



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Läkande landskap

– Att rena mark och vatten med fyto Remediering i en urban kontext



Fanny Lundén

Självständigt arbete • 15hp
Landskapsarkitektprogrammet
Alnarp 2014

Läkande landskap -att rena mark och vatten med fyto Remediering i en urban kontext

Purifying landscapes – using phytoremediation to remediate contaminated soil and water in a urban context

Fanny Lundén

Handledare: Helena Mellqvist, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Jesper Persson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatexamensarbete i *Landskapsplanering*

Kurskod: EX0650

Ämne: *Landskapsplanering*

Program: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2014

Omslagsbild: Helianthus sp. har förmågan att ta upp metaller som bly och uranium genom fytoextraktion. Solros (Foto:Erik Forsberg, 14-08-10) CC BY NC SA

<http://images.cdn.fotopedia.com/flickr-30879899-hd.jpg>

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Fyto Remediering, förorenad mark, in-situ, giffri miljö, brownfield planering, postindustriella urbana områden, rekreation, design, Malmö, Amsterdam

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

SAMMANFATTNING

Fytoremediering är en relativt ny saneringsmetod men har de senaste åren blivit mer uppmärksammas inom forskning. Fytoremediering bygger på växters naturliga förmåga att rena förorenad mark, vatten eller sediment. Detta görs genom ett antal olika processer där växter kan ta upp, omvandla eller stabilisera ämnen och på så sätt sanera föroreningar på ett biologiskt hållbart sätt.

Våra städer blir alltmer tätbefolkade i och med befolkningsökningen i världen och en stigande inflyttning till städerna. Det finns många outnyttjade postindustriella områden i dagens städer som lämnat efter sig förorenad mark, vatten eller sediment som kan utgöra en risk för människors hälsa, djur och natur. Dessa så kallade brownfields kan få en ny användning och på så sätt undviks exploatering av värdefull natur och åkermark. Med hjälp av växter kan dessa brownfields saneras samtidigt som platsen får ett nytt liv i form av till exempel en park för rekreation. Samtidigt bidrar fytoremediering till att skapa en vegetationsstruktur som kan integreras senare i en potentiell exploatering av området.

Målet med detta arbete har varit att undersöka de ekonomiska, ekologiska och sociala/upplevelsemässiga fördelarna som finns med fytoremediering samt bristerna med fytoremediering som saneringsmetod. Syftet har varit att sammanställa värdefullt material inom ämnet som kan leda till en vidare diskussion om hur landskapsarkitekter och planerare kan använda fytoremedieringen som en hållbar metod i framtiden.

Huvudinriktningen i arbetet är fytoremediering kopplat till rekreation och design vilket genom en litteraturstudie samt två fallstudier har ämnat besvara frågor som: Vad innebär förorenad mark i urban kontext, vilka aktörer jobbar med förorenad mark och vem har ansvar för vad? Vilken är landskapsarkitektens roll i planeringsprocessen för fytoremediering? Finns det möjlighet att kombinera fytoremediering med rekreativsmöjligheter? På vilket sätt kan design och estetik integreras i fytoremedieringsprojekt?

Fallstudierna bygger på ett pågående exempel från Amsterdam där tanken är att integrera fytoremediering som saneringsmetod med en stadsdelspark. Den andra fallstudien visar hur ett stadsodlingsnätverk i Enskifteshagen i Malmö tillämpade fytoremediering i ett testprojekt i liten skala för några år sedan.

Resultatet av arbetet visar att fytoremediering kan vara en kostnadseffektiv saneringsmetod i jämförelse med andra traditionella saneringsmetoder som schaktning och deponering. Det finns möjligheter att kombinera fytoremediering med rekreativsmöjligheter och integrera estetik. Det största hindret är dock den långa tidsperioden som krävs och att kunna vinna en allmän acceptans som saneringsmetod, då det finns relativt få referensprojekt att tillgå.

ABSTRACT

Phytoremediation is a relatively new remediation method but has in recent years gained more attention in research. Phytoremediation is based on the plant's natural ability to clean contaminated soil, water or sediment. This is done through a variety of processes in which plants can take up, transform, or stabilize contaminants, by remediating contamination in a biologically sustainable way.

Our cities are becoming more densely populated in the world as a result of population growth and rising migration to cities. There are many unused post-industrial areas in cities which have left behind contaminated soil, water or sediment that may pose a risk to human's health, animals and nature. There is a potential in recycling these so-called brownfields by remediating them in order to make new uses of the land. Thereby exploitation of valuable natural areas and agricultural land is avoided. Applying phytoremediation, plants can help clean these brownfields while the area also could be used as a park for recreation. At the same time phytoremediation will provide a vegetation structure that could be integrated in a potential exploitation of the area.

The objective of this work was to examine the benefits of the economic, environmental and social aspects of phytoremediation as well as the disadvantages as a remediation method. The aim has been to compile valuable material on the subject that could lead to a broader discussion about how landscape architects and planners can use phytoremediation as a sustainable remediation method in the future.

The main focus of the work is phytoremediation linked to recreation and design which through a literature review and two case studies intends to answer questions such as: What does the contaminated land in urban context mean? Who are the actors working with contaminated land and who is responsible for what? What is the landscape architect's role in the planning process for phytoremediation? Is it possible to combine phytoremediation with recreational opportunities? How can the design and aesthetics be integrated in phytoremediation projects?

The case studies include one current example from Amsterdam where the concept is to integrate phytoremediation as a remediation method with a neighborhood park. The second case study shows how an urban farming community group in Enskifteshagen in Malmo applied phytoremediation in a small scale test project a few years ago.

The results of this work show that phytoremediation can be a cost -effective remediation method in comparison with other traditional remediation methods as excavation and disposal. There are prospects for combining phytoremediation with recreational opportunities and integrate aesthetics. The difficulty however, is the required long time period and to gain general acceptance as remediation method since there are relatively few reference projects available.

FÖRORD

Detta självständiga arbete ingår i kursen EX0650 Kandidatexamensarbete i landskapsplanering, som ges på Landskapsarkitektprogrammet vid SLU, Alnarp. I detta arbete har jag studerat fyto Remediering i en urban kontext med relation till design och rekreativsmöjligheter. Arbetet riktar sig till medstudenter samt yrkesverksamma inom landskapsplanering, landskapsarkitektur eller snarlika yrkeskategorier. Stort tack till min handledare Helena Mellqvist för stöd och vägledning. Jag vill också tacka mina medstudenter Josephine Philipsen och Jennie Kind för bra support samt forskare Maria Greger från Stockholms universitet, Pieter Theuws från Delva Landscape architects och Jonatan Malmberg och Britta Nylinder från Mykorrhiza för tid och engagemang. Slutligen vill jag också tacka nära och kära för ert stöd.



Fanny Lundén
Alnarp, 20 Maj 2014

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING
ABSTRACT
FÖRORD

1. INLEDNING	7
1.1 BAKGRUND	7
1.2 MÅL OCH SYFTE	7
1.3 FRÅGESTÄLLNINGAR	7
1.4 MATERIAL OCH METOD	7
1.5 AVGRÄNSNINGAR	9
1.6 BEGREPPSORDLISTA	10
1.7 DISPOSITION	11
2. FÖRORENAD MARK I URBANA MILJÖER	12
2.1 INTRODUKTION-ATT LÄKA SKADADE PLATSER	12
2.2 FÖREKOMMANDE SANERINGSMETODER	17
3. VAD INNEBÄR FYTOREMEDIERING?	19
3.1 FYTOREMEDIERING SOM METOD	19
3.2 FAKTORER SOM PÅVERKAR FYTOREMEDIERINGENS EFFEKTIVITET	24
3.3 EKONOMISKT PERSPEKTIV	25
3.4 VILKA FÖRDELAR FINNS DET MED ATT TILLÄMPA FYTOREMEDIERING?	25
3.5 BRISTER MED FYTOREMEDIERING	27
3.6 SKÖTSEL OCH AVFALL	28
3.7 VÄXTVAL UTIFRÅN FÖRORENINGAR	30
4. EXEMPEL PÅ TILLÄMPNINGAR I OLIKA SKALA OCH KONTEXT	32
4.1 FALLSTUDIE 1: MYKORRHIZA I MALMÖ	
– <i>Odling på stadsmark, när problem vänds till möjligheter</i>	32
4.2 FALLSTUDIE 2: EN UTBLICK I EUROPA - DE CEUVEL, AMSTERDAM	
– <i>Från förorenad "brownfield" till grön stadsdelspark</i>	38
5. AVSLUTANDE SLUTSATSER OCH DISKUSSION	45
5.1 UTVÄRDERING	49
6. REFERENSER	50
6.1 MUNTliga KÄLLOR	50
6.2 PUBLICERADE KÄLLOR	50

1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND

I kursen (Projekt 3 – Stora landskap) väcktes en nyfikenhet och ett intresse hos mig hur man med hjälp av växter kan rena förorenad mark och förorenat vatten. Kursen handlade om förtätning i staden och hur man kan utnyttja markanvändningen på ett effektivt sätt i och med att man uppmuntrar att bygga inom städerna istället för att expandera på till exempel värdefull jordbruksmark eller skog. Vi arbetade med Landskrona kommun som är en före detta industristad. Vi diskuterade problematiken med gammal förorenad järnvägsmark som idag inte används. Vi diskuterade också vad man kan göra med före detta spårvägsmark eller gammal industrimark där marken är förorenad, så kallade ”brownfields” som oftast har ett strategiskt läge i staden. Jag blev intresserad av hur fytoremediering fungerar och ville undersöka om det är en ekonomisk, ekologisk och social hållbar metod att tillämpa på områden i staden. Hur ser man på denna metod i Sverige och utomlands? Hur ser framtidsutsikterna ut? Hur kan vi som landskapsarkitekter arbeta med fytoremediering som en del i gestaltungsprocessen och planeringsprocessen?

1.2 MÅL OCH SYFTE

Målet är att undersöka två fall där man har tillämpat fytoremediering i Malmö samt i Amsterdam och utvärdera vilka ekonomiska, ekologiska och sociala/upplevelsemässiga fördelar som finns med fytoremediering. Målet är också att undersöka bristerna med fytoremediering.

Syftet med detta är att ge en överblick av hur tekniken fungerar och vilken roll landskapsarkitekten har i processen. Syftet är också att sammanställa värdefullt material inom ämnet som kan leda till en vidare diskussion om hur landskapsarkitekter och planerare kan använda fytoremedieringen som en hållbar metod att använda sig av i framtiden.

1.3 FRÅGESTÄLLNINGAR

- Vilka fördelar finns det med fytoremediering och vilka är bristerna?
- Vad innebär förorenad mark i urban kontext, vilka aktörer jobbar med förorenad mark och vem har ansvar för vad?
- Vilken roll kan landskapsarkitekten ta i planeringsprocessen för fytoremediering?
- Finns det möjlighet att kombinera fytoremediering med rekreativsmöjligheter?
- Kan design och estetik integreras med fytoremediering?

1.4 MATERIAL OCH METOD

Metoden har varit en litteraturstudie samt två fallstudier där intervjuer med experter som är involverade i projekt där man tillämpat fytoremediering har

ingått. Materialet som jag använt är vetenskapliga artiklar, litteratur, samt två referensplatser där man tillämpat fyto Remediering i Malmö samt i Amsterdam. Jag har även deltagit på en konferens om förorenad mark i urban kontext anordnad av Nätverket Renare mark den 1-2 april 2014.

Litteraturstudie

I ett första skede gjordes en litteraturstudie i form av en sammanställning av tillgängligt material som behandlar fyto Remediering som metod samt användningsområde i postindustriella miljöer. Denna berörde vad fyto Remediering innebär och vilka olika processer som ingår i fyto Remediering. Jag började leta information från de tidigare skrivna examensarbetena av Falk och Ronnheden (2010) *Succession Landskapsarkitekten och fyto Remedieringen* samt Theuws och Wilschut (2009) *Healing Urban Landscapes; Phytoremediation in Post-industrial Urban Design*. Examensarbetena gav en bra grund och jag kunde leta vidare litteratur och artiklar utifrån deras referenslistor. Det visade sig svårare än jag trodde att hitta litteratur om fyto Remediering kopplat till design och estetik. Likaså var det svårt att hitta tillgängligt material om rekreativitet integrerat med fyto Remediering. I *Manufactured sites: rethinking the post-industrial landscape* av Kirkwood (2001) ingår dock flera artiklar som behandlar fyto Remediering ur landskapsarkitektens synvinkel med kopplingar till design. Denna bok samt USA:s motsvarighet till Naturvårdsverket Environmental Protection Agency's (EPA) rapporter om fyto Remediering har legat till grund för mitt arbete.

Fallstudier

Jag valde att arbeta med två fallstudier inom fyto Remediering, ett fall i Malmö samt ett fall i Amsterdam. Anledningen att jag valde två fall var att försöka få en fördjupad förståelse för hur ett fyto Remedieringsprojekt fungerar i praktiken i Sverige samt i Nederländerna. Jag har valt att tillämpa mig av en kvalitativ bearbetning av mitt material och använt mig av en kvalitativ analys av fallstudierna enligt (Kvale 1997).

Flyvbjerg (2006) menar att det går att generalisera från enskilda fallstudier och att fallstudien är viktig för att ge en helhetsförståelse.

"... fallstudien är en nödvändig och tillräcklig metod för att visa viktiga forskningsuppgifter i samhällsvetenskaperna, och det är en metod som väl tål att jämföras med andra metoder i samhällsvetenskapernas metodologiska register." (Flyvbjerg, 2006, s. 26)

Ett hermeneutiskt förhållningssätt har legat till grund för tolkningsprocessen av materialet från fallstudierna. Patel och Davidson (2010) beskriver att en hermeneutisk ståndpunkt kan tillämpas i en vetenskaplig studie för att kunna tolka mänskliga handlingar eller yttringar. Med ett hermeneutiskt förhållningssätt studeras objekten utifrån den egna förståelsen (Patel & Davidson 2010). Förhållningssättet har gjort att jag kunnat få en holistisk uppfattning av de olika projektens kontext. Det har varit extra viktigt med detta förhållningssätt att betrakta referenserna efter deras pålitlighet och ställa sig kritisk till den informationen som hämtas eftersom det är lätt att bli färgad och beskriva fallet efter ens egen tolkning, som inte alltid stämmer överens med verkligheten eller referensens tolkning.

Intervjuer

De intervjupersoner som jag haft kontakt med under arbetets gång har varit viktiga ur den bemärkelsen att jag kunnat ställa följdfrågor och fått en personlig beskrivning av deras erfarenhet av fyto Remediering. Därför valde jag att ta kontakt med personer som forskar, arbetar med eller på annat sätt kommit i kontakt med metoden fyto Remediering. Syftet med intervjuerna var att få en så bra helhetsbild som möjligt eftersom jag saknade viss information kopplad till rekreation och planeringsprocessen för fyto Remediering i litteraturen. Anledningen att det var svårt att hitta information om dessa ämnen kan vara att fyto Remediering är en relativt ny saneringsmetod som ännu inte är så etablerad i Sverige. Det var svårt att hitta relevanta fyto Remedieringsprojekt i en urban kontext. Slutligen fick jag kontakt med föreningen Mykorrhiza i Malmö. När jag senare i arbetets gång fann ett aktuellt fyto Remedieringsprojekt i Amsterdams innerstad blev jag intresserad att besöka platsen och träffa initiativtagarna till projektet.

Till intervjuerna förbereddes en första del bestående av strukturerade specifika frågor och en andra del som byggde på öppna frågor enligt en kvalitativ halvstrukturerad intervjustudie enligt (Kvale 1997). Kvale (1997) menar i *den kvalitativa forskningsintervjun* att den halvstrukturerade intervjun möjliggör för följdfrågor vilket jag var ute efter.

Personerna jag har haft kontakt med:

- Greger, Maria. Docent, forskare vid Botaniska institutionen, Stockholms universitet. *Mailkontakt*, Malmö (2012-05-08), *Telefonintervju* (2012-05-14)
- Håkansson, Torbjörn, miljöinspektör Miljöförvaltningen, *telefonintervju*, Malmö (2012-05-08)
- Malmberg, Jonatan, Mykorrhiza, *intervju*, Malmö (2012-05-12)
- Nylinder, Britta, Mykorrhiza, *telefonintervju*, Malmö (2012-05-08)
- Theuws, Pieter, landskapsarkitekt på Delva Landscape Architects, *intervju*, Amsterdam (2014-03-21)

1.5 AVGRÄNSNINGAR

Fyto Remediering är ett komplext ämnesområde. Jag har valt att inte fördjupa mig i de tekniska delarna utan målet har istället varit att ge en lätt och överskådlig förklaring till hur fyto Remediering fungerar för att studenter och så många yrkesgrupper som möjligt ska kunna ta till sig informationen. Jag har valt att fokusera på fyto Remediering i ett urbant perspektiv där kopplingen till design, estetik och rekreation undersöks.

1.6 BEGREPPSORDLISTA

- **Betalningsansvarig:** Vanligtvis är det verksamhetsutövaren som har orsakat föroreningarna som är skyldig att stå för saneringskostnaderna enligt miljöbalken (Länsstyrelsen Skåne 2013).
- **Brownfield:** Övergivna industriområden som är inaktiva eller outnyttjade ofta industriella anläggningar där expansion eller ombyggnad av området har komplicerats av verkliga eller upplevda miljöföroreningar (Center for Creative Land Recycling [CCLR] 2012)
- **Deponering:** Långsiktig förvaring av avfall till exempel förorenade massor (Naturvårdsverket 2009).
- **Efterbehandlingsansvarig:** Den som är juridiskt ansvarig för att i skäligen omfattning utföra efterbehandling av förorenade områden (som har sitt upphov i verksamhet som har ägt rum före 1 augusti 2007). Både verksamhetsutövare och fastighetsägare kan vara efterbehandlingsansvariga (Naturvårdsverket 2009).
- **Ex situ behandling:** Behandling av förorenad mark, vatten eller sediment på annan plats än den förorenade platsen genom till exempel schaktning, muddring, pumpning eller motsvarande (Naturvårdsverket 2009).
- **Förorening:** Ett ämne som oftast härstammar från mänsklig aktivitet och som förekommer i jord, sediment, vatten, berg eller byggnadsmaterial i en halt som överskrider bakgrundshalten (Naturvårdsverket 2009).
- **Huvudman:** Den som är ansvarig för att genomföra efterbehandlingsutredningar eller efterbehandlingsåtgärder. Kan, men behöver inte, vara samma som efterbehandlingsansvarig (Naturvårdsverket 2009).
- **Hållbar utveckling:** Hållbar utveckling innebär enligt naturvårdsverket att ekonomisk utveckling, social välfärd och sammanhållning förenas med en god miljö. Det finns många olika definitioner av begreppet, men den vanligaste är den som finns i FN-rapporten "*Vår gemensamma framtid*" från 1987, den så kallade *Brundtlandsrapporten* (Naturvårdsverket 2012). I den beskrivs hållbar utveckling som "en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov" (Naturvårdsverket [online] 2012-05-07).
Vidare beskriver Naturvårdsverket att hållbar utveckling inte bara handlar om en god miljö, utan växer fram i samspelet mellan tre ömsesidigt beroende delar – ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet. Detta kan betyda att ekonomisk tillväxt inte får ske på bekostnad av ett segregerat och ojämlikt samhälle och en skadad miljö. Samhället bör snarare anpassas efter vad miljön och människors hälsa tolererar och investera långsiktigt i dessa resurser (Naturvårdsverket 2012).

– ***In situ behandling***: I detta arbete betyder begreppet *in situ* att rening sker direkt på den förorenade platsen (Kirkwood 2001).

– ***Känslig markanvändning (KM)***: Markanvändning där föroreningsnivåer normalt inte begränsar markanvändningen och där grundvatten och ytvatten intill området skyddas. Marken kan användas för bostäder, jordbruk, skolor och liknande (Naturvårdsverket 2009).

– ***Lakvatten***: Förorenat lakvatten från t.ex. avfallsupplag och industrimark kan spridas till andra områden och ge miljöproblem (Nationalencyklopedin 2012a).

– ***MIFO***: Naturvårdsverkets metodik för inventering av förorenade områden. Metodiken används för riskklassning (Naturvårdsverket 2009).

– ***Mindre känslig markanvändning (MKM)***: Markanvändning där föroreningsnivåer begränsar markanvändningen och där skyddet av hälsa och markmiljö på området är mindre omfattande än för känslig markanvändning. Grundvattnet är skyddat på ett visst avstånd från området. Marken kan användas för kontor, handel, industri, trafikanläggning och dylikt (Naturvårdsverket 2009).

– ***Urban sprawl***: Benämning på förorterens ohämmade tillväxt. Stadstadsutglesning är ett annat ord för urban sprawl (Nationalencyklopedin b 2012).

1.7 DISPOSITION

I kapitel 2: *förorenad mark och vatten i urbana miljöer*, ges en beskrivning av hur dagsläget ser ut inom förorenad mark, vatten och sediment och vilka aktörer som är inblandade, samt vilken roll de olika aktörerna har i saneringsarbetet för förorenad mark, vatten och sediment. I kapitel 3 presenteras *fyto Remedieringen som metod* och vilka fördelar och brister som finns med metoden. Också skötsel samt avfallsaspekten presenteras, samt fyto Remedieringen ur ett ekonomiskt perspektiv. Detta blir till grund inför kapitel 4 där två fallstudier presenteras, ett exempel från Malmö och ett exempel från Amsterdam.

Slutligen i kapitel 5 diskuteras slutsatserna av fallstudierna och litteraturstudien.

2. FÖRORENAD MARK I URBANA MILJÖER

2.1 INTRODUKTION – ATT LÄKA SKADADE PLATSER

Det finns författare som menar att vi människor idag lever i ett konsumtionssamhälle där landmassor konsumeras snarare än att tas om hand på ett hållbart sätt. Skog, naturmark och åkermark får ge vika åt businessparks, parkeringar och nya bostadsområden (Thompson & Sorvig 2007). Författarna till *Sustainable Landscape Construction: A Guide to Green Building Outdoors* menar att det är viktigt att hushålla med de naturmarker, skog och åkrar som finns och istället exploatera inåt i staden. I många städer har man problem med urban sprawl, där städer växer utåt på naturmarkers eller åkrars bekostnad (Thompson & Sorvig 2007). Thompson och Sorvig, belyser att det är viktigt att skapa en diskussion kring detta paradig. De menar att det finns fördelar med att istället återvinna stadens postindustriella platser, så kallade "brownfields" när nya bostadsområden, arbetsplatser eller parker ska anläggas. Nedgångna områden i städer som till exempel före detta industriella områden, ödeplatser eller hamnområden som inte längre är i bruk är oftast förorenade. Dessa områden har potential att göras om och få en ny användning (Thompson & Sorvig 2007). Naturvårdsverket menar också i en rapport som behandlar förorenad mark och fysisk planering att förorenad mark är attraktiv för exploatering idag, vilket kräver att marken tas med i den fysiska planeringen för den framtida staden (Naturvårdsverket & Boverket 2006).

Vi människor har genom tiderna lämnat spår efter oss i form av både organiska och oorganiska föroreningar som kan skada miljö, djur och människor. Saneringsprocessen för förorenad mark, vatten eller sedimentet är oftast komplex och innebär stora kostnader (Dixon et al. 2007). Det finns en global strävan efter att sanera förorenade platser på ett mer hållbart sätt i dagens städer (Dixon et al. 2007). Thompson och Sorvig (2007) har en hoppfull inställning till hållbar rening av förorenade platser som får inleda detta kapitel om förorenad mark i urbana miljöer:

"Fortunately, landscapes, like people, have a remarkable ability to heal."

(Thompson & Sorvig 2007, sid. 71)

Förorenade miljöer i urban kontext

Många olika faktorer påverkar hur pass svårt marken är förorenad och hur pass komplext det är att rena förorenad mark, vatten eller sediment i städer. Jorden kan vara förorenad av en rad olika föroreningar. Vanliga förekommande föroreningar kommer från till exempel gödslingsmedel, bekämpningsmedel, läckor från underjordiska oljetankar, avloppsvatten och lakvatten från deponier (Hazelton & Murphy 2011). Hazelton och Murphy, författare till *Understanding soils in urban environment*, menar att förorenad mark idag är en aktuell planeringsfråga över hela världen med tanke på de miljömässiga och ekonomiska hälsoaspekter som spelar in och påverkar oss människor.

I början på 1800-talet var miljömedvetandet allmänt lågt och det saknades regulatorer av farliga utsläpp i samband med jordbruk och industriella aktiviteter

(Hazelton & Murphy 2011). Detta har lett till att vi idag har föroreningar i marken på två olika skalor:

- Svårt förorenad mark på lokaliserade avgränsade platser på t ex postindustriella områden eller före detta gruvor.
- Mindre grad förorenad mark men på ett större område, i samband med jordbruk eller urbana, industriella aktiviteter, t ex utsläpp från bilar och industrier (Hazelton & Murphy 2011).

Länsstyrelserna i Sverige har identifierat att det finns omkring 82 000 förorenade områden i Sverige i dagsläget varav 1300 förorenade områden bedöms utgöra *riskklass 1*, mycket stor risk för miljön och människors hälsa, samt 13 000 med stor risk, *riskklass 2* (Svenska Miljömålsportalen 2014). 1390 områden har sanerats och omkring 1789 områden är pågående saneringsprojekt (Svenska Miljömålsportalen 2014). Det är platser som innehåller gifter och anses hota människor, djur och natur i olika omfattning. Dessa har tillkommit till största del p.g.a. spill, utsläpp och olyckshändelser (Svenska Miljömålsportalen 2014).

Utsläpp av giftiga ämnen är inget nytt utan har funnits långt tillbaka i historien. Till en början i naturliga processer så som vulkanutbrott och skogsbränder (Falk & Ronnheden 2010). Människan har också förorsakat föroreningar genom antropogena utsläpp från gruvdrift och bearbetning av tungmetaller redan innan industrialismens början. När industrialiseringen tog fart och industrierna ökade runt om i världen, ökade också utsläppen av föroreningar (Falk & Ronnheden 2010). Tillkomsten av de flesta föroreningarna har dock hamnat i marken under efterkrigstiden och fram till 1980-talet. Dessa giftiga miljöer återfinns ofta på deponier, bensinstationer, vattenområden med fibersediment, gamla gasverkstomter och industrifastigheter och leder i sin tur till förgiftningar av mark, grundvatten, sediment, byggnader och anläggningar (Naturvårdsverket 2009). Trots att regleringar finns i dagsläget, sker utsläpp av giftiga ämnen och då främst genom bekämpningsmedel och produkter innehållande tungmetaller så som kvicksilver, bly, arsenik och kadmium. Organiska föroreningar som PCB, dioxiner, cancerogena PAH: er och bekämpningsmedel återfinns ofta vid inventeringar (Naturvårdsverket & Boverket 2006). Även blyad bensen, järnvägar och vissa metallklädda ledningar är bidragande faktorer. Det är ämnen som det råder förbud för att använda idag men som finns i vår närmiljö (Falk & Ronnheden 2010).

Miljömålet Giftfri miljö

Sveriges riksdag beslutade 1999 att anta 16 vägledande miljö kvalitetsmål för att värna om människors hälsa, främja biologisk mångfald, skydda ekosystem, hushålla med naturresurser och ta till vara på kulturhistoriska värden. Ett av dessa är målet om en 'giftfri miljö' som har till mål att vara uppfyllt 2020. Målet anses dock inte möjligt att nå upp till år 2020 med de styrmedel som finns idag, då föroreningssituationen är komplex (Svenska Miljömålsportalen 2014). Miljö kvalitetsmålet "giftfri miljö" definieras enligt följande:

"Förekomsten av ämnen i miljön som har skapats i eller utvunnits av samhället ska inte hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden. Halterna av naturfrämmande ämnen är nära noll och deras påverkan på människors hälsa och ekosystemen är försumbar. Halterna av naturligt förekommande ämnen är nära bakgrundsnivåerna." (Svenska Miljömålsportalen[online] 2014-04-07).

Efterbehandlingen av förorenade områden i Sverige ingår som ett delmål inom miljömålet *Giffri miljö* (Länsstyrelsen Skåne 2013). De förorenade områdena ska vara sanerade senast år 2050 enligt delmålet (Svenska Miljömålsportalen 2014).

Nätverket Renare Mark

Den 1-2 april 2014 fick jag chansen att närvara på nätverket ”Renare Marks” vårmöte i Jönköping som studentdeltagare. ”Renare mark” är ett nätverk för forskare, myndigheter, konsulter och entreprenörer som jobbar med förorenad mark, vatten och sediment i Sverige. Nätverket fungerar som ett forum för att knyta kontakter, utbyta kunskap och erfarenheter mellan olika inblandade aktörer inom förorenad mark (Renare Mark 2014). Nätverket bildades 2001, då det saknades en mötesarena för inblandade parter. Idag har nätverket ca 800 medlemmar och jobbar aktivt för att stärka kommunikationen och kunskapsutbytet mellan de olika expertisgrupperna (Renare Mark 2014).

Vårmetet började med ett studiebesök på en brownfield plats i Jönköping vid Munksjös före detta fabriksområde. Pappersindustrierna har lämnat efter sig föroreningar av bland annat tjära och olja vilket innehåller PAH-er. Saneringsarbetet har påbörjats med schaktning och inneslutning som saneringsmetod. På området planeras 17 nya bostadskvarter (Renare Mark 2014).

Den andra dagen bestod utav föreläsningar med representanter från olika branscher inom förorenad mark från bland annat Länsstyrelsen, Naturvårdsverket, Statens geotekniska institut (SGI), Statens geotekniska undersökningar (SGU), forskare från Chalmers Universitet och olika kommuner och företag. Anledningen till att jag valde att delta på mötet var att jag tyckte att det var en bra chans att få en övergripande förståelse för de olika inblandade aktörerna och deras roller inom förorenad mark. Konferensens huvudtema *“Hållbar stadsutveckling – hur ska staden växa?”* föll också väl in i mitt arbete *Läkande landskap – att rena mark och vatten med fytoremediering i urban kontext*. I nästkommande avsnitt presenteras vilka aktörer som är inblandade i arbetet av förorenade områden samt de olika aktörernas roller.

Vem gör vad? De olika aktörerna och deras roller

Det finns många olika aktörer som är inblandade i förorenad mark vilket jag fick förståelse för på Renare Marks vårmöte.

Naturvårdsverket är den statliga myndighet som leder arbetet av förorenade områden genom att ta fram rapporter som underlag till regeringen (Falk & Ronnheden 2010). Det är Naturvårdsverket som står för finansieringen och fördelar pengar till arbetet med förorenade områden. Länsstyrelserna i sin tur ansöker om bidrag från Naturvårdsverket. Kommunerna eller annan huvudman söker sedan bidrag hos Länsstyrelserna. Målet är att den största delen av anslaget för förorenade områden ska gå till åtgärder. Cirka 375 miljoner kronor är beräknade att fördelas för åtgärder av förorenade områden under 2014 (Naturvårdsverket 2013).

Länsstyrelsernas roll är att ha det övergripande regionala ansvaret och vara vägledande inom förorenad mark till kommunerna. Länsstyrelsen har också till uppgift att först identifiera och sedan inventera förorenad mark och dela in de förorenade områdena i olika riskklasser. Länsstyrelsen undersöker, granskar och riskklassar förorenade områden med hjälp utav MIFO, Naturvårdsverkets metodik för inventering av förorenade områden (Naturvårdsverket 2009).

Utifrån resultatet kan Länsstyrelsen sedan ge statliga finansieringar till de högst

prioriterade förorenade områdena i olika kommuner. Det finns fyra olika klasser där *riskklass 1* innebär mycket stor risk för människor och djur. Områden som ingår i denna riskklass är mest prioriterade att saneras (Naturvårdsverket 2009). Offentlig information om alla identifierade förorenade platser finns samlade i en databas, EBH-stödet som Länsstyrelsen ansvarar för (Länsstyrelsen Skåne 2013).

Kommunerna arbetar också med tillsyn, undersökningar och utredningar av förorenade områden (Naturvårdsverket 2013). På Naturvårdsverkets hemsida finns information om att ett kommunalt tillsynsärende ofta börjar med att en verksamhetsutövare har gjort en undersökning och hittat föroreningar. Om föroreningar påträffas är man skyldig att direkt ta kontakt med en tillsynsmyndighet (Naturvårdsverket 2013). Tillsynsmyndighet är antingen Länsstyrelsen eller kommunen (Naturvårdsverket 2013). Vanligtvis är det verksamhetsutövaren som har orsakat föroreningarna som är skyldig att stå för saneringskostnaderna enligt miljöbalken (Länsstyrelsen Skåne 2013). I vissa fall kan fastighetsägaren bli skyldig att stå för kostnaderna om det inte längre finns någon ansvarig verksamhetsutövare, till exempel att företaget gått i konkurs eller att fastighetsägaren förvärvat fastigheten innan den 1 januari 1999, eller i enstaka fall att fastighetsägaren känt till föroreningarna vid förvärvet av fastigheten. Om ansvarig saknas helt kan staten stå för hela eller vissa av saneringskostnaderna (Länsstyrelsen Skåne 2013). När det gäller statsfinansierade saneringsåtgärder fungerar kommunen i många fall som huvudman (Renare Mark 2014).

Två statliga organisationer som är inblandade är SGU och SGI. SGU utreder och efterbehandlar områden där staten själv har ett ansvar, men där den statliga organisation som orsakat föroreningen inte längre finns kvar. SGU kan också vara huvudman för bidragsfinansierade åtgärdsprojekt om kommunen inte har möjlighet till det. SGI ansvarar för forskning, utveckling av teknik och kunskapsuppbyggnad som rör förorenade områden (Naturvårdsverket 2013). En viktig uppgift som SGI driver och som förmedlades på vårmötet Renare Mark den 2 april 2014 är att utveckla fler hållbarare metoder för efterbehandling av förorenad mark. I nuläget finns i praktiken nästan bara en, nämligen schaktsanering med deponering. SGI ger också expertstöd till bland annat länsstyrelser (Naturvårdsverket 2013).

Det är som sagt många olika aktörer inblandade i förorenad mark. Även andra statliga organisationer, universitet och högskolor arbetar med förorenade områden. Värt att nämna är också att försvarsmakten har en egen tillsynsmyndighet som heter Generalläkaren. Det finns också idag privata aktörer som till exempel den största privata aktören, SPI Miljösaneringsfond (SPIMFAB) som är oljebolagens miljösaneringsfond (Naturvårdsverket 2013).

Det finns också andra intressegrupper och yrkesgrupper som är inblandade i förorenad mark, saneringsarbetet samt arbetet med så kallade brownfields. På nästkommande sida presenteras en förenklad översikt av klustret av aktörer som är inblandade enligt en tolkning från Dixon et al. (2007, s.71).



Figur 2. (Illustration: Fanny Lundén 2014-05-06)

2.2 FÖREKOMMANDE SANERINGSMETODER

I detta avsnitt presenteras de vanligaste förekommande saneringsmetoderna. Den mest förekommande saneringsmetoden i Sverige är schaktning och deponering där den förorenade jorden transporteras till annan plats ex-situ (Miljö & Utveckling 2003). Beräkningar av Naturvårdsverket visar att 75 procent av de förorenade jordmassorna går på deponi (Naturvårdsverket 2006). Greger (2012) menar att man kommit längre med hållbarare saneringsmetoder i USA. Men forskningen kring hållbarare saneringsmetoder går framåt i Sverige (Greger 2012). De vanligaste förekommande saneringsmetoderna kan delas upp i 4 huvudgrupper enligt Miljö & Utveckling (2003):

- Fysikaliska saneringsmetoder
- Kemiska saneringsmetoder
- Termiska saneringsmetoder
- Biologiska saneringsmetoder

Fysikaliska saneringsmetoder

Fysikaliska saneringsmetoder innebär bland annat *jordtvätt*, vilket lämpar sig för förorenad mark där många olika föroreningar ingår. Bäst resultat uppnås med metaller som sorterar efter olika fraktioner. Föroreningarna binds till de mest finkorniga fraktionerna. Genom att sortera bort de mest finkorniga kan föroreningarna rensas ut (Miljö & Utveckling 2003).

Andra exempel på fysikaliska saneringsmetoder är *luftning av marken*, *inkapsling*, *invalning* och *markfilter* (Naturvårdsverket 2006).

Kemiska saneringsmetoder

Kemiska saneringsmetoder innebär att antingen laka ur eller omvandla föroreningarna. *Kemisk lakning* innebär att man tillsätter lösningsmedel i jordmassan och blandar i en tank. Tillsatsen av lösningsmedel gör att föroreningarna koncentreras och därmed är det lättare att ta hand om föroreningarna. Kemisk rening kan också ske utan att jorden grävs upp. Enkelt uttryckt spolar marken med vatten blandat med olika tillsatser, som tar med sig föroreningarna genom ett filter. Denna metod är dock ej etablerad i Sverige (Miljö & Utveckling 2003).

Termiska saneringsmetoder

Termiska saneringsmetoder innebär någon form av uppvärmning av de förorenade jordmassorna. Det förekommer två huvudgrupper, *förbränning* och *termisk avdrivning*. Genom förbränning förstörs föroreningarna totalt medan avdrivningen görs med lägre temperaturer (mellan 100 och 600 grader), vilket gör att föroreningarna lossnar för att sedan tas om hand genom rökgasrening (Miljö & Utveckling 2003).

Biologiska saneringsmetoder

Biologiska saneringsmetoder bygger på naturliga processer i marken där svampar, mikroorganismer och bakterier har förmågan att bryta ner föroreningarna till mindre farliga eller helt ofarliga ämnen. Förutsättningarna för biologisk nedbrytning av föroreningar är att det finns aktiva mikroorganismer i marken. De finns två huvudprinciper. Den ena går ut på att optimera temperatur, syrehalt och

näringsämnen i jorden för att stimulera mikroorganismer. Den andra metoden går ut på att tillsätta mikroorganismer. Biologisk sanering kan ske på plats, in-situ eller transporteras till en reningsstation på annan plats så kallad ex-situ (Miljö & Utveckling 2003). Fytoremedieringsmetoden ingår under de biologiska saneringsmetoderna och kommer att förklaras i nästkommande kapitel.

3. VAD INNEBÄR FYTOREMEDIERING?

3.1 FYTOREMEDIERING SOM METOD

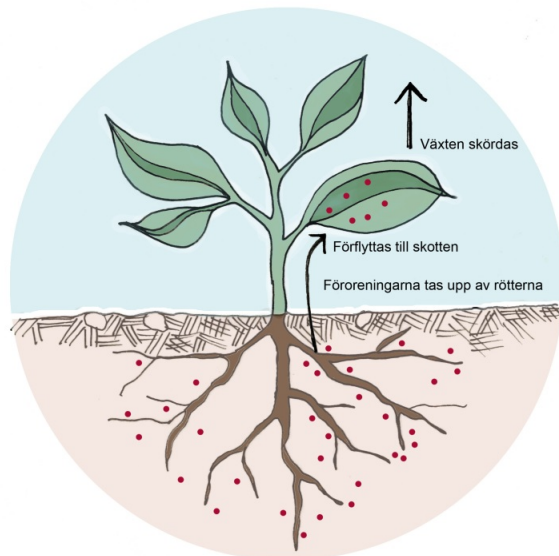
Ordet fyto Remediering kommer från de grekiska orden "fyto" som betyder växt, och "remedium" som betyder att befria från skada (Falk & Ronnheden). Nationalencyklopedin beskriver fyto Remediering som följande "rening av jord och vattendrag från skadliga substanser med hjälp av växter." (Nationalencyklopedin c [online] 2012-04-12).

Elizabeth Pilon Smits skriver i sin avhandling från Colorado State University att fyto Remediering sedan tio år tillbaks har blivit alltmer accepterat som en reningsmetod. Hon beskriver också att fyto Remediering de senaste tio åren blivit uppmärksammat inom forskning (2005). I boken *Living Systems* betonar också Margolis och Robinson att det finns ett ökande intresse för fyto Remediering. Författarna menar att forskare idag undersöker tekniker för att kunna rena förorenad mark på plats istället för att schakta bort den förorenade jorden som är en kostsam metod (Margolis & Robinson 2007). Margolis och Robinson (2007) understryker att utvecklingen inom sanering av förorenad mark går mot en mer hållbar strategi. Att man mer och mer strävar efter att ta hand om den förorenade jorden på plats med olika tekniker av fyto Remediering.

Pilon Smits (2005) skiljer på olika slags fyto Remedieringsprocesser som presenteras i nedanstående avsnitt enligt sin avhandling om fyto Remediering:

Fytoextraktion

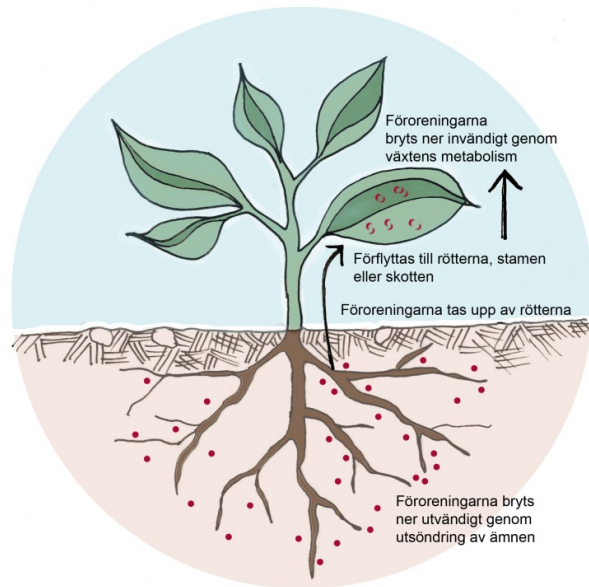
I denna metod kan växter eller träd användas för rening av mark i och med att föroreningar tas upp via rötterna och sedan ut i själva växten. Det är viktigt att biomassan är hög och att växterna har en snabb tillväxt för att växterna ska kunna ta upp så mycket föroreningar som möjligt. Metoden förutsätter att växtmaterialet skördas kontinuerligt eftersom föroreningarna finns kvar i växten. Eftersom växten innehåller föroreningar klassas växtmaterialet som förorenat avfall. Det är därför nödvändigt att man använder reningsfilter om man förbränner materialet (Pilon Smits 2005). I vissa fall kan man återanvända värdefulla metaller. Detta benämner författaren som "Phytomining" och kommer att förklaras mer senare i detta arbete i kapitlet *skötsel och avfall* (Pilon Smits 2005).



Figur 3. Fytoextraktion. (Illustration: Fanny Lundén, 2014-04-06)

Fytodegradering

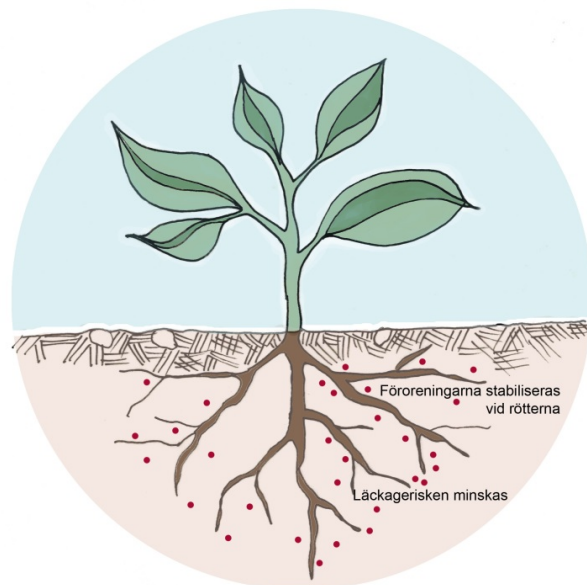
Vid fytodegradering bryter växten ner föroreningarna, det sker i eller utanför växten med hjälp av dess metabolism och utsöndring av ämnen (Pilon Smits 2005).



Figur 4. Fytodegradering. (Illustration: Fanny Lundén, 2012-05-06)

Fytostabilisering

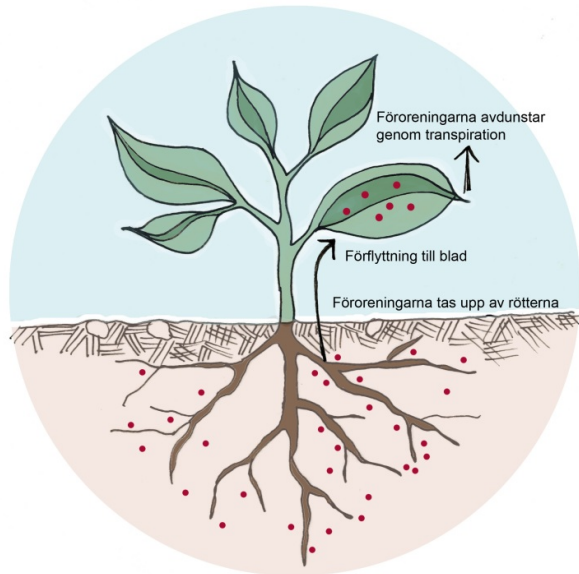
Fytostabilisering innebär att man med hjälp av växter stabiliserar en jord för att minska erosion och läckage av föroreningar. Ämnena kan absorberas och ackumuleras vid växternas rötter, absorberas i rötterna eller fällas ut i rotzonen, rhizosfären. Alla tre alternativen innebär att de giftiga ämnena immobiliseras (Pilon Smits 2005).



Figur 5. Fytostabilisering. (Illustration: Fanny Lundén 2012-05-06)

Fytoavdunstning

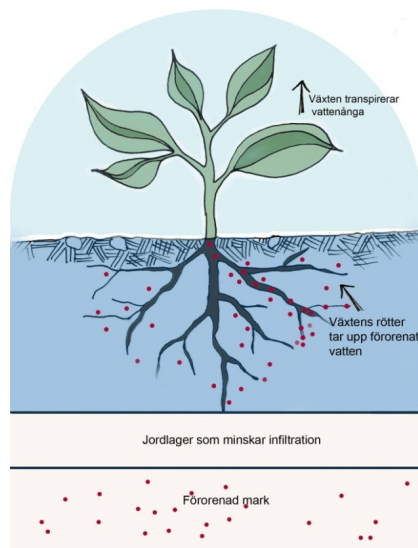
Vid fytoavdunstning tas föroreningarna upp i växten för att sedan avdunsta tillsammans med vatten (Pilon Smits 2005).



Figur 6. Fytoavdunstning (Illustration: Fanny Lundén 2012-05-06)

Täckningssystem

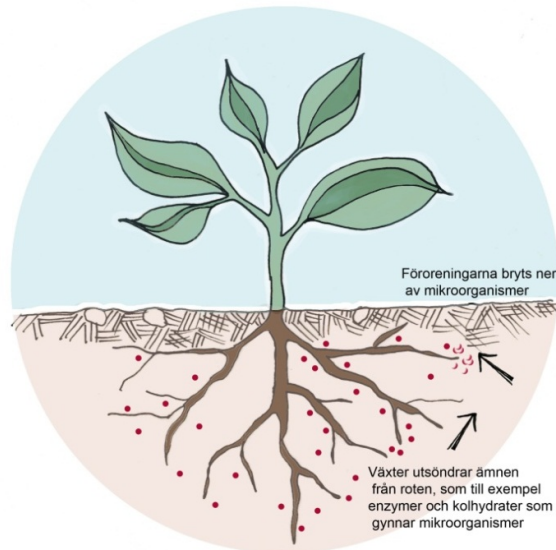
Fytoremediering som täckningssystem utnyttjar växters förmåga att ta upp och transpirera stora mängder vatten. Det man vill uppnå med en täckning är att isolera föroreningarna för att undvika direktkontakt med människor och djur, minimera perkolationen av vatten till underliggande föroreningar, samt förhindra att eventuellt bildad gas inte läcker ut (EPA 2000). Genom att täcka deponier kan man minska mängden vatten som når ner till det deponerade materialet, med resultatet att även läckaget av lakvatten minskar (Pilon Smits 2005).



Figur 7. Täckningssystem (Illustration: Fanny Lundén 2012-05-06)

Rhizodegradering

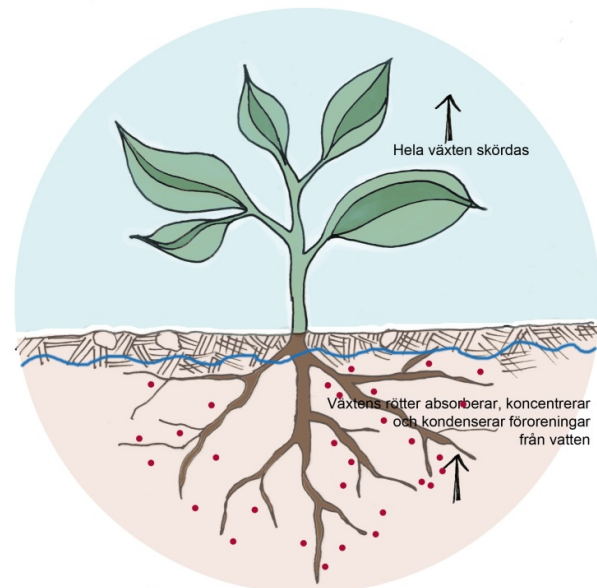
Vid utökad rhizodegradering gynnar växten mikroorganismer som i sin tur bryter ner föroreningarna (Pilon Smits 2005).



Figur 8. Rhizodegradering. (Illustration: Fanny Lundén 2012-05-06)

Rhizofiltrering

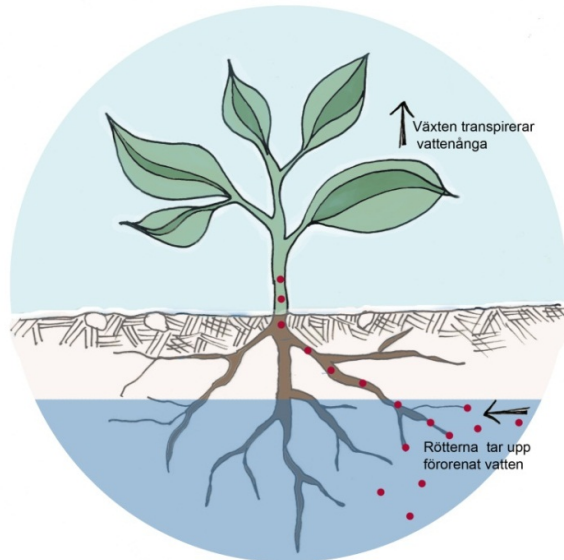
Vid rhizofiltrering tas föroreningar lösta i vatten upp i växten för att sedan avlägsnas genom skörd. (Pilon Smits 2005).



Figur 9. Rhizofiltrering. (Illustration: Fanny Lundén 2012-05-06)

Hydraulisk kontroll

Metoden går ut på att behandla förorenat grundvatten och bygger på växtens förmåga att ta upp vatten och sedan transpirera vattenånga. Rötternas vattenupptag gör att vatten från ett förorenat område rör sig uppåt för att tas upp i rötterna, vilket innebär minskat lakvatten från området. I samband med detta sänks grundvattennivån utanför rötternas influensområde och man kan påverka vattnets strömning och därmed spridning av föroreningarna. Metoden kan tillämpas på grundvatten, ytvatten och markvatten (Pilon Smits 2005).



Figur 10. Hydraulisk kontroll. (Illustration: Fanny Lundén 2012-05-06)

3.2 FAKTORER SOM PÅVERKAR FYTOREMEDIERINGENS EFFEKTIVITET

Fytoremediering som metod har slagit igenom starkast i USA där man bland annat tillämpat metoden på områden som förorenats vid sprängämnestillverkning eller av petroleum (Nationalencyklopedin 2012c). I Sverige är metoden relativt ny (Falk & Ronnheden 2010). Falk och Ronnheden (2010) menar att det finns många faktorer som avgör hur effektiv fytoremedieringen är som metod. I Sverige har vi ett kallare klimat och mindre arealer jämfört med USA och kan därför vara två orsaker till varför fytoremedieringen används mer i USA (Falk & Ronnheden 2010). Vidare beskriver Falk och Ronnheden (2010) att följande faktorer påverkar fytoremedieringen:

- Bevattningsbehovet, ett bevattningssystem är rekommenderat för effektiv fytoremediering
- pH-värde, kan behöva regleras för att maximera växternas tillväxt
- Vatteninnehållet
- Näringsinnehållet
- Jordstrukturen
- Salthalten
- Den luftfyllda porositeten
- Texturen, eftersom den påverkar den fukthållande förmågan och dräneringen.
- Temperaturen i jorden, har bland annat inverkan på grodd av frön.
- Fritt jorddjup, avståndet till berggrunden eller annat rotstopp.
- Kontroll av skadegörare som fåglar, betare, insekter.
- Klimatet, antal soltimmar och nederbörd

3.3 EKONOMISKT PERSPEKTIV

Här presenteras fyto Remediering ur ett ekonomiskt perspektiv. Det finns flera forskare som menar att fyto Remediering är en fördelaktig saneringsmetod då kostnaderna är lägre än mer traditionella metoder. Det är viktigt att projektledaren för ett fytosaneringsprojekt ser till att olika utgifter minimeras och tar tillvara på alla kostnadsbesparande åtgärder (Beauchamp & Dzantor 2002).

Traditionella saneringsmetoder så som schaktning eller inkapsling kan komma att kosta så mycket som 50 till 500 amerikanska dollar per ton av förorenad jord (Beauchamp & Dzantor, 2002). Det finns även en risk av spridning av metallföroreningar under transporten av jorden eller sedimentet när det förorenade jorden ska behandlas ex-situ. Tidigare genomförda fyto Remedieringsprojekt i USA har visat kostnadsbesparingar på 50 % för utvinning av tungmetaller och upp till 80 % för rening av petroleumkolväten från jord, jämfört med traditionella metoder (EPA 2001). Även Chappell (1997) visar i sin forskningsrapport att fyto Remediering kan vara en kostnadseffektivare saneringsmetod. Chappell (1997) visar i en studie av fytoextraktion av metaller att kostnaden kan hållas nere till en tredjedel för kostnaden av traditionella saneringsmetoder. Det är emellertid viktigt att nämna att för att fyto Remedieringen ska bli kostnadseffektiv krävs goda förutsättningar, så som till exempel klimat, jordegenskaper och skydd mot skadedjur och sjukdomar som tidigare nämnts i 3.2 *faktorer som påverkat fyto Remedieringens effektivitet*.

Pamela Brown belyser den ekonomiska aspekten av fyto Remediering i sin rapport *Phytoremediation: A New Avenue For Landscape Architecture* från 2005. Hon har i sin rapport jämfört den ekonomiska kostnaden av fyto Remediering med en konventionell saneringsmetod och kommit fram till att fyto Remediering kan löna sig ekonomiskt på lång sikt (Brown 2005). Hon menar också att det är värdefullt att ta vara på den mark som finns i staden i och med att städer expanderar. Som tidigare nämnts i detta arbete finns många urbana platser som står tomma idag och är förorenade. Brown 2005 menar att det finns det behov av att rena dessa platser. Författaren belyser att det kan vara en fördel att använda fyto Remediering på dessa så kallade "brownfields", inte bara för reningens skull utan också ur ett socialt och ekonomiskt perspektiv där platserna blir estetiskt tilltalande med växtmaterial och marknadsvärdet för fastigheten ökar (Brown 2005).

3.4 VILKA FÖRDELAR FINNS DET MED ATT TILLÄMPA FYTOREMEDIERING?

Nedan presenteras ekonomiska, ekologiska samt sociala/upplevelsemässiga fördelar med fyto Remediering utifrån litteraturstudien.

Ekonomiska fördelar

- Låga kapital- och driftskostnader (McCutcheon & Schnoor 2003).
- Metallerna som växterna tar upp kan återvinnas, vilket kan ge ekonomiska fördelar och är hållbart ur miljösynpunkt. Processen kallas "phyto-mining" (Theuws & Wilschut 2009).

- Flexibel reningsmetod då den kan ses som en permanent eller temporär saneringsmetod. Fytoremediering kan också i vissa fall användas som en kompliterande saneringsmetod eller som en saneringsmetod som kan användas på ödeområden som inte har någon markanvändningsplan. Där kan fytoremediering tillämpas för att rena platsen i väntan på vidare direktiv om markanvändning och efterbehandlingsplan (Theuws & Wilschut 2009; EPA 2001).
- Kan tillämpas på en mängd olika föroreningar, både organiska föroreningar samt metaller (Theuws & Wilschut 2009; EPA 2001).
- Fytoremediering kan innebära kostnadsbesparingar på 50 % för utvinning av tungmetaller och upp till 80 % för avlägsnande av petroleumkolväten från jord jämfört med traditionella saneringsmetoder (EPA 2001).

Ekologiska fördelar

- Växtbiomassorna kan användas för bioenergi (Theuws & Wilschut 2009).
- Reningen sker på plats in- situ, vilket innebär att schaktning och deponi undviks, samt markstrukturen kan bibehållas. Minimerar på så vis utsläpp av avgaser från transport av förorenad jord genom bostadsområden. Också minimeras risken för att förorenade jordpartiklar sprids i luften i bostadsområden som kan utgöra risker för människors hälsa (McCutcheon & Schnoor 2003).
- Fytoremediering kan användas för att minska erosion vid vattenbryn, växters rötter kan stabilisera kanterna vid vattendragen och också ge en bättre livsmiljö för djur och insekter (EPA 2001).
- Fytoremediering kan ge förbättrad luftkvalité, gynna meso- samt mikroklimat, sänka temperaturen och gynna biologisk mångfald, (You are the city 2011).
- Fytoremediering hjälper till att ta hand om dagvattnet och förbättrar infiltrationen av nederbörd i marken samt kan minska risken för översvämningar (You are the city 2011).

Sociala/upplevelsemässiga fördelar

- Fytoremediering kan bidra till att absorbera buller (You are the city 2011).
- Estetiskt tilltalande med dekorativa växter och träd (You are the city 2011).
- Fytoremediering kan tillföra värden till samhället i stort. Att stödja fytosanering kan vara en bra strategi för städer. Utöver det ökade värdet på fastigheten kan också fytoremediering bidra till att bygga upp en känsla av

delaktighet hos de närboende, fastighetsägare eller samhällsgrupper om de får chansen att engagera sig i den fleråriga reningsprocessen (You are the city 2011).

