



Regnbäddar med svampkultur - En

utvärdering av möjligheten att applicera svampkultur i regnbäddar för dess förmåga att bryta ner föroreningar

Mushroom culture in rain gardens - An evaluation of fungal culture applications to rain gardens for breaking down pollutants

Niklas Carlsson

Självständigt arbete • 15 hp
Landskapsingenjörsprogrammet
Alnarp 2021

Regnbäddar med svampkultur - En utvärdering av möjligheten att applicera svampkultur i regnbäddar för dess förmåga att bryta ner föroreningar

Mushroom culture in rain gardens - An evaluation of fungal culture applications to rain gardens for breaking down pollutants

Niklas Carlsson

Handledare: Ann-Mari Fransson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Ishi Buffam, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete

Kurskod: EX0841

Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2021

Nyckelord: regnbäddar, mycoremidaton, mycoresturation, *Pleurotus ostreatus*, dagvatten

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Hantering av dagvatten i städer är ett växande problem på grund av städernas utbredning och dess hårdgjorda markmaterial samt på grund av klimatförändringar som i framtiden spås göra regntillfällena mer intensiva. Dessa förändringar lägger högre belastning på våra dagvattensystem. En åtgärd som används mer och mer i städer är att anlägga regnbäddar för att fördröja och minska mängden dagvattnet som behöver ledas bort. Dessa regnbäddar har också förmågan att rena dagvatten och det sker främst igenom filtrering och sedimentering. Det här projektet går ut på att undersöka om det går att etablera svamp i regnbäddar för att utnyttja svampens förmåga att bryta ner föroreningar. I projektet testas ostronskivlingens förmåga att etablera sig i regnbäddsubstrat med olika blandningar av träspån och hur infiltrationskapaciteten påverkas av den eventuella tillväxten. Testet utfördes i en uppsättning av 35 genomskinliga plastkrukor som rymmer 1,5 liter vardera. I varje kruka användes 2 dl mycelmix och 10 dl substratmix. Efter 21 dagar var alla 100% koloniserade.

För att få användbara mätresultat på både infiltration och myceltillväxt var det nödvändigt att använda två olika metoder vid anläggandet. Den ena metoden som vi kallar "skikt", där mycelet applicerades i ett heltäckande lager, användes för att kunna se mycelets tillväxt från dag 1. Metoden "skikt" förhindrar dock från att få bra mätvärden för infiltrationskapaciteten då skikt av hydrofobiskt mycel skapas i mitten av krukans. Därför användes även ytterligare en metod som vi kallar "cylinder", där mycelet i stället applicerades i form av en cylinder som lämnade ett utrymme av rent substrat mellan krukans kant och mycelet.

Testets resultat:

- Det går att etablera ostronskivling i regnbäddssubstrat.
- Tillväxten är endast marginellt snabbare i blandningar med högre halt träspån. Tillväxten var dock snabbast i blandningen som består av 50% regnbäddssubstrat och 50% sågspån. Denna skillnad som observerats kan bero på andra faktorer som vattenhalt med mera och inte nödvändigtvis bero på mängden träspån i substratet.
- Högre halt träspån ger tätare hyfer (myceltrådar) vilket påverkar infiltrationskapaciteten negativt.

Om det skulle visa sig att odling av ostronskivling var ett effektivt sätt att rena regnbäddar och dagvatten är det ekonomiskt försvarbart då det skulle vara både billigt och enkelt att applicera på plats och metoden i sig är inte heller en miljöbelastning. Det

skulle till exempel kunna gå att ta ut borrhärnor i en redan anlagd regnbädd som sedan fylls med mycel.

Detta är endast en liten studie och resultaten bör därför endast ses som indikationer. Dessa resultat kan dock användas för att utvärdera hur man kan lägga upp ytterligare experiment för att testa om det går att använda sig av svampar i regnbäddar för att rena dagvatten

Abstract

Management of stormwater in cities is a growing problem due to the exploration of larger areas and the impenetrable surfaces they bring as well as climate changes which in the future predicts more intensive rainfalls. These changes will put higher strain onto our stormwater systems. One measure that is being used more frequently in cities is to construct raingardens to slow down and lessen the amount of water that needs to be lead off. These raingardens also have the ability to clean stormwater, this is done mainly through filtration and sedimentation. This project aims to investigate the possibilities to establish mushrooms in raingardens for its abilities to break down pollutants. In this project oyster mushrooms are being tested for its abilities to colonize raingarden substrates with variable amounts of sawdust and how potential mushroom growth would impact the infiltration capacity. The test was performed in 35 see-through plastic pots with a volume of 1,5 liters. Each pot was prepared with 2 dl mycelium and 10 dl substrate mix. After 21 days all of the pots were 100% colonized.

To be able to get usable test results for both infiltration and mycelium growth it was necessary to use two different sets of methods when applying the mycelium. In the first method known as "skikt" ("layer") the mycelium is applied in a vertical layer. This method is used to be able to see the mycelium growth from day one. But this layer method prevents the possibilities to get a true infiltration value since they layer of mycelium will create a hydrophobic layer in the middle of the pot. Therefor a second method was used called "cylinder". In the "cylinder" method the mycelium was instead applied as a cylinder leaving space of pure substrate mix between the edge of the pot and the mycelium.

Test results:

- It is possible to establish oyster mushrooms in raingarden substrates.
- Growth is only marginally faster in substrate with higher amounts of sawdust. Though growth was fastest in the substrate mix containing 50% raingarden substrates and 50% sawdust. These differences that were noticed could be dependent on other factors such as moisture content etc. and not necessarily a result of the amount of sawdust.
- Higher concentration of sawdust will give denser hyphae's (mycelium threads) that will affect the infiltration capacity negatively.

If growing oyster mushrooms would prove to be an effective way to clean raingardens and stormwater, then it would be economically justifiably as this method would be cheap and easy to use on site and the methods do not cause a strain on the environment. As

an example, it would be possible to take out drill cores from existing raingardens and fill them with mycelium.

This is only a small study, and the results can therefore only be seen as indications. These results could however be used to evaluate further methods on how experiments can be set up to test the possibilities to use mushrooms in raingardens to clean stormwater.

