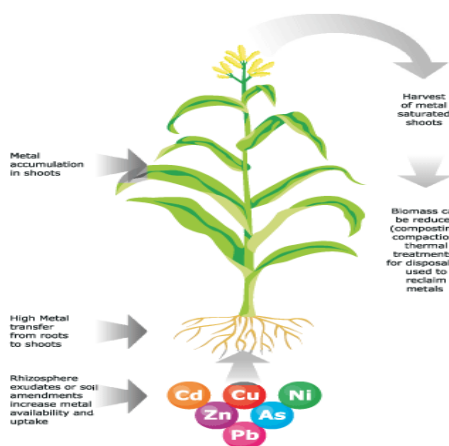
از ۴ هستند. برخی از فلزات سنگین به مقدار کم مورد نیاز ارگانسیم‌های زنده هستند؛ هر چند افزایش بیش از حد همین فلزات سنگین ضروری می‌تواند برای ارگانسیم‌ها مضر باشد. فلزات سنگین غیر ضروری شامل آرسنیک، آنتیمونی، کادمیم، کرم جیوه، و سرب است که این فلزات در رابطه با آلودگی خاک و آب‌های سطحی بسیار مهم هستند و مورد توجه علم گیاه پالایی قرار می‌گیرند

۴- روش‌های گیاه پالایی:

با توجه به اینکه یک سایت ممکن است به وسیله ترکیبات آلی و یا غیرآلی آلوده شده باشد روش‌های اصلاح و احیای آن نیز فرق می‌کند. در سایت‌های آلوده با ترکیبات غیرآلی از قبیل فلزات، گیاهان آلوده‌کننده‌ها را با سه مکانیسم تثبیت و یا جابه‌جا می‌کنند:

۴-۱- Phytoextraction (گیاه استخراجی): در این روش از گیاهان تجمع‌دهنده فلز Metal-accumulating

(plant) استفاده می‌شود، که ریشه‌های گیاه آلوده‌کننده را به قسمت‌های بالایی گیاه از قبیل برگ‌ها، شاخه‌ها و ساقه‌ها انتقال می‌دهند.



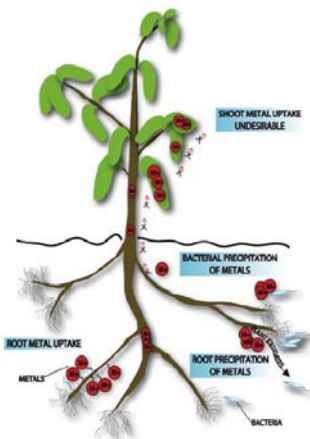
شکل یک. نمای شماتیک از Phytoextraction.

۴-۲- Rhizofiltration (فیلتراسیون ریشه‌ای): این روش به استفاده از ریشه‌های گیاه برای جذب آلاینده‌های فلزی

از آب‌های سطحی یا زیرزمینی اشاره دارد. این روش بخصوص برای فاضلاب‌های صنعتی، رواناب کشاورزی و یا فاضلاب معادن اسیدی کاربرد دارد و برای فلزاتی مانند سرب، کادمیم، مس، نیکل، روی و کرم مناسب است. گیاهانی مانند خردل هندی، آفتابگردان، تنباکو، چاودار و ذرت دارای این توانایی هستند. آنها دارای قدرت جذب سرب از فاضلاب هستند که در این میان، آفتابگردان بیشترین قدرت و توانایی را دارد.

۴-۳- Phytostabilization (گیاه تثبیتی): ریشه‌های گیاه آلوده‌کننده را در خاک تثبیت می‌کند و در نتیجه تحرک

آلاینده در خاک کاهش می‌یابد (به عبارتی دیگر آلاینده‌ها در خاک ایستا می‌شوند). این روش معمولاً برای کاهش آلودگی در خاک، رسوب و لجن استفاده می‌شود و از طریق جذب، رسوب، کمپلکس و یا کاهش ظرفیت انجام می‌پذیرد.



شکل دو. نمای شماتیک از Phytostabilization.