- En skönhetsupplevelse kombinerat med rekreation kan bidra till ökat välmående (Theuws & Wilschut 2009).

3.5 BRISTER MED FYTOREMEDIERING

Nedan presenteras brister med fyto Remediering utifrån litteraturstudien.

- Långsammare än andra traditionella saneringsmetoder som schaktning och deponering (Theuws & Wilschut 2009). Ibland kan exploateringstrycket vara högt och det finns inte tid att använda sig av fyto Remediering (EPA 2001).
- Inställningen från politiker och byråkratiska problem kan sätta käppar i hjulet i fyto Remedieringsprocessen då få beslutsfattare känner till fyto Remediering. Maria Greger menar att fyto Remediering inte utnyttjas till sin fulla potential i dagsläget. Maria Greger menar också att det behövs fortsatt forskning på detta område så att fler resultat finns att tillgå som kan övertyga beslutsfattare att tillämpa fyto Remediering (Greger 2012). Theuws och Wilschut (2009) Menar också att fyto Remediering är en relativt ny saneringsmetod där mer forskning på metoden behövs.
- Kan endast ta upp föroreningar som ligger inom växtens rotzon. När växterna blir äldre (särskilt träd), utvecklas rotstrukturen och deras förmåga att behandla djupare nivåer av föroreningar förbättras (Theuws & Wilschut 2009).
- Säsongsberoende, flera växtsäsonger kan krävas innan fytosaneringen blir effektiv (Theuws & Wilschut 2009).
- Fyto Remediering har tekniska begränsningar i samband med de typer och nivåer av föroreningar som finns, markens egenskaper, risker med acceptabel exponering och andra platsspecifika överväganden (EPA 2001).
- Risk att föroreningarna tas upp av djur och insekter i näringskedjan (EPA 2001).
- Luftföroreningar, i vissa fall kan luftföroreningar förekomma då de upptagna föroreningarna i växten inte har brutits ner utan istället transpireras och kan släppas ut i luften (EPA 2001).
- Hyperackumulatorer som har förmågan att extrahera stora mängder föroreningar är oftast långsamväxande (Theuws & Wilschut 2009).

- Fytoremediering kan ej reducera föroreningarna till 100 % (Theuws & Wilschut 2009).
- En hög metallkoncentration kan bli giftigt för växterna och göra det svårt för växterna att etablera sig och växa (Theuws & Wilschut 2009).
- Saneringsentreprenören och huvudmannen kan ha liten erfarenhet av metoden eftersom det är en relativt ny saneringsmetod (Theuws & Wilschut 2009).

3.6 SKÖTSEL OCH AVFALL

I detta avsnitt beskrivs kortfattat hur skötseln av fytoremedieringsväxterna går till och hur avfallet tas om hand om.

Skötsel

Fytoremediering har som tidigare nämnts låga kapital-och driftskostnader (McCutcheon & Schnoor 2003). För ett lyckat fytosaneringssystem krävs dock ett upprättande av en skötselplan (EPA 2001). Det är nödvändigt med en kontinuerlig skötsel som övervakas och utvärderas regelbundet för att uppnå effektivitet och framsteg. Övervakningen kan hjälpa till att bestämma hur fortsatt drift och underhåll ska ske på mest effektivt sätt. Underhåll krävs också för att erhålla en fungerande jord där tillväxten av växterna gynnas, vilket ger mer biomassa och på så sätt gynnar fytoremedieringens effektivitet (EPA 2001). Ogräsbekämpning och bevattning är två viktiga metoder enligt EPA (2001). Spridning av vissa ogräs, skadedjur och sjukdomar kan orsaka minskad tillväxt (EPA 2001). Det kan vara nödvändigt att rotera grödor för att bibehålla en ökad biomassa produktion. Ogräs kan kontrolleras av mekaniska eller kemiska metoder (EPA 2001). Ett bevattningssystem kan kompensera för normala förluster till avdunstning och transpiration. Droppbevattning tenderar att minimera avdunstning av vatten, förbättra effektiviteten och minska kostnaderna (EPA 2001).

Så hanteras avfallet

Ett fytoextraktionsystem, innebär att växtmaterialet måste skördas och avfallet måste tas om hand om. Som tidigare nämnts finns det risk att växter som ackumulerar föroreningar kan utgöra risk för spridning av föroreningar i livsmedelskedjan om växterna förbrukas av insekter eller djur. Risken att djur ska förtära växterna är dock relativt liten i urbana områden men bör tas hänsyn till (You are the city 2011). Det är viktigt att undersöka vilka djur eller insekter som finns i området och beakta detta i planeringsprocessen (EPA 2001).

Beauchamp och Dzantor (2002) forskare inom fytoremediering från University of Maryland menar att ofta är den största oron och den mest återkommande frågan om fytoremediering – vad som händer med avfallet efter att växterna tagit upp föroreningar och om detta kan utgöra risker för människors hälsa. Enligt Beauchamp och Dzantor (2002) går det att källsortera biomassan och ta till vara på metallerna i växterna. Även som tidigare nämnts i detta arbete förespråkar också Pilon-Smits (2005) denna metod som kallas ”phytomining” Beroende på

metallhalten och metallens värde kan metallerna komma att stå för saneringskostnaderna och till och med ge en vinst (Beauchamp & Dzantor 2002).

3.7 VÄXTVAL UTIFRÅN FÖRORENINGAR

Tabellen är en sammanställning av ett urval av vanliga förekommande organiska samt oorganiska föroreningar. Tabellen visar riktvärden för förorenad mark och vilken typ av process som kan vara aktuell, samt förslag på växter. *KM* står för känslig markanvändning och *MKM* mindre känslig markanvändning. OBS, tabellen läses från vänster till höger och hänger ihop med tabellen på nästkommande sida där växtmaterial presenteras.

Tabell 1. Tabellen är förenklad och har till syfte att ge en snabb översikt. Tabellen fortsätter på nästkommande sida. (Pilon-Smits 2005; McCutcheon & Schnoor 2003; United States environmental protection agency [EPA] 2001; Naturvårdsverket 2009). (Illustration: Fanny Lundén 2012-05-06)

FÖRORENING	RIKTVÄRDEN FÖR FÖRORENAD MARK (MG/KG TORRSUBSTANS)		PROCESS
	KM	MKM	
Arsenik	10	25	Fytoextraktion, rhizofiltrering
Bly	50	400	Fytoextraktion, fytostabilisering
Krom	2	10	Fytoextraktion, fytostabilisering, rhizofiltrering
Kvicksilver	0,25	2,5	Fytostabilisering, fytoextraktion, rhizofiltrering
Kadmium	0,5	15	Ackumulering, fytoextraktion, rhizofiltrering
Zink	250	500	Ackumulering, rhizofiltrering
Koppar	80	200	Fytoextraktion, ackumulering, rhizofiltrering
PCB	0,008	0,2	Fytodegradering, rhizodegradering
PAH hög molekylvikt	1	10	Fytodegradering, rhizodegradering, fytoextraktion
PAH medel molekylvikt	3	20	
PAH låg molekylvikt	3	15	
MTBE	0,2	0,6	Fytodegradering, fytoextraktion, rhizodegradering

Fortsättning på tabellen från förgående sida

EXEMPEL PÅ VÄXTER



4. EXEMPEL PÅ TILLÄMPNINGAR I OLIKA SKALA OCH KONTEXT

4.1 FALLSTUDIE FÖRENINGEN MYKORRHIZA I MALMÖ – Odling på stadsmark, när problem vänds till möjligheter

I detta kapitel presenteras ett konkret exempel på ett småskaligt fytosaneringsprojekt i Malmö. Fallstudien redovisar projektets process och vilka aktörer som var inblandade. Exemplet tar upp de positiva aspekterna av ett småskaligt fyto Remedieringsexperiment men också komplexiteten med att vara en ideell forskningsgrupp i ett marksaneringsprojekt som detta. Inledande ges en bakgrund av Mykorrhiza som förening. Detta för att ge ett sammanhang och en förståelse för föreningens värdegrunder som ligger till grund för marksaneringsprojektets tillkomst. Delar av en intervju med Jonatan Malmberg och Britta Nylinder, medlemmar i Mykorrhiza presenteras. Maria Greger, forskare inom fyto Remediering på Stockholms universitet samt en telefonintervju med Thorbjörn Håkansson miljöinspektör på Malmö miljöförvaltning presenteras också. Alla har varit inblandade i marksaneringsprojektet i Enskifteshagen i Malmö och ger sin bild utav fytosanering som metod.



Figur 11. Gemensamhetsodlingar i Enskifteshagen, Malmö.
(Illustration efter © Lantmäteriet 2013 kartmaterial, Fanny Lundén 2012-05-06)

Mykorrhiza i sin kontext, intervju med Jonatan Malmberg

Storlek: 1200 kvadratmeter

Läge: Enskifteshagen i östra Malmö ca 30 min promenad från centralstationen

Föreningar: Organiska föreningar samt tungmetaller

Idé: Testprojekt av fyto Remediering i liten skala med salixodlingar i samband med stadsodling.

Jag befinner mig i Enskifteshagen, belägen mellan några bostadsområden i östra delen av Malmö. Jag är här för att träffa Jonatan Malmberg som är medlem i Mykorrhiza och som var med från början när fyto Remedieringsexperiment i Enskifteshagen startade för ett år sedan.

Vi sätter oss på en vindskyddad plats och Jonatan börjar engagerat berätta om den ideella förening som står bakom namnet Mykorrhiza. Projektet började med en grupp ungdomar som ansåg att det behövdes en rörelse i Sverige som med praktiska metoder tog tag i frågan om lokalförsörjning av matproduktion. De startade rörelsen för att kunna arbeta med frågor som berör miljö, hälsa och global solidaritet (Malmberg, muntligen 11-05-12). Visionen som genomsyrar föreningen är:

"Att i samarbete med naturen och varandra skapa livskvalité och hållbarhet för alla." (Mykorrhiza a [online], 2012-05-05)

Genom att samarbeta, lära av varandra och använda konstruktiva, praktiska arbetsmetoder verkar de för förändring genom att plantera grönsaker och ätbara växter i staden. De anser att odling är roligt och visar nya sätt att se på staden där möjligheter för människor att ta del i sin lokala närmiljö står i fokus (Mykorrhiza a 2012). Nätverket Mykorrhiza vill försöka vara som mykorrhiza i marken. De vill göra så att fler växter får möjlighet att växa. De finns, som mykorrhiza i marken, på gräsrotsnivå och vill bygga nätverk som når ut till olika delar av samhället (Mykorrhiza a 2012).

Mötesplats genom stadsodling

Mykorrhizas odlingsområde "hagen" i Enskifteshagen är ett kreativt område inringat av ett staket med ett antal planteringslådor med diverse odlingar i. Detta är ett projekt som drivs sedan två år tillbaks i samarbete med Malmö kommun där föreningen Mykorrhiza fått 1200m² till sitt förfogande. Platsen är öppen för allmänheten, alla som är intresserade är välkomna in i "hagen" som de själva kallar platsen. Här får allmänheten möjlighet att odla, skörda eller bara komma in och ta del av trädgården (Malmberg, muntligen 11-05-12). Kommunen har bistått med tillgång till vatten och en container för förvaring av redskap (Ibid). Planerna för området är stora och det märks att idéerna här är många. Ett av de många spännande projekt som Mykorrhiza drivit igenom är Odling på stadsmark- när problem vänds till möjligheter.

"Hagen ska vara en grönskande plats där människor kan träffas, umgås och njuta." (Mykorrhiza b [online], 2012-05-08)



Figur 12. Gemensamhetsodlingar i Enskifteshagen, Malmö. (Foto: Fanny Lundén 2012-05-06)

Om marksaneringsprojektet i Enskifteshagen

Britta Nylinder berättar om bakgrunden till projektet "Odling på stadsmark-när problem vänds till möjligheter" i mailkontakt den 22 maj 2012. Det började med att medlemmarna i Mykorrhiza under våren 2010 ingick i ett samarbete med Gatukontoret i Malmö. De fick tillgång till 1200 kvadratmeter i Enskifteshagen för att starta upp en gemensamhetsodling. Nylinder fortsätter att berätta att under sommaren 2010 misstänkte de att det fanns föroreningar i marken då de hittat en undersökning med provtagning av PAH: er på olika platser i Malmö.

Undersökningen visade att det fanns höga halter av PAH: er, polyaromatiska kolväten i Enskifteshagen. PAH: er finns bland annat i petroleum, stenkol och bildas också vid förbränning av organiskt material (Håkansson 2012).

Under hösten 2010 togs kompletterande prover på uppdrag av Malmö stad. Den visade på förhöjda halter av PAH, Bly och Kvicksilver. Halterna av dessa ämnen överskred Naturvårdsverkets riktlinjer för känslig markanvändning. (Nylinder, skriftligen 2012-05-22) Nylinder berättar vidare att istället för att byta jordlagret på platsen "ville vi se vilka andra, mer hållbara lösningar det fanns då jorden var förorenad och man vill odla" (Nylinder, skriftligen 2012-05-22). Då föddes idén att testa fyto Remediering och en ansökan till Miljöförvaltningen om miljöanslag för sanering med hjälp utav växter skickades in (Nylinder, skriftligen 2012-05-22). På frågan om varför de valde att starta detta projekt svarar Britta Nylinder att de ville undersöka ett sätt att sanera som inte kräver så stora insatser och som är bra utifrån ett miljöperspektiv. Nylinder betonar att det första som kommunen sa var att se över möjligheterna att frakta bort jorden och deponera någonstans för att

komma med ny jord. Nylinder berättar att eftersom Mykorrhiza arbetar för en verkligt hållbar värld med bland annat mer småskalig ekologisk odling gick kommunens saneringsalternativ inte i linje med deras värderingar (Nylinder, skriftligen 2012-05-22).

”Vi ville visa att det finns andra möjligheter än att bara frakta bort förorenade jordmassor. Vi tycker det är viktigt att man lyfter upp frågan om hur ett ökat odlingsintresse i staden möter problemet med förorenad mark och hur man på bästa sätt kan samarbete kring detta (Mykorrhiza a [online], 2012-05-05) ”

De gjorde ett experiment med 8 provrutor på 2,25 kvadratmeter var. I 4 av de rutorna planterades sticklingar av *Salix viminalis*. De använde sig av två kloner av *Salix viminalis* (Malmberg, muntligen 11-05-12). Jonatan Malmberg berättar att de fick hjälp av Maria Greger som är forskare inom fytoemediering på Stockholms universitet. Med rekommendationer från Maria Greger kom de fram till att lotta fram var experimentrutorna skulle placeras för att få ett trovärdigt resultat (Malmberg, muntligen 11-05-12). Nylinder berättar att de fick 245 000kr i miljöanslag av Miljöförvaltningen. De pengarna gick inte enbart till saneringsexperimentet utan även till för att bygga upp och utveckla gemensamhetsodlingen. I de pengarna ingick också en halvtidstjänst i 10 månader berättar Nylinder. ”Det är svårt att säga hur mycket saneringsexperimentet kostade. Mycket av det arbete som gjorts med experimentet, grävning, rensning av provrutor mm har gjorts ideellt (Nylinder, skriftligen 2012-05-22). Parallellt med experimenten fortsatte medlemmarna i Mykorrhiza att odla grönsaker i olika odlingslådor (Mykorrhiza a 2012). Vidare berättar Britta Nylinder om samarbetet med Malmö Kommun. Hon beskriver att samverkan med gatukontoret fungerade bra även om hon ibland upplevde att det är mycket stora skillnader i tidsuppfattning när det gäller att saker ska hända. Nylinder fortsätter att berätta om ett hinder som kom upp under året då de var tvungna att följa samma procedur som större saneringsprojekt i Malmö. Det innebar att de var tvungna att göra en anmälan och skriva en rapport till Miljöförvaltningen i Malmö samt betala handläggningskostnaden för ärendet. ”Eftersom vi inte har så stor ekonomi i föreningen blev det en stor sak och resulterade i att vi bara lät experimentet fortsätta i en säsong” (Nylinder, skriftligen 2012-05-22). Gatukontoret gick sedan in och betalade handläggningskostnaderna (Malmberg, muntligen 11-05-12).

”Det var tråkigt för att istället för att få uppmuntran till att ta initiativ underifrån, så fick vi kravbrev att lämna in anmälan och skriva rapport. Det blev lite som att vi tappade lusten att fortsätta. Det är säkert bra med sådana regler i de flesta fall men för en ideell förening som vi och ett sådant litet experiment så blev det väldigt omständigt” (Nylinder, skriftligen 2012-05-22).

På frågan om hur kommunen kan uppmuntra till fler småskaliga saneringsprojekt som detta svarar Nylinder att:

- Kommunen bör underlätta reglerna för små saneringsprojekt
- Tänka långsiktigt, sanering med växter tar ofta några år

“Våra försök visade efter statistiska tester att halterna av föroreningar inte minskade i marken. Vanligtvis brukar man odla salix under flera säsonger, vi odlade Salix under en säsong. Däremot genomförde vi också experiment med att odla sallad i den förorenade jorden. Det visade sig att den tog upp mycket lite av föroreningarna, vilket är mycket intressant och något värt att studera vidare” (Nylinder, skriftligen 2012-05-22).

Sammanfattning/ Egna reflektioner

Sammanfattningsvis har min bild av projektet *odling på stadsmark – när problem vänds till möjligheter* vidgats efter samtal med olika involverade personer. Britta Nylinder från Mykorrhiza berättar att resultatet inte gav några signifikanta skillnader av föroreningsvärdena. En orsak till detta menar Thorbjörn Håkansson, miljöinspektör på Malmö kommuns miljöförvaltning är att det oftast behövs mer tid för att rena föroreningar i mark med växter. Torbjörn berättar vidare att marken i detta fall var förorenad med PAH, polyaromatiska kolväten. Exponering av PAH:er kan leda till ökad risk för cancer. Det är krävande och oftast komplicerat att rena PAH-förorenad mark med hjälp utav växter (Håkansson 2012-05-07).

Maria Greger har varit involverad i projektet som expertrådgivare till Mykorrhiza. I en telefonintervju berättar hon att ”i andra projekt får vi i princip alla föroreningar att minska.” (Greger, muntligen 2012-05-07) Jag förutsätter att man i dessa projekt har haft mer tid. Greger (2012-05-07) menar vidare att ett sådant här småskaligt projekt är positivt. Hon menar också att det är viktigt att visa att det finns naturliga lösningar hur man kan rena mark och minska föroreningssituationen (Greger, muntligen 2012-05-07).

Det är viktigt att förstå fyto Remedieringens begränsningar. I detta fall var tiden inte tillräcklig och det fanns inte ekonomiskt stöd för att fortsätta med experimentet. Trots att resultatet inte gav några indikationer på att rening skett anser jag att ett projekt som detta kan väcka uppmärksamhet hos allmänheten och starta en diskussion om alternativa sätt att rena förorenad mark på. Jag tror också att man kan utnyttja liknande småskaliga fyto Remedieringsprojekt som undervisningsplatser för till exempel skolungdomar, studenter och tjänstemän i stil med landskapslabbet i Alnarp. Mykorrhiza menar att det är viktigt att skapa mötesplatser för kunskapsutbyte och inspirera och detta har de lyckats med i projektet i Enskifteshagen i och med ett stort intresse från massmedia och olika organisationer och universitet. Bland annat Arkitekter utan gränser, Studieförbundet, jordbruksuniversitetet i Kassel, Tyskland och organisationen Supporting Urban Sustainability har varit på besök och bidragit till en fortsatt diskussion om stadsodling och förorenad mark (Mykorrhiza a 2012).

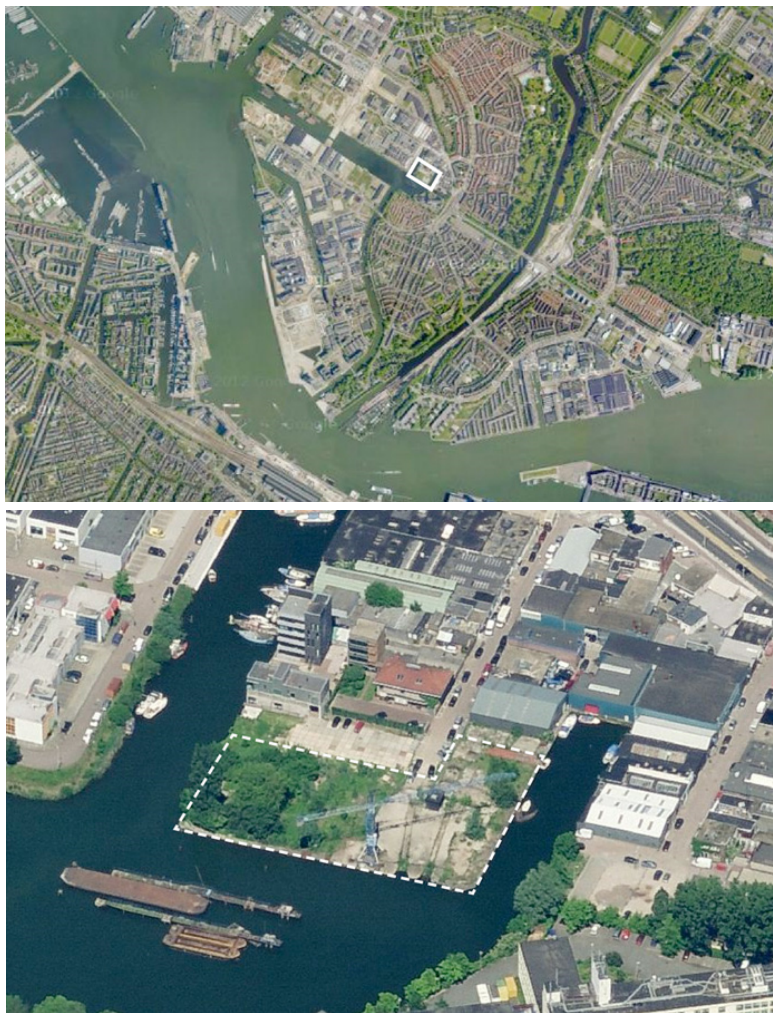


Figur 13 & 14. Gemensamhetsodlingar i Enskifteshagen, Malmö. (Foto: Fanny Lundén 2012-05-06)

4.2 FALLSTUDIE DE CEUVEL I AMSTERDAM

– Från förorenad "brownfield" till grön stadsdelspark

I detta kapitel presenteras ett exempel på ett pågående fyto Remedieringsprojekt i Buiksloterham i norra Amsterdam. Först presenteras en beskrivande del av projektet baserat på en intervju med en av initiativtagarna till projektet, Pieter Theuws från Delva Landscape Architects. Intervjun gjordes på fyto Remedieringsprojektplatsen i Buiksloterham i Amsterdam den 21 mars 2014 och kombinerades med en deltagande observation. Observationen innebar en heldag där jag hjälpte till med förberedelser av den befintliga jorden inför planteringen av fyto Remedieringsväxterna. Arbetet utfördes tillsammans med andra volontärarbetare och med arbetsgruppen för projektet. Avslutningsvis följer en sammanfattning och egna reflektioner.



Figur 15. Kartorna ovan visar det förorenade området som håller på att ta en ny skepnad. Med hjälp utav fyto Remediering ska marken renas samtidigt som det under tiden ska fungera som en rekreativ plats för människor. Tanken är också att bygga upp en vegetationsstruktur som kan nyttjas undertiden och av kommande generationer. Amsterdam.
(Illustration: Space & Matter 2014-04-14)

De Ceuvel i sin kontext, intervju med Pieter Theuws

Läge: Buiksloterham, van Hasselt Kanaal utanför floden IJ i Norra Amsterdam ca 2,6 km från centralstationen.

Area: (ha): Ca 1 ha

Involverade: I projektet De Ceuvel ingår en blandad grupp utav kreativa entreprenörer, arkitekter, konstnärer, stadsplanerare, ingenjörer och landskapsarkitekter som jobbar för hållbar stadsplanering.

Status: Projektet är igång och plantering av växtmaterial samt byggnader väntas vara klart till sommaren 2014, fyto Remedieringsperioden beräknas till 10 år.

Föreningar: Organiska föreningar samt tungmetaller.

Idé: Idén bygger på ett innovativt koncept där mobilitet och återanvändning är centrala delar. Målet är att tillgängliggöra platsen för allmänheten genom att rena den förorenade marken med hjälp utav fyto Remediering där olika växter och träd används. På så sätt kan reningen ske på plats och koldioxidutsläpp från transporter av förorenad jord undviks. Fyto Remedieringen ger också stadsdelen en grön oas. Genom att använda sig av begagnade husbåtar som byggs om till företagslokaler och ateljéer för kreativa småföretagare hoppas initiativtagarna till projektet De Ceuvel på att skapa ett levande nytt område i det före detta ödebelagda hamnområdet i norra Amsterdam (Theuws, Muntligen 2014-04-21).

Tanken är också att locka dit besökare med en park som består utav fyto Remedieringsväxter och träd samt en slingrande upphöjd träspång som löper in till husbåtarna. En restaurang som erbjuder ekologisk närodlat mat, ett bed & breakfast och ett infotek om hur ekosystemtjänster kan användas i staden ingår också i projektet. Det nya området strävar efter att vara kretsloppsbaseerat och förse och informera människor om ekosystemtjänster där fyto Remediering ingår (Theuws, Muntligen 2014-04-21).

Bakgrund

Amsterdam stad i samarbete med kommunen i norra Amsterdam har utvecklat en översiktsplan för att omvandla ett område i norra Amsterdam som heter Buiksloterham. Planen är att bygga en blandad levande stadsdel av det idag föråldrade industrihamnsområdet. Tidsperioden är beräknad till 25 år. Kommunen räknar med att 4000 fler invånare ska flytta till Buiksloterham år 2030 och att 50 procent av byggnaderna ska vara kontorslokaler/butikslokaler och resterande boende år 2030. Kommunen har inte inrättat en fast detaljplan, tanken är att området gradvis ska förändras, enligt specifika etappmål. Idén till projektet De Ceuvel i Buiksloterham föddes i och med att en tävling anordnades av Amsterdam stad och kommunen, Projectbureau Noordwaarts en Bureau Broedplaatsen i norra Amsterdam (Theuws, Muntligen 2014-04-21). Tävligen innebar att de medverkande skulle ta fram ett förslag till utveckling av ett specifikt område i Buiksloterhamområdet som var förorenat och ödelagt. De villkor som kommunen gav var att skapa en temporär plats som kan komma att exploateras om 10 år men som under tiden ska vara en tillgänglig och attraktiv plats för människor. Utmaningarna som de tävlande brottades med var den begränsade tiden och föreningarna (Theuws, Muntligen 2014-04-21).

Två arkitektföretag; Space and Matter architects och Marjolein Smeele slog sig samman med Pieter Theuws och vann tävligen med konceptet att skapa en ekologisk, självförsörjande och social hållbar miljö. De använder sig av begagnade husbåtar, som annars skulle ha hamnat i ett skrotupplag. Idén bygger

på att båtarna ska kunna lämna platsen efter tio år och att marken under tiden ska stiga i värde genom ökad biologisk mångfald och renare från föroreningar med hjälp utav fyto Remediering. Växter ska rena marken samtidigt som en allmän park tillgängliggörs för allmänheten i den annars mycket hårdgjorda betongmiljön (Theuws, Muntligen 2014-04-21).

Pieter Theuws som idag arbetar på Delva landscape architects i Amsterdam har en nyckelroll i projektet De Ceuvel eftersom han skrivit sitt examensarbete om fyto Remediering i postindustriella miljöer i stadsmiljöer tillsammans med Mark Wilschu. De fokuserade i sitt exjobbssarbete på hur man kan kombinera design med fyto Remediering i staden på förorenade marker. De ville i sitt examensarbete undersöka om fyto Remediering är en fördelaktig saneringsmetod i ett tätbebyggt urbant område.

De studerade industrihamnområdet i norra Amsterdam som idag är i full gång att saneras med hjälp utav växter. Theuws berättar entusiastiskt att det är som en dröm som gått i uppfyllelse i och med att hans examensarbete blev applicerat i verkligheten (Theuws, Muntligen 2014-04-21). Han berättar att det är Delva Landscape architects som är ansvarig för design, forskning, skötsel samt provtagning av den renande parken De Ceuvel i samarbete med forskare från University of Ghent i Nederländerna (Theuws, Muntligen 2014-04-21).

Projektets huvudfinansiär är Amsterdam stad, Bureau Broedplaatsen. Projektet De Ceuvel stöds även av ett antal privata företag som donerat pengar (Theuws, Muntligen 2014-04-21).

Föroreningar

Genom de förorenande hamnverksamheterna som funnits tidigare på platsen är området kraftigt förorenat med organiska och oorganiska föroreningar (Theuws & Wilschut, 2009).

På platsen finns både immobila föroreningar och mobila föroreningar (Gemeente Amsterdam Noordwaarts, 2005). De immobila föroreningarna består mestadels utav metaller och PAH: er. Denna typ av föroreningar finns på platsen i Buiksloterham. Många tungmetaller har förorenat marken men zink är den metall som förekommer i högst koncentration inom Buiksloterhamområdet.

De mobila föroreningarna består mestadels utav mineraloljor och VOCL (Organic Chlorides (Theuws & Wilschut, 2009).

En speciellt utvald kombination av växter används för att stabilisera, bryta ner och ta upp föroreningar på platsen för "De Ceuvel". Detta organiska sätt att rengöra marken kommer att resultera i ett dynamiskt landskap där rengöring av jorden sker kontinuerligt i och med att växterna tar upp, bryter ner eller stabiliserar föroreningarna. Samtidigt skapas nya livsmiljöer för människor, insekter och djur. Biomassan som skapas från avfallet av växterna och träden tas fortlöpande om hand på plats. Biomassan från området kommer att användas för att generera energi till byggnaderna på platsen. Den förorenade marken har i detta projekt fungerat som en katalysator för att utveckla innovativa och hållbara koncept inom området (Theuws & Wilschut, 2009).

Fördelar med fyto Remediering istället för schaktning

Pieter Theuws berättar att han i sitt examensarbete kom fram till att det skulle bli dyrare att använda sig av traditionella saneringsmetoder, i detta fall i norra Amsterdam (Theuws, Muntligen 2014-04-21). Att använda sig av schaktning som är en av de vanligaste saneringsmetoderna i Amsterdam idag skulle innebära stora

kostnader för att transportera bort den förorenade marken samt att transportera tillbaka ny ren jord till platsen. Detta skulle medföra allvarliga koldioxidutsläpp. En annan viktig faktor som spelar in är att transportererna skulle gå genom staden vilket skulle innebära risk för spridning av damm genom luften och bullerföroreningar (Theuws, Muntligen 2014-04-21).

Alternativet att täcka den förorenade marken med till exempel asfalt eller innesluta den på plats anser Pieter Theuws inte vara en hållbar metod i detta fall i Buiksloterham. Täckning eller inneslutning skulle innebära en hårdgjord yta vilket ger minskad vattengenomsläpplighet, vilket i sig resulterar i mer ytvattenavrinning och kan leda till problem med översvämning (Theuws, Muntligen 2014-04-21). Vidare berättar Pieter Theuws att mikroklimatet skulle förändras i och med att hårdjorda ytor ökar temperaturen i staden.

Alternativet att lägga på ett nytt jordlager med ren jord på den förorenade marken är inte heller ett hållbart alternativ då det inte kommer att hindra mobila föroreningar från läckage till djupare jordlager och grundvatten. Pieter Theuws menar att fyto Remediering kan vara ett möjligt alternativ då det sker på plats och transporter minskas och vattenpermeabiliteten gynnas. Pieter Theuws tror att i detta fall skulle fyto Remediering vara ett litet steg på vägen för att lösa den globala frågan om markföroreningar på den lokala platsen Buiksloterham (Theuws, Muntligen 2014-04-21).

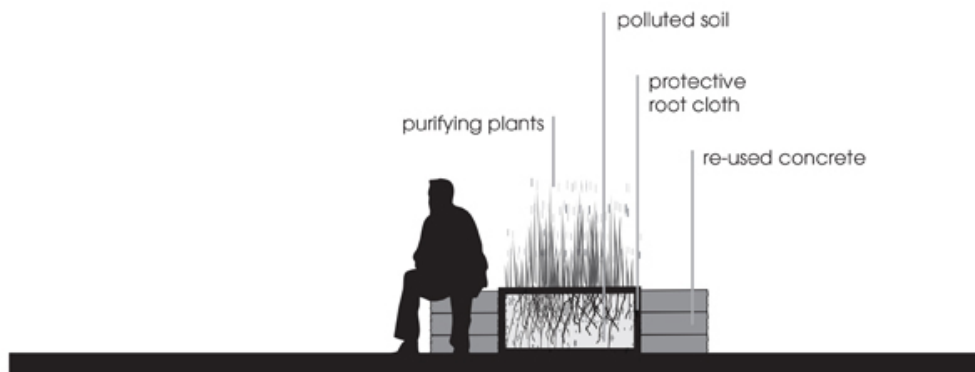
Att kombinera fyto Remediering med design och estetik

När jag besöker platsen som ännu är under konstruktion tillsammans med Pieter Theuws har jag möjlighet att se exempel på hur fyto Remediering kan kombineras med design. Projektområdet i Buiksloterham är som tidigare nämnts förorenat av en blandning av föroreningar. Detta innebär att fyto Remedieringen blir mest effektiv om en mix utav olika växter och träd används och planteras tätt (Theuws, Muntligen 2014-04-21). Detta ger i sig en fin variation. Pieter Theuws beskriver att den idag uppdelade ytan mellan husbåtarna kommer att smälta samman som ett ”grönt hav” och accentuera husbåtarnas olika arkitekturkaraktärer (Theuws, Muntligen 2014-04-21). Än så länge är det kallt på marken, men jag kan föreställa mig hur en grön oas kommer att växa fram. Vidare berättar Pieter Theuws att växterna ska planteras nästkommande vecka.

Vi promenerar runt på den slingrande upphöjda gången vars funktion är att undvika direktkontakt med den förorenade jorden för fotgängare. Promenadgången ger också en stark karaktär till området.

Vi vandrar vidare och stannar till vid en skulptur av gammal uppbruten betong. Konstruktionen är fylld med förorenad jord. Tanken är att träd som har förmågan att ta upp stora mängder föroreningar som till exempel Salix ska planteras i skulpturen. Också flytande plattformar med vattenväxter som har förmågan att rena vatten kommer att ta plats i kanalerna som löper längs med parken. Detta kommer att förlänga den gröna karaktären ut i vattnet berättar Pieter Theuws.

Han berättar också att det finns möjlighet att kombinera fyto Remediering med design i till exempel sittplatser. Här rekommenderas lägre halter av förorenad jord. Det är viktigt att sittplatsen är designad på ett säkert sätt där kontakt med jorden undviks (Theuws, Muntligen 2014-04-21).



Figur 16. Inspirationsbilden ovan visar hur fytoremedieringsteknik och design kan kombineras i en sittplats, Amsterdam. (Illustration: Delva Landscape Architects 2014-04-14).

Utmaningar

De svårigheter som Pieter Theuws upplevt med projektet är att det tar tid med fytoremediering. Det är ingen snabb metod. Men å andra sidan finns det många andra kvaliteter med fytoremediering som att det till exempel är billigare sett ur ett längre perspektiv. Det kan också öka värdet och statusen av området om fytoremedieringen sker i kombination av anläggning av en attraktiv park.

Det som också har varit svårt i processen är att det finns få referensprojekt där fytoremediering har använts i ett urbant tätbebyggt område, då det är en relativt ny metod. Också samarbetsprocessen mellan olika aktörer är ibland en utmaning, vem som har ansvar för vad är viktigt att förtydliga (Theuws, P muntligen 14-03-21).

“Cleantech” tekniker för en hållbar stadsutveckling

Projekt De Ceuvel bygger på ett holistiskt kretsloppsbaseerat tänkande där fytoremediering är en metod som tillämpas ibland många andra så kallade ”cleantech” tekniker. Att följa metabolismtänkandet visar ett nytt sätt kring att tänka kring stadsutveckling. Idén som bygger på fullständig återvinning av lokala resurser ger självförsörjande stadsdelar för en hållbar utveckling. Följande principer förutom fytoremediering ingår också i projektet De Ceuvel i Buiksloterham:

- Solenergi omvandlar energin från solen till värme och el (Theuws, Muntligen 2014-04-21).
- Gröna tak och system för vatteninsamlingsystem är utformade för att samla in, rena och lagra regnvatten (Theuws, Muntligen 2014-04-21).
- Ekosystemtjänster för mänskliga behov. Återvinning av energi, vatten och mat (Theuws, Muntligen 2014-04-21).
- En blandning av high - tech en låg - tech: användning av högteknologiska system som sensorer, övervakningssystem, solpaneler och högeffektiva elpannor. Lågteknologiska system spelar också en viktig roll, inklusive biologisk avfallsbehandling, vattenfiltrering,

smarta isolering metoder och fönster med ljusinsläpp som ger mer naturligt ljus till utrymmen inomhus (Theuws, Muntligen 2014-04-21).

- Demonstration och information: besökarna får en chans att förstå hur dessa system fungerar, hur tekniken på platsen är sammankopplad och hur man kan använda sig av tekniken (Theuws, Muntligen 2014-04-21).
- Experiment och test: benchmarking, befintlig teknik testas samt ny forskning. Ett omfattande nätverk av sensorer kommer att samla in uppgifter om energi -och materialflöden, användarbeteende och teknisk prestanda. Forskningsinstitut kommer att samarbeta med projektet som kallas ” The Cleantech Playground”. The Cleantech Playground vid "De Ceuvel " görs av företaget Metabolic (Theuws, Muntligen 2014-04-21).

Sammanfattning/ Egna reflektioner

Sammanfattningsvis kan sägas att jag fått en bred bild av hur fyto Remediering fungerar i praktiken, då jag hade möjligheten att besöka platsen och träffa Pieter Theuws personligen på plats i Amsterdam. Detta är ett unikt projekt då det finns få projekt i dagsläget som behandlar fyto Remediering i ett urbant perspektiv där den hållbara urbana utvecklingen står i fokus. De personer som är involverade i projektet som landskapsarkitekten Pieter Theuws och hans kollegor från Metabolic utstrålar initiativkraft och de lyckas skapa en vikanäsla bland alla personer som är involverade från olika branscher. De har även fått med sig frivilliga volontärarbetare. En del är vänner eller bekanta men också lokala intresserade invånare har hittat hit för att hjälpa till med praktiskt arbete på plats. Att de omkringboende är med och engagerar sig är positivt. Det skapar samvaro mellan människor som bor i området. Det ger också en känsla av att kunna påverka sin närmiljö vilket är värdefullt.

Ett stort problem idag är bristen på attraktiva grönområden och interaktiva och inspirerande miljöer. Att jobba tillsammans med de närboende kan uppmuntra till att de offentliga platserna i närmiljön blir designade efter de behov som finns. Ett projekt som detta kan göra stor skillnad. Det visar på att det är möjligt att förändra ett problematiskt förorenat område till en grön social plats från ett gräsrotsperspektiv.



Figur 17 & 18. Inspirationsbilderna ovan och nedan visar hur De Ceuvel kan tänkas se ut i framtiden. I projektet kombinerar man fytoeedieringsteknik med rekreation genom att skapa en park tillgänglig för allmänheten, Amsterdam (Illustration: Delva Landscape Architects 2014-04-14).



Figur 19 & 20. En upphöjd träspång löper runt de gamla husbåtarna som håller på att renoveras till företagslokaler, infotek för Clean Tech metoder samt restaurang och vandrarhem. Nästkommande vecka är det dags för plantering av växtmaterialet som ska rena den förorenade marken, Amsterdam (Foto: Fanny Lundén 2014-03-21).

5. AVSLUTANDE SLUTSATSER OCH DISKUSSION

Det första målet med denna uppsats har varit att undersöka vilka fördelar samt brister som fytoremediering innebär. Det andra var att ta reda på vad förorenad mark i urban kontext innebär och vilka aktörer som är inblandade i Sverige. De främsta fördelarna med fytoremediering är att det är en kostnadseffektiv saneringsmetod då drift och kapitalkostnaderna är relativt låga. Det är också en hållbar saneringsmetod då reningen kan ske på plats (in-situ), vilket minskar utsläpp av avgaser från transporter. Litteraturstudien och fallstudierna visar att det finns möjligheter för fytoremediering att kombineras med rekreation och därför fungera som en attraktiv plats i staden. Fytoremediering kan med fördel ske på postindustriella förorenade områden i staden där de så kallade brownfieldområdena kan återanvändas för att undvika att värdefull åker- och naturmark tas i anspråk. De främsta bristerna med fytoremediering, som många forskare nämner är tidsaspekten och att fytoremedieringen ännu inte är en etablerad saneringsmetod. Följderna av att fytoremediering inte vunnit allmän acceptans kan vara att beslutsfattare inte har tillräcklig kännedom om hur fytoremediering fungerar som saneringsmetod. En annan viktig aspekt är att fytoremediering är begränsad till att rena jord som ligger inom växternas rotzon. Också säsons- och klimatpåverkan är brister med fytoremedieringen som saneringsmetod.

De inblandade aktörerna som jobbar med förorenad mark är bland annat Länsstyrelsen, Naturvårdsverket, SGI, SGU, kommuner, universitet, privata företag, samt försvarsmakten i Sverige. Andra viktiga aktörer som är inblandade är bland annat fastighetsägare och de närboende samt andra aktörer enligt *figur 2* på sidan 16 i detta arbete. De har alla viktiga roller som medspelare i processen av sanering av förorenad mark, vatten och sediment.

De tre sista frågeställningarna berör landskapsarkitekten och fytoremedieringen:

- Vilken är landskapsarkitektens roll i planeringsprocessen för fytoremediering?
- Finns det möjlighet att kombinera fytoremediering med rekreativsmöjligheter?
- Kan design och estetik integreras med fytoremediering?

Dessa tre frågeställningar som handlar om landskapsarkitekten och fytoremedieringen har legat till grund i mina två fallstudier från Mykorrhiza i Malmö samt De Ceuvel i Amsterdam samt litteraturstudien. Frågeställningarna har varit vägledande i arbetet och här tas de viktigaste slutsatserna upp tillsammans med mina egna reflektioner.

Brukarmedverkan är relevant

Föreningen Mykorrhiza i Enskifteshagen i Malmö hade som mål att främja brukarmedverkan genom stadsodling där de uppmuntrade de närboende att engagera sig i sin närmiljö och informera om förorenad mark.

Fallstudien De Ceuvel från Amsterdam har ett pedagogiskt syfte. Att informera människor om vad som kommer att förändras på en plats i tidigt skede, hur detta kommer att ske och bjuda in dem till att hjälpa till kan bidra till att skapa en bättre

relation till platsen. I projektet i Amsterdam involveras allmänheten i ett fytoremedieringsprojekt genom att:

- Sprida information om projektet genom hemsida, sociala medier,
- Samarbeta med universitet
- Besökscentrum
- Möjlighet att boka en guidad tur
- Involvera de närboende och andra intresserade att hjälpa till som volontärarbetare

Tidsaspekten kan vändas till något fördelaktigt

Olika stadium inom fytoremedieringsprocessen gör det möjligt att skapa olika upplevelsemässiga kvalitéer. Fytoremedieringen innebär också att växter och träd hinner växa till sig under reningsperioden som kan variera från något år till 10 år och uppåt. Detta kan vara positivt att redan ha etablerade uppvuxna träd på plats när området ska exploateras, vilket ger en helt annan grön upplevelsekvalité än nyplanterat växtmaterial. Fullvuxna träd är också mycket kostsamma att köpa in och kostnader kan därför sparas om återanvändning kan ske av de träd som finns på plats. Kirkwood (2001) menar att fytoremediering därför kan ses som ett flexibelt designverktyg.

Vidare lärdomar från fallstudierna och litteraturstudien:

- Kommunens stöd underlättar fytoremedieringsprocessen
- Fytoremediering är mest lämpat där föroreningarna är låga till mediumhaltiga
- Det är viktigt att upprätta en tydlig fytosaneringsplan där riskbedömning ingår. Människor eller djur ska inte behöva utsätta sig för risker när de vistas på fytoremedieringsområdet. Det är också viktigt att övervaka och ta kontinuerliga prover av marken, vattnet eller sedimentet.
- Budget och tydliga mål är också nödvändigt.
- Få in fytoremedieringen så tidigt som möjligt i planeringsprocessen och integrera fytoremedieringen i en ombyggnad- och efterbehandlingsplan kan spara både tid, pengar och naturresurser.

Vilken roll kan landskapsarkitekter ta i planeringsprocesser för fytoremediering?

Landskapsarkitekten har en viktig roll i fytoremedieringsprocessen då landskapsarkitekten har en övergripande synsätt och kan agera som projektledare och kan tillgodose olika intressegruppers intressen med kunskaper om bl. a. växter, miljö, design och konstruktion. Det är viktigt att utveckla, utvärdera och designa ett fytoremedieringsprojekt på en brownfieldplats i samarbete av ett multidisciplinärt team. Ett fytoremedieringsprojekt kan omfatta experter inom följande ämnen eller områden:

- Landskapsarkitektur
- Markvetenskap och agronomi
- Hydrologi
- Växtbiologi
- Miljöteknik

- Miljöjuridik
- Ekonomi, kostnadsberäkningar och utvärderingar
- Riskbedömning och toxikologi

Finns det möjlighet att kombinera fyto Remediering med rekreativsmöjligheter?

Det är viktigt att förstå att varje plats har sina unika förutsättningar när det gäller att integrera rekreation med fyto Remediering. Det är viktigt att se till platsens specifika egenskaper i tidigt skede i planeringen för rekreation i ett fyto Remedieringsprojekt. Enligt Kirkwood (2001) och Theuws (2009) kan fyto Remediering fungera som en flexibel tillfällig rekreativspark som samtidigt bygger upp en vegetationsstruktur för kommande generationer. Jag tror dock att det är viktigt att informera allmänheten om att platsen är tillfällig för att undgå missförstånd om platsen senare exploateras eller görs om.

Enligt Kirkwood (2001) finns det möjligheter att kombinera fyto Remediering med rekreativsmöjligheter på postindustriella platser. Två tidiga pionjärprojekt inom fyto Remediering med kopplingar till rekreation nämns i boken *Manufactured sites: rethinking the post-industrial landscape*, (Kirkwood 2001):

- Duisburg Nord Landscape Park i Tyskland, 1991, Landskapsarkitekt: Peter Latz
- Gasworks Park i Seattle, USA, 1975, Landskapsarkitekt: Richard Haag

Båda exemplen visar på koncept att tillgängliggöra förorenade postindustriella områden genom att rena markerna med bland annat fyto Remediering och tillgängliggöra platsen till en rekreativ park för allmänheten (Kirkwood 2001). Kirkwood (2001) för en diskussion hurvida de postindustriella platserna ska få behålla sin oftast råa industriella karaktär i omvandlandet till en park. Att ta tillvara på vad som finns på platsen och välja ut och spara detaljer ger ofta platsen en spännande karaktär. Kirkwood (2001) menar vidare att det är viktigt att platsen har en förankring till vad som tidigare skett på platsen. Det gör det lättare för människor att förstå platsen om dess historia får genomsyra platsen fast i en ny tappning (Kirkwood 2001).

Kan design och estetik integreras med fyto Remediering?

Frågan är hur vi genom kombination av design och fyto Remediering kan lösa problem med förorenade områden i staden och samtidigt skapa säkra och estetisk tilltalande platser. Författare som Kirkwood (2001) och Rock (2001) menar att det finns många växter och träd som är vackra och estetiskt tilltalande som kan användas inom fyto Remediering. Några populära växter/träd som tidigare nämnts i detta arbete är Helianthus, Salix och Populus.

Fallstudierna och litteraturstudien visade att det är möjligt att kombinera design och estetik med fyto Remediering. Fyto Remedieringsväxter och träd kan användas för att bland annat bygga upp rumsligheter, ge årstidsvariationer, doft och skugga för en attraktiv plats att vistas på. Det är viktigt att ett fyto Remedieringsprojekt är tilltalande så att människor vill vistas på platsen, detta förutsätter dock att föroreningshalterna inte är för höga och att det finns en genomtänkt design där närbildkontakt med den förorenade jorden minimeras. Fallstudien från Amsterdam visar exempel på att asfalterade eller hårdgjorda ytor samt upphöjda gångar, till exempel träspångar kan vara ett sätt att undvika att

allmänheten får kontakt med förorenad mark, vatten eller sediment. Samtidigt som gångarna ger karaktär till platsen. Gångarna kan designas på ett tilltalande sätt där de integreras med fyto Remedieringsplanteringen. Det är dock viktigt att också planera för cykelvägar och vägar för lastbilar i samband med drift och underhåll. Detta bör tas hänsyn till i designen av fyto Remedieringen. Det är avgörande att de olika expertisgrupperna som tidigare nämnts samarbetar i designprocessen. Rock (2001) menar att de olika expertisgrupperna oftast talar olika språk och ser fyto Remedieringen från olika perspektiv. Dock har de oftast ett gemensamt mål:

"... making what may be a derelict and hazardous landscape once again functionally and aesthetically integrated" (Rock 2001, s. 52)".

Det är viktigt att ta hänsyn till följande aspekter inom designarbetet för fyto Remediering:

Ekonomiska aspekter:

- Kostnader
- Tid
- Exploateringsmöjligheter

Ekologiska aspekter:

- Utsläpp/ avgaser
- Bioersättning
- Rening av jord

Sociala aspekter:

- Rekreation
- Landskapsbild
- Stadsutveckling/Profilering
- Kulturarv
- Hälsa
- Tillgänglighet



Figur 21. Ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet. (Illustration: Fanny Lundén 2014-03-21)

5.1 UTVÄRDERING

Metoddiskussion och källkritik samt vidare forskning

Flyvbjerg (2006) menar att det går att generalisera från enskilda fallstudier och att fallstudien är viktig för att ge en helhetsförståelse. Detta utgångssätt har drivit mitt arbete framåt i processen. Det har dock varit mycket viktigt att genom arbetes gång stanna upp och reflektera kring metoden samt att ställa sig kritisk till fallstudierna och intervjuerna.

Eftersom jag använt mig av muntliga källor har det varit extra viktigt att reflektera över deras pålitlighet. Jag är medveten om att det kan ha inneburit att jag kan ha missuppfattat eller tolkat information på ett annorlunda sätt än vad någon annan person skulle ha gjort. Jag har försökt ta hänsyn till att svaren som jag fått i mina intervjuer också kan ha varit mer eller mindre vinklade.

Under arbetets gång har det uppstått många frågor som varit intressanta och som jag kan föreslå som vidare forskningsområden. Till exempel finns det lite forskat på vad som händer med fytoremedieringen och näringskedjan och om detta innebär risker för människor, djur och miljö. Också fytoremediering kopplad till grönstruktur i staden samt hur framtiden ser ut för genetiskt modifierade växter eller träd inom fytoremediering? Vilka är fördelarna samt riskerna med GMO?

6. REFERENSER

6.1 MUNTliga KÄLLOR

Greger, Maria. Docent, forskare vid Botaniska institutionen, Stockholms universitet. Mailkontakt, Malmö (2012-05-08), Telefonintervju (2012-05-14)

Håkansson, Torbjörn, miljöinspektör Miljöförvaltningen, telefonintervju, Malmö (2012-05-08)

Lieberg, Mats, professor i Landskapsplanering, föreläsning: ”Insamlingsmetoder”, på Inst. för landskapsplanering SLU, Alnarp (2012 -04-29)

Malmberg, Jonatan, Mykorrhiza, intervju, Malmö (2012-05-12)

Nylinder, Britta, Mykorrhiza, telefonintervju, Malmö (2012-05-08) mailkontakt, Malmö (2012-05-22)

Theuws, Pieter, landskapsarkitekt på Delva Landscape Architects, intervju, Amsterdam (2014-03-21)

6.2 PUBLICERADE KÄLLOR

Beauchamp, R. G. & Dzantor, E. K. (2002). *Phytoremediation, Part 2: Management Considerations*. Environmental Reviews s. 77-94.

Brown, P. (2005). *Phytoremediation: A New Avenue for Landscape Architecture*. Pomona: California State Polytechnic University.

Center for Creative Land Recycling, CCLR (2012). *brownfield* [online], tillgänglig: <http://www.cclr.org/resources/glossary/filter/B>[2012-05-07]

Chappell, J. (1997). Phytoremediation of TCE in Groundwater Using Populus. In: *United States Environmental Protection Agency Status Report*: 1-47.

Dixon, T. Raco, M. Catney, P. & Lerner, D. N. (2007). *Sustainable Brownfield Regeneration Liveable Places from Problem Spaces*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.

EPA (2000). United states environmental protection agency, *Introduction to Phytoremediation*. [online], tillgänglig: <http://www.cluin.org/techfocus/default.focus/sec/Phytotechnologies/cat/Overview> / [2014-04-11]

EPA (2001). United States environmental protection agency *Brownfields Technology Primer: Selecting and Using Phytoremediation for Site Cleanup*. Tillgänglig: <http://www.epa.gov/tio/download/remed/phytoremprimer.pdf> [2014-04-08]

Falk, M. & Ronnheden, J. (2010). *Succession Landskapsarkitekten och fytoremedieringen*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet fakulteten för stad och land.

Flyvbjerg, Bent (2006). Five Misunderstandings about Case-Study Research, *Qualitative Inquiry*, vol 12, nr 2, sid. 219-243
[online] tillgänglig via: <http://qix.sagepub.com/content/12/2/219.full.pdf+html>

Gemeente Amsterdam Noordwaarts (2005). *MER Herinrichting Buiksloterham/Overhoeks te Amsterdam*. Amsterdam: Gemeente Amsterdam.

Hazelton, P. Murphy, B. (2011). *Understanding soils in urban environment*. Collingwood: CSIRO publishing.

Kirkwood, N. (red) (2001). *Manufactured sites: rethinking the post-industrial landscape*. New York: E & FN Spon.

Kvale, S (1997). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund: Studentlitteratur

Länstyrelsen Skåne (2013). *Frågor och svar om förorenade områden*. Tillgänglig: www.lanstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/verksamheter-med-miljopaverkan/forenadede-homraden/inventering-och-identifiering/Forenadede/Mark2013_web.pdf

Margolis, L. & Robinson, A. (2007). *Living systems innovative materials and technologies for landscape architecture*. Basel: Birkhäuser Verlag AG.

McCutcheon, S. & Schnoor, J. (2003). *Phytoremediation, transformation and control of contaminants*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & sons, inc.

Miljö & Utveckling (2003) *Metoder för marksanering* [online], tillgänglig: <http://www.miljo-utveckling.se/metoder-for-marksanering/> [2014-04-01]

Mykorrhiza (2012a). *Malmö/Skåne* [online], tillgänglig: <http://www.mykorrhiza.se/wiki/pmwiki.php/Lokalgrupper/Malm%c3%b6> [2012-05-05]

Mykorrhiza (2012b). *Enskifteshagen* [online], tillgänglig: <http://www.mykorrhiza.se/wiki/pmwiki.php/Lokalgrupper/Enskifteshagen> [2012-05-08]

Nationalencyklopedin (2012a). *Lakning*. [online], tillgänglig: <http://www.ne.se/lang/lakning> [2012-04-28]

Nationalencyklopedin (2012b). *Urban sprawl*. [online], tillgänglig: <http://www.ne.se/engelsk-ordbok/urban+sprawl/1215273> [2012-04-28]

Nationalencyklopedins (2012c). *Fytoremediering*. [online], tillgänglig: <http://www.ne.se/fytoremediering> [2012-04-12]

- Naturvårdsverket (2013). *Vem gör vad-förorenade områden*.
Tillgänglig: [www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Fororenade-omraden/Vem-gor-vad---fororenade-omraden/\[2014-05-01\]](http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Fororenade-omraden/Vem-gor-vad---fororenade-omraden/[2014-05-01])
- Naturvårdsverket (2012). *Hållbar utveckling*, tillgänglig:
<http://www.naturvardsverket.se/Start/Sveriges-miljomal/Ett-hallbart-samhalle/Hallbar-utveckling/> [2014-05-01]
- Naturvårdsverket (2009). *Riktvärden för förorenad mark*.
Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5976-7.pdf> [2014-04-30]
- Naturvårdsverket (2006). *Åtgärdslösningar-erfarenheter och tillgängliga metoder*. Tillgänglig: www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5637-9.pdf [2014-05-01]
- Naturvårdsverket & Boverket (2006). *Förorenade områden och fysisk planering: samarbetsprojekt mellan Naturvårdsverket och Boverket*. Tillgänglig:
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5608-5.pdf> [2014-04-10]
- Nylinder, B., Råberg, T. (2010). [Pressmedelände] Mykorrhiza
Tillgänglig: <http://www.mykorrhiza.se/wiki/pmwiki.php/Lokalgrupper/Malm%C3%96B6> [2012-05-07]
- Renare mark (2014). *About the network*
[online] tillgänglig via: <http://wp.renaremark.se/natverket/about/> [2014-05-15]
- Rock, S. (2001). Phytoremediation: integrating art and engineering through planting. I: *Manufactured sites: rethinking the post-industrial landscape*. Red. Kirkwood, N. New York: E & FN Spon.
- Svenska miljömålsportalen (2014). *Giftfri miljö* [online], tillgänglig:
<http://www.miljomal.nu/Miljomalen/4-Giftfri-miljo/> [2014-04-07]
- Theuws, P., Wilschut, M. (2009). *Healing Urban Landscapes; Phytoremediation in Post-industrial Urban Design*. Wageningen University and Research Centre, Wageningen.
- Thompson, W. & Sorvig, K. (2007). *Sustainable Landscape Construction: A Guide to Green Building Outdoors*. Washington, DC, USA: Island Press.
- Pilon-Smits, E. (2005). *Phytoremediation*. Colorado: Annual review of plant biology, Colorado State University
- You are the city (2011). *Bronwfields to Greenfields A Field Guide to Phytoremediation*
Tillgänglig: http://www.youarethecity.com/pdf/fieldguide_youarethecity.pdf [2014-04-08]