



## OSTRONSKIVLINGENS POTENTIAL I EN CIRKULÄR DESIGNPROCESS:

*En litteraturstudie om artens funktion att  
bryta ner miljögifter.*

Moa Grundvik Ördell  
Grafisk design, 180 hp  
VT-2022



## ABSTRAKT

Dagens linjära produktionssätt lämnar varje år miljarder ton giftigt avfall i marker, luft och vattendrag samt hotar både människors hälsa och den biologiska mångfalden. I Sverige förekommer tiotusentals förorenade områden som ett resultat av 1900-talets industrialisering och Västernorrland sägs vara landets giftigaste län. Saneringsarbetet är avgörande för att skydda både människor och natur men höga kostnader och ansvarsutredningar bromsar arbetet. Syftet med studien var att undersöka ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter och därmed artens potential i en cirkulär designprocess utifrån ett systemteoretiskt perspektiv. För detta gjordes en litteraturstudie som utifrån ett biomimikryperspektiv granskade resultatet från 16 studier som undersökt den specifika funktionen hos svamparten. Resultatet visade att ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter var mycket god och att svampen har stor potential inom biosanering av flera typer av föroreningar. Studien bidrar till att fylla glappet mellan kunskap och praktisk implementering av sanering i ett cirkulärt system. På grund av metodens låga kostnader och energianvändning kan den utifrån ett systemteoretiskt perspektiv bidra till att öka människors aktiva deltagande och därmed förutsättningen att skapa hållbara lösningar i solidaritet med allt liv på jorden.

Nyckelord: cirkulär design, systemteori, pleurotus ostreatus, mykoremediering, biomimikry  
Antal ord i undersökningen: 8246

Handledare: Anna-Sara Fagerholm, Universitetslektor  
Examinator: Karina Göransson, Universitetslektor

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>I. INTRODUKTION OCH PROBLEMFÖRMULERING</b>	<b>6</b>
1.2 Linjära systemet och dess konsekvenser	6
1.2 Cirkulär omställning	6
<b>2. SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR.....</b>	<b>7</b>
2.1 Syfte	7
2.2 Frågeställningar	7
2.3 Operationalisering frågeställningar	7
<b>3. BAKGRUND.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Cirkulär ekonomi</b>	<b>7</b>
FIGUR 1. DE GLOBALA MÅLEN, AGENDA 2030 (FN-FÖRVUNDET, 2022)	7
<b>3.2 Agenda 2030</b>	<b>8</b>
3.2.1 Mål 15 Ekosystem och biologisk mångfald	8
3.2.2 Sveriges arbete med Agenda 2030	8
3.2.3 Sveriges miljömål	8
FIGUR 2. SVENSKA MILJÖMÅLEN	<b>8</b>
3.2.4 Föreningar i Sverige	9
3.2.5 Föreningar i Västernorrlands Län	9
<b>3.3 Rening av förorenade marker</b>	<b>9</b>
3.3.1 Traditionella saneringsmetoder	9
3.3.2 Biosanering	9
<b>3.3 Svampar</b>	<b>10</b>
<b>4. TEORI.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Från linjärt till cirkulärt</b>	<b>10</b>
<b>4.2 Cirkulär design i en cirkulär ekonomi</b>	<b>10</b>
FIGUR 3. FEM CENTRALA PRINCIPER FÖR CIRKULÄR DESIGN	11
<b>4.3 Systemteoretiskt perspektiv</b>	<b>12</b>
<b>4.4 Design med naturen som rådgivare</b>	<b>12</b>
4.4.1 Biomimikry i praktiken	12
<b>5. METOD.....</b>	<b>13</b>
<b>5.1 Metodval</b>	<b>13</b>
<b>5.2 Sökstrategi</b>	<b>13</b>
5.2.1 Testsökning	13
FIGUR 4. ÖVERSIKT AV BUILDING BLOCK STRATEGY	14
FIGUR 5. BOOLESKA OPERATORER	14
FIGUR 6. TABELL FÖR SÖKNING.	14
<b>5.3 Inklusions- och exklusionskriterier</b>	<b>15</b>
<b>5.4 Kategorisering och syntetisering av resultat</b>	<b>15</b>
FIGUR 7. INKLUSIONS- OCH EXKLUSIONSKRITERIER	15
<b>5.5 Metodproblem</b>	<b>16</b>
4.5.2 Validitet och reliabilitet	16
5.5.3 Etiska aspekter	16

<b>6. RESULTAT</b> .....	<b>16</b>
FIGUR 8. RESULTATÖVERSIKT .....	17
FIGUR 9. ÖVERSIKT AV KEMIKALIER OCH TUNGMETALLER SOM FÖREKOMMER I RESULTATET. ....	17
<b>6.1 Ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter</b> .....	<b>18</b>
<b>6.2 Förstärkning av ostronskivlingens funktion genom naturlig processförstärkning</b> .....	<b>19</b>
<b>6.3 Förstärkning av ostronskivlingens funktion genom acklimatisering</b> .....	<b>19</b>
<b>6.4 Matindustrins restprodukter som källa för mykoremediering</b> .....	<b>20</b>
<b>7. ANALYS</b> .....	<b>21</b>
FIGUR 10. VISUALISERING AV DEN CIRKULÄRA PROCESSEN MYKOREMEDIERING KAN INNEBÄRA. ....	22
<b>8. SLUTSATS</b> .....	<b>23</b>
<b>9. SLUTDISKUSSION</b> .....	<b>23</b>
<b>REFERENSER</b> .....	<b>24</b>
<b>BILAGA I</b> .....	<b>28</b>

## I. INTRODUKTION OCH PROBLEMFÖRMULERING

### 1.2 Linjära systemet och dess konsekvenser

Föreställ dig att du retrospektivt ska designa den industriella revolutionen. Enligt Baungart och McDonough (2019) skulle uppdraget inneburi att designa ett produktionssystem som varje år lämnar miljarder ton giftigt avfall i marker, vattendrag och i luften. Ett system som producerar så farliga ämnen att generationer i flera hundra tusen år efter oss måste inta största vaksamhet för att inte riskera att komma i kontakt med dessa ämnen. Dessutom ska produktionssystemet kräva ett komplicerat regelverk med syfte att dra ut på förgiftningsprocessen av människor och miljö, inte att helt hindra den. Produktiviteten i systemet ska mätas utifrån hur få människor som krävs för att utföra arbetet och de ekonomiska vinsterna uppnås genom att rensa planeten på dess resurser. Systemet ska inte ta någon hänsyn till varken kulturell- eller biologisk mångfald (Baungart och McDonough, 2019).

Den 16 november 2018 rapporterade Sveriges television att Västernorrlands Län var det mest förorenade länet i landet. Totalt fanns 56 förgiftade områden av högsta riskklass och utöver dessa tusentals andra riskklassade objekt (SVT, 2018a). Det förekommer områden som är så pass förorenade med okända gifter att vaktbolag blir nödvändiga för att obehöriga inte ska beträda marken. Ett sådant område är bland annat Nyhamns gamla industriområde i Kvissleby där man utöver farliga ämnen i marken också hittat en okänd seg sörja i grundvattnet (SVT, 2018b).

Inom forskningen beskrivs dagens linjära system (Braungart och McDonough, 2019) som en monokulturell tävling där vinnaren är den som kan driva sitt företag med så små medel som möjligt också drar in den största vinsten. Systemet tar ingen hänsyn till företagets påverkan på miljö eller människors hälsa och är den enskilt bidragande orsaken till mänskighetens påskyndande av klimatförändringarna. Hur skulle det se ut om företagen istället inspireras av naturens cirkulära ekosystem där alla vinner på anpassning och samexistens istället för att konkurrera ut varandra?

I naturen är monokultur en svaghet och mångfald en styrka (Braungart och McDonough, 2019). Med naturen som modell behöver vinstdrivande företag intressera sig för och engagera sig i alla former av mångfald, såväl affärsmässig som biologisk och kulturell. För att uppnå detta anser författarna att vi behöver frånga dagens linjära ekonomiska system mot ett cirkulärt (Braungart och McDonough, 2019). Enligt Ellen MacArthur Foundation (2022a) bygger den cirkulära ekonomiska modellen på att eliminera avfall och föroreningar, att produkter och material fortsätter existera i en cirkulär process utan att tappa sitt värde, samt återställande av naturen.

### 1.2 Cirkulär omställning

Den cirkulära ekonomin har enligt Sveriges regering (Miljödepartementet, 2021) stor potential att reducera resursanvändning och därmed begränsa klimat- och miljöpåverkan. Omställningen ska ske genom företagande och innovation baserade på cirkulära flöden och affärsmodeller vilka skulle bidra till resurseffektivitet och giftfria miljöer i landet. Men enligt The Global Circularity report (Circular Gap, 2021) har omställningen inte bara tappat fart, den har börjat gå åt fel håll. Om vi globalt ska nå FN's hållbarhetsmål enligt Agenda 2030, behöver samhällsomställningen till en cirkulär ekonomi ske i ett mycket snabbare tempo och för detta är den cirkulära designen central.

Trots den samlade forskningen kring den cirkulära designens potential att driva förändringen mot en cirkulär ekonomi, samt vetenskapen om att tiden är knapp, går det alldeles för långsamt. Enligt Ramakrishna och Jose (2022) finns ett glapp mellan kunskap och praktisk implementering av cirkulära system och processer i samhället. Ett glapp som snabbt måste fyllas med hjälp av ny cirkulär design och innovationer. Dessutom måste folket släppas in, uppmuntras och engageras i förändringsarbetet om det ska nå framgång. Här har design en stor betydelse både inom produktutveckling och nya innovativa system- och processlösningar.

Ett sätt att arbeta med cirkulär design är genom biomimicry som enligt Institution of Biomimicry (2022a) är en teori och metod som hämtar inspiration från naturens strategier för problemlösning. Att vända sig till naturen för att hitta nya cirkulära lösningar både är och kommer att vara centralt för den cirkulära omställningen. På senare år har forskning (Ali et al, 2017) bland annat uppmärksammat svampen, och i synnerhet ostronskivlingen, som potentiell lösning inom flera olika områden som exempelvis sanering av giftiga föroreningar.

Systemteoretiska perspektiv (Öquist, 2018) erbjuder cirkulära synsätt och förståelse för

världen i form av helheter och sammanhang. Det teoretiska synsättet som systemteorin erbjuder kan vara ett effektivt hjälpmedel till att betrakta ur ett holistiskt perspektiv, vilket är centralt för en cirkulär ekonomi.

## 2. SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR

### 2.1 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter och därmed artens potential i en cirkulär designprocess utifrån ett systemteoretiskt perspektiv.

### 2.2 Frågeställningar

F1. Vad är, utifrån ett biomimikryperspektiv, ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter?

F2. Hur kan ostronskivlingens potential utifrån ett systemteoretiskt perspektiv tillgängliggöras i en cirkulär designprocess?

### 2.3 Operationalisering frågeställningar

Frågeställning ett kommer att besvaras utifrån studiens resultat och ligger till grund för svaret på frågeställning två som tydliggörs i analysen.

## 3. BAKGRUND

### 3.1 Cirkulär ekonomi

Omställningen till cirkulär ekonomi har tappat fart, den går till och med åt helt fel håll (Circular Gap, 2021). År 2018 var 9,1% av det ekonomiska systemet cirkulärt jämfört med år 2020 då siffran visade 8,6%. Samtidigt som omställningen saktar in ökar uppvärmningen av jorden. År 2017 konsumerade jordens befolkning över 100 miljarder ton material, samma år ökade medeltemperaturen med 1 grad. Med ett hållbart förhållningssätt inför jordens resurser med hänsyn till både utsläpp och massa, kan vi konsumera färre material, öka värdet och främja den process som leder till cirkulär ekonomisk tillväxt samtidigt som utsläppen minskar. Om vi globalt lyckas ställa om till en cirkulär ekonomi innan år 2032 kommer vi också lyckas hålla oss under 2-graders målet. För att lyckas med detta krävs flerdimensionella innovationer vilket gör biodesignen central för den cirkulära ekonomin (Circular Gap, 2021).

FIGUR 1. DE GLOBALA MÅLEN, AGENDA 2030 (FN-FÖRVUNDET, 2022)



Grafisk översikt över FN globala hållbarhetsmål (FN, 2022).

### 3.2 Agenda 2030

År 2015 antogs Agenda 2030 av världens ledare. Tre år av diskussioner utifrån bidrag från det civila samhället, forskare och akademiker resulterade i 17 mål med 169 delmål som ska gälla för alla människor och alla länder i hela världen. Alla de 169 delmålen är viktiga för att nå en hållbar utveckling globalt (FN-förbundet, 2022a). Med hållbar utveckling menas i Agenda 2030 en utveckling som tillgodoser behoven som finns idag utan att äventyra behoven hos kommande generationer. De globala målen består av tre perspektiv för hållbar utveckling. Ekonomiskt-, socialt- och miljöperspektiv och är nödvändiga för att utifrån målen lyckas skapa en hållbar, inkluderande och rättvis utveckling för alla (FN-förbundet, 2022a).

#### 3.2.1 Mål 15 Ekosystem och biologisk mångfald

Biologisk mångfald och hållbara ekosystem är grunden för vårt liv på jorden. Det är avgörande för människans överlevnad att behoven av livsmedel, energi, vatten, mineraler och råmaterial tillgodoses utan att skada den biologiska mångfalden. Vi måste också säkerställa ett hållbart nyttjande av ekosystemtjänster för att fortsatt liv på planeten ska vara möjligt. Ekosystemen på land skogar, våtmarker, torrmarker och berg är livsmiljöer för miljontals arter. Förstöring av mark är tillsammans med avskogning två saker som lett till ökade halter växthusgaser och utgör ett hot för såväl klimat som djurarternas överlevnad (FN-förbundet, 2022b).

#### 3.2.2 Sveriges arbete med Agenda 2030

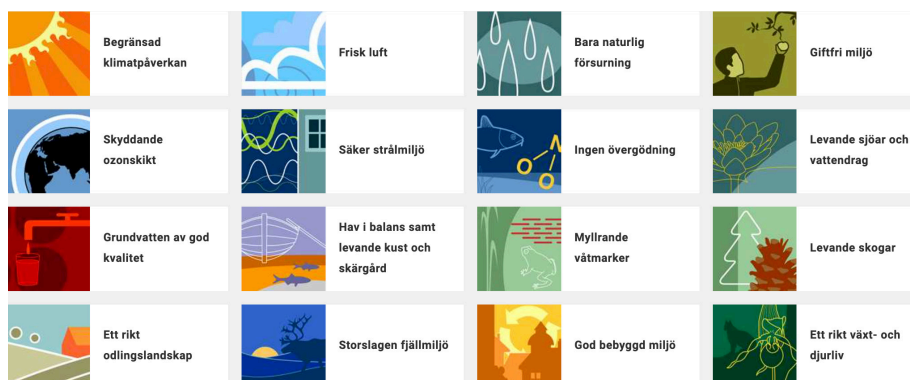
I regeringens handlingsplan för Agenda 2030 (Finansdepartementet, 2022), kan vi läsa att Sverige ska vara ledande i hållbarhetsarbetet både nationellt som internationellt. Enligt handlingsplanen ska Sverige vara en internationell förebild när det gäller de tre dimensionerna ekonomisk-, social- och miljömässig hållbarhet. För att det ska vara möjligt för Sverige att visa vägen mot en hållbar utveckling krävs att hela samhället inkluderas i omställningsarbetet. Ingen får lämnas utanför. Forskning och innovation kopplat till en hållbar och giftfri kedja för återvinning av material kommer vara viktigt för omställningen till en cirkulär ekonomi (Finansdepartementet, 2022).

#### 3.2.3 Sveriges miljömål

De svenska miljömålen etablerades år 1999 och har sedan dess utvecklats och reviderats flertalet gånger. Målen består av ett övergripande generationsmål, 16 miljökvalitetsmål och ett flertal etappmål inom områden för avfall, biologisk mångfald, farliga ämnen, hållbar stadsutveckling, luftföroreningar och klimat. Det övergripande generationsmålet har fokus på den stora omställning som krävs för att kunna lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta för nästkommande generationer (Svenska miljömålen, 2022a).

Enligt de svenska miljömålen (2022b) utsätts alla levande organismer, inklusive människan, för farliga ämnen som sprids när varor, kemiska produkter och material tillverkas, används och blir till avfall. För att skydda människors hälsa och den biologiska mångfalden behöver spridningen av farliga ämnen förebyggas och minskas. I Sverige förekommer flera särskilt farliga ämnen i naturmiljön, men med hjälp av ett kontinuerligt identifierings- och saneringsarbete kan halterna av dessa ämnen minska (Svenska miljömålen, 2022b).

FIGUR 2. SVENSKA MILJÖMÅLEN



Grafisk översikt av Sveriges miljömål (Sveriges miljömål 2022).



### 3.2.4 Föroreningar i Sverige

Enligt Naturvårdsverket (2022) är Sveriges förorenade marker främst ett arv från vår rika industrihistoria. Sågverk, skeppsvarv, glasbruk, gruvor, kemisk industri, massa- och pappersindustri samt kemisk industri med flera, har lämnat föroreningar i marker och vattendrag. Föroreningar som har en starkt negativ effekt på miljö och hälsa. Många av dessa industrier etablerades under en tid då det inte fanns tillräcklig kunskap om avfallens konsekvenser, vilket betydde frånvaro av reglerande miljölagar och myndighetstillsyn (Naturvårdsverket, 2022).

Sveriges totala antal förorenade områden uppskattas enligt Riksrevisionen (2016) vara cirka 81 500. Av dessa är ungefär 1000 områden klassade som riskklass 1 vilket innebär mycket stor risk för miljö och hälsa. 7000 områden omfattas av riskklass 2 vilket innebär stor risk för miljö och människors hälsa. Att sanera förorenade naturområden är kostsamt och beräknas uppgå till 45 miljarder kronor år 2050 (Riksrevisionen, 2016). Svenska yt- och grundvatten är relativt opåverkade av den breda förekomsten föroreningar i markerna, något som i ett internationellt perspektiv är mycket ovanligt. Spridningsrisken är dock stor och gifter som tar sig in i vattendrag sprider sig snabbt och förstör ekosystem både på land och i vatten. För att skydda ekosystemen är det av största vikt att förorenade marker saneras (Naturvårdsverket, 2021).

### 3.2.5 Föroreningar i Västernorrlands Län

Enligt den regionala måluppföljningen (Länsstyrelsen Västernorrland, 2021) är läget för länet allvarligt och inget av de svenska miljömålen har varken nåtts eller är i närheten att nås. Målen som rör bevarande av biologisk mångfald går generellt i en negativ riktning och det konstateras att ingen av de svenska miljömålen kommer att uppnås innan 2030. Den samlade bedömningen är att omställningsarbetet går alldeles för långsamt och att offentliga aktörer och näringsliv inte prioriterar biologisk mångfald eller utvecklingen av ett hållbart samhälle. Samhällets alla aktörer måste värdera naturtillgångar högre samt åstadkomma omfattande struktur- och beteendeförändring, samtidigt som det behövs tillskott av statliga medel för naturvård och ekologisk hållbarhet. Även om det pågår ett kontinuerligt arbete att identifiera potentiellt förorenade områden, måste arbetet med strategiska åtgärder för sanering komma igång i mycket större utsträckning (Länsstyrelsen Västernorrland, 2021).

## 3.3 Rening av förorenade marker

Det finns många aspekter att ta hänsyn till vid sanering av förorenade områden och både utredning samt utförande kan vara långsamma och kostsamma processer. Framtagandet av åtgärdsalternativ för sanering baseras på utredningar som fastställer halter av förorenande ämnen i marken. Sanering blir aktuellt först när nivåerna överstiger acceptabla gränser (Naturvårdsverket, 2009).

### 3.3.1 Traditionella saneringsmetoder

I valet av saneringsmetod finns flera aspekter att ta hänsyn till. Bland annat ska metoden för sanering reducera miljö- och hälsorisker så långt det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt (Naturvårdsverket, 2009). De skador som kan uppstå under genomförandet bör vara mindre än de skador som föroreningen i sig kan orsaka. Valet av teknik ska landa på den bäst tillgängliga tekniken om det inte medför alltför orimliga kostnader. Dessutom ska energisnål teknik ges företräde så långt det är möjligt. Behandlingsåtgärderna ska genomföras på ett sätt som inte begränsar framtida användning av marken (Naturvårdsverket, 2009).

I en studie av Svenska miljöinstitutet (2002) där olika saneringsteknikers miljöpåverkan undersöktes genom livscykelanalys, visade resultatet att den generellt största miljöpåverkan orsakades av el- och energiförbrukning. Utrustning och användning av kemikalier saneringsprocesser visade också signifikant miljöpåverkan, likaså transporten av förorenade jordmassor. Enligt studien (Svenska miljöinstitutet, 2002) är tillståndsärende för saneringsåtgärder långdragna processer vilket inte är fördelaktigt för akuta föroreningssituationer.

### 3.3.2 Biosanering

Jorden är enligt Puohit et al (2018) en komplex länk av biologiska komponenter som mineraler, vatten, gaser och organismer. Friska jordar ger näring till växter, mikrober, djur och människan. En utbredd exploatering har dock gradvis försämrat jorden och rent av gjort den skadlig för levande organismer och därmed olämplig för sitt naturliga uppdrag. Framförallt är det den

linjära ekonomins industrialisering som lett till ökade halter av miljögifter och tungmetaller i jorden. Tungmetaller, bekämpningsmedel och kemiska föroreningar är svåra för naturen att bryta ner, vilket resulterar i att dessa lätt sprids vidare via exempelvis vattendrag. Kontinuerlig exponering av miljögifter kan ge nervskador, organsvik, blodsjukdomar och cancersjukdomar hos både djur och människor (Purohit et al, 2018).

Enligt Lichtfouse (2018) har biosaneringsmetoder studerats sedan 1980-talet. Biosanering innebär att levande organismer tillförs i saneringsprocesser och bryter ner eller påskyndar nedbrytning av giftiga ämnen. Tack vare forskningen är det dag relativt vanligt att använda bakterier inom viss biosanering.

### 3.3 Svampar

Svampar är en typ av mikroorganismer som finns närvarande och representerade i alla miljöer, från jordbruksmark till skog samt marin och arktisk miljö. De föredrar att leva tillsammans med tusentals andra varelser och har på grund av sina skickliga egenskaper att omvandla avfall till näring en avgörande roll inom de flesta ekosystemen. Med hjälp av sitt rotsystem, mycel, kan svampar täcka upp till flera hektar mark och påskynda nedbrytningsprocesser vilket gör de till utmärkta ekosysteminjögörer (Purohit et al, 2018).

Svampar är specialister på nedbrytning av diverse organiska material och kan förse en stor mängd individer i ett ekosystem med näring (Hoff, 2021). Svampar utgör ett helt eget rike eftersom de varken är djur eller växt. De finns i oändligt många former och storlekar, från små encelliga organismer till gigantiska individer som täcker flera hektar mark. Svampens centrala funktion är att bryta ner naturliga kemikalier och omvandla dessa till molekyler som de själva kan leva på. Enligt författaren borde svampen på grund av sina naturliga nedbrytningsegenskaper ha potential att ta hand om mänskligt skapade föroreningar. Att använda svamp för omhändertagande av skadliga ämnen kallas mykoremediering (Hoff, 2021).

## 4. TEORI

### 4.1 Från linjärt till cirkulärt

Enligt Ellen MacArthur Foundation (2022b) bygger den cirkulära ekonomin på tre grundläggande fundament. Att eliminera avfall och föroreningar, att produkter och material fortsätter existera i en cirkulär process utan att tappa sitt värde, samt återställande av naturen. Den cirkulära ekonomin är motståndskraftig och bra för både företag, människa och miljö. Den ger oss verktyg att tillsammans hantera klimatförändringarna och att minska förlusten av biologisk mångfald. Den ger kraft att öka välbefinnande, ge arbete och motståndskraft samtidigt som våra utsläpp av växthusgaser, avfall och föroreningar minskar. Alla nuvarande sätt tillhörande den linjära ekonomiska modellen måste ändras, från produktion till avfall (Ellen MacArthur Foundation, 2022b).

### 4.2 Cirkulär design i en cirkulär ekonomi

En typisk levnadscykel för en produkt består idag av fyra stadier (Andrews, 2015). Utvinning och processering av råmaterial, tillverkning, användning och avfall. I det linjära ekonomiska systemet betraktas produkter som oanvändbara när de inte längre uppfyller sin tänkta funktion, vilket leder till att produkten slängs eller i bästa fall återvinns. Genom att skapa för cirkulära processer ges produkter fler livscykler där material tas till vara för att producera eller laga andra produkter. När material cirkulerar i en sluten process minskar farliga utsläpp med 75%, men att designa för cirkulära processer är enligt Andrews (2015) inte vedertagna arbetssätt inom designprofessionen, utan ses snarare som komplement till den traditionellt linjära designprocessen. Behovet av en cirkulär ekonomi ökar snabbt i takt med klimatförändringarna och därmed också behovet av cirkulära designprocesser. Enligt Andrews (2015) är dock kunskapsbristen så pass hög att den sänker efterfrågan. Istället för att passivt invänta en ökning av efterfrågan på cirkulär design bör designprofessionen driva paradigmskiftet framåt genom aktiv implementering av cirkulär design i alla skapandeprocesser. Andrews (2015) understryker att kunskapen inom professionen måste öka, tillsammans med förändrade tanke- och arbetssätt, för att förändringen ska vara möjligt.

Den linjära ekonomin är en direkt orsak till jordens enorma förlust av biologisk mångfald (Ellen MacArthur Foundation, 2021a). Planeten står inför ett sjätte massutdöende och inom

ett årtionde beräknas över en miljon arter ha dött ut. Den cirkulära ekonomin erbjuder ett handlingskraftigt ramverk för att minska förlusten av biologisk mångfald genom att eliminera avfall och föroreningar, designa för cirkulära produktprocesser samt återbygga och reparera naturen. Genom att separera den ekonomiska tillväxten från naturresurser och påverka på klimatet erbjuder den cirkulära ekonomin möjligheter till en ny och bättre tillväxt. En tillväxt som gynnar biologisk mångfald och bidrar till förbättring av luft- och vattenkvalitet (Ellen MacArthur Foundation, 2021a).

Dagens industriella infrastruktur är enligt Braungart och McDonough (2019) designad på ett sådant sätt att den hela tiden eftersträvar ekonomisk tillväxt. Detta uttömmande system är resultatet av visioner från historiens designskapare och ingenjörer, vilka omedvetet lyckades skapa ett linjärt system som inneburit enorma konsekvenser för efterkommande generationer. På samma sätt är det fortsatta underhållet av det linjära systemet inte menat att göra skada utan fortsätter vara resultatet av föråldrad och ointelligent design (Braungart & McDonough, 2019). Principen cradle-to-cradle, som direktöversatt till svenska betyder vaggas till vaggas, utgår från att produkter aldrig ska nå den definitiva graven utan istället fortsätta att existera genom återfödelse. Ett sådant produktionssätt skulle innebära extrem minskning av avfall och att miljöer skulle skyddas från giftiga föroreningar (Braungart & McDonough, 2019). För att övergången från ett linjärt till ett cirkulärt system ska lyckas krävs enligt författarna att fem principer tas i beaktande. Dessa presenteras i figur 3.

FIGUR 3. FEM CENTRALA PRINCIPER FÖR CIRKULÄR DESIGN



Visuell översikt för de fem centrala principer Braungart och McDonough (2019) beskriver som avgörande för cirkulär design i omställningen till en cirkulär ekonomi. Illustration av Moa Grundvik Ördell, 2022.

### 4.3 Systemteoretiskt perspektiv

För att ställa om till en cirkulär ekonomi krävs cirkulära tankesätt och perspektiv vilket kan hittas inom den moderna systemteorin (Öquist, 2018). I korthet innebär teorin att se på helheten som någonting större än summan av de enskilda delarna. Framförallt intresserar sig systemteoretiker för hur samhällen och organisationer fungerar. Teorin är cirkulär på det sättet att den har sin grund inom biologin och handlar om att förstå världen i det större sammanhang som uppstår genom relationer, funktioner, sammanhang och mönster. Den synliggör levande förändringsprocesser istället för att isolera enskilda situationer. Perspektivet hjälper oss helt enkelt att se hur saker och ting hänger ihop (Öquist, 2018).

Enligt Meadows (2009) kan ett system vara i princip vad som helst och kan dessutom både vara en del av ett större system samt bestå av flera mindre system. Ett tydligt exempel på detta är universum som innehåller flera andra system som galaxer, solsystem, planeter och ekosystem. I ett system påverkar delarna varandra genom sammankopplingar och på detta sätt uppnår helheten en funktion och ett syfte. För att systemteori ska kunna användas på ett effektivt sätt behövs kunskap om och förståelse för hur systemen påverkas av sina sammankopplingar (Meadows, 2009). Som exempel nämner författaren ekosystem i vilket arterna utgör systemets olika delar medan sammankopplingarna är de relationer som skapas mellan organismerna och tillsammans uppnår systemets funktion att upprätthålla livsbalansen. Skulle en av delarna försvinna kan det skada hela systemets funktion (Meadows, 2009).

Med systemteoretiska perspektiv menar Öquist (2018) att människan inte kan betraktas som hjälplös inför klimatförändringarna utan bör istället ses som en aktiv del av naturens system. Människan är en kompetent skapare av sin egen verklighet och sina egna förutsättningar. I ett cirkulärt samhälle är synen på människan som härskande art på planeten föråldrad. Det systemteoretiska perspektivet stärker därmed människans roll och funktion på planeten (Öquist, 2018).

### 4.4 Design med naturen som rådgivare

För att lämna den linjära ekonomin krävs enligt Benyus (2010) att människan hittar tillbaka till sin plats i naturen och slutar att se sig själv som överlägsen andra arter. Med hjälp av rådgivning och inspiration från naturen kan biomimikry hjälpa oss att skapa kraftfulla innovationer som leder vägen mot ett cirkulärt sätt att leva och producera. Det första en designer behöver fråga sig inför ett problem är enligt författaren "Hur skulle naturen lösa problemet?". Människan ska enligt Beyus (2002) inte heller se sig som en destruktiv art på planeten utan snarare som en jämställd del av helheten. Det innebär en syn som inkluderar oss människor som en naturlig och viktig del av naturen.

Biomimikry kan beskrivas som en strategi vilken inspirerar och imiterar naturliga processer för att lösa mänskliga problem (Biomimicry Institute, 2022a). Målet med strategin är att skapa produkter och lösningar som kan ta sig an den största designutmaningen människan stått inför, nämligen hållbarhet i solidaritet med allt liv på jorden. Biomimikry erbjuder en empatisk och genomgripande förståelse för hur liv fungerar samt hur människan passar in i naturens större sammanhang. Naturen värderas utifrån det den *lärt* oss och inte utifrån vad vi kan *lära* från den (Biomimicry Institute, 2022a). Biomimikry ingår i paraplybegreppet bioinspirerad design som innebär design och teknik som inspirerats av biologiska lösningar. Förutom biomimikry finns också biomorfism vilken inspireras av naturens färger och former, samt bioutilisation vilket innebär att levande organismer används i processer som kräver teknik människan ännu inte bemästrar (Biomimicry Institute, 2022a).

#### 4.4.1 Biomimikry i praktiken

Inom biomimikry finns tre essentiella element som används när naturliga processer ska översättas till mänsklig design. Termerna för dessa element är *emulate*, *ethos* samt *(re)connect* och ska vara närvarande under alla steg i designprocessen (Biomimicry Institute, 2022b). *Emulate* representerar den forskningsbaserade praktiken som ger kunskap om och förutsättning att imitera eller implementera naturens former, processer och system i mänsklig design. *Ethos* är den grundläggande filosofin som skapar förståelse för hur liv fungerar och är vägledande i att skapa design i solidaritet med andra arter. *(Re)connect* innebär att människan genom att fysiskt befinna sig i naturen återskapar banden och blir en del av naturens större sammanhang (Biomimicry Institute, 2022b).

När biomimikry används i forskningssammanhang är det viktigt att utgå från två väsentliga koncept, nämligen funktion och kontext (Biomimicry Institute, 2022b). Funktioner är en essen-

tiell del eftersom det belyser vad som ämnas undersökas, exempelvis en särskild organisms egenskaper att anpassa sig till omgivningen. Kontexten är alltså den omgivning som organismen befinner sig i vilken är viktig att ta hänsyn till eftersom den i stor grad påverkar funktionen som ska undersökas (Biomimicry Institute, 2022b).

## 5. METOD

### 5.1 Metodval

Eftersom syftet med denna studie är att undersöka ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter ansågs litteraturstudie vara den mest relevanta metoden. Enligt Okoli (2015) är litteraturstudier ett effektivt sätt att undersöka diskursen inom det område som ska studeras. Metoden kan bidra med ny bred kunskap eller avslöja kunskapsglapp inom ett specifikt vetenskapligt område. Med litteraturstudier kan den befintliga mängden vetenskapligt material inom det specifika området sammanställas och syntetiseras. Genomförandet är strukturerat och tydligt eftersom det följer en given metod samt omfattande eftersom det är möjligt att inkludera ett stort antal studier (Okoli, 2015). Litteraturstudier bör inte betraktas som bibliografier eftersom de vilar på teoretiska koncept vilket bidrar till vetenskapliga analyser och slutsatser. Även om metoden har sitt ursprung inom vårdvetenskapen är den högst applicerbar också inom samhällsvetenskapen (Okoli, 2015).

Eftersom det redan skett en hel del forskning kring ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter ansågs en litteraturstudie kunna bidra med en samlad bild av kunskapsläget. Att undersöka funktionen med experimentella metoder var inte intressant eftersom huvudämnet för studien är design och inte biologi. Dessutom fanns varken kompetens eller tid för detta.

### 5.2 Sökstrategi

Okoli (2015) betonar vikten av att noga förbereda sökstrategin för att underlätta och effektivisera datainsamlingen. Sökningen bör göras så bred som möjligt men samtidigt begränsas till vad som är rimligt att genomföra eftersom det ofta finns en tidspress. Dessutom minskar en begränsad sökning risken för felaktiga och spretiga resultat (Okoli, 2015).

Sökstrategin för datainsamling skedde enligt SBUs (2020) building block strategy. Metoden innebär att syfte och frågeställningar bryts ner till enskilda nyckelord, det vill säga block av söktermer och fraser. I ett första steg testas de olika blocken var för sig i de aktuella databaserna för att ge en bild av deras träffsäkerhet och den förekommande forskningen på området. Hur building block strategy har använts i denna studie presenteras i figur 4.

#### 5.2.1 Testsökning

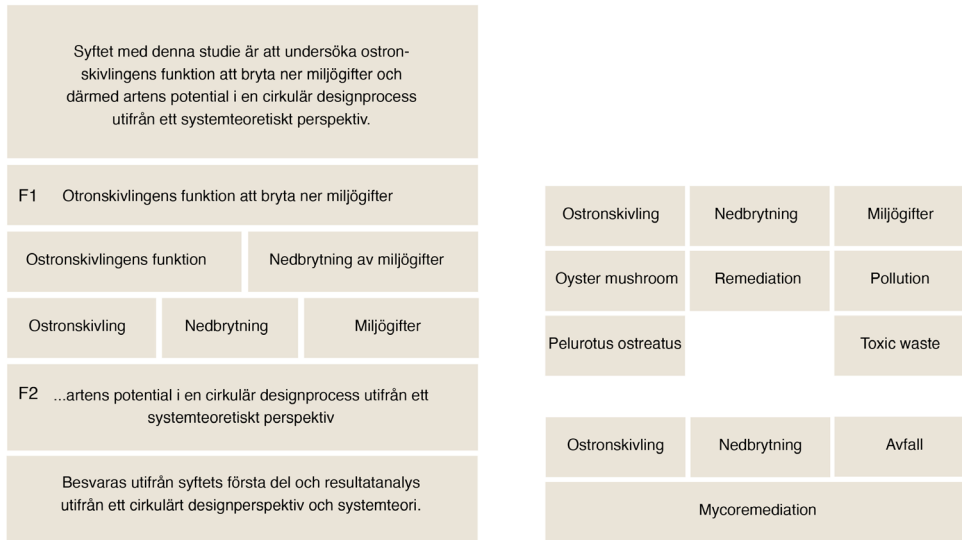
Vid en första testsökning kunde vissa block omgående väljas bort eftersom de gav för brett resultat. Exempel på detta var degeneration vilket inkluderar flera olika typer av biologiska nedbrytningsprocesser hos både svampar, djur och växter vilket skulle ha gett ett alltför brett sökresultat. Istället byttes ordet till mycoremediation vilket är ett ord syftar på svampens nedbrytande funktion och gjorde därför blocket enormt användbart vid datainsamling. När söktermerna design och circular design användes i kombination med de bestämda sökorden resulterade de flesta sökningarna i noll träffar, vilket ledde till att dessa sökord valdes bort i litteratursökningen för ostronskivlingens nedbrytande funktion.

När söktermer testats enskilt kombinerades dem med hjälp av så kallade booleska operatörer. Den boolesta operatören AND är exempelvis programmerad att inkludera söktermer till skillnad från NOT som exkluderar (SBU, 2020). Hur operatörerna har använts presenteras i figur 5.

Enligt SBU (2020) ska sökstrategins alla val grunda sig i studiens syfte och frågeställning eftersom dessa fungerar vägledande genom hela arbetsprocessen. Det innefattar såväl val av sökord som valet av databaser för insamling av vetenskapliga studier (SBU, 2020). Sökstrategin testades i databaserna SCOPUS och Web of Science som enligt Mittuniversitetet (2022) erbjuder publicerad forskning från ett brett vetenskapligt område. Dessutom testades strategin i den naturvetenskapligt inriktade databasen Science Direct.

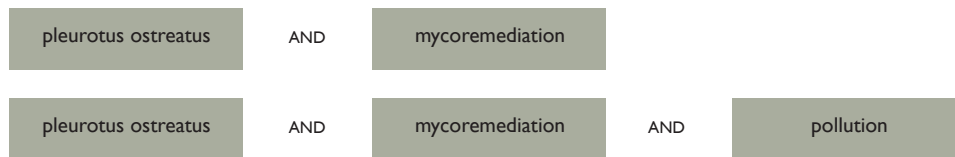
Testsökningen gav en relativt klar bild av forskningsläget på området samt vad som kunde förväntas av den kritiska sökningen. Testsökningen presenteras i sin helhet i bilaga 1. Utöver litteratursökningar i databaserna gjordes genomgångar av studiernas referenslistor samt böcker vilket inte ledde till inkluderande av någon studie.

FIGUR 4. ÖVERSIKT AV BUILDING BLOCK STRATEGY



Visuell översikt av building block strategy så som den använts för denna undersökning. Illustration av Moa Grundvik Ördell, 2022.

FIGUR 5. BOOLESKA OPERATORER



Visuell översikt för hur booleska operatorer har använts i undersökningen. Figur av Moa Grundvik Ördell, 2022.

FIGUR 6. TABELL FÖR SÖKNING.

DATUM	DATABAS	LIMITS	SÖKORD	TRÄFFAR	EXKLUDERADE	INKLUDERADE
2022-02-25	SCOPUS	2012-present	mycoremediation AND pleurotus ostreatus	35	22	13
2022-02-25	WEB OF SCIENCE	2012-present	mycoremediation AND pleurotus ostreatus	40	35 (varav 13 dubbletter)	5
2022-02-25	SCOPUS	2012-present	mycoremediation AND pleurotus ostreatus AND pollution	19	8 (varav 13 dubbletter)	11

Redovisning av sökningar. Figur av Moa Grundvik Ördell, 2022.

FIGUR 7. INKLUSIONS- OCH EXKLUSIONSKRITERIER

INKLUSIONSKRITERIER	EXKLUSIONSKRITERIER
Studier som undersöker ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter	Studier får inte undersöka ostronskivlingens funktion att oskadliggöra bakterier (ex e-coli)
Studier ska visa god vetenskaplig kvalitet	Studier får inte undersöka ostronskivlingens funktion att bryta ner plast
Studien ska vara presenterad på engelska	Studier får inte undersöka ostronskivlingens funktion att bryta ned läkemedel
Förekommer fler svamparter än ostronskivling i studien kan den inkluderas om data specifik för ostronskivlingen är tydligt presenterad	Studier får inte undersöka ostronskivlingens funktion att hantera radioaktivitet
Undersökts fler än en metod för biosanering kan studien inkluderas om data specifikt för ostronskivlingen är tydligt presenterad	

Visuell översikt för hur booleska operatörer har använts i undersökningen. Figur av Moa Grundvik Ördell, 2022.

### 5.3 Inklusions- och exklusionskriterier

För ytterligare struktur av litteratursökningen menar Okoli (2015) att tydliga exklusions- och inklusionskriterier bestäms i förväg samt utifrån den genomförda testsökningen. Även dessa styrs av studiens syfte och frågeställningar. Flera faktorer kan göra att en studie inte är relevant att inkluderas (Okoli, 2015). Exklusions- och inklusionskriterier för denna studie presenteras i figur 7.

De artiklar som inkluderats i första steget var 29 till antalet. Tre av dessa visade sig vara litteraturöversikter och exkluderades därför. Vid granskning av innehåll i resterande var det flera som exkluderades på grund av att det inte gick att separera funktionen hos just ostronskivlingen från andra svamparter. Artiklar som handlade om funktionen att bryta ner radioaktiva ämnen och läkemedelssubstanser lämnades utanför studien denna gång eftersom sökningen och resultatet skulle bli för brett. Tillslut fanns 16 artiklar (n=16) kvar vilka inkluderades i studiens resultat. Sökningen i sin helhet redovisas i figur 6 och artikelöversikten i bilaga 1.

### 5.4 Kategorisering och syntetisering av resultat

Enligt Okoli (2015) är syntetisering av data ett kritiskt skede i metodprocessen. Råmaterial ska samlas in på ett systematiskt sätt för att kunna syntetiseras och vilken data som är intressant att ta vara på bestäms utifrån syfte och frågeställning (Okoli, 2015).

Under bearbetning och syntetisering av det insamlade materialet framträdde fyra kategorier; *Ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter*, *Förstärkning av ostronskivlingens funktion genom naturlig processförstärkning*, *Förstärkning av ostronskivlingens funktion genom aklimatisering* och *Matindustrins restprodukter som källa för mykoremediering*.

### 5.5 Metodproblem

Eftersom undersökningens huvudsakliga resultat kommer bestå av vetenskapliga studier inom naturvetenskaplig kontext kunde sökord som design och cirkulär design inte användas. Detta skulle kunna ses som en brist i undersökningen samt skapa en uppfattning om att den inte håller sig inom designämnet. För att kunna skapa design som i enlighet med biomimikry leder till problemlösningar i solidaritet med alla planetens arter måste designprofessionen nå kunskaper utanför det egna vetenskapliga området.

Sökstrategin hade kunnat utvecklas ytterligare för att inkludera flera artiklar och därmed ge ett ännu mer överensstämmande resultat. Detta hindrades dock på grund av tidsbristen. Den vetenskapliga kvaliteten hos de inkluderade artiklarna kan granskas med hjälp av en kvalitetsmall. Någon sådan gick dock inte att finna och SBU's mall ansågs otillräcklig eftersom den fokuserar på studier genomförda inom hälso- och sjukvårdens kontext. Vid genomgång av artiklarna kunde ändå konstateras att samtliga hade en mycket tydlig metodbeskrivning som innehöll både beskrivningar och fotografier. I varje studie hade testerna dessutom genomförts trefaldigt för att utesluta slumpmässiga resultat.

#### 4.5.2 Validitet och reliabilitet

SBU (2020) beskriver att en litteraturstudie ska uppfylla höga krav på tillförlitlighet och följa de principer som minimerar att slump, systematiska fel och subjektiva värderingar påverkar slutsatserna. En litteraturstudie ska också rapporteras på ett sätt som möjliggör för mottagaren att granska genomförandet av studien (SBU, 2020).

Validitet och reliabilitet innebär enligt Esaiasson et al (2019) frånvaro av systematiska och osystematiska fel samt en försäkran om att vi mäter det som avses mätas. Exempelvis kan en felformulerad forskningsfråga leda till felaktiga resultat och därmed en bristande validitet. Felet kan resultera i att vi inte mäter det vi avser att mäta vilket ger både systematiska och osystematiska fel (Esaiasson et al., 2019).

I och med den noga upprättade sökstrategin samt testsökningen tillsammans med exklusions- och inklusionskriterier kan validiteten av denna studie betraktas som tillfredsställande. Något som kan påverka validiteten negativt skulle kunna vara att endast en person granskat de inkluderade artiklarna och deras vetenskapliga kvalitet vilket kan öka risken för slumpmässiga fel. Det har också förekommit en viss språkbrist vilken har försökt minskas genom användning av olika översättningsfunktioner och extra gedigen research.

#### 5.5.3 Etiska aspekter

Enligt Forskningsetiska rådet (2017) finns det ett särskilt ansvar både gentemot de som deltar i forskningen men också de som indirekt påverkas av forskningsresultatet. Det förväntas därför av forskaren att sträva mot en hög vetenskaplig kvalitet eftersom samhällets förtroende för forskning är avgörande för framtiden. Bland annat ska den som genomför en studie alltid tala sanning, medvetet granska och redovisa utgångspunkter för studien. Metoder och resultat ska tydligt framgå och kommersiella intressen ska redovisas. Forskningsmaterial får inte själas av andra och det ska finnas en god ordning i forskningens genomförande. Forskningen får inte skada människor, djur eller miljö.

Så långt det varit möjligt att bedöma har ingen av de inkluderade studierna visar etiska brister. Inga djur eller människor har deltagit i studierna och tester med miljögifter har genomförts med lämpligt material i laboratorium. Tillvägagångssätten är tydligt beskrivna med både förklarande text och fotografier. I flera artiklar redovisas hur studien har finansierats och det finns försäkran om att inga intressekonflikter finns mellan författarna.

## 6. RESULTAT

Under denna rubrik besvaras frågeställning ett vilken ligger till grund för analysen som svarar på frågeställning två.

Resultat består av 16 vetenskapliga artiklar som alla beskriver släktet ostronskiolningars funktion att oskadliggöra miljögifter främst orsakade av den linjära ekonomins industriprocesser. Resultatet är uppdelat i de fyra kategorier som framkom i och med innehållsgranskning av artiklarna; *Ostronskiolningens funktion att bryta ner miljögifter*, *Förstärkning av ostronskiolningens funktion genom naturlig processförstärkning*, *Förstärkning av ostronskiolningens funktion genom acklimatisering* och *Matindustrins restprodukter som källa för mykoremediering*.



FIGUR 8. RESULTATÖVERSIKT

FÖRFATTARE / ÅR	KATEGORI 1 Ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter	KATEGORI 2 Förstärkning av ostronskivlingens funktion genom naturlig process- förstärkning	KATEGORI 3 Förstärkning av ostronskivling- ens funktion genom acklima- tisering	KATEGORI 4 Matindustrins restprodukter som källa för myko- remediering
Battacharya et al (2013)		×		
Chang et al (2021)	×			
Chen et al (2018)	×			
García-Delgado et al (2014)		×		
García-Delgado et al (2013)		×		
Li et al (2017)			×	
Liu et al (2019)	×			
Mayans et al (2021)	×			
Mohammadi-Sichani et al (2019)				×
Purnomo et al (2014)		×		
Rosales et al (2012)				×
Vaseem et al (2020)			×	
Vaseem et al (2017)			×	
Xu et al (2021)			×	
Yang et al (2017)	×			

Översikt av resultatets kategorier. Figur av Moa Grundvik Ördell, 2022.

FIGUR 9. ÖVERSIKT AV KEMIKALIER OCH TUNGMETALLER SOM FÖREKOMMER I RESULTATET.

KEMIKALIER OCH TUNGMETALLER		
Kadmiun (Ca)	Mangan (Mn)	Ftalater
Bly (Pb)	Zink (Zn)	Petroleum
Nickel (Ni)	Koppar (Cu)	Kreosot
Krom (Cr)	TCE (trichloroethylene)	PAH (polycykliska aromatiska kolväten)
Kobolt (Co)	Heptaklor Heptaklor oxid	BaP (benzo(a)pyrene)

Översikt av kemikalier och tungmetaller i resultatet. Figur av Moa Grundvik Ördell, 2022.

### 6.1 Ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter

Chang et al (2021) gjorde en experimentell studie med syfte att undersöka svamparterna *pleurotus eryngii* (kungsostonskivling), *pleurotus djamor* (rosa ostronskivling) och *pleurotus ostreatus* (ostronskivling) förmåga att bryta ner vissa ftalater. Ftalater är en grupp estrar, det vill säga fettsyror, som används för att göra plast elastisk och följsamt. De är vanligt förekommande i många vardagliga produkter som kosmetika, matförpackningar, möbler och plastprodukter. Ftalater sprids lätt i miljön och har enligt författarna hittats i sediment, vattendrag, i jord samt hos land- och vattenlevande organismer. Estrarna förekommer numera konstant i människokroppen och kan bland annat orsaka störd leverfunktion. Experimentens resultat visade att svamparterna kan bryta ner föroreningar av ftalater och allra bäst resultat visade *pleurotus ostreatus* (Chang et al, 2021).

Enligt författarna kan matsvampar, som *pleurotus*-släktet, användas för avancerade biotekniska syften och miljömässiga användningsområden. Att använda restprodukter av svamparten är mer produktions effektivt och miljövänligt jämfört med att extrahera de nedbrytande enzymer svampen använder sig av, eftersom det senare är en process som innebär hög användning av exempelvis vatten och energi (Chang et al, 2021).

TCE (trikloreten) är ett så kallat flyktigt klorerat alifatiskt kolväte som tidigare använts i starka industriella rengöringsmedel. Ämnet kan orsaka stor skada på levande organismer och ökar risken för bland annat njurcancer (Mayans et al, 2021). Syftet med den här studien var att undersöka om kandidater från släktet ostronskivlingar kunde användas som miljövänlig metod för nedbrytning av det giftiga ämnet. Genom att låta *pleurotus ostreatus* och *pleurotus eryngii* växa mörkt i TCE-kontaminerad jord under 4 veckor i 28 grader celsius kunde författarna konstatera att båda arterna kan fungera som effektiva nedbrytare av TCE. *P. eryngii* var visserligen snabbare än sin släkting *P. ostreatus* men båda arterna lyckades på fyra veckor nå 100% nedbrytning av ämnet. Båda arterna kunde växa i mycket höga koncentrationer av TCE (Mayans et al, 2021).

Kadmium är enligt Chen et al (2018) en sekundärprodukt vid raffinering av bly och zink. Den är vanligt förekommande i industriellt avloppsvatten vilket medfört att den via olika vattendrag enkelt spridit sig i naturen. Föroreningar av kadmium är framförallt vanliga i utvecklingsländer som inte har tillräckligt reglerande lagstiftning kring miljögifter och industrier. Från kontaminerad åkerjord kan ämnet lätt vandra över till grödor som sedan förtärs av djur och människor, vilket medför stora hälso- och miljörisker. Enligt författarna (Chen et al, 2018) är förekomsten av kadmium hög i åkerjordarna i norra Kina. Därför ville de undersöka om släktet ostronskivlingar kan användas i syfte att minska tungmetallernas förekomst i odlade grödor. Efter att ha testat 43 olika arter inom artsläktet kunde författarna konstatera att toleransen och förmåga att bryta ner kadmium varierade stort mellan de olika arterna av ostronskivling. *Pleurotus ostreatus* visade störst tolerans och dess goda resultat pekade på en lovande framtid inom mykoremediering av åkerjord kontaminerad med kadmium (Chen et al, 2018).

Yang et al (2017) ville undersöka *pleurotus ostreatus* förmåga att bryta ner bly, krom och kadmium. Bly är likt kadmium och krom en tungmetall som förekommer naturligt på jordens yta och som i för höga koncentrationer kan orsaka allvarliga hälsokonsekvenser hos levande organismer. Föroreningar av bly och krom kommer främst från olika typer av industrier (Yang et al, 2017). Experimenten gjordes genom att göra lösningar med *pleurotus ostreatus*, glukos och de olika tungmetallerna. Efter tio dagar i 28 grader celsius kunde författarna konstatera att koncentrationen av tungmetallerna påverkade svampens tillväxt och livskraft negativt. Vid låga koncentrationer ökade tillväxten medan de högre koncentrationerna orsakade förändringar i cellstrukturen hos svampen. *Pleurotus ostreatus* visade sig vara mer tolerant mot höga halter bly jämfört med krom och kadmium. Den klarade dock att minska förekomsten av samtliga testade tungmetaller (Yang et al, 2017).

Liu et al (2019) såg problem med koboltförorenade marker i norra Kina vilket påverkade kvaliteten på odlad mat. Enligt författarna finns kobolt naturligt i jorden och utgör ett näringsämne för mikroorganismer och är fördelaktig för odlingars tillväxt. I högre halter är dock kobolt mycket giftigt och kan störa metaboliska processer hos mikroorganismer och grödor. Kobolt kan ge negativa konsekvenser i andningsorganen hos människor och ökar risken för allergier. Föroreningar av kobolt förekommer främst på grund av att industriavfall inte tas om hand på rätt sätt. Hamnar ämnet i markmiljö kan det leda till kritiska miljörisker. Enligt författarna (Liu et al, 2019) finns det i norra Kina hög förekomst av kobolt i odlingsjordar vilket medför hälsorisker för människorna som konsumerar de grödor som växer där. Av

den anledningen ville författarna undersöka om närvaron av pleurotus ostreatus i odlingsjorden kunde minska grödornas upptag av kobolt (Liu et al, 2019).

Koboltkontaminerad jord mixades med kompostmjöl innehållande p.ostreatus, blandningen placerades i krukor och fick kultiveras under en 10-dagarsperiod i 28 grader celsius. När svampmycelet växt till planterades pak choi, en vanlig kinesisk gröda, i krukorna. Jämfört med kontrolltesterna som fick växa i kontaminerad jord utan pleurotus ostreatus var resultatet en signifikant minskning av kobolt i grödorna. Utifrån detta kunde författarna konstatera att närvaron av pleurotus ostreatus minskade förekomsten av kobolt i pak choi vilket tyder på att svamparten kan ha en avgörande roll för naturens- och därmed människans hälsa och välmående. Författarna betonade att metoden kunde utgöra ett ekonomiskt och miljömässigt alternativ för jordbruk och odlingar kontaminerade med kobolt, för att hindra tungmetallen från att förgifta grödorna (Liu et al, 2019).

### 6.2 Förstärkning av ostronskivlingens funktion genom naturlig processförstärkning

Benzo(a)pyrene tillhör gruppen polycykliska aromatiska kolväten (PAH) vilka är farliga ämnen som förekommer i bland annat cigarettök, tjära och vid äldre industriområden samt förbränning av fossila bränslen (Bhattacharya et al, 2013). Gifterna gör stor skada i naturen och kan orsaka mutationer hos levande organismer. På grund av dess höga molekylärvikt i kombination med låga vattenlösliga egenskaper är PAH-föreningar mycket svåra att sanera med metoder inom bioremediering. Vid svåra saneringar kan så kallade processförstärkare (ABTS och HBT) användas för att effektivisera traditionella metoder. Dessa förstärkare efterlämnar ofta egna gifter efter sanering vilket enligt Bhattacharya et al (2013) skapat behov av nya moderna och miljövänliga processförstärkare.

Samtliga tester bestod i grunden av PAH-kontaminerad jord och pleurotus ostreatus för att sedan tillsättas med antingen de syntetiska förstärkarna ABTS och HBT eller naturliga som koppar och vanillin. Koppertillgänglighet förbättrade den biologiska nedbrytningen eftersom den hade en aktiverande- och stabiliserande effekt på svampens enzymproduktion. Även vanillin visade förstärkande effekter varför författarna dragit slutsatsen att det finns miljövänliga alternativ till syntetiska förstärkare, vilket är viktigt både utifrån ett ekonomiskt- och ekologiskt perspektiv (Bhattacharya et al, 2013).

García-Delgado et al (2013) konstaterade med sin studie att det fanns ett kunskapsglapp i forskningen kring mykoremediering eftersom den inte tagit hänsyn till att olika förorenande ämnen sällan förekommer enskilt utan oftast tillsammans. Något som enligt författarna skulle kunna påverka remedieringsprocessen negativt. Syftet med studien var därför att undersöka funktionen hos två svamparter, agaricus bisporus (champinjon) och pleurotus ostreatus att bryta ned PAH och kreosot i närvaro av tungmetallerna kadmium och bly (García-Delgado et al, 2013).

Båda svamparterna visade god funktion att oskadliggöra PAH och kreosot men processen bromsades i närvaro av kadmium och bly. Vid tillförsel av mikroorganismer i jorden förstärktes dock processen vilket enligt författarna tyder på att en mixad metod av remediering kan vara att föredra vid förekomst av flera olika föroreningar (García-Delgado et al, 2013). Vid en efterföljande studie kunde författarna konstatera att också tillförsel av biokol visade potential att förstärka pleurotus ostreatus funktion att bryta ned PAH och kreosot (García-Delgado et al, 2014).

Heptaklor är ett miljögift som under 1960- och 1970-talen i stor utsträckning användes som bekämpningsmedel (Purnomo et al, 2014). Ämnet finns i jordar, vatten och sediment och är klassificerat som en beständig organisk förening vilket innebär att den inte bryts ner. I naturen omvandlas heptaklor till heptaklor epoxid vilket är en än mer giftig och beständig form av ämnet. Ämnets höga toxicitet och negativa effekter på naturmiljö och människa innebär enligt författarna Purnomo et al (2014) att effektiva remedieringsmetoder är avgörande för att minska problemet. Genom att låta pleurotus ostreatus växa i steril jord kontaminerad med heptaklor eller heptaklor oxid, kom författarna fram till att svamparten är en lovande komponent till nedbrytning av miljögiften till mindre farliga metaboliter. Svampens funktion kunde förstärkas med hjälp av tillförsel av mikroorganismer varför författarna drog slutsatsen att mixade metoder för remediering är att föredra vid svårsanerade föroreningar (Purnomo et al, 2014).

### 6.3 Förstärkning av ostronskivlingens funktion genom acklimatisering

Flera studier visade att ostronskivlingens funktion att oskadliggöra miljögifter kunde för-

stärkas genom att först vänja svampen vid lägre giftdoser. I en studie av Xu et al (2021) kunde allt för höga halter kadmium skada svampens cellstruktur och därmed minska dess funktion att oskadliggöra tungmetallen. Men genom att först vänja svampen vid lägre doser kadmium ökade toleransen och motståndskraften. Enligt författarna är kadmium en metall som frigörs i naturen vid skogsbränder, vulkanisk aktivitet samt industriella aktiviteter som exempelvis gruvbrytning. Kadmium når livsmedelskedjan genom förorenat vatten och kan orsaka njurskador samt öka risken för cancer och benskörhet. Enligt författarna finns ett akut behov av forskning som undersöker strategier och tekniker som kan reducera kadmiums påverkan på ekosystem (Xu et al, 2021).

Tillvänjning av kadmium visades också vara möjligt i en studie av Li et al (2017), vilka undersökte om det samma gällde för tungmetallen krom. Enligt författarna kunde svampen försvara sig mot båda gifterna genom att öka produktionen av antioxidanter. *Pleurotus ostreatus* visade bättre effektivitet att oskadliggöra kadmium i jämförelse med krom. I likhet med tidigare studier orsakade höga koncentrationer störd funktion och tillväxt hos svampen. Genom successiv ökning av metallkoncentrationen kunde svampens funktion förstärkas och även klara de högre doserna (Li et al, 2017).

Även i en tredje studie (Zang et al, 2016) kunde effektivisering via tillvänjning konstateras, men den här gången mot bly. I likhet med vad tidigare beskrivna studier visade resultatet i studien att för höga koncentrationer bly skadade svampens funktion eftersom tungmetallen orsakade cellulära abnormiteter. Genom en tillvänjningsprocess kunde svampens funktion förstärkas till att också klara av högre blyhalter. Utifrån resultatet konstaterade författarna att *pleurotus ostreatus* har god potential att användas vid mykoremediering av blyföroreningar (Zang et al (2016).

Vid analys av restvatten från ett koltväterri i Indien konstaterade Vaseem et al (2017) höga förekomster av flera tungmetaller som mangan, nickel, zink, bly, kobolt och krom. När restvattnet släpps ut i närliggande floder och våtmarker innebär det enorma konsekvenser för både vatten- och landlevande organismer. För att komma runt problemet används enligt Vaseem et al (2017) dyra, ineffektiva och icke miljövänliga tekniker för att rena det giftiga vattnet innan utsläpp. Restvatten från koltvätterier släpps ut i närliggande floder och andra typer av våtmarker där de orsakar extrema konsekvenser för vattenlevande organismer (Vaseem et al, 2017). Författarna beskriver att det finns ett behov av nya snabba, kostnadseffektiva och miljövänliga metoder för vattenrening av tungmetaller. För detta skulle mykoremediering med *pleurotus ostreatus* kunna vara en potentiell teknik. I en uppföljande studie (Vaseem et al, 2020) visade vattnet innehålla så pass höga koncentrationer av gifter att svampen dog. Problemet kunde dock lösas genom att vänja svampen vid lägre koncentrationer eftersom det ökade motståndskraft och funktion (Vaseem et al, 2020).

#### 6.4 Matindustrins restprodukter som källa för mykoremediering

Världen över står livsmedelsindustrin för enorma mängder avfall varje år. Mohammadi-Sichani et al (2019) ville därför undersöka om svamprester från industrin skulle kunna användas för mykoremediering av petroleumkolväten. Framfarten av olje- och petrokemisk industri har enligt Mohammadi-Sichani et al (2019) lett till ökad utvinning, transport, lagring och raffinering av petroleum. När petroleumkolväten hamnar i naturen orsakar de kraftiga föroreningar och på grund av dess låga vattenlöslighet är de mycket svåra att sanera.

Rester från matsvampen *pleurotus ostreatus* mixades med jord som kontaminerats med petroleumkolväten. Proverna fick stå i växthus med medeltemperatur på 23 grader celsius och provtagning genomfördes första andra och tredje månaden av kultivering.

Resultatet visade att samtliga restprodukter av matsvamparna hade god förmåga att oskadliggöra föroreningar av petroleumkolväten i jord. Enligt författarna innebär detta att avfall i form av svamprester från livsmedelsindustrin har stor potential att användas för mykoremediering av petroleum och innebär en ny kostnadseffektiv och miljövänlig metod för sanering (Mohammadi-Sichani et al, 2019).

Rosales et al (2012) ville med sin studie undersöka hur avfall från livsmedelsindustrin kan användas vid kultivering av *pleurotus ostreatus* som ska användas i mykoremedierande syften vid PAH-förorening. PAH (polycykliska aromatiska kolväten) är enligt författarna en komplex organisk struktur med cancerogena egenskaper som kan orsaka genetiska skador och jord som kontaminerats med PAH utgör risker både för människors hälsa och miljö (Rosales et al, 2012). Som avfall och växtmedium användes apelsinskal för kultivering av svamparna vilka sedan mixades i PAH-kontaminerad jord.

Resultatet visade att pleurotus ostreatus som förkultiveras på avfall i form av apelsinskal hade god förmåga att ta hand om PAH-föroreningar. Författarna drar utifrån resultatet slutsatsen att svamp för mykoremediering med fördel kan odlas i matavfall från livsmedelsindustrin vilket innebär stor kostnadseffektivitet och möjliggör cirkulära och ekologiska saneringsmetoder (Rosales et al, 2012).

## 7. ANALYS

Denna studie har i enlighet med biomimikry (Biomimicry Institute, 2022a) inriktat sig mot att undersöka funktionen hos en i naturen förekommande livsform, i syfte att använda den specifika funktionen inom sanering av miljögifter. Resultatet visade att ostronskivlingens funktion att bryta ner ett flertal miljögifter har stor potential inom remediering av förorenade områden. Även om vissa metaller kunde orsaka skador hos svampen gick detta att undvika genom acklimatisering, tillsättning av mikroorganismer eller genom att använda naturliga processförstärkare som vanillin. Resultatet hjälper oss att, som beskrivet av Biomimicry Institute (2022b), värdera naturen utifrån vad den kan lära oss och inte vad vi kan ta från den.

Utifrån studien av Chang et al (2021) vilken kom fram till att den mest energi- och kostnads-effektiva metoden för mykoremediering är att använda svampen som levande organism i syfte att nå dess nedbrytande funktion, blir metoden enligt Biomimicry Institute (2022a) snarare en form av bioutilisation än renodlad biomimikry. Det senare hade inneburit både högre kostnader och energiineffektivitet jämfört med att använda svampar från livsmedelsindustrins avfall vilket också möjliggör en cirkulär designprocess så som den beskrivs av Andrews (2015). I detta resonemang slöt flera andra studier upp (Mohammadi-Sichani et al, 2019; Rosales et al, 2012) vilka också kommit fram till att rester från livsmedelsindustrins avfall kan användas både som växtmedium för kultivering av ostronskivling, likväl som att svampresterna i sig kan användas för mykoremedierande syften.

Denna litteraturstudie har gett svar på den enligt Beyus (2010) mest grundläggande frågan inom biomimikry, nämligen: Hur skulle naturen lösa problemet? Svaret är svampen. Resultatet lägger grunden för både de essentiella biomimikrybegreppen emulate och ethos eftersom den bidrar till kunskap om och förutsättning att imitera och implementera naturens funktioner inom mänsklig design. Ethos har varit vägledande genom syftesformulering, frågeställning, syntetisering och analys. Att använda naturens egna svampar för att minska förekomsten av miljögifter orsakade av människan kan utifrån Biomimicry Institute, (2022b) skapa en förutsättning för hållbar design i solidaritet med jordens alla arter.

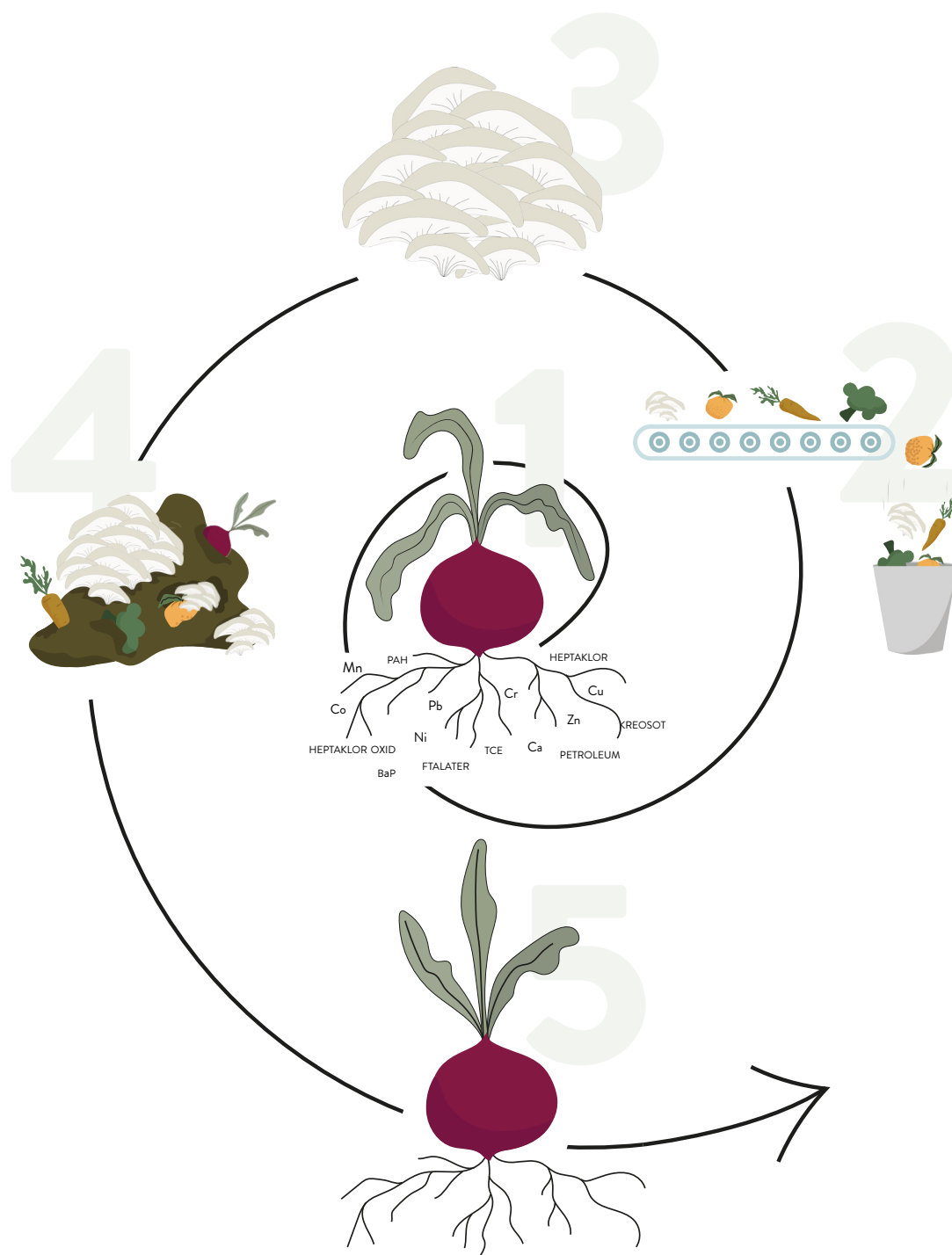
Resultatet i denna studie bedöms kunna användas i övergången mot en cirkulär ekonomi och har förutsättningar att följa Braungart och McDonough (2019) fem principer för detta. I och med studien visas en tydlig intention att vetenskapligt bidra och skapa förutsättning genom biomimikryns (Beyus, 2002) värderingar och målsträvan. Syftet med mykoremediering är att sträva mot en giffri miljö och studien ger förutsättning att uppnå detta med hjälp av kostnads- och energieffektiva samt miljövänliga metoder. Metoden är i sig ett resultat av lyhördhet inför omgivningens och kommande generationers behov av en giffri miljö, vilket både är centralt inom systemteori (Öquist, 2019), biomimikry (Biomimicry Institute, (2022b), cradle to cradle (Braungart och McDonough, 2019) samt de Svenska miljömålen (2022).

Utifrån studiens resultat har mykoremediering med ostronskivling alla förutsättningar att tillämpas genom cirkulär design utifrån det systemteoretiska perspektivet beskrivet av Öquist (2019). Den cirkulära processen som mykoremediering innebär skulle i princip betyda att använda avfall för att minska avfall. Processen skulle utgöra två av de tre essentiella fundamenten beskrivna av Ellen MacArthur Foundation (2022b), att minska och eliminera avfall samt ett återställande av naturens hälsa.

Metoden innebär att avfall både bryter ner gifter och ger näring till de system den tillhör. Effekten av detta har potential att sprida sig vidare också till andra system eftersom processen bland annat är kostnads- och energieffektiv. Det är en självdrivande metod som inte kräver tunga maskiner eller hög energianvändning vilket beskrevs av Svenska miljöinstitutet (2002) för de traditionella saneringsmetoderna. Studien kan bidra med ökad kunskap och kompetens inom designprofessionen och därmed ett förändrat tanke- och arbetssätt där den cirkulära processen ges kraft att konkurrera ut den traditionellt linjära, något som Andrews (2015) efterfrågade och Öquist (2015) beskrev som avgörande för omställningen till cirkulär ekonomi.

Meadows (2009) beskrev utifrån det systemteoretiska perspektivet hur delarnas samman-

FIGUR 10. VISUALISERING AV DEN CIRKULÄRA PROCESSEN MYKOREMEDIERING KAN INNEBÄRA.



1. Grödor som växer i jord där föroreningar förekommer riskerar att överföra gifter till människa och djur. 2. Livsmedelsindustrins avfall kan användas för kultivering av ostronskioling vilken sedan kan användas för mykoremediering. 3. När ostronskiolingen (4) växt till kan den tillsammans med organiskt avfall tillsättas i jord. 5. Ostronskiolingen kommer tillsammans med jordens naturliga mikroorganismer bryta ner de gifter som förekommer i marken. De giftfria grödor som växer upp i den friska jorden går tillbaka till livsmedelsindustrin. Resterna kan sedan användas igen för att kultivera mer ostronskioling som i sin tur kan rena fler förorenade områden. Illustration: Moa Grundvik Ördell, 2022

kopplingar påverkar systemets funktion samt att kunskap och förståelse för detta är avgörande inom systemteorins cirkulära system. I denna studies utgörs delarna av matavfall, svampen, gifterna, naturen med människan inkluderad samt kommande generationer. Livsmedelsindustrins avfall möjliggör kultivering av svamprester vilka i kontakt med miljögifter ökar sin enzymproduktion som bryter ner gifterna vilket resulterar i en giffri miljö som kan efterlämnas till kommande generationer. Människa och natur fredas från gifternas negativa konsekvenser. Delarna och deras sammankopplingar uppnår tillsammans systemets funktion vilken är större än de enskilda delarna.

Resultatet i studien ger människan kunskap och förståelse för ostronskivlingens funktion, den cirkulära designens funktion och den systemteoretiska funktionen vilket kan minska upplevelsen av hjälplöshet inför klimatförändringarna som Öquist (2015) beskriver och istället leda till handlingskraft. Som Öquist (2015) sa är människan en kompetent skapare av sin egen verklighet och sina egna förutsättningar. Studien bidrar till att göra människan till en aktiv deltagare på jorden som i solidaritet med andra livsformer strävar mot hållbarhet och giffri miljö, i enlighet med Biomimiry Institute (2022b).

## 8. SLUTSATS

Syftet med denna studie var att undersöka ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter och därmed artens potential i en cirkulär designprocess utifrån ett systemteoretiskt perspektiv. För att besvara syftet gjordes en litteraturstudie. Resultatet visade att ostronskivlingens funktion att bryta ner miljögifter var mycket god och att svampen har stor potential inom biosanering av flera typer av föroreningar.

I inledningen beskrevs att omställningen till en cirkulär ekonomi ska ske genom hållbara innovationer baserade på cirkulär flöden och affärsmodeller (Miljödepartementet, 2021), någonting som denna studie anses bidra till. Studien bidrar också till att fylla det glapp som Ramakrishna och Jose (2022) menade fanns mellan kunskap och praktisk implementering av cirkulära system. Eftersom processen med mykoremediering inte kräver några större kostnader eller industriell framställning har den förutsättning att tillgängliggöras för allmänheten och därmed kanske bidra till ett påskyndande av sanering av icke prioriterade områden.

För att Västernorrland, som Sveriges giftigaste län (SVT, 2018a), ska kunna vända den negativa utvecklingen för biologisk mångfald kan ostronskivlingen, i kontrast till traditionella saneringstekniker, utgöra en potentiell metod vilken innebär lägre kostnader och en cirkulär process. Att erbjuda saneringsmetoder som är både billiga och cirkulära skulle kunna öka intresset hos samhällets aktörer samt öka saneringstakten i Västernorrlands län.

Resultatet i denna studie kan utifrån ett systemteoretiskt perspektiv bidra till att öka människors aktiva deltagande och därmed förutsättningen att skapa hållbara lösningar i solidaritet med allt liv på jorden.

## 9. SLUTDISKUSSION

Den fortsatta forskningen inom området kan med fördel undersöka om matsvampar som använts i mykoremedierande syften kan återföras till livsmedelsindustrin och därmed bidra till ytterligare cirkularitet i processen. Andra intressanta områden att studera med fokus på ostronskivlingens funktion skulle kunna vara dess vattenrenande och eventuellt filtrerande egenskaper samt att sammanställa ett index över svamparter och deras potential att bryta ner olika typer av gifter. Forskningen bör också fokusera på hur processen kan genomföras i praktiken och vilken effekt metoden skulle kunna ge i specifika kontexter. Att undersöka hur metoden kan sänka samhällskostnader i jämförelse med traditionella saneringsmetoder kan också vara av värde.

## REFERENSER

Ali, A., Guo., D., Mahar, A., Wang, P., Shen, F., Li, R., & Zhang, Z. (2017). Mycoremediation of Potentially Toxic Trace Elements—a Biological Tool for Soil Cleanup: A Review. *Pedosphere an International Journal*, 27(2): 205–222. DOI: 10.1016/S1002-0160(17)60311-4

Andrews, D. (2015). The circular economy, design thinking and education for sustainability. *Local Economy*, 30(3) 305–315. DOI: 10.1177/0269094215578226

Baugart, M., & McDonough, W. (2019). *Cradle to cradle: Rethinking the way we make things* (3 uppl). Vintage Classics.

Benyus, J.M./Biomimicry Institute. (2010). *Biomimicry in action Janine Benyus* [Video]. Youtube/ TED. [https://youtube.be/k\\_GFq12w5WU](https://youtube.be/k_GFq12w5WU)

Beyus, J.M. (2002). *Biomimicry: Innovation inspired by nature* (2 uppl). Harper Collins.

\*Bhattacharya, S., Das, A., Prashanthi, K., Palaniswamy, M & Angayarkanni, J. (2013). Mycoremediation of Benzo[a]pyrene by *Pleurotus ostreatus* in the presence of heavy metals and mediators. *3 Biotech*, 4(2), 205–211. DOI: 10.1007/s13205-013-0148-y

Biomimicry Institute. (2022a). *What is biomimicry?*. <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>

Biomimicry Institute. (2022b). *Introduction*. <https://toolbox.biomimicry.org/introduction/>

\*Chang, B.V., Yang, C.P., & Yang, C.W. (2021). Application of Fungus Enzymes in Spent Mushroom Composts from Edible Mushroom Cultivation for Phthalate Removal. *Microorganisms*, 9(9), Artikel 1989. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091989>

\*Chen, M., Zheng, X., Chen, L., & Li, X. (2018). Cadmium-Resistant Oyster Mushrooms from North China for Mycoremediation. *Pedoshere An International Journal*, 28(6), 848–855. DOI: 10.1016/S1002-0160(18)60047-5

Circle economy. (2021). *The circularity report: Solutions for a linear world that consumes over 100 billion tonnes of materials and has warmed by 1-degree*. <https://www.circularity-gap.world/2021#-downloads>

Ellen McArthur Foundation. (2021a). *The Nature Imperative: How the circular economy tackles biodiversity loss*. <https://emf.thirdlight.com/link/bqgxl2mlprld-v7i2m6/@/#id=0>

Ellen McArthur Foundation. (2021b). *What is circular economy?*. <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

Esaiasson, P., Gilljam, M., Oscarsson, H., Towns, A., Wängnerud, L. (2019). *Metodpraktikan - Konsten att studera samhälle, individ och marknad* (5 uppl). Wolters Kluwer.

Finansdepartementet. (2022). *Handlingsplan Agenda 2030: 2018-2020*. Regeringskansliet. <https://www.regeringen.se/49e20a/contentassets/60a67ba0ec8a4f27b04cc4098fa6f9fa/handlingsplan-agenda-2030.pdf>

FN-förbundet UNA Sweden. (2022a) *Vårt arbete med Agenda 2030*. <https://fn.se/vi-gor/utveckling-och-fattigdomsbekampning/agenda-2030/>

FN-förbundet UNA Sweden. (2022b). *Mål 15: Ekosystem och biologisk mångfald*. <https://fn.se/vi-gor/utveckling-och-fattigdomsbekampning/agenda-2030/>



- \*García-Delgado, C., Jiménez-Ayuso, N., Frutos, I., Gárate, A., & Eymar, E. (2013). Cadmium and lead bioavailability and their effects on polycyclic aromatic hydrocarbons biodegradation by spent mushroom substrate. *Environmental science and pollution research international*, 20(12), 8690–8699. DOI: 10.1007/s11356-013-1829-0
- \*García-Delgado, C., Alfaro-Barta, I., & Eymar, E. (2015). Combination of biochar amendment and mycoremediation for polycyclic aromatic hydrocarbons immobilization and biodegradation in creosote-contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials*, 285(x), 259–266.
- Hoff, M., (2021) *How fungi can clean up pollution*. <https://asknature.org/strategy/the-fungi-that-clean-up-pollution/>
- Israelsson, F. (2018a). *Okända ämnen i förgiftat område: En seg sörja i grundvattnet*. Sveriges television. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/okanda-amnen-i-forgiftat-omrade-en-seg-sorja-i-grundvattnet>
- Israelsson, F. (2018b). *Över tusen riskklassade områden i Västernorrland*. Sveriges television. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/860-riskklassade-omraden-i-vasternorrland-varst-i-landet>
- \*Li, X., Wang, Y., Pan, Y., Yu, H., Zhang, X., Shen, Y., Jiao, S., La, G., Yuan, Y., & Zhang, S. (2017). Mechanisms of Cd and Cr removal and tolerance by macrofungus *Pleurotus ostreatus* HAU-2. *Journal of Hazardous Materials*, 330(x), 1–8. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2017.01.047
- Lichtfouse, E. (2018). Foreword. I R. Prasad (Red.), *Mycoremediation and Environmental Sustainability* (s. v-viii). Springer.
- \*Liu, B., Huang, Q., Su, Y., Xue, Q., & Sun, L. (2019). Cobalt speciation and phytoavailability in fluvo-aquic soil under treatments of spent mushroom substrate from *pleurotus ostreatus*. *Environmental Science and Pollution Research* 26(8), 7486–7496. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-04080-3>
- Länsstyrelsen Västernorrland. (2021). *Regional årlig uppföljning 2020 i Västernorrland* (Dnr 501-11618-2021). Länsstyrelsen Västernorrland. <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.746760b71768421ad5516de9/1611159003781/Regional%20%C3%A5rlig%20uppf%C3%B6ljning%20V%C3%A4sternorrland%202020.pdf>
- \*Mayans, B., Camacho-Arévalo, R., Garcia-Delgado, C., Alcántara, C., Nägele, N., Antón-Herrero, R., Escolático, C., & Eymar, E. (2021). Mycoremediation of soils polluted with trichloroethylene: First evidence of *Pleurotus* genus effectiveness. *Journal of Applied Science*, 11(4), Artikel 1354. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11041354>
- Meadows, D.H. (2009). *Thinking systems*. Earthscan.
- Miljödepartementet. (2021). *Cirkulär ekonomi: Handlingsplan för omställning av Sverige*. Regeringskansliet. <https://www.regeringen.se/48f821/contentassets/561eea8cac114172b993c-1f916e86a9b/cirkular-ekonomi-handlingsplan-for-omstallning-av-sverige.pdf>
- Mittuniversitetet. (2022). *Ämnesguide*. <https://elearn20.miun.se/moodle/course/view.php?id=1821>
- \*Mohammadi□Sichani, M., Mazaheri Assadi, M., Farazmand, A., Kianirad, M., Ahadi, A-M., & Hadian-Ghahderijani, H. (2019). Ability of *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Ganoderma lucidum* compost in biodegradation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(5), 2313-2320. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1636-0>

- Naturvårdsverket. (2022). *Om förorenade områden*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/forenadede-omraden/om-forenadede-omraden/>
- Naturvårdsverket. (2021). *Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2021: Med fokus på statliga insatser* (6968). Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/978-91-620-6968-1>
- Naturvårdsverket. (2009). *Att välja efterbehandlingsåtgärd: En vägledning från övergripande till mätbara åtgärds mål* (5978). Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/5900/978-91-620-5978-1.pdf>
- Okoli, C. (2015). A Guide to Conducting a Standalone Systematic Literature Review. *Communications of the Association for Information Systems*, 37(x), Artikel 43. DOI: 10.17705/1CAIS.03743
- Purohit, J., Chattopadhyay, A., Biswas, M.K., & Singh, N.K. (2018). *Mycoremediation of Agricultural Soil: Bioprospection for Sustainable Development*. I R. Prasad (Red.), *Mycoremediation and Environmental Sustainability* (s. 91-120). Springer.
- \*Purnomo, A.S., Putra, S.R., Shimizu, K., & Kondo, R. (2014). Biodegradation of heptachlor and heptachlor epoxide-contaminated soils by white-rot fungal inocula. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(19), 11305–11312. DOI: DOI 10.1007/s11356-014-3026-1
- Ramakrishna, S., & Rajan, J. (2022). Addressing sustainability gaps. *Science of the Total Environment*, 806(3), Artikel 151208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151208>
- Riksrevisionen. (2016). *Statens förorenade områden* (RIR 2016:25). Riksrevisionen. [https://www.riksrevisionen.se/download/18.78ae827d1605526e94b2da8e/1518435498219/RiR\\_2016\\_25\\_FORORENADE\\_OMR\\_ANPASSAD.pdf](https://www.riksrevisionen.se/download/18.78ae827d1605526e94b2da8e/1518435498219/RiR_2016_25_FORORENADE_OMR_ANPASSAD.pdf)
- \*Rosales, E., Pazos, M., & Pazos och Sanromán, A.M. (2012). Feasibility of Solid-State Fermentation Using Spent Fungi-Substrate in the Biodegradation of PAHs. *Clean - Soil Air Water*, 41(6), 610-615.
- SBU. (2020). *Metodbok*. Statens Bredning för Medicinsk och Social Utvärdering. <https://www.sbu.se/sv/metod/sbus-metodbok/?pub=48286&lang=sv>
- Svenska miljöinstitutet. (2002). *Livscykelanalys av marksaneringstekniker för förorenad jord och sediment*. Svenska miljöinstitutet. <https://www.ivl.se/download/18.34244ba71728fcb3f3f63f/1591704362658/B1476.pdf>
- Svenska miljömålen. (2022a). *Så fungerar arbetet med Sveriges miljömål*. Naturvårdsverket. <https://www.sverigesmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/>
- Svenska miljömålen. (2022b). *Giftfri miljö*. Naturvårdsverket. <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/giftfri-miljo/>
- Vetenskapsrådet. (2017). *God forskningssed*. <https://www.vr.se/analys/rapporter/vara-rapporter/2017-08-29-god-forskningssed.html>
- \*Vaseem, H., Singh, V.K., & Singh, M.P. (2017). Heavy metal pollution due to coal washery effluent and its decontamination using a macrofungus, *Pleurotus ostreatus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145(x), 42–49. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.07.001>
- \*Vaseem, H., Singh, V-K., & Singh, M.P. (2020). An ecofriendly approach to decontaminate toxic metals from coal washery effluent using the mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Applied Science*, 2(1588), Artikel 1520. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03376-9>

\*Xu, F., Chen, P., Li, H., Qiao, S., Wang, J., Wang, Y., Wang, X., Wu, B., Liu, H., Wang, C., & Xu, H. (2021). Comparative transcriptome analysis reveals the differential response to cadmium stress of two pleurotus fungi: *Pleurotus cornucopia* and *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Hazardous Materials*, 416(x), Artikel 125814 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125814>

\*Yang, S., Sun, Y., Chang, C., Guo, E., La, G., Zhao, Y., Li, X. (2017). Tolerance and Removal Mechanisms of Heavy Metals by Fungus *Pleurotus ostreatus*. *Water, Air & Soil Pollution. An International Journal of Environmental Pollution*, 228(4), 1-9. DOI: 10.1007/s11270-016-3170-y

\*Zhang, S., Zhang, X., Chang, C., Yuan, Z., Wang, T., Young, Z., Yang, X., Zangh, Y., La, G., Wu, K., Zhang, Z., & Li, Z. (2016). Improvement of tolerance to lead by filamentous fungus *Pleurotus ostreatus* HAU-2 and its oxidative responses. *Chemosphere*, 150(x), 33-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.02.003>

Öquist, O. (2018). *Systemteori i praktiken: Konsten att lösa problem och nå resultat* (4 uppl). Gothia Fortbildning.

## BILAGA I

I bilagan redovisas en översikt för de 16 artiklar som inkluderats i resultatet.

FÖRFATTARE / ÅR / TIDSKRIFT	TITEL	SYFTE	URVAL	METOD	RESULTAT / SLUTSATS
Bhattacharya, S., Das, A., Prashanthi, K., Palaniswamy, M. & Angayar-kanni, J. (2013)  3 Biotech	Mycoremediation of Benzo[ <i>a</i> ]pyrene by <i>Pleurotus ostreatus</i> in the presen- ce of heavy metals and mediators	Syftet med studien var att jämföra effektiviteten hos syntetiska process- förstärkare med naturliga process- förstärkare, vid mykoremediering av BaP.	Pleurotus ostreatus  Benzo[ <i>a</i> ]pyrene (BaP)  Vanillin Koppar ABTS HBT	Processförstärkarna tillsattes i olika tester tillsammans med BaP och pleurotus ostreatus. En kontrollstudie utan processförstärkare pågick parallellt.  Varje test gjordes trefaldigt för att utesluta slumpmässiga resultat.	Problemet med syntetiska process-förstärkare (ABTS och HBT) är att de efterlämnar egna gifter efter sanering.  Resultatet visade att naturliga process-förstärkare kan spela en viktig roll i nedbrytningen av BaP med hjälp av pleurotus ostreatus. I framtiden kan vanillin bli ett alternativ till syntetiska förstärkare som ABTS. Vanillin är ett miljövänligt alternativ eftersom det redan finns och fungerar som växtnäring i naturen och minskar avsevärt kostnaderna för en bioremediationsprocess.  Naturliga förstärkningsmedel som vanillin kan utgöra ett kostnads-effektivt och miljömässigt alternativ vid mykoremediering och därmed minska förekomsten av giftiga saneringsmetoder.
Chang, B.-Y., Yang, C.-P. & Yang, C.-W (2021).  Microorganisms	Application of Fungus Enzymes in Spent Mushroom Composts from Edible Mushroom Cultivation for Phthalate Removal.	Syftet med studien var att utvärdera nedbrytningspotentialen för flialater hos matsvamparna <i>Pleurotus eryngii</i> , <i>Pleurotus djamonii</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> och <i>Auricularia polytricha</i>	<i>Pleurotus eryngii</i> , <i>Pleurotus djamonii</i> , <i>Pleurotus</i> <i>ostreatus</i> och <i>Auricularia</i> <i>polytricha</i>  Flialater	För att kartlägga nedbrytnings- potentialen av flialater hos svamp- arterna genomfördes experiment med avfall från matsvamparna.  För att identifiera de enzymer som svamparna använder sig av i nedbrytningsprocessen av flialater användes masspektrometri.  Svampens nedbrytnings-funktion analyserades genom bioreakto- rperiment och omvänd osmos i vatten från reningsverk.	Resultatet visade att matsvamparna kan bryta ned föroreningar av flialater. Bäst resultat visade svamparten <i>pleurotus</i> <i>ostreatus</i> .  Att använda restprodukter av svamparten är mer produktions-effektivt och miljövänligt jämfört med att extrahera de nedbrytande enzymer svampen använder sig av. Det senaste är en process som innebär hög användning av exempelvis vatten och energi.  Matsvampar, som <i>pleurotus</i> -släktet, kan enligt författarna användas för avancerade biotekniska syften och miljömässiga användningsområden.

FÖRFATTARE / ÅR / TIDSKRIFT	TITEL	SYFTE	URVAL	METOD	RESULTAT / SLUTSATS
Chen, M., Zheng, X., Chen, L., & Li, X. (2018) Pedoshere-An International Journal	Cadmium-Resistant Oyster Mushroom from North China for Mycoremediation	Syftet med studien var att screena kadmiumtolerans hos ostronskivlingsläkter i norra Kina, med förhoppning om att dessa kan användas som biomaterial för kadmiumsanering.	43 olika arter ostronskivling Kadmium	43 olika sorter av ostronskivling samlades in för experimentell undersökning. Svampens mycel odlades på agarplattor kontaminerade med kadmium under sju dagar. Därefter mättes omkrets på tillväxten.	Bland de 43 olika arterna inom ostronskivlingsläkter varierade förmågan att ta hand om kadmium. <i>Pleurotus ostreatus</i> visade starkast potential.  Enligt författarna kan <i>pleurotus ostreatus</i> på grund av sin exemplariska kapacitet att oskadliggöra kadmium användas som en lovande kandidat inom mycoremediation.
García-Deigado, C., Alfaro-Barta, I., & Eymar, E. (2014) Journal of hazardous materials	Combination of biochar amendment and mycoremediation for polycyclic aromatic hydrocarbons immobilization and biodegradation in creosote-contaminated soil	Syftet med studien var att undersöka fyra metoder för bioremediation och deras egenskaper att oskadliggöra samt bryta ner PAH.  Metoderna: 1. Tillägg av biokol. 2. Biostimulering med veteihalm 3. Mycoremediation med <i>P. ostreatus</i> . 4. Kombinationen av <i>P. ostreatus</i> och biokol.	<i>Pleurotus ostreatus</i> Biokol PAH Kreosot	Jord kontaminerad med PAH användes för att testa de olika metoderna.  Varje test gjordes tre gånger för att minska risken för slumpmässiga resultat.  Testerna fick stå i ett mörkt rum med statiska förutsättningar i 28 grader celsius. Första analysen gjordes dag 21 och andra analysen gjordes dag 42.	Studien visade att den mest effektiva metoden var mycoremediation med <i>P. ostreatus</i> efter som den lämnade efter sig lägst halt PAH. Den lyckades minska förekomsten av PAH till under-tillåten mängd enl spansk lagstiftning.  I kombination med biokol (bioko) ökade svampaktiviteten och därmed nedbrytningen av PAH.  Svampen klarar att på egen hand bryta ner PAH till önskvärda nivåer men processen kan effektiviseras ytterligare med tillägg av biokol.  Kombinerade strategier för bioremediation visade sig ha högst potential att öka nedbrytningsprocessen av PAH.

FÖRFATTARE / ÅR / TIDSKRIFT	TITEL	SYFTE	URVAL	METOD	RESULTAT / SLUTSATS
García-Deigado, C., Jiménez-Ayuso, N., Frutos, I., Gárate, A., & Eymar, E. (2013) Environmental science and pollution research international	Cadmium and lead bioavailability and their effects on polycyclic aromatic hydrocarbons biodegradation by spent mushroom substrate	Syftet med studien var att: 1. Utvärdera oskadliggörande av kadmium och bly genom svamparterna A. Bisporus och P. Ostreatus. 2. Bestämma potentialen hos svamparterna att bryta ner PAH i närvaro av bly och kadmium.	A. Bisporus och P. Ostreatus PAH Kadmium Bly	Avfall från matsvamparna A. Bisporus och P. Ostreatus blandades med växtmedium som vetehalm och kontaminerades med PAH och de specifika tungmetallerna. Proverna bevarades mörkt i 25 grader celsius. Analys genomfördes efter 1 timme, 24 timmar och 7 dagar. Testet genomfördes trefaldigt för att utesluta risken för slumpmässiga resultat.	A. Bisporus visade sig vara mer effektivt att oskadliggöra kadmium i jämförelse med postreatus. Däremot var postreatus mer effektiv i att bryta ner bly. PAH kunde också brytas ned av båda arterna men processen bromsades i närvaro av bly och kadmium. Processen kunde dock förstärkas av komplementering med andra mikroorganismer. Utifrån resultatet drar författarna slutsatsen att båda svamparterna gör sig väl i en mykoremedieringsprocess men att egenskaperna att bryta ner vissa metaller skiljer sig åt mellan arterna. Båda arterna är användbara vid sanering av PAH.
Li, X., Wang, Y., Pan, Y., Xu, H., Zhang, X., Shen, Y., Jiao, S., Li, G., Yuan, Y., & Zhang, S. (2017) Journal of Hazardous Materials	Mechanisms of Cd and Cr removal and tolerance by macrofungus Pleurotus ostreatus HAU-2	Studiens syfte var att undersöka toleransen mot tungmetallerna kadmium och krom hos Pleurotus ostreatus.	Pleurotus ostreatus Krom Kadmium	Mycel från pleurotus ostreatus fick växa in en lösning med kadmium och en lösning med krom under 10 dagar i 28 grader celsius. Testerna genomfördes trefaldigt för att utesluta slumpmässiga resultat. Den tionde dagen filterades lösningen och analysen genomfördes.	Studien visade att Pleurotus ostreatus kan göras mer tolerant mot kadmium och krom genom acklimatisering. Våldigt höga koncentrationer av tungmetaller kan störa svampens tillväxt och misbildade svampens hypha. Resultatet visade att svampen försvärs sig med ökad produktion av antioxidanter för att bryta ner och oskadliggöra giftiga ämnen. Pleurotus ostreatus kan ackumulera tungmetaller i jord och förmågan att ackumulera kadmium var starkare jämfört med krom. Pleurotus ostreatus är en lovande kandidat för remediering av tungmetaller som kadmium och krom i förorenad jord.

FÖRFATTARE / ÅR / TIDSKRIFT	TITEL	SYFTE	URVAL	METOD	RESULTAT / SLUTSATS
Liu, B., Huang, Q., Su, Y., Xue, Q., & Sun, L. (2019) Environmental Science and Pollution Research	Cobalt speciation and phytoavailability in fluvo-aquic soil under treatments of spent mushroom substrate from pleurotus ostreatus	Syftet med studien var att undersöka hur ostronskivling kan vara behjälplig i minskning av förorenande kobolt i växter som odlas för matsyften i norra Kina.	Pleurotus ostreatus Kobolt Pakchoi	Kobolt-kontaminerad jord mixades med kompostmjöl innehållande pleurotus ostreatus. Jordblandningen placerades i krukor och fick kultiveras mörkt under 10 dagar i 28 grader celsius. I krukorna planterades sedan pakchoi från frö vilka skördades efter ytterligare 28 dagar. Exemplaren torklades och analyserades. Experimenten genomfördes trefaldigt för att minska risken för slumpmässiga resultat. Dessutom genomfördes en kontrollstudie med odling av pakchoi i jord som inte kontaminerats med kobolt.	Undersökningen visade att förekomsten av kobolt i de odlade växterna minskade på grund av ostronskivlingens närvaro. Detta är positivt både för miljö och hälsa hos människor.  Metoden är ett ekonomiskt och miljömässigt alternativ för jordbruk och odlingar i jord kontaminerad med kobolt att hindra tungmetallen från att ta sig in i grödor.
Mayans, B., Camacho-Arévalo, R., García-Delgado, C., Alcántara, C., Nägele, N., Antón-Herrero, R., Escolático, C., & Eymar, E. (2021) Journal of applied science	Mycoremediation of soils polluted with trichloroethylene: First evidence of Pleurotus genus effectiveness	Studiens syfte var att utvärdera nedbrytningspotentialen av TCE hos svamparten Pleurotus.	Pleurotus ostreatus Pleurotus eryngii TCE	Svampen fick växa i jord kontaminerad med TCE (trichloroethylene) i 28 grader under fyra veckor. Därefter analyserades jorden. Försöken upprepades tre gånger för att säkerställa att resultatet blev detsamma.	Båda svamparterna kunde växa i närvaro av höga halter TCE. Trots att TCE påverkade cellstrukturen hos svamparna var detta ingenting som försämrade funktionen hos svampen. De båda svamparterna lyckades på fyra veckor bryta ner 100% av den TCE som fanns i jorden. Resultatet bevisar att mycoremediation av TCE från jord med hjälp av båda svamparterna är effektivt.  Mer forskning bör göras för att klargöra de komplexa faktorer och mekanismer som påverkar mycoremediation av TCE i jord, vilket förmodligen är en av de svåraste föroreningarna att rena.

FÖRFATTARE / ÅR / TIDSKRIFT	TITEL	SYFTE	URVAL	METOD	RESULTAT / SLUTSATS
Mohammadi-Sichani, M., Mazheri-Asadi, M., Farazmand, A., Kianirad, M., Ahadi, A.M., & Hadian-Ghaderjani, H. (2019)  International Journal of Environmental Science and Technology	Ability of Agaricus bisporus, Pleurotus ostreatus and Ganoderma lucidum compost in biodegradation of petroleum hydrocarbon contaminated soil.	Syftet med studien var att jämföra funktionen hos matsvampar att bryta ner petroleumväten i jord.	A. bisporus, P. ostreatus G. lucidum  Petroleum	Svamparterna mixades med jord kontaminerad med petroleum- kolväten. Bland-ringarna placerades i växthus med en temperatur på ca 23 grader celsius. De vattnades varannan dag. Provtagnin utfördes efter 1, 2 och 3 månader.  Experimenten gjordes trefaldigt för att minska risken för slumpmässiga fel.	Resultatet visar att samtliga svamparter hade förmåga att bryta ner petroleumväten. Men eftersom petroleum består av både lätta och tunga molekyler rekommenderar författarna att förstärka processen ytterligare genom tillförel av andra mikrober i en mixad biosaneringsmetod.  Studiens slutsats blev att ätbara svampar har stor potential att användas vid mykoremediering av petroleum. Eftersom det är en restprodukt från matindustrin är tillgängligheten mycket god vilket ger lägre kostnader och stort miljövärde.
Pumomo, A-S., Putra, S-R, Shimizu, K, & Kondo, R. (2014)  Environmental Science and Pollution Research	Biodegradation of heptachlor and heptachlor epoxide-contaminated soils by white-rot fungal Inocula	Syftet med studien var att undersöka pleurotus ostreatus förmåga att omvandla miljögifterna heptaklor och heptaklor epoxid	Pleurotus ostreatus  Heptaklor Heptaklor epoxid	Extrakt från pleurotus ostreatus odlades i riskal och sågspån i 22 grader celsius under 21 dagar. Fruktkroppar skördades torkades och blandades med de ämnen som skulle undersökas.  Blandningen stod i 25 grader celsius under 28 dagar innan analysen genomfördes.	Resultatet visade att pleurotus ostreatus har god förmåga att bryta ner heptaklor och heptaklor epoxid till mindre giftiga metaboliter.  Effektiviteten i nedbrytningsprocessen ökade när osteriliserad jord tillfördes vilket indikerar att tillförel av andra mikroorganismer förstärker processen.  Slutsatsen blev att pleurotus ostreatus mycket väl kan komma till användning vid sanering av jordar som förorenats med heptaklor.  En mixad biosanering är att föredra eftersom svampens nedbrytningsprocess effektiviseras i närvaro av andra mikroorganismer.



FÖRFATTARE / ÅR / TIDSKRIFT	TITEL	SYFTE	URVAL	METOD	RESULTAT / SLUTSATS
Rosales, E., Pazos, M., & Sanromán, M.-A. (2012). Clean soil air water: Renewables, sustainability, environmental monitoring	Feasibility of Solid-State Fermentation Using Spent Fungi-Substrate in the Biodegradation of PAHs	Studiens syfte var att undersöka hur matavfall (apelsinskal) kan användas som växtmedium för svamparna trampets versicolor och pleurotus ostreatus.	Pleurotus ostreatus Trampets versicolor PAH	Jord steriliserades för att sedan kontamineras med PAH. De båda svamparterna placerades i varsitt test med den kontaminerade jorden och placerades sedan mörkt under 4-5 veckor i 30 grader celsius.  Parallellt med ovanstående tester genomfördes en kontrolltest med jord som inte kontaminerats med PAH.	Resultatet visade att matavfall i form av apelsinskal hade god användbarhet när det gällde kultivering av de båda svamparterna.  Båda arterna visade förmåga att effektivt bryta ner PAH men störst potential visade pleurotus ostreatus.  Pleurotus ostreatus och trampets versicolor kan båda användas för att minska förekomsten av PAH i kontaminerad jord.  Den tekniska genomförbarheten i att använda restprodukter från svamp och extrahera de enzymer som används för att oskadliggöra PAH är möjlig men mer forskning behöver göras för att optimera användandet av pleurotus ostreatus i olika miljöer.
Vaseem, H., Singh, V.K., & Singh, M.P. (2020) Journal of applied science	An ecofriendly approach to decontaminate toxic metals from coal washery effluent using the mushroom Pleurotus ostreatus	Studiens syfte var att undersöka funktionen hos pleurotus ostreatus att oskadliggöra giftigt restvatten från koltvätter.	Pleurotus ostreatus Mangan (Mn) Nickel (Ni) Zink (Zn) Koppar (Cu) Bly (Pb) Kobolt (Co) Krom (Cr)	Extrakt från pleurotus ostreatus odlades i nissal och sågs på i 22 grader celsius under 21 dagar. Fruktkroppar skördades torrades och blandades med de ämnen som skulle undersökas.  Blandningen stod i 25 grader celsius under 28 dagar innan analysen genomfördes. Steriliserat spån och svampmycel blandades med tungmetaller upplösta till syror. Denna blandning placerades i plastbehållare som fick stå i 25 grader C och mörker. När fruktkroppar växte fram skördades dessa för analys.  Kontrollstudie genomfördes med destillerat vatten och frånvaro av tungmetaller.	Resultatet visade en signifikant minskning av koncentrationer av metaller från restvattnet. Tungmetallerna förändrade dock svampens antioxidant-aktiviteter vilket minskade svampens näringsinnehåll. Allt för höga halter dödade svampen. I och med tillväxt av fruktkroppar ökade koncentrationen av tungmetaller i svampen vilket visar en god absorptionsförmåga.  Analys av fruktkropparna på de olika metallkoncentrationerna visade sig ha innehålla metaller under den nivå som är godkänd för livsmedel. Låga koncentrationer av metall har lägre toxisk effekt på fruktkropparna och gör de kapabla att få bort signifikanta mängder metaller från restvattnet

FÖRFATTARE / ÅR / TIDSKRIFT	TITEL	SYFTE	URVAL	METOD	RESULTAT / SLUTSATS
Vaseem, H., Singh, V.K., & Singh, M.P. (2017) Ecotoxicology and environmental safety	Heavy metal pollution due to coal washery effluent and its decontamination using a macrofungus, Pleurotus ostreatus	Studiens syfte var att undersöka förekomsten av gifter i avloppsvatten från ett koltvätten samt undersöka ostronskivlingens funktion att bryta ner dessa gifter.	Pleurotus ostreatus Mangan (Mn) Nickel (Ni) Zink (Zn) Koppar (Cu) Bly (Pb) Kobolt (Co) Krom (Cr)	Avloppsvatten från ett koltvätten i Indien analyserades för tungmetaller. Därefter lät författarna pleurotus ostreatus växa i spån som kontaminerats med avloppsvatten. Analys gjordes genom att mäta eventuellt ökad förekomst av tungmetaller i svampen samt den kvarvarande mängden i restvattnet.	Resultatet visade att restvatten från koltvätten innehöll en rad gifter i form av tungmetaller. När restvattnet obehändlat när naturliga vattendrag orsakar det allvarligt negativa konsekvenser, inte bara för vattenlivet utan också högre i ekosystemen.  Studien föreslår att koltvätten måste behandla restvattnet innan det släpps ut i naturen och att mykoremediering med pleurotus ostreatus kan vara en framgångsrik metod. Författarna understryker att denna form av sanering är en ekonomisk och miljövänlig metod som kan användas av många olika industrier.
Xu, F., Chen, P., Li, H., Qiao, S., Wang, J., Wang, Y., Wang, X., Wu, B., Liu, H., Wang, C., & Xu, H. (2021). Journal of hazardous materials	Comparative transcriptome analysis reveals the differential response to cadmium stress of two pleurotus fungi: Pleurotus comucopia and Pleurotus ostreatus.	Syftet med studien var att undersöka hur ostronskivling reagerar på exponering av kadmium (Cd).	Pleurotus comucopia Pleurotus ostreatus Kadmium	Med hjälp av transkriptomanalys undersöktes hur svamparterna reagerade under kontaminerad med kadmium under en 7-dagarsperiod	Pleurotus ostreatus visade störst potential för omhändertagande av kadmium. Lägre nivåer av kadmium ( $\leq 1$ mg/L påverkade ingen av svamparna på varken fysiologisk eller transkriptionen nivå. $\leq 20$ mg/L hämmade dock tillväxten avsevärt. Trots sitt nära släkte visade försvarsmekanismerna hos pleurotus ostreatus sig starkare jämfört med pleurotus comucopia  Låga doser av giftiga ämnen kan inducera en fördelaktig reaktion som ökar den normala försvarsmekanismen gentemot giftiga ämnen. I takt med ökade halter av tungmetaller sjönk svampens nedbrytningsförmåga vilket kunde bero på begränsade bindningspunkter på cellväggar eller störd cellulär aktivitet.

FÖRFATTARE / ÅR / TIDSKRIFT	TITEL	SYFTE	URVAL	METOD	RESULTAT / SLUTSATS
Yang, S., Sun, Y., Chang, C., Guo, E., La, G., Zhao, Y., Li, X. (2017) Water, Air & Soil Pollution: An International Journal of Environmental Pollution.	Tolerance and Removal Mechanisms of Heavy Metals by Fungus <i>Pleurotus ostreatus</i>	Syftet med studien var att undersöka <i>pleurotus ostreatus</i> specifika egenskaper att bryta ner tungmetaller bly, kadmium och krom.	<i>Pleurotus ostreatus</i> Bly Kadmium Krom	Mycel från ostronskivling <i>postreatus</i> fick växa i lösningar med glukos och de specifika tungmetaller.  Efter tio dagar i 28 grader celsius analyserades proverna.  Experimentet genomfördes trefaldigt för att minska risken för slumpmässiga resultat.	Resultatet visade att svampens tillväxt och livskraft påverkades av mängden koncentration av tungmetaller: Generellt ökade tillväxten vid låga koncentrationer, medan höga koncentrationer hämmade tillväxten genom att orsaka förändringar i cellstruktur.  Svampen kunde växa trots höga koncentrationer av bly, medan tillväxten hämmades av kadmium och krom. Detta indikerar att svampen har högre tolerans mot bly jämfört med de andra två metallerna.  Genom produktion av oxalsyra, celltransport och intracellulär ackumulering kunde svampen oskadliggöra tungmetaller.
Zhang S., Zhang, X., Chang, C., Yuan, Z., Wang, T., Young, Z., Yang, X., Zangh, Y., La, G., Wu, K., Zhang, Z., & Li, Z. (2016) Chemosphere	Improvement of tolerance to lead by filamentous fungus <i>Pleurotus ostreatus</i> HAU-2 and its oxidative responses	Syftet med studien var att undersöka <i>pleurotus ostreatus</i> funktion att bryta ner bly samt undersöka om funktionen kan förstärkas genom acklimatisering.	<i>Pleurotus ostreatus</i> Bly	Mycel från ostronskivling kultiverades i vätskemedium kontaminerade med tungmetallen, mörkt i 28 grader celsius.  Efter 10 dagar filtrerades lösningen och analyserades i atomisk absorption spectrometer (AAS).	Resultatet visade att för höga bly-koncentrationer hämmade svampens tillväxt och orsakade cellulära abnormiteter.  Genom att vänja svampen vid lägre koncentrationer bly kan toleransen ökas utan att orsaka abnormiteter i biomassa eller form.  Svampen försvarar sig mot bly genom att producera specifika antioxidant.  <i>Pleurotus ostreatus</i> går att tillvänja en högre tolerans för bly vilket kan vara effektivt för myko-remedierings-metoder.