Innehållsförteckning

Inledning.....	9
Bakgrund.....	9
Dagvatten och föroreningar.....	10
Regnbäddar.....	10
Svampar och dess förmåga att bryta ner föroreningar.....	11
Frågeställning.....	12
Syfte.....	12
Avgränsning.....	12
Material.....	12
Metod.....	13
Klimatförutsättningar.....	17
Resultat.....	18
Resultat metod "skikt".....	18
Resultat metod "cylinder".....	20
Fruksättning metod "skikt" och "cylinder".....	22
Diskussion.....	23
Applicera i regnbäddar.....	23
Slutsats.....	24
Referenser.....	25

Inledning

Det här arbetet bygger på ett experiment där det undersöks om det går att etablera svamp i regnbäddar för att rena dagvatten. Regnbäddar är en typ av biofilter som redan har effekten att rena dagvatten, men då det sker främst med hjälp av filtrering finns det behov för att undersöka metoder för att inte bara filtrera föroreningar utan också bryta ner dem.

Bakgrund

I och med att städer växer och även dess hårdgjorda ytor ökar belastningen på stadens dagvattensystem. Klimatförändringar som sker innebär också att man räknar med mer intensiva regnfall och en ökning på 25% total nederbörd i vissa områden (Naturvårdsverket 2020a). Den moderna "gröna staden" har olika sätt att motverka detta och en metod som används är att anlägga regnbäddar. Regnbäddar blir allt vanligare i urbanmiljö för att minska belastningen på dagvattensystem. Det är ett relativt nytt sätt att jobba med vatten och det introducerades i USA på slutet av 80-talet (Dunnet & Clayden 2007). Förutom att fördröja samt minska vattnet som behöver ledas bort är regnbäddar även en typ av biofilter som har en renande effekt (Lindfors et al. 2014). Detta görs till största del genom att föroreningar fångas upp i bädden genom filtrering eller sedimentering (Movium 2015).

År 2017 genomfördes ett stort projekt för 21 miljoner kronor av Vinnova där många stora aktörer, branschmänniskor och forskare var inblandade. Projektets resultat finner man på klimatsakradstad.se. Ett av målen med projektet var att ta fram innovativa lösningar för att hantera dagvatten som samverkar med "gråa och gröna funktioner". I projektet utvärderas regnbäddar och biofilter, men det nämns inget i detta projekt om nedbrytning av föroreningar eller hur de i slutändan ska hanteras när koncentrationen har uppnått en viss nivå i biofilter. Konventionell fysikalisk och kemisk sanering av mark innebär ofta att stora massor måste transporteras. Det kan vara en effektiv metod för rening, men transporterna innebär en belastning på miljön. Det är heller inte möjligt att göra i större skala på grund av dess kostnader (Deshmukh et al. 2016). Här skulle svampar kunna spela en betydande roll. Att använda sig av svampar för att sanera förorenad mark kallas för mycoremediation (Stamets 2005). Det är en relativt ny teknik och angående dess appliceringsområden saknas det lättillgänglig information.

Dagvatten och föroreningar

Dagvatten är det regnvatten och smältvatten som rinner ovanpå markytan (Naturvårdsverket 2020b). Beroende på vad området som nederbörden faller i och används till, påverkar vattnets innehåll av föroreningar (Svenskt Vatten AB 2019). Stora arealer av hårdgjorda markbeläggningar som inte tillåter vattnet att infiltrera, som i urbana miljöer, kan skapa stora volymer vatten som måste ledas bort. Att förebygga, fördröja och rena dagvatten på plats är hållbar dagvattenhantering (Naturvårdsverket 2020b).

En grupp allmänt förekommande föroreningar i dagvatten från urban miljö är Polycykliska aromatiska kolväten ofta förkortat till PAH från engelska Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Källan till PAH-föroreningar i dagvatten är bland annat förbränningsmotorer, bildäck och asfaltsbeläggningar (Svenskt Vatten AB 2019).

Regnbäddar

Regnbäddar är en odlingsbädd med uppgift att fördröja samt minska mängden dagvatten som behöver ledas bort från området. Regnbäddar är också ett biofilter som fyller funktionen för renande av dagvatten (Lindfors et al. 2014). De är designade för att klara av tidvis stora vattenflöden och därför har en typisk regnbädd en fördröjningszon och bädden är uppbyggd av ett substrat som har hög infiltrationskapacitet. De bör även vara designade på ett sådant sätt att erosion inte ska bli ett problem vid stora vattenflöden till bädden (Movium 2015). Då en regnbädd har flera funktioner den ska fylla blir det en balansgång mellan reningseffekt, infiltrationskapacitet samt möjligheten för växter och deras krav på tillgängligt vatten och där har regnbäddssubstratet uppbyggnad stor betydelse (Movium 2015). "Bara Mineraler AB" är en tillverkare av sådant substrat och deras produkt används i stor utsträckning i södra Sverige. Grunden i deras standardsubstrat är 40% pimpsten, 30% sand och 30% grönkompost från Sysav (Bengt Syrén muntligen).

Svampar och dess förmåga att bryta ner föroreningar

När man pratar om svampar tänker nog de flesta på den delen av svampen som sticker upp ur jorden eller trädet den växer på. Den delen av svampen är bara dess fruktkropp och den stora delen av svampen befinner sig under ytan. Mycelet är den vegetativa delen av svampen. Det är rotliknande trådar (hyfer) som kan täcka stora ytor. Den största levande organismen man hittat är en svamp som växer i USA som täcker en yta på 965 hektar (Guinness World Record 2021).

Svampar skiljer sig från växter på det sätt att de inte producerar sin egen energi igenom fotosyntes. Svampar är i stället närmare djursläktet och de använder enzymer för att bryta ner material som det hämtar sin energi från. Olika svamparter producerar olika typer av enzymer och växer därför på olika substrat eller näringskällor. Det finns även svamparter som kan bryta ner föroreningar. En sådan svampart är Ostronskivling (*Pleurotus ostreatus*). Den har förmågan att bryta ner polycykliska aromatiska kolväten (PAH) (Stamets 2005). Mycoresturering översatt från engelskans mycorestoration är ett samlingsnamn för de olika tekniker att använda sig av svampar för att sanera förorenade miljöer. Där ingår bland annat mycofiltrering som bygger på att med hjälp av mycel filtrera vatten från föroreningar och mycoremediation som handlar om att använda svampar för att bryta ner föroreningar eller ackumulera dem i fruktkroppar (Stamets 2005).

Ostronskivling är en saprofytt (Li et al. 2020). Den förekommer naturligt i stora delar av Sverige där den växer på främst på döda eller döende lövträd (Artdatabanken 2020). Den odlas även kommersiellt i stor utsträckning som matsvamp på bland annat halm och sågspån, men även andra cellulosa rika restprodukter, och är den sortens svamp som är enklast att odla av de kommersiellt odlade svamparna (Stamets 2005).

Ostronskivlingens mycel är hydrofobiskt (Haneef et al. 2017). I tester som har utförts med andra svamparter har man sett att svampar kan ha betydande effekt på infiltrationsegenskapen hos jord. Infiltrationskapaciteten kan både öka och minska beroende på svampartens och jordens egenskaper (Chau et al. 2012).

Frågeställning

Går det att etablera svampkultur i regnbäddar utan att förlora regnbäddens egenskaper?

Syfte

Syftet med detta projekt är att undersöka möjliga metoder för att hantera föroreningar i dagvatten.

Avgränsning

I undersökningen ingår endast en svampart, Ostronskivling (*Pleurotus ostreatus*) av en sort/kultivar. Denna svamp är vald för att den är lätt att odla och växer naturligt i Sverige. Den är heller inte en svamp som angriper och skadar annan vegetation och den har förmågan att bryta ner PAH, som är en allmänt förekommande förorening i urban miljö.

Substrat i regnbäddar kan skilja sig åt och i detta experiment redogörs endast för en typ av substrat. Det som används är välbeprövat och saluförs av ett företag som har stora marknadsandelar i Sverige.

Då klimatet kan variera kraftigt på olika platser i landet samt tiden på året, bör man ha i åtanke att detta experiment utförts under ett klimat som inte kommer att återspegla verkligheten i de flesta fall. Experimentet genomfördes i ett så gynnsamt klimat som det fanns möjlighet till. Detta för att skapa en miljö där regnbäddssubstratet ska vara den största faktorn på tillväxt.

Detta är endast en liten studie och resultaten bör därför endast ses som indikationer. Dessa resultat kan dock användas för att utvärdera hur man kan lägga upp ytterligare experiment för att testa om det går att använda sig av svampar i regnbäddar för att rena dagvatten.

Material

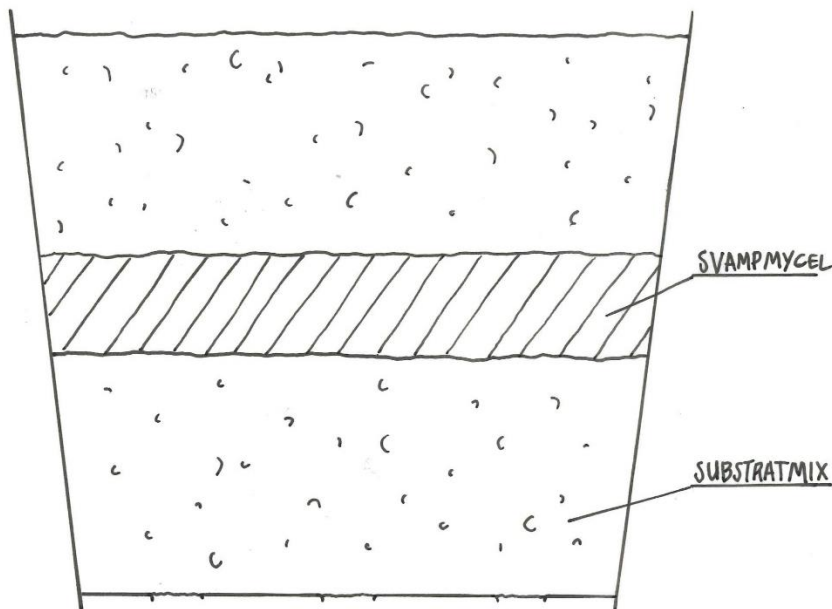
Följande material användes i experimentet: genomskinliga plastkrukor 1,5 liter, regnbäddsubstrat (40% pimpsten, 30% sand, 30% grönkompost (Sysav)) från "Bara Mineraler AB", grovt träspån 1-10mm (lika delar: Al, Ask och Björk), Ostronskivling mycel (*Pleurotus ostreatus*) från "Svamphuset", värmebehandlade halmpellets, mätcylindrar utan botten med 14 mm diameter och 60mm höjd.

Metod

Träspånet förbereds genom att blandas med kokande vatten och får sedan stå och dra åt sig i 24 timmar. Överblivet vatten hålls sedan bort. Halmpellets förbereds genom att blandas med kokande vatten enligt följande: 30% halmpellets 70% vatten (viktprocent) och får stå i 24 timmar och svalna. Det nu fuktade halmsubstratet blandas med det inköpta svampmycelet enligt följande: 50% mycel, 50% halm (volymprocent). Sedan blandas 5 olika substrat enligt följande: Substrat A 100% regnbäddssubstrat, substrat B 90% regnbäddssubstrat och 10% träspån, substrat C 80% regnbäddssubstrat och 20% träspån, substrat D 50% regnbäddssubstrat och 50% träspån, substrat E 100% träspån. Krukor fylls nu på efter 2 olika metoder: metod "skikt" och metod "cylinder".

Metod "skikt": 5 dl substrat i botten, ovanpå det 2 dl svampmycelblandning (ca 2 cm tjockt vågrätt skikt) och ovan på det 5 dl substrat.

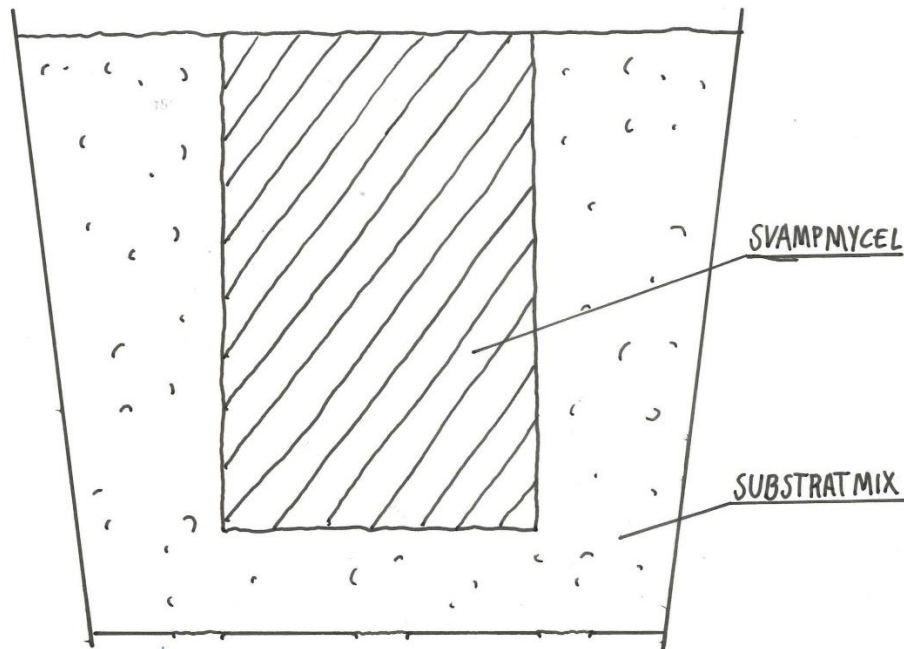
Se bild (Figur 1) nedan:



Figur 1. Metod "skikt"

Metod "cylinder": 2 dl substrat på botten, ovanpå det en cylinder med 2 dl mycelblandning i mitten och runt det 8 dl substrat.

Se bild (figur 2) nedan:



Figur 2. Metod "cylinder"

Metod "skikt" upprepas 4 gånger för varje substratmix och metod "cylinder" upprepas 3 gånger för varje substratmix. Totalt används 35 krukor.

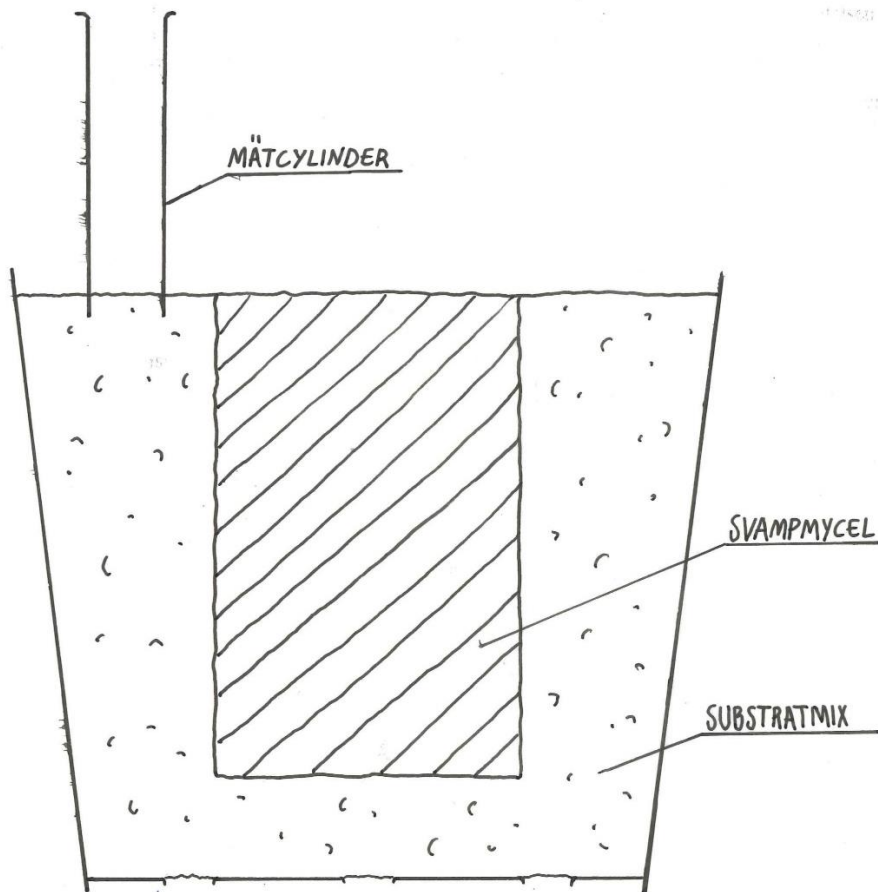
Kruka med substratblandning A anlagd efter metod "skikt" kommer härnäst att ha betäckningen "A skikt", kruka med substratblandning B enligt metod "cylinder" får betäckningen "B cylinder" osv.

Krukorna ställs sedan i pallkragar ovanpå fuktad mineraljord. Över pallkragen placeras en svartvit plast för att stabilisera temperatur och skapa en hög konstant luftfuktighet samt skugga ut solljus. Mycelets tillväxt mäts sedan okulärt regelbundet och antecknas tillsammans andra observationer såsom temperatur och luftfuktighet i pallkragen (under plasten). Bevattning av krukorna var tänkt att utföras på sådant sätt att de höll en konstant och jämn fuktnivå för alla substratmixar. På grund av otillförlitliga mätresultat med fuktighetsmätare vattnas det i stället vid synligt behov. Vid antydning på att ytskikt torkar ut tillförs 1 dl vatten. På så sätt hålls relativt jämn fuktighet i alla krukor. För att få bra mätresultat på både infiltration och myceltillväxt var det nödvändigt att använda två olika metoder vid anläggandet.

För att kunna mäta infiltration var det tvunget att använda en annan metod än "skikt" då den skulle skapa ett tät hydrofobiskt lager som skulle förhindra infiltrationen. Cylindermetoden har dock endast ett litet utrymme av substrat mellan kanten på krukans och mycelcylindern med inokuleringssubstrat. Detta gör att endast en smal cylinder (5 ml spruta med avskuren spets) på 14mm diameter kunde användas vid infiltrationstestet. Detta medför att det ohomogena substratet med en del relativt stora bitar i förhållande till cylindern av träspån och pimpsten påverkar resultatets tillförlitlighet. Om det är relativt kraftig myceltillväxt på den specifika mätpunkten påverkar det också resultatet. För att få ett så riktigt resultat som möjligt gjordes därför 10 olika test per substratmix, med mycel och utan mycel. Sedan räknas ett medelvärde ut för de olika testresultaten.

Metod "cylinder" fungerar dock inte lika bra för att mäta myceltillväxten, då man inte kan se tillväxten innan den når till krukans kant. Det var därför nödvändigt att använda en annan metod här. Denna metod som vi kallar "skikt" redovisas ovan. Den metoden gör det möjligt att se mycelets utveckling dag för dag, dock endast det som händer i kanten av krukans. Metoden "skikt" skiljer sig även på det sättet att allt inokuleringsmaterial är täckt av substrat. Detta hindrar avdunstning av vatten samt sänker tillgången på syre i förhållande till koldioxid vilket är bra för tillväxten av mycelet.

Experimentet avslutas med att infiltrationskapaciteten testas för substratblandningar inokulerade med svamp samt utan svamp. Krukor vattnats till fältkapacitet har uppnåtts. Sedan trycks mätcylindrar utan botten in i ytskiktet. Se bild (*Figur 3*) nedan:



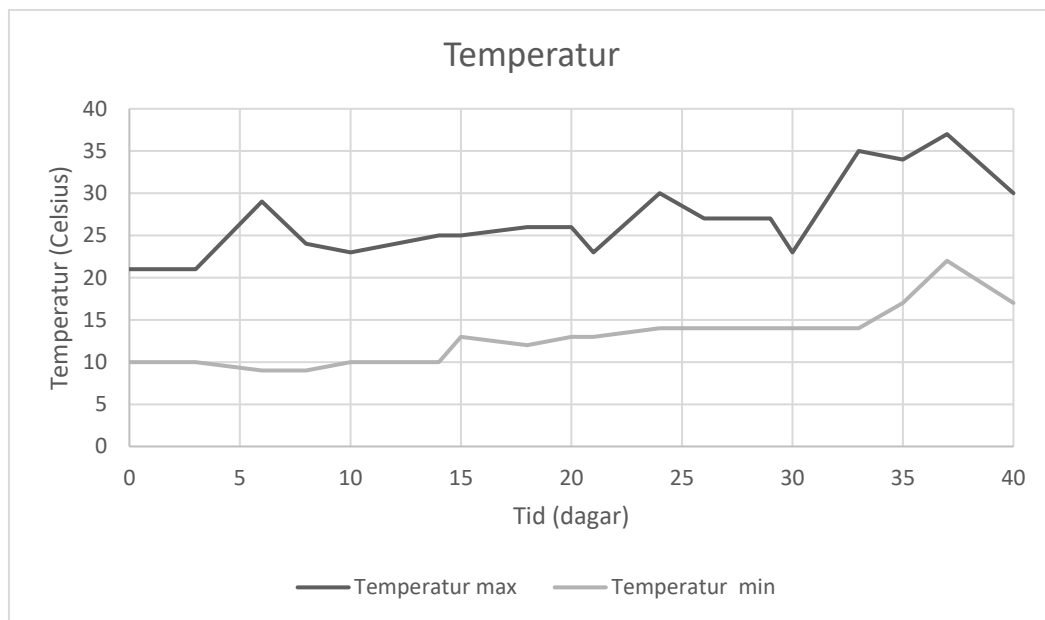
Figur 3. Infiltrationsmetod

Mätcylindern fylls med 5 ml vatten och tidmätning görs för att avgöra hur lång tid det tar för vattnet att infiltrera.

Experimentet tillåts pågå i 40 dagar och utförs i ett kallväxthus med skuggardin i taket i södra Skåne med start i början av april 2021. I växthuset varierar temperaturen mellan +5 grader och +38 grader Celsius.

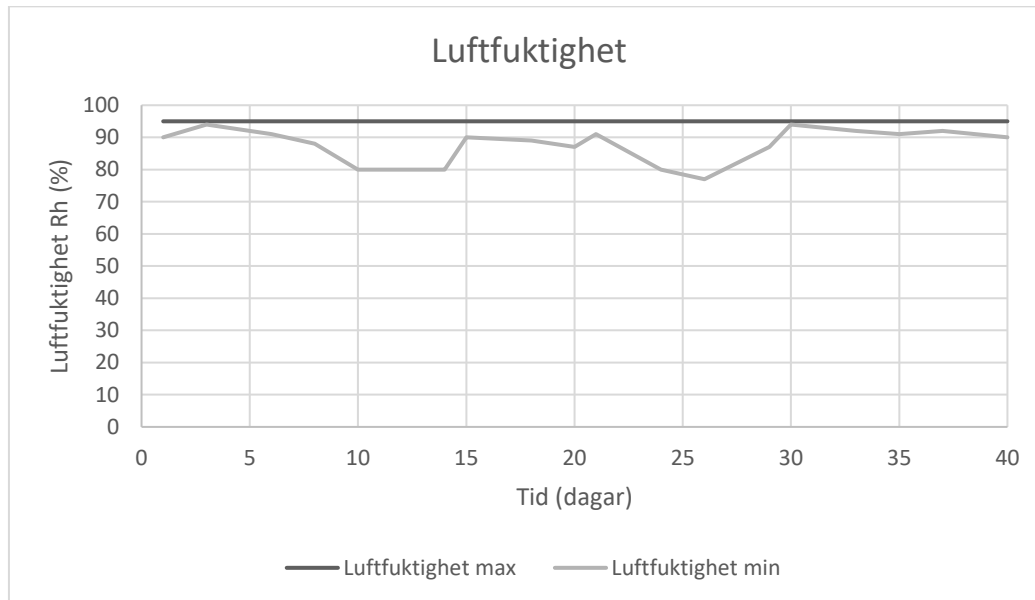
Klimatförutsättningar

Diagrammet "temperatur" (Figur 4) nedan visar maximum- och minimumtemperaturer som har uppmätts vid krukorna. Temperaturen har som mest gått upp till +37 grader Celsius och den lägsta temperaturen som uppmätts är +9 grader Celsius. Under tiden mycelet koloniserade substratet, som tog upp till 21 dagar, höll sig temperaturen under +30C.



Figur 4. Temperatur

Diagrammet "luftfuktighet" (Figur 5) nedan visar de uppmätta skillnaderna i luftfuktighet som rådde under experimentet. Den relativa luftfuktigheten varierade mellan som lägst 80% till som högst 95%. Dock är mätresultaten av luftfuktigheten är inte helt pålitliga då ingen noggrann mätutrustning använts. Det är troligt att luftfuktigheten tidvis har stigit över 95%.



Figur 5. Luftfuktighet

Resultat

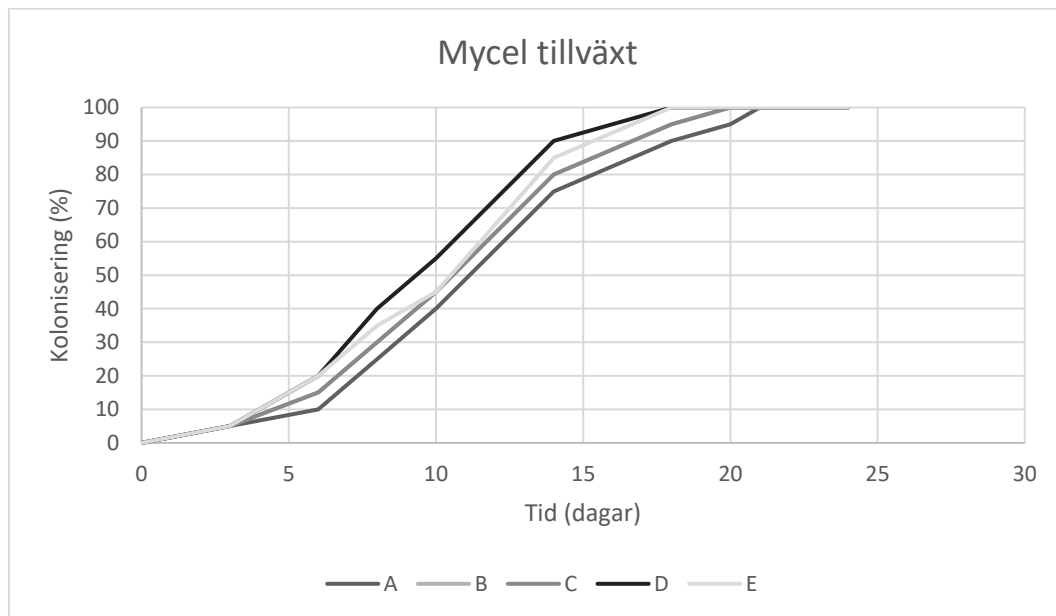
Nedan redovisas resultat för de två olika metoderna "skikt" respektive "cylinder".

Resultat metod "skikt"

Dag 3 av experimentet är det första tillfället där man kunde se ny tillväxt. Det noterades ca 5 mm ny tillväxt i båda riktningarna i samtliga substratmixar och inga tydliga skillnader mellan de olika substratmixarna noterades. Vid dag 6 noteras att det är mer tillväxt neråt än uppåt. Det är även lite tort på ytan. Det är mer tillväxt ju högre halt träspån substratet innehåller och det tycks även vara mer fuktigt substrat ju högre andel träspån. Vid dag 8 av experimentet noteras att det är viss skillnad i utseendet på myceltillväxten mellan de olika substratmixarna. Det är vitare eller tätare mycel ju högre andel träspån, dock "vitast/tätast" i E (50% regnbäddssubstrat, 50% träspån). Dag 14 noteras spår av mycel i botten på samtliga krukor. Spår av mycel kan även tydas i toppen på alla krukor, dock med varierad utbredning. På substratmix A (100% regnbäddssubstrat, 0% träspån) är ca 15% av ytan koloniserad. För substratmix B (90%

regnbäddssubstrat, 10% träspån) och C (80% regnbäddssubstrat, 20% träspån) är ca 35% av ytan koloniserad. För substratmix D (50% regnbäddssubstrat, 50% träspån) är ytans kolonisering ca 80% och för substratmix E (0% regnbäddssubstrat, 100% träspån) är ca 70% av ytan koloniserad. Dag 18 har substratmix D (50% regnbäddssubstrat, 50% träspån) och E (0% regnbäddssubstrat, 100% träspån) uppnått 100% kolonisering av substratet. Dag 20 har även substratmix B (90% regnbäddssubstrat, 10% träspån) samt substratmix C (80% regnbäddssubstrat, 20% träspån) uppnått 100% kolonisering av substratet. Dag 21 har slutligen substratmix A (100% regnbäddssubstrat, 0% träspån) uppnått 100% kolonisering. Dag 21 noteras även att infiltration kapaciteten har minskat. Det är en kraftig minskningen i substratmix D (50% regnbäddssubstrat, 50% träspån) och E (0% regnbäddssubstrat, 100% träspån). Minskningen tycks stå i relation till hur tät mycelltillväxten är på ytan. Vid dag 24 noteras start på fruktkroppar vid inokuleringskiktet i substratmix A (100% regnbäddssubstrat, 0% träspån). Vid dag 29 noteras fruktkroppar vid inokuleringskiktet i substratmix B (90% regnbäddssubstrat, 10% träspån). Vid dag 33 noteras start av fruktsättning av C (80% regnbäddssubstrat, 20% träspån) både vid inokuleringskiktet samt på ytan. Även för substratmix B (90% regnbäddssubstrat, 10% träspån) syns nu start på fruktsättning på ytan. Dag 34 noteras start av fruktkroppar på ytan för substratmix D (50% regnbäddssubstrat, 50% träspån). Dag 40 noteras start av fruktkroppar på substratmix E (0% regnbäddssubstrat, 100% träspån).

I diagrammet "mycel tillväxt" (Figur 6) som presenteras nedan kan vi se mycelets koloniseringsnivå och takten som koloniseringen skede i med krukor anlagda enligt metod "skikt". Kurvan för B samt C är identiska och B-linjen syns därför inte. Det är en snarlik utveckling med små skillnader. Det tog mellan 18-21 dagar för alla olika substrat samt dess replikationer för att vara 100% koloniserade. Då man bara kan se vad som händer i kanten på krukorna kan resultatet endast ses som en uppskattning.



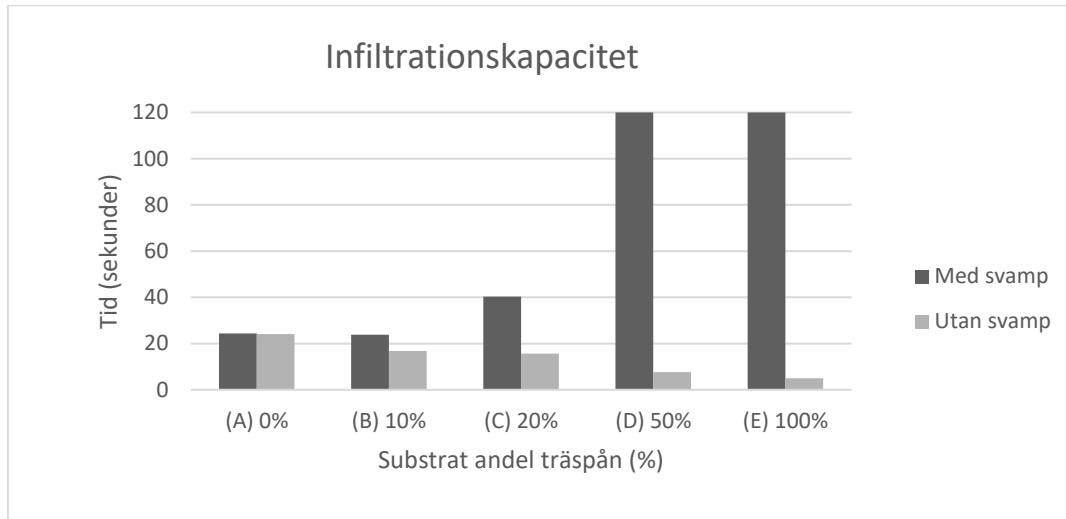
Figur 6. Mycel tillväxt

Resultat metod "cylinder"

Dag 3 antydna till tillväxt på ytan runt inokuleringscylindern noteras på samtliga substratmixar. Dag 10 noteras tecken på myceltillväxt i botten på samtliga substratmixar. Dag 14 noteras start av fruktkroppar på substratmix A (100% regnbäddssubstrat, 0% träspån). Dag 24 noteras start av fruktkroppar på substratmix B (90% regnbäddssubstrat, 10% träspån). Dag 32 noteras start av fruktkroppar på substratmix C (80% regnbäddssubstrat, 20% träspån). Dag 35 noteras start av fruktkroppar på substratmix D (50% regnbäddssubstrat, 50% träspån) och slutligen på dag 37 noteras start av fruktkroppar på substratmix E (0% regnbäddssubstrat, 100% träspån).

I diagrammet "infiltrationskapacitet" (Figur 8) nedan redovisas hur lång tid det tar för vatten att infiltrera i substratet med olika halt träspån samt med och utan svamp, med andra ord hur infiltrationskapaciteten påverkas av mycelets tillväxt. Vad man kan se är att en högre andel träspån ökar infiltrationen då substratet blir luftigare. När det däremot är inokulerat med svampmycel får man en motsatt effekt. Här kan vi se en tydlig trend att högre andel träspån minskar infiltrationskapaciteten. För substratmix E och D är

mycelltillväxten så pass tät att infiltrationen är lika med 0. Vatten försvinner endast genom absorption och avdunstning. Då diagrammet endast går upp till max 120 sekunder så är det inte den faktiska tiden det tog för vattnet att infiltrera i substratmix D (50 % regnbäddsubstrat, 50% träspån) och E (0% regnbäddsubstrat, 100% träspån) med svamp. Efter 120 sekunder hade inget vatten infiltrerats och testet avbröts. Då experimentet inte är anpassat för att mäta infiltration kapaciteten kan man endast använda dessa resultat för att se trender och inte den exakta kapaciteten.

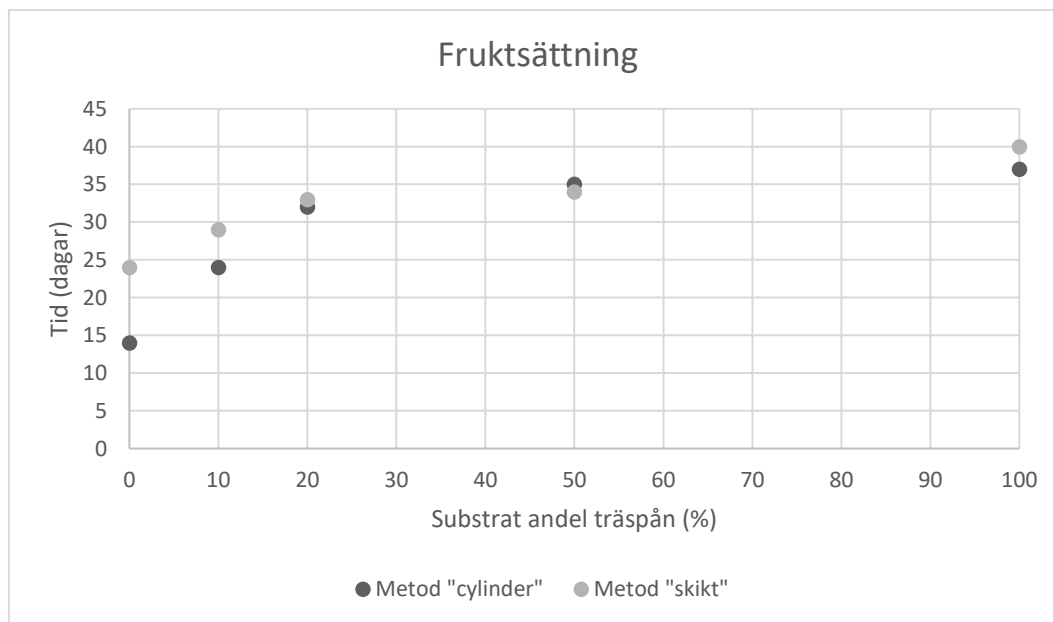


Figur 7. Infiltrationskapacitet

Fruktsättning metod "skikt" och "cylinder"

I diagrammet "fruktsättning" (Figur 7) nedan redovisas när fruktsättning startade för krukor anlagda enligt metod "cylinder" och metod "skikt". Man kan se en tydlig trend att en lägre halt träspån gav tidigare fruktsättning. I krukor anlagda efter metod "cylinder" startade fruktsättning redan vid dag 14 i krukor med substratmix A (100% regnbäddsubstrat, 0% träspån). För krukor med substratmix B (90% regnbäddsubstrat, 10% träspån) tog det 24 dagar innan fruktsättning startade och för krukor med substratmix C (80% regnbäddsubstrat, 20% träspån) 32 dagar, krukor med substratmix D (50% regnbäddsubstrat, 50% träspån) tog det 35 dagar och krukor med substratmix E (0% regnbäddsubstrat, 100% träspån) tog det 37 dagar.

För krukor anlagda med metod "skikt" tog det något längre tid, men det är samma tydliga trend att lägre halt träspån gav tidigare fruktsättning. Efter 24 dagar startade fruktsättning för krukor med substratmix A (100% regnbäddsubstrat, 0% träspån), efter 29 dagar för krukor med substratmix B (90% regnbäddsubstrat, 10% träspån), efter 33 dagar för krukor med substratmix C (80% regnbäddsubstrat, 20% träspån), efter 34 dagar för krukor med substratmix D (50% regnbäddsubstrat, 50% träspån), efter 40 dagar för krukor med substratmix E (0% regnbäddsubstrat, 100% träspån).



Figur 8. Fruktsättning

Diskussion

Man kan se god tillväxt i alla olika blandningar, men det är också en viss skillnad i etableringstakten och mycelets utseende mellan de olika blandningar. Detta behöver dock inte bero på substratets innehåll då det även finns yttre faktorer som påverkar. Det kan till exempel vara så att det är mer optimala växtförhållanden i vissa krukor med hänsyn till framför allt vatten och fuktillgången. För att kunna svara på dessa frågor krävs utförligare tester där man testar fler variabler.

Om tillsatsen av svamp skulle visa sig vara en effektiv metod för rening av dagvatten och regnbäddar skulle det vara ekonomiskt försvarbart då det är en kostnadseffektiv och miljövänlig lösning (Deshmukh et al. 2016). Man slipper miljöbelastningen som transporter av material medför, då svampen kan appliceras på plats. Konventionella metoder som går att använda förutom biologisk nedbrytning på plats kan vara effektiva, men de kräver ofta att material transporteras till reningsanläggningar och det är inte applicerbart i större skala (Deshmukh et al. 2016).

Man skulle också kunna tänka sig att med tiden kommer det etablera sig bakterier och svamparter på egen hand som kan bryta ner föroreningar. Detta scenario behöver dock inte konkurrera med idén att man tillför sådana typer av arter vid ett tidigare skede för att skynda på processen. Hur det fungerar i praktiken återstår att se då det finns en mängd yttre faktorer som även kan påverka som klimatet gällande temperatur, tillgång på vatten, vägsalt med mera.

Applicera i regnbäddar

Experimentet visar tydligt att infiltrationsegenskapen påverkas negativt av tätt växande mycel på grund av dess hydrofobiska egenskap och då en regnbädd är designad för att kunna ta emot stora vattenflöden på kort tid är det av stor betydelse för en fungerande regnbädd. Det skulle därför kunna vara en fördel att använda sig av större bitar trä som placeras mindre tätt till skillnad från att använda sig av träspån. På så sätt skulle man kunna få god etablering, men det skulle även finnas ytor emellan träbitarna utan tät myceltillväxt då det skulle vara olönsamt för mycelet att skapa onödigt långa förbindelser mellan energikällorna. Mycelet kan då återanvända sin tillväxt där det inte är lönsamt att ha förbindelser (Fricker et al. 2017). Man skulle dock kunna använda sig av egenskapen att mycelet binder samman substratet till sin fördel på de ställen där risken för erosion är hög.

I befintliga regnbäddar skulle man kunna applicera mycel i borrhärnor likt metoden "cylinder". Det kan dock vara en fördel att täcka över cylindrarna med lite regnbäddsubstrat för att minska avdunstningen. Ett avstånd mellan cylindrarna med minst 14 cm avstånd är rimligt då i detta test har mycelet stäckt sig ca 7cm. I detta test fanns det inte möjlighet för mycelet att sträcka sig längre än 7cm och det finns inget som

tyder på att det skulle vara någon maxgräns. det är därför troligt att mycelet kan sträcka sig betydligt längre om möjlighet funnits. Rekommendationer för maxavståndet behövs därför ytterligare test för att avgöras.

Slutsats

Slutsatserna man kan dra från detta experiment är att substratet i en regnbädd inte är en faktor som omöjliggör etablering av svamparten ostronskivling. Trots positivt resultat kan man inte säkerställa att det här är en användbar teknik för att rena dagvatten i regnbäddar. Detta bör endast ses som en liten förstudie som man kan utgå ifrån och som även kan användas för att motivera större satsningar på nya försök. I fortsatta studier bör man utvärdera ytterligare hur infiltrationskapacitet påverkas och även reningseffekten av svampen. Då det skulle vara en relativt billig metod att för att rena dagvatten eller sanera regnbäddar bör dess potential för att vara en del av "grön-blå infrastruktur" utvärderas ytterligare

Referenser

Artfakta., SLU, Artdatabanken (2020). *Sverige*. [Kartografiskt material]

<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/svampguiden-5555> [2021-05-17]

Chau, W.H., Goh, K.Y., Vujanovic, V., Si, C.B. (2012). Wetting properties of fungi mycelium alter soil infiltration and soil water repellency in a γ -sterilized wettable and repellent soil. *Fungal Biology*. 16 (12), 1212-1218.

<https://doi.org/10.1016/j.funbio.2012.10.004>

Deshmukh, R., Khardenavis, A.A., Purohit, J.H. (2016). Diverse Metabolic Capacities of Fungi for Bioremediation. *Indian J Microbiol*. 56 (3), 247–264.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4920763/>

Dunnet, N., Clayden, A., (2007) *Rain Gardens – Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. England: Timber Press, Inc

Fricker, D.M., Heaton, L.M.L., Jones, S.N., Boddy, B. (2017) The Mycelium as a Network. *Microbiology Spectrum*. 5 (3). <http://dx.doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0033-2017>

Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, S.I., Heredia-Guerrero, A.J., Athanassiou, A. (2017) Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. *Scientific Reports* volume 7, 41292.

<https://www.nature.com/articles/srep41292>

Kent, Fridell., Fredrik, Jergmo., Movium (2015). *REGNBÄDDAR– BIOFILTER FÖR BEHANDLING AV DAGVATTEN*. [Movium fakta]. Alnarp. Movium.

https://www.movium.slu.se/system/files/news/11238/files/movium_fakta_2-2015_rangbaddar-slutlig.pdf

Li, J., Han, L.H., Liu, X.B., Zhao, Z.W., Yang, L.Z. (2020) The saprotrophic *Pleurotus ostreatus* species complex: late Eocene origin in East Asia, multiple dispersal, and complex speciation. *IMA Fungus* 11, 10 (2020). <https://doi.org/10.1186/s43008-020-00031-1>

Lindfors, T., Bodin-Sköld, H., Larm, T. (2014) Grågröna systemlösningar för hållbara städer. Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer. Rapport Vinnova, diarienummer: 2012-01271

Naturvårdverket (2020a) *Effekter i Sverige*.

<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Klimatet-i-framtiden/Effekter-i-Sverige/> [2021-05-17]

Naturvårdverket (2020b) *Dagvatten*.

<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Vatten/Avloppsvatten/Dagvatten/> [2021-05-17]

Stamets, P. (2005). *MYCELIUM RUNNING – How Mushrooms Can Help Save The World*. New York: Ten Speed Press.

Svenskt Vatten AB (2019). *Kunskapssammanställning Dagvattenkvalitet*. (Nr 2019-2). Stockholm: Svenskt Vatten AB.

<https://www.svensktvatten.se/contentassets/f3d99ca8ce964851b9702d3dc85e4269/trvu-rrap-2019-02.pdf> [2021-05-17]

Guinness World Record (2021). *Largest living organism*.

<https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/606952-largest-living-organism> [2021-05-17]