در سایت‌های آلوده شده با ترکیبات آلی نیز گیاهان آلوده‌کننده‌ها را با سه مکانیسم تجزیه و یا جابه‌جا می‌کنند:

- **Phytodegradation (گیاه تبدیلی):** پس از اینکه گیاه آلاینده آلی را جذب می‌کند، آنزیم‌های گیاه آلوده‌کننده را به ترکیبات کم‌خطرتر تبدیل می‌کند.

- **Rhizodegradation (زیست پالایی محیط ریشه):** ریشه‌های گیاه محیط مناسبی را برای میکروب‌ها در زمان تجزیه آلوده-کننده‌ها در ناحیه ریشه فراهم می‌کنند.

- **Phytovolitalization (گیاه تبخیری):** گیاه آلاینده‌ها را نگه داشته و فرم‌های واسطه مطمئنی از ترکیبات آلی را از طریق فرآیند تبخیر به اتمسفر آزاد می‌کند.

۵- گونه‌های مناسب

دو درخت بید و تبریزی بواسطه رشد سریع و ریشه‌های عمیق، قابلیت نگهداری مقدار فراوانی آب، قابلیت نگهداری انواع مختلفی از آلاینده‌ها (نیترات آمونیوم، باریم، تری کلرو اتیلن، روی و غیره) از گونه‌های با استفاده گسترده در این تکنیک می‌باشند.

جدول یک. گیاهان مناسب مورد استفاده در گیاه پالائی.

- چمن‌ها و گرامینه‌ها

نام فارسی	گونه/نام لاتین	آلوده‌کننده	روش
چمن گندمی	<i>Agropyron smithii</i> <i>Western wheat grass</i>	TPH, PAH	Rhizodegradation
علف بورپای موئین	<i>Agrostis castellana</i> <i>Colonial bentgrass</i>	آرسنیک، سرب، روی، منگنز، آلومینیم	Hyperaccumulation
شیدر گاوی	<i>Buchloe dactyloides</i> <i>Buffalo grass</i>	TPH, PAH	Rhizodegradation
مرغ	<i>Cynodon dactylon</i> <i>Bermuda grass</i>	TPH, PAH	Rhizodegradation
چاودار وحشی کانادایی	<i>Elymus Canadenis</i> <i>Canadian wild rye</i>	PAH	Rhizodegradation
علف بره بلند	<i>Festuca arundinacea</i> <i>Tall fescue</i>	PAH	Rhizodegradation
علف بره نی مانند	<i>Festuca rubra</i> <i>Red fescue</i>	TPH, PAH	Rhizodegradation
چچم دائمی	<i>Lolium perenne</i> <i>English ryegrass</i>	TPH, PAH	Rhizodegradation
لوپن سفید	<i>Lupinus albus</i> <i>White lupin</i>	آرسنیک	Rhizoaccumulation
یونجه پاکلاغی	<i>Lotus corniculatus</i>	TPH, PAH	Rhizodegradation

Rhizodegradation	TPH، نیتروژن، فسفر، پتاسیم	<i>Yellow sweet clover</i>	یونجه زرد
Rhizodegradation	TPH	<i>Red clover</i>	شبدر قرمز
Rhizodegradation	PAH، نیتروژن، PCB	<i>White clover</i>	شبدر سفید
uptake	نیتروژن، فسفر، پتاسیم	<i>Vetch</i>	باقلا

-علف‌های هرز

روش	آلوده‌کننده	گونه/نام لاتین	نام فارسی
uptake	کادمیم	<i>Achillea millefolium</i> <i>Yarrow</i>	بومادران
Hyperaccumulation	کادمیم	<i>Allium schoenoprasum</i> <i>Chives</i>	پیاز کوهی
Metabolism	PCB، PAHها	<i>Atriplex hortensis</i> <i>Garden Orach</i>	سلمکی باغی
Rhizofiltration	سرب، روی، نیکل، کروم	<i>Brassica juncea</i> <i>Indian mustard</i>	کلم هندی
Hyperaccumulation	کادمیم، روی	<i>Brassica rapa</i> <i>Field mustard</i>	کلم زمینی
Phytoextraction	کادمیم	<i>Digitalis purpurea</i> <i>Common Foxglove</i>	گل انگشتانه
Rhizodegradation	سرب، روی، نیکل، مس، کروم، کادمیم، سزیم، منگنز	<i>Helianthus annuus</i> <i>Sunflower</i>	آفتابگردان
Hyperaccumulation	آرسنیک	<i>Pteris vittata</i> <i>Brake fern</i>	سرخس دوپایه نواری

-درختان، درختچه‌ها و پیچ‌ها

نام فارسی	گونه/نام لاتین	آلوده‌کننده	روش
افرای قرمز	<i>Acer rubrum</i> <i>Red maple</i>	Leachate	uptake
توس	<i>Betula pendula</i> <i>European white birch</i>	PAHها، PCBها	Phytodegradation
لیلکی	<i>Gleditsia triacanthos</i> <i>Honey locust</i>	سرب	Phytoextraction
خاس	<i>Ilex spp.</i> <i>Holly</i>	کادمیم	Accumulation
عنبرالسائل	<i>Liquidambar styraciflua</i> <i>American sweet gum</i>	پرکلرایت	Phytodegradation/ Rhizodegradation
توت آمریکایی	<i>Maclura pomifera</i>	PCBها	Rhizodegradation
توت	<i>Morus rubra</i> <i>Mulberry</i>	PAHها	Rhizodegradation
صنوبر	<i>Populus spp.</i> <i>Poplars</i>	نیتروژن	Phytovolatilization
صنوبر لرزان	<i>Populus tremula</i> <i>Aspen</i>	سرب	Extraction
رز	<i>Rosa spp.</i>	PCB	Phytodegradation
بید	<i>Salix spp.</i> <i>Willow</i>	پرکلرات	Phytoextraction

۶-پایش پس از اصلاح:

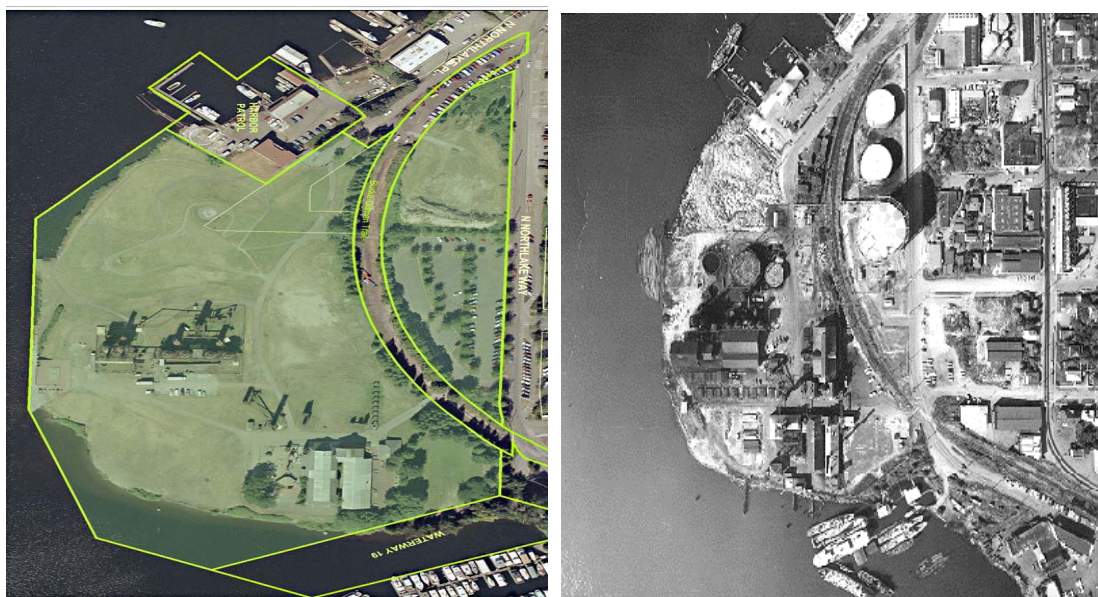
پس از اصلاح سایت کنترل و مراقبت از سایت به خصوص آنالیز خاک و آب ضروری است، زیرا نفوذهای موضعی و آلودگی‌های پیش-بینی نشده می‌توانند به آسانی پس از اصلاح رخ دهند. یکی از موانع اجرای تجاری گیاه پالایی، چگونگی مصرف گیاهان آلوده است. پس از برداشت، آلودگی خاک توسط گیاه کاهش یافته، اما مقدار زیادی بیومس خطرناک تولید شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد تولید کمپوست و متراکم کردن، دو روشی است که برای مدیریت بیومس گیاهان آلوده توسط بسیاری از محققان پیشنهاد شد، اما بهترین روش برای مصرف بیومس‌های تولید شده توسط گیاه پالایی، تغییر و تبدیلات ترموشیمیایی است که در این روش بیومس به عنوان یک منبع انرژی مصرف تجاری دارد.

سوزاندن و تولید گاز از روش‌های مهم برای تولید انرژی گرمایی و الکتریکی است که می‌توان از گیاهان آلوده استخراج شوند. بازیافت این انرژی از بیومس به وسیله سوزاندن یا تولید گاز می‌تواند ارزش اقتصادی داشته باشد؛ زیرا آن را نمی‌توان به عنوان علوفه یا کود مصرف کرد. سوزاندن روش ساده‌ای است اما باید تحت موقعیت‌های کنترل شده باشد. در این روش حجم بیومس ۲ تا ۵ درصد کاهش یافته و خاکستر را می‌توان به طور مناسبی مصرف کرد. تحقیقات نشان داده است سوزاندن پسماندهای خطرناک حامل فلزات در فضای باز صحیح نیست، زیرا گازهای آزاد شده به محیط ممکن است مضر باشد، چرا که به این ترتیب تنها حجم کاهش می‌یابد و گرمای تولید شده نیز به هدر می‌رود.

۷- مطالعه موردی:

احیای پارک Gas works در ایالت Seattle آمریکا از موارد موفقیت آمیز کاربرد روش گیاه پالائی بوده است. این پارک در ابتدا زمین صنعتی به مساحت ۲۰.۵ ایکر (پنج هکتار) بوده است. تاریخچه سایت به سال ۱۹۰۶ بازمی‌گردد یعنی زمانی که شرکت Seattle Gas کارخانه‌ای را برای استخراج گاز از زغال سنگ ساخت. این کارخانه در سال ۱۹۵۶ تعطیل شد اما از آنجایی که سایت در کنار رودخانه Union با دید خوبی بر شهر Seattle واقع شده بود بقایای متروکه آن بر چشم‌انداز Seattle آسیب می‌زد. در نتیجه در سال ۱۹۶۲ اداره پارک‌های Seattle تصمیم گرفت که آن را به یک پارک عمومی تبدیل کند.

در ابتدا مسئولان اداره پارک‌های Seattle، سایت را به عنوان یک باغ گیاهشناسی در نظر گرفتند، ولی به دلیل آلودگی سنگین سایت، حیات گیاهان در سایت با مشکل مواجه می‌شد. در نتیجه مسئولان محلی پیشنهاد کردند که ساختمان‌های موجود تخریب شده و سایت دوباره بر طبق وضع طبیعی بازسازی شود. اداره پارک‌های Seattle از ریچارد هاگ^۳، استاد دانشگاه واشنگتن، درخواست کرد تا پلانی را برای توسعه سایت به عنوان یک پارک ارائه دهد. خاک سایت به وسیله هیدروکربن‌های مربوط به فرایندهای صنعتی قدیمی آلوده شده بود. به جهت برطرف کردن آلودگی، نامبرده روش اصلاح زیستی و گیاه پالائی را پیشنهاد کرد. در روش اصلاح زیستی آنزیم‌های از بین برنده روغن برای پاکسازی خاک سایت و مواد آلی برای افزودن بر رشد میکروارگانیسم‌های خاک به آن اضافه می‌شوند. هاگ همچنین پیشنهاد کرد که ساختمان‌های متروکه موجود برای نگهداری قابلیت‌های قدیمی، حفظ شوند، البته نه به دلایل تاریخی بلکه صرفاً به دلایل زیبایی‌شناسی تا دید جذابی برای طراحی پارک ایجاد شود. در این طرح مکان دیگ بخار اصلی به یک پناهگاه تفریحی با میزها و کباب‌پزها و ساختمان کمپرسور به زمین سرپوشیده بازی بچه‌ها تبدیل شده و یک منطقه بازی بیرونی به زمین بازی سرپوشیده متصل است. تپه‌ای به‌طور مصنوعی از خاک حفاری شده یک ساختمان ساخته شده که یک مسیر پیاده به بالای تپه هدایت می‌شود تا دید خوبی را بر شهر ایجاد کند. ساختمانی بیشترین قسمت جنوب سایت را اشغال کرده و محل‌هایی را برای نشستن، تماشا و ماهیگیری فراهم می‌کند. همچنین محوطه‌ای نیز برای کایت‌سواری در سایت درست شده است.



شکل سه- شرایط مربوط به سایت در سال (راست) ۱۹۶۵، قبل از شروع به احداث پارک و (چپ) ۱۹۹۹ پس از احداث پارک.

۸- نتیجه گیری:

بهینه سازی فرایند جذب فلزات سنگین توسط گیاه و مصرف مناسب بیومس تولید شده هنوز باید مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد تا نتایج آزمایشگاهی با عمل و واقعیت همخوانی داشته باشند. اگرچه بیش از ۱۰ سال از کاربرد اولیه فناوری گیاه پالایی در دنیا می گذرد، اما این علم توسعه بسیار سریعی داشته است و امروزه گیاه پالایی در مورد مواد آلی، معدنی و رادیواکتیو کاربرد دارد. این فرایند پایدار و ارزان است و برای کشورهای در حال توسعه بسیار مناسب بوده و صرفه اقتصادی دارد. بررسی ها نشان می دهد، راندمان این روش با کاربرد گیاهان رشد سریع با بیومس بالا و قدرت جذب بالای فلزات سنگین افزایش می یابد. در بیشتر مکان های آلوده گونه های مناسب جهت رفع آلودگی قابل شناسایی است. ۲ روش کمیوست و متراکم کردن می تواند جزو مراحل مقدماتی برای کاهش حجم تولیدات این گیاهان باشند، اما باید دقت شود شیرابه حاصل از تراکم به طور کامل جمع آوری شود. محققان معتقدند بین روش هایی که بیومس آلاینده ها را کاهش می دهد، به نظر می رسد خاکستر کردن کمترین زمان را مصرف می کند و در مقایسه با سوزاندن مستقیم از لحاظ زیست محیطی نیز مناسب تر باشد. در خاک واقعی بسیاری از فلزات در شکل های نامحلول وجود دارند و قابلیت دسترسی آنها کم و این بزرگترین مشکل است. بسیاری از گیاهان هنوز شناخته نشده اند که باید شناسایی شوند و درباره فیزیولوژی آنها بیشتر دانست.

۸- منابع :

- مظفریان، ولی الله. ۱۳۷۵. فرهنگ نام های گیاهان ایران. تهران: فرهنگ معاصر.

Abdollahi, K. 2003. Brownfields remediation through urban tree planting. 2003 National Urban Forest Conference Proceedings.

- Clouston, B. 1990. landscape design with plants. Van Nostrand Reinhold.

-Hinman, C. 2005, Technical Guidance Manual for Puget sound. Puget sound action team.

- Johnson N. L. 2003. The potential of Brownfield Redevelopment To Green the the concrete Jungle: Community and Economic Development Program Policy Report.

-Westphal, Lynne M.; Isebrands, J. G. 2001. Phytoremediation of Chicago's Brownfield: consideration of ecological approaches and social issues.