



BIOKOL HANDBOKEN

för användare





Varför tycker du att man ska använda biokol?

Det allra viktigaste skälet tycker jag är den klimatnytta som det ger. Genom att använda biokol så skapar vi en kolsänka i marken.

Vi kan dessutom ta organiskt material som är miljöfarligt, omvandla det till biokol och därigenom få fram en betydligt renare produkt som sedan kan spridas utan problem.

Bengt Syrén

rådgivare och försäljare på Bara Mineraler

Huvudförfattare och projektledare: Ann-Mari Fransson (universitetslektor på SLU i Alnarp)

Medförfattare: Mattias Gustafsson (Ecotopic), Jonatan Malmberg (Ecotopic) och Markus Paulsson (Lunds kommun)

Redaktör: Ulrika Jönsson Belyazid (Belyazid Consulting & Communication)

Grafisk form: Katarina Månsson (Briza Natur)

Foto: Björn Embrén, Jacqueline Hellman (Ecotopic), Jonatan Malmberg (Ecotopic), Shutterstock, Uppsala kommun

Stort tack till Johan Eriksson, Kent Fridell, Johannes Hagström, Lina Pettersson och Bengt Syrén för era bidrag till handboken och värdefulla diskussioner i samband med sammanställandet av den. Tack även till Love Bergquist, Amanda Ivic, Jacob Stenlund och Björn Skålberg för bakgrundsinformation till handboken.

Handboken har finansierats av Region Skåne och Vinnova och är framtagen inom ramen för biokolsprojektet Rest till Bäst.

Hänvisa till handboken på följande sätt:

Fransson AM, Gustafsson M, Malmberg J, Paulsson M, 2020. Biokolhandboken – för användare.

Innehåll

Inledning.....	4
1. Vad är biokol.....	6
Biokolets historia.....	7
Biokol på 2 000-talet.....	8
2. Varför använda biokol.....	9
Biokol är klimatsmart.....	9
Biokol ger säkrare drift och bättre ekonomi.....	9
Biokol möjliggör nya typer av jordar.....	10
Biokol ger renare vatten.....	10
Biokol bidrar till ett cirkulärt samhälle.....	11
3. Kemiska, fysiska och biologiska egenskaper.....	12
Vattenhållande förmåga.....	12
Näringshållande förmåga och näringsinnehåll.....	13
Askhalt.....	14
pH och kalkeffekt.....	14
Kolsänkeffekt.....	14
Stimulans av mikrobiell aktivitet.....	15
4. Var, vilket, när och hur mycket.....	16
Var är det lämpligt att använda biokol?.....	16
Vilket biokol passar var?.....	17
Hur mycket biokol ska man tillsätta?.....	17
Hur kan biokol tillsättas?.....	18
När ska biokol tillsättas?.....	18
Recept på substratblandningar med biokol.....	19
5. Föreningar och biokol	20
Biokolet är oftast renare än de restprodukter det framställs av.....	20
Förekomst av PAH:er i biokol.....	20
Biokol i biofilter.....	21
6. Exempel på hur biokol kan användas i olika urbana miljöer.....	22
TRÄDPLANTERINGAR.....	24
Trädplantering – Herrhagsvägen, Stockholm.....	24
Trädplantering – Luntmakargatan, Stockholm.....	26
Trädplantering – Agnesfridsvägen, Malmö.....	28
Skogsbiotop – Varvsparken, Malmö.....	30
REGNBÄDDAR.....	32
Regnbädd – Vellinge.....	32
Blågröngräs system – Rosendal, Uppsala.....	34
PERENNPLANTERINGAR.....	36
Perennplantering – Koggens innergård, Malmö.....	36
Perennplantering – Eksättravägen, Stockholm.....	38
GRÖNA TAK.....	40
Sedumtak – Augustenborgs botaniska takträdgård, Malmö.....	40
Sedum-ört-gräs modulsystem	42
Biotoptak med kalkstärpskaraktär, Limhamn, Malmö.....	44
Lätt stenpartiplantering – Augustenborgs botaniska takträdgård.....	46
GRÖNA VÄGGAR.....	48
Grön vägg – SLU, Alnarp.....	48
Grön vägg – P-huset Anna, Malmö.....	50
GRÄSYTOR.....	52
Fotbollsplan – Linero, Lund.....	52
Fotbollsplan – Gärsnäs, Skåne.....	54
Äng – Augustenborg, Malmö.....	56
Tillfällig äng – Skeppsbrokajen, Malmö.....	58
TORVSUBSTITUERING.....	60
Salladsodling – pallkrage, Malmö.....	60
Tabell över egenskaper hos biokol av betydelse för olika tillämpningar.....	62
7. Biokolsproduktion bidrar till cirkulär ekonomi	64
8. Praktiska tips kring användningen av biokol.....	66
Bengt Syrén, Bara mineraler.....	66
Lina Pettersson, Veg tech.....	67
Kent Fridell, Edge.....	68
Britt-Marie Alvem, Stockholms stad.....	69
9. Vad bör mätas i biokol och vad betyder analysresultaten.....	70
Provtagning.....	70
Analysresultat.....	70
Referensvärden hos biokol.....	72
10. Risker och säkerhet i arbetet med biokol.....	73
Damm.....	73
Självantändning.....	73
Brandrisk på tak.....	73
11. Certifiering.....	74
Bilaga A: En introduktion till pyrolyprocessen.....	76

Foto: Nakai2iN/Shutterstock.com

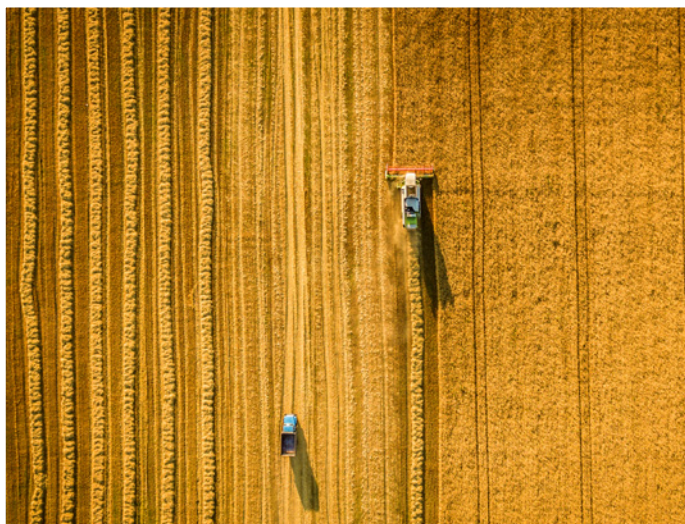


Foto: Lals Stock/Shutterstock.com

Inledning

Biokolhandboken har tagits fram inom ramen för projektet Rest till Bäst. Vi som deltar i projektet vill skapa ett klimatsmart, hållbart och cirkulärt samhälle genom att utveckla lösningar för att minimera miljö- och klimatpåverkan från samhällets organiska restprodukter samtidigt som efterfrågade nyttoprodukter skapas och kolinlagring sker. Målet? En grönare och friskare värld.

Biokol är en av flera lösningar som kan bidra till att minska koldioxidhalterna i atmosfären och skapa en långsiktig kolsänka i marken. Användningen av biokol måste dock ske på ett klokt och vetenskapligt baserat sätt där både positiva och eventuella negativa effekter lyfts fram på ett tydligt och informativt sätt.

Syftet med denna handbok är att sammanställa och presentera den kunskap som idag finns om biokol och dess användning i svenska urbana miljöer samt inspirera till nydanande klimatsmarta projekt med biokol. En viktig del i handboken utgörs av de resultat som kommit fram inom projektet Rest till Bäst (www.biokol.org). Olika organiska restprodukter, såsom alger och tång, avloppsslam, bioagropelletts samt park- och trädgårdsavfall, har där pyrolyserats till biokol, som sedan använts i flera olika typer av odlingsförsök.

Genom att arbeta mot utvecklingen av en standard för biokol, kartlägga egenskaperna hos biokol som har producerats av olika restmaterial och vid olika pyrolystemperaturer samt identifiera positiva och negativa effekter hos olika typer av biokol vill vi ge biokolsanvändare konkreta tips och råd om hur biokol kan användas, vad man bör tänka på vid användningen och hur man väljer ett biokol som passar ens syfte.

Detta är den första versionen av handboken. Förhoppningen är att kontinuerligt uppdatera handboken, i takt med att vår kunskap om biokol växer.

Arbetet med handboken har finansierats av Region Skånes miljövårdsfond och Vinnova.



**Genom att använda
biokol förenar vi
återvinning av
restprodukter med
cirkulära resursflöden,
hållbarhet och
klimatnytta.
En vinn-vinn-situation
för alla!**

Markus Paulsson
energistrateg på Lunds kommun och
projektledare för Rest till Bäst





1. Vad är biokol?

Den sydamerikanska ursprungsbefolkningens många hundra år gamla jordbruksmetoder kan ge 2000-talets människa ett redskap i kampen mot utarmade jordar och klimatförändring – nämligen biokol. En stabil produkt med hög vatten- och näringshållande förmåga som gynnar mikroorganismer och som dessutom kan produceras av restprodukter.

I korta ordalag kan man säga att biokol är en förkolnad biomassa som inte reagerar kemiskt med sin omgivning. En mer omfattande och specifik definition ges av European Biochar Certificate (EBC; www.european-biochar.org):

"Biochar is a porous, carbonaceous material that is produced by pyrolysis of plant biomasses and is applied in such a way that the contained carbon remains stored as a long-term C sink or replaces fossil carbon in industrial manufacturing. It is not made to be burnt for energy generation."

Enligt EBC:s definition kan biokol alltså enbart produceras med hjälp av pyrolys, en process där organiskt material bryts ned under syrefria förhållanden vid temperaturer mellan 350 och 1 000 grader Celsius (läs mer om pyrolysisprocessen i Bilaga A). Kol som produceras genom andra förkolningsprocesser, såsom torrefiering, hydrotermisk karbonisering och koksproduktion, är inte biokol enligt EBC:s definition.

Däremot kan en rad olika organiska produkter användas som råmaterial till pyrolysisprocessen, så länge de är restprodukter och/eller producerade på ett hållbart sätt.

Eftersom biokol kan produceras från en rad olika organiska produkter, och pyrolysförhållandena varierar, har varje biokol unika egenskaper och variationen mellan olika sorters biokol kan vara stor (se kapitel 3). Gemensamt för dem alla är dock att

- De är stabila och reagerar inte kemiskt med sin omgivning.
- Deras porösa struktur ger en hög vattenhållande kapacitet.
- Den stora ytarean ger en hög katjonutbyteskapacitet och därmed en hög näringshållande kapacitet.
- Deras mikroskopiska sprickor och porösa håligheter bildar lämpliga livsmiljöer för mikroorganismer.

Biokolets historia •••• **400-talet f.Kr.** •••••▶

Upptäckten av svarta jordar i Amazonas

Vid 1800-talets andra hälft hade kolonisatörer börjat odla sockerrör och tobak i Amazonas. Från lokala jordbrukare hade de fått kännedom om en svart jord som möjliggjorde ett högvakastande jordbruk mitt i Amazonas beskogade lågland. I vanlig regnskogsjord sker nedbrytningen av organiskt material och urlakningen av näringsämnen snabbt, och jorden är därmed olämplig för odling. Men den svarta jorden, som på sina ställen var två meter djup och täckte områden om tusentals kvadratkilometer, var bördig och besatt annorlunda markegenskaper. På 1870-talet kom nordamerikanska och brittiska geologer med de första publicerade texterna om den svarta jorden och sedan dess har flera generationer av forskare fascinerats av dess möjliga ursprung och uppkomst. En bidragande orsak till intresset för den svarta jorden var de lämningar från boplatser, verktyg, keramik och andra fynd från ursprungsbefolkningens samhällen som ofta fanns i dess anslutning. Datering av kolet visade att det funnits i marken sedan 400-talet f.Kr.

Högt innehåll av kol och näringsämnen

Där de svarta jordarna återfanns varierade de geologiska och topografiska förhållandena. Jordarna innehöll även rester från lerkärl, ben, skal och exkrementer från djur och människor. Denna variation bidrog till att det tog lång tid innan forskare kunde förklara vad det var som hade störst betydelse för de svarta jordarnas positiva markegenskaper. I moderna markstudier från 1980- och 1990-talen förklarades bördigheten med högt innehåll av organiskt kol och stor andel tillgängliga näringsämnen. I jämförelse med vanliga regnskogsjordar var kolinnehållet i de svarta jordarna upp till åtta gånger högre och det fanns upp till 1 000 gånger mer växttillgängligt fosfor. Andra faktorer som skiljde sig åt mellan de svarta jordarna och vanliga regnskogsjordar var förekomsten av nyttiga mikroorganismer

och jordarnas strukturella stabilitet. Processer som nedbrytning, näringscykler och urlakning gick också långsammare i de svarta jordarna jämfört med omkringliggande mindre fertil regnskogsjord.

Vid slutet av 1900-talet var de flesta forskare eniga om att de svarta jordarna uppstått som en följd av mänsklig aktivitet och inte från naturliga processer. Den faktor som slutligen kopplades till jordarnas positiva markegenskaper var den utbredda och relativt rikliga förekomsten av porösa och stabila kolföreningar från förkolnad biomassa – det som vi idag kallar för biokol.

En långsam förkolningsprocess

Biokolet i de svarta jordarna bildades då ursprungsbefolkningen frilade regnskogsmark för odling. De använde en metod som kan jämföras med svedjebruk. Vid svedjebruk bränns ett område med skog ned varpå askan från den brända biomassan används i jordförbättringssyfte för sädesodling eller bete. Den sydamerikanska ursprungsbefolkningen använde en något annorlunda metod som innebar en mer lågintensiv, kontrollerad förkolning snarare än förbränning. Det gjorde att en stor del av kolet i biomassan inte avgick i form av koldioxid utan istället blev kvar som biokol.

Den holländska forskaren och markvetaren Wim Sombroek myntade i början av 2000-talet uttrycket Terra preta nova (den "nya svarta jorden") vilket kom att bli ett populärt begrepp för nya, miljömässigt hållbara modeller för modernt jordbruk och växtproduktion med biokol. Sedan dess har mycket hänt och potentialen hos dagens biokol, framställt i relativt högteknologiska pyrolysanläggningar, spänner över många olika tillämpningsområden – bland annat tack vare biokolets mycket stabila karaktär.

.....► Biokol på 2000-talet

Tack vare vittomspännande och multidisciplinär forskning har förståelsen för och kunskapen om de fysikaliska processer som är involverade i produktionen och användningen av biokol ökat dramatiskt under senare år. Varje månad publiceras nya vetenskapliga studier och både intresset och användningsområdena för biokol ökar stadigt. Numer används biokol inte bara inom jordbruket, utan inom allt från marksanering och vattenrening till djurfoder och konstruktionsmaterial. Vi ser allt fler biokolsproducenter på marknaden och även tillverkningen av pyrolysutrustning ökar.

Beroende på kvalitet beräknas biokol ha en halveringstid på mellan 150 och 5 000 år. Biokol är därmed även en kolsänka i ett klimatperspektiv och klassades 2018 som en Negative Emission Technology av IPCC (läs mer i kapitel 2).



2. Varför använda biokol?

En produkt som minskar bevattningsbehoven och förbättrar odlingsförhållandena i urbana vegetationssystem samtidigt som den renar dagvattnet från tungmetaller och andra oönskade ämnen – det låter för bra för att vara sant, eller hur? Men i biokol förenas alla dessa funktioner i ett. Dessutom är det en kolsänka och klassades 2018 som en Negative Emission Technology av IPCC.

I detta kapitel presenterar vi en översikt över varför du ska använda biokol. I kapitel 3 kan du fördjupa dig i biokolets olika egenskaper och i kapitel 6 presenteras konkreta exempel på hur biokol kan användas i olika typer av urbana miljöer och varför det är bra att använda det just där.

Biokol är klimatsmart

Växter som fotosyntetiserar tar upp koldioxid från atmosfären och omvandlar det till kolhydrater som binds in i växtens biomassa. När växten senare dör och förmultnar eller förbränns återgår kolet som koldioxid till atmosfären. När växtmaterial istället omvandlas till biokol via pyrolys kan en stor andel av det kol som växterna har ackumulerat bindas in i en betydligt mer beständig produkt – biokol. Biokol är mycket stabilt, och beräknas ha en halveringstid på mellan 150 och 5 000 år. Biokol är därför att betrakta som en kolsänka ur klimatsynpunkt och IPCC klassar det som en Negative Emission Technology.

Biokolets effekt som kolsänka beräknas kunna uppgå till omkring 2,5 ton koldioxid per ton producerad biokol ur ett hundraårsperspektiv. Siffran varierar dock beroende på biokolets kolhalt och stabilitet. De indirekta effekterna är inte inräknade (till exempel den minskade avgången av metangaser när biomassa omvandlas till biokol istället för att brytas ned eller den ökade tillväxten biokolet kan ge hos växter).

Biokol ger säkrare drift och bättre ekonomi

Vegetation i urbana miljöer, såsom trädplanteringar i gatumiljö, gröna tak och intensivt nyttjade gräsytor växer under mycket tuffa förhållanden. Torkutsatthet och risk för jordkompaktering är två av de faktorer som har störst negativ inverkan. Begränsad jordvolym, bruten kontakt med grundvatten och undermålig jordkvalitet kan ytterligare försämra växternas luft-, vatten- och näringstillgång.

Eftersom biokol ofta har en god vatten- och näringshållande förmåga (jämförbar med lerans) kan man genom att blanda in biokol i odlingssubstratet öka substratets vatten- och näringshållande kapacitet. Med rätt biokol på rätt plats kan biokol därmed förbättra och säkerställa växternas tillgång till både vatten och näring. Detta kan underlätta för växterna och resultera i förbättrad etablering och högre tillväxt i många torkutsatta urbana system. Växterna klarar längre perioder utan regn, och planteringar som kräver bevattning kan vattnas mer sällan. Behovet av gödsling och återplantering minskar och planteringarna blir friskare och vackrare.

I Sverige introducerades biokol som en användbar teknik för att förbättra växtbäddar i stadsmiljöer redan år 2009 av Björn Embrén, då verksam på trafikkontoret i Stockholm. Idag är biokol en självklar del i de skelettjordar som används för trädplantering och i övriga växtbäddar i Stockholm. Efter att initialt ha importerat biokol från Tyskland bestämde sig Stockholms stad för att satsa på en egen pyrolysanläggning. Idag används stockholmarnas eget trädgårdsavfall för att producera en del av det biokol som sedan används för att förbättra jordarna i staden.

Även i fotbollsplaner kan biokol göra nytta då det ger en mer slitstark gräsplan som är mindre torkkänslig än en konventionell gräsplan. I vissa klimatzoner skulle dessa planer kunna konkurrera med de idag allt vanligare förekommande konstgräsplanerna, vilka är tillverkade av plast av fossilt ursprung.



Biokol möjliggör nya typer av jordar

Biokol möjliggör helt nya jordlösningar i urbana vegetationssystem eftersom det ger lättviktiga jordar som gynnar mikroorganismer samtidigt som det är beständigt mot biologisk nedbrytning och ökar substratets vattenhållande kapacitet. Biokolet fungerar ungefär som ett organiskt material i odlingssubstraten sett till dess förmåga att öka substratets vattenhållande kapacitet och binda näringsämnen. Men till skillnad från organiskt material bryts inte biokol ned, vilket resulterar i mer förutsägbara och stabila vegetationssystem. Till gröna tak och gröna väggar möjliggör detta lättviktiga jordar helt utan, eller med mycket liten andel, organiskt material.

Biokol ger renare vatten

Biokol har en hög porositet, stor ytareal och en hög katjonutbyteskapacitet, det vill säga en god förmåga att binda positiva joner. Det innebär att biokolet binder näringsämnen, såsom kväve, på ett effektivt sätt. Förutom att näringsämnena då stannar i odlingssystemet, vilket gynnar växterna, minskar även avrinningsvattnets näringsinnehåll.

Förmågan att binda joner gör att biokol även kan fånga upp tungmetaller från det vatten som passerar planteringar där det används. Biokol i regn- och växtbäddar fungerar därför som filter som fångar upp näring och föroreningar och kvaliteten på det vatten som lämnar gröna tak, gröna väggar och regnbäddar ökar därmed och risken för övergödning av sjöar, hav och andra vattendrag minskar.





Biokol bidrar till ett cirkulärt samhälle

Organiskt avfall kommer till nytta

Biokol är en nyttoprodukt som kan skapas av lokala restprodukter, såsom alger, tång, vissa slam, frörens från jordbruket samt park- och trädgårdsavfall. Många av dessa restprodukter är problematiska att hantera, bland annat eftersom de innehåller oönskade ämnen såsom tungmetaller och läkemedelsrester. Samtidigt är många av dem näringsrika. Som exempel kan nämnas slam. De svenska avloppsreningsverken producerar ungefär en miljon ton slam varje år. I slammet finns en stor mängd fosfor, kväve och kalium. Om allt slam användes som gödningsmedel skulle uppemot 7 000 ton fosfor kunna tillföras till åkermark, stadsgrönka och trädgårdar. Idag är det endast en liten del av slammet, ungefär en fjärdedel, som läggs ut på åkrarna eftersom det innehåller en rad oönskade ämnen, däribland kadmium, läkemedel, virus och bakterier. Den avskiljning av kadmium och destruktion av smittbärande ämnen, läkemedelsrester, bakterier och virus som sker under pyrolys vid tillräckligt höga temperaturer gör biokol till ett betydligt renare alternativ än det slam som används vid framställningen av det.

Fosfor återvinns

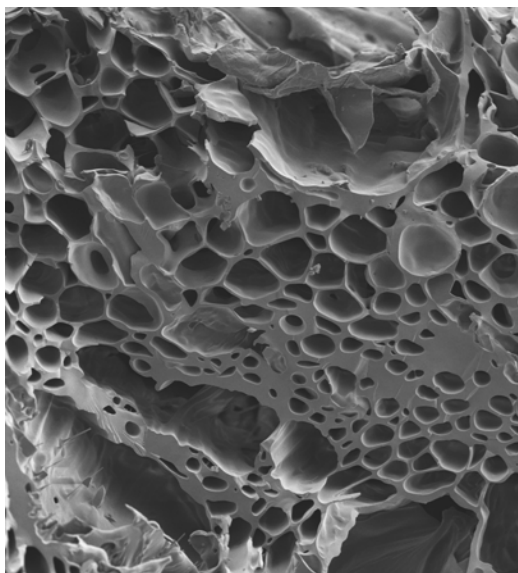
Fosfor bryts idag i gruvor på ett fåtal ställen i världen. Gruvornas maxproduktion förväntas vara nådd inom 50 till 100 år. Efter detta kommer material med betydligt lägre halt av fosfor och högre halter av olika föroreningar att behöva användas. Eftersom all växtlighet behöver fosfor för att växa behövs lösningar för att ta till vara de näringsämnen som finns i samhällets restproduktflöden. Vid en korrekt utformad pyrolysisprocess kan fosfor i organiska restprodukter tas till vara, samtidigt som kadmium och andra oönskade ämnen i restprodukterna avskiljs.

Övergödningen minskar

När fosforgödsel från jordbruket hamnar i sjöar och hav orsakar det stora problem med övergödning och algblooming. Övergödningen leder till att det produceras stora mängder fintrådiga alger och tång längs de svenska kusterna. För att göra stränderna mer tilltalande för badgäster rensas de under sommarhalvåret från alger och tång, som sedan läggs på deponi. Så småningom återförs delar av algerna och tången till havet. Om man istället gör biokol av dem kan den relativt stora mängd fosfor som de innehåller avlägsnas från vattnet och istället överföras till jordbruksmark och urbana vegetationssystem.

Överskottsenergi blir till värme

De gaser och tjäror som bildas under pyrolysisprocessen (den process där organiska restprodukter omvandlas till biokol genom att de upphetas till mycket hög temperatur under syrefria förhållanden, läs mer i Bilaga A) kan förbrännas och alstra värme som i sin tur upprätthåller pyrolysisprocessen. Så länge organiskt material med tillräckligt hög torrhetsgrad (vatten förbrukar energi från processen när det förångas) kontinuerligt matas in i pyrolysanläggningen behövs därmed ingen extern energikälla för att driva pyrolysisprocessen. Tvärtom ger moderna pyrolysanläggningar ofta ett värmeöverskott. I Hammenhög har en av Rest till Bäst:s projektpartners uppfört en, med globala mått mätt, mycket stor pyrolysanläggning för att omvandla frörens och liknande restprodukter från jordbruket till biokol. Av överskottsenergin produceras fjärrvärme – vilket innebär att lilla Hammenhög har fått världens antagligen första koldioxidnegativa fjärrvärmeverk.



3. Kemiska, fysiska och biologiska egenskaper

Biokol kan produceras av en mängd olika råmaterial. Eftersom biokol ärver många av råmaterialets egenskaper finns idag en uppsjö av olika sorters biokol på marknaden. Här får du veta mer om några av biokolets viktigaste egenskaper och vilken betydelse de har ur ett växtperspektiv.

Beroende på hur produktionen av biokol sker kan det resulterande biokolets uppbyggnad variera – från att vara mycket likt det ursprungliga materialets, till att beståndsdelarna i det ursprungliga materialet (cellulosa, hemicellulosa och ligninet) omvandlas nästintill fullständigt till kol med en grafitliknande struktur, där atomerna bildar plana skikt av hexagonalt formade kolringar. Till detta kolskelett är olika funktionella grupper bundna och korn av minerogena föreningar från ursprungsmaterialet (salter) ligger inbäddade i skelettet. Denna uppbyggnad skapar en stor yta med ett stort antal porer av olika storlek, vilket är av betydelse för många av biokolets egenskaper, såsom vattenhållande förmåga, näringsretention och reningsförmåga.

Vattenhållande förmåga

Biokolet ärver många av råmaterialets egenskaper. Om råmaterialet är poröst med många stora porer, såsom i till exempel ved, kommer det resulterande biokolet också att ha många stora porer, även om porerna under

pyrolysisprocessen både kan krympa och slås samman med andra porer och bilda ännu större porer (eller till och med sprickor).

Biokolets många porer bidrar till att det har en hög vattenhållande kapacitet. Hur växttillgängligt detta vatten är beror dock på förekomsten av olika porstorlekar i biokolet. Vatten som sitter i de minsta porerna, det vill säga mikroporerna, är i praktiken otillgängligt för växter. Det innebär att ett biokol kan ha en hög yta, många porer och högt vatteninnehåll utan att vattnet för den skull är tillgängligt för växterna.

Från större porer, meso- och makroporer, kan växterna däremot ta upp vatten. Men medan vattnet i mesoporerna lagras i biokolet dräneras vattnet i makroporerna lätt bort. Ur ett växtperspektiv är därför förekomsten av mesopor viktiga. Hur fördelningen av porer i biokolet ser ut är därför viktigt att veta om det ska användas för att öka ett odlingssubstrats vattenhållande kapacitet och det växttillgängliga vattnet (läs mer om olika sätt att analysera vatten i biokol i kapitel 9).

Den molekylära strukturen, och därmed även ytarean och fördelningen av porer i biokolet, påverkas av pyrolysprocessen. En av de faktorer som har störst betydelse är temperaturen. För att erhålla ett biokol med många meso- och makroporer bör pyrolystemperaturen vara låg (uppskattningsvis mellan 400° och 600°C). Ju högre temperaturen blir, desto färre makro- och mesoporer och fler mikroporer får det resulterande biokolet. Högre temperaturer innebär dessutom att biokolets yta blir mindre polär, eller mer hydrofob, eftersom de syrenehållande polära grupperna blir färre. Detta kan leda till att den vattenhållande förmågan minskar ytterligare. Samtidigt är risken för PAH-bildning högre vid låga pyrolystemperaturer, då tjära och oljor inte förbränns lika effektivt vid låga som vid höga temperaturer (se kapitel 5).

Även biokol som inte har en god vattenhållande förmåga genom förekomsten av porer (såsom till exempel pulveriserat biokol) kan påverka jordens vattenhållande förmåga positivt genom att de förbättrar aggregeringen i jorden. Detta är speciellt framträdande i jordar med finare textur. Fler och stabilare aggregat innebär fler mesoporer och jorden kan då hålla mer växttillgängligt vatten. Denna effekt försvinner dock om biokol tillsätts i sådan mängd att det blir strukturellt dominerande. Pyrolystemperaturen verkar vara viktig även för denna aggregerande egenskap. I en nyligen publicerad studie stabiliserade biokol som tillverkats vid låg temperatur (350°C) aggregaten i jorden, medan biokol som tillverkats vid högre temperatur (650°C) inte gjorde det.

Näringshållande förmåga och näringsinnehåll

Näringshållande förmåga

Den faktor som har störst betydelse för biokolets förmåga att binda olika föreningar, både näring och föroreningar, är dess katjonutbyteskapacitet. Katjonutbyteskapaciteten är ett materials förmåga att binda positiva joner i en utbytbar form och bestäms av materialets ytearea i kombination med den laddning som materialet besitter – det vill säga hur många funktionella grupper ytan har och hur laddade dessa funktionella grupper är. De funktionella grupper som bidrar till en hög täthet av negativa laddningar på biokolets yta är oxiderade molekyler som karboxylsyragrupper och kväveoxidgrupper.

De joner som kan bindas till de negativt laddade ytorna är positivt laddade joner i marklösningen, till exempel näringsämnen som ammonium, kalium, magnesium, kalcium och natrium, men även tungmetaller föreligger i stor utsträckning som positiva joner i jord och kan därför bindas till biokolet. Processen är dock reversibel,

det vill säga jonerna kan även frigöras från de negativt laddade grupperna (och till exempel tas upp av växter). Katjonutbyteskapaciteten kan på så sätt buffra mot förändringar.

Biokolets förmåga att binda näringsämnen gör att det kan fungera som en näringsreservoar för växterna. Förutom att gödslingsinsatser då blir mer effektiva eftersom en större andel av näringsämnena kan fångas upp och hållas kvar i odlingssubstratet minskar även näringsläckaget till omgivande miljö.

Katjonutbyteskapaciteten bidrar även till att buffra mot förändringar i substratets pH, det vill säga vätejonskoncentrationen i marklösningen. Detta är en effekt som är skild från den kalkningseffekt som biokolet ger.

Biokolets katjonutbyteskapacitet har visats variera med pyrolystemperaturen och generellt minskar oxideringen (det vill säga det blir färre negativt laddade grupper på biokolets yta) med ökande temperatur. Det finns dock inget helt entydigt samband, vilket kan bero på att råmaterialets beskaffenhet överskuggar temperatureffekten.

Eftersom biokol reagerar med syre så bildas generellt fler och fler negativt laddade funktionella grupper med tiden; biokolet åldras. Det betyder att katjonutbytesförmågan, och därmed den näringshållande kapaciteten, generellt sett ökar med tiden.

Näringsinnehåll och näringstillgänglighet

I den aska som bildas vid pyrolysen finns de icke organiska molekyler som fanns i ursprungsmaterialet, det vill säga mineralnäringsämnen som kalium och fosfor och andra föreningar såsom till exempel karbonater, kvar. Försök har till exempel visat att mer än 97 procent av fosfor i ursprungsmaterialet finns kvar i biokolet vid en pyrolystemperatur på 750°C. Dessa mineraler kan ge en gödslingsseffekt. Hur lättillgänglig denna näring är för växterna varierar dock, beroende på bland annat pH, näringskoncentration och vilka övriga ämnen som finns i askan.

Kväve avgår normalt vid pyrolysprocessen på grund av den höga temperaturen. I försök som utfördes inom ramen för Rest till Bäst i en mindre pyrolysanläggning och i labbskala avgick kväve som förväntat då slam pyrolyserades. Förvånansvärt mycket kväve fanns dock kvar i biokol från bioagropelletts och park- och trädgårdsavfall. Det är osäkert hur växttillgängligt detta kväve är och mer forskning behövs för att förstå varför kvävet inte avgick. Fosfor och övriga näringsämnen stannade som förväntat till största delen kvar i biokolet.

Kompletterande gödsling och näringsladdning av biokol

När biokol tillsätts till en jord immobiliseras ofta kvävet i jorden, vilket initialt kan leda till kvävebrist för växterna. För att undvika kvävebrist bör kväve därför tillsättas tillsammans med biokol i odlingssystemen. Biokolet kan antingen näringsladdas inför etablering och plantering eller gödslas upp i efterhand. En tumregel är att ta 1,5-2 gånger den dos kväve som normalt ges, för att därefter följa upp och se om ytterligare kväve behöver tillsättas senare.

Biokol kan laddas med flytande näring vilket ger en jämn laddning av biokolet, men även fast näring som frigörs långsamt går att använda. Det går även att gödsla direkt på jorden för att motverka den kvävebrist som immobiliseringen av det ursprungliga kvävet kan ge.

Askhalt

En del av det organiska material som används som råmaterial i pyrolysisprocessen kan inte förbrännas och bildar det som kallas aska. Askan utgörs dels av mineraler från det organiska materialet, dels av jord, sand och annat oorganiskt material (det vill säga oönskat material) som följer med vid till exempel skörd eller insamling av råmaterialet.

Att ett biokol har en hög askhalt kan därför både innebära att det har en hög halt av mineraler och/eller att det är förorenat av oönskat material. En hög askhalt på grund av en hög halt mineraler är positivt ur växtnäringssynpunkt. En hög askhalt som en följd av en hög förekomst av oönskat material är inte något problem ur växtsynpunkt då funktionen i växtbäddar varken påverkas positivt eller negativt (om det inte är en extremt stor mängd av oönskat material). Det är däremot mindre bra ur produktionssynvinkel eftersom pyrolysisprocessens effektivitet påverkas negativt och energiutbytet sjunker. Studier har visat att om askhalten överstiger 15 procent i ursprungsmaterialet är det svårt att driva pyrolysisprocessen. Om materialet har högre askhalt bör därför åtgärder vidtas för att rena materialet eller förbättra insamlingsmetodiken så att en mindre mängd oönskat material följer med.

pH och kalkeffekt

Biokol har ett neutralt till högt pH (7-11). Det innebär att tillförsel av biokol oftast ger en kalkande effekt, något som är viktigt att tänka på då det har betydelse för vilka växter som trivs i jorden.

Olika typer av biokol kan ha mycket olika kalkningseffekt beroende på både ursprungsmaterialet sammansättning

och pyrolysisprocessens utformning. Generellt ger en hög askhalt i ursprungsmaterialet ett lägre utbyte av biokol, men ett biokol med högre kalkeffekt. En lägre askhalt i ursprungsmaterialet genererar ett högre utbyte av biokol, men ett biokol med lägre kalkeffekt. Ved och andra stödjande strukturer som halm innehåller mycket kol och lite näring. Det betyder i princip att ju mer stödjande vävnad som finns i ett material ju mindre kalkeffekt får man av biokolet som har producerats. Frön, bark och gröna växtdelar innehåller däremot mer näring och mindre kol, och biokol producerat av dessa delar ger därför generellt en större kalkeffekt.

Kolsänkeffekt

I de allra flesta fall medför en tillförsel av biokol att kolhalten i marken ökar under lång tid framöver, eftersom biokol är mycket stabilt i marken och beräknas ha en halveringstid på många hundra till flera tusen år (150 - 5 000 år).

Det kommer dock alltid att ske en viss nedbrytning av biokolet, något som är väsentligt att känna till. Biokol bryts ned på tre olika sätt: 1) nedbrytning av lösliga organiska föreningar, 2) nedbrytning av kolet som är exponerat på ytan och 3) nedbrytning av det inre stabila kolet.

De lösliga organiska föreningarna är rester av de oljor som bildas under pyrolysen. Hur mycket lösliga organiska föreningar som finns i biokolet beror framförallt på pyrolysisprocessens temperatur. Vid hög temperatur förgasas den största andelen av oljorna. Vid lägre temperaturer förgasas däremot en betydligt mindre andel av oljorna och de blir därför kvar i biokolet. När biokol tillsätts till marken/odlingssubstratet bryts dessa oljerester ned mycket snabbt och ger en initial frigörelse av koldioxid.

Även kolkedjorna som sitter på biokolets yta bryts kontinuerligt ned genom att de reagerar med det syre de exponeras för. Det är denna nedbrytningsprocess som med tiden genererar fler och fler negativt laddade funktionella grupper och gör att biokolets katjonutbytesförmåga ökar i takt med att det åldras. Eftersom syre binds till kolet under denna process har äldre biokol en högre syrehalt. Det gör det mindre lämpligt att använda kvoten syre/kol än väte/kol vid bestämningar av biokolets stabilitet (se kapitel 9). Den här nedbrytningsprocessen går betydligt långsammare än nedbrytningen av oljeresterna, men den går snabbare ju mer finfördelat kolet är. Mer kol frigörs därför om biokolet är finfördelat jämfört med om det förekommer i större fraktioner.

Nedbrytningen av det inre stabila kolet sker väldigt långsamt och detta inre biokol har därför kvar de

egenskaper som det hade initialt under mycket lång tid. Nedbrytningen är här främst relaterad till fördelningen av kol och väte i materialet. Ju mindre väte som finns i biokolet, desto stabilare är det. Det beror på att en hög halt av väte innebär få dubbelbindningar, och dubbelbindningar är generellt starkare och mer motståndskraftiga mot nedbrytning. För att biokolet ska vara stabilt på lång sikt bör kvoten kol/väte (molkvoten) ligga under 0,7 enligt EBC (se även kapitel 9).

Sett till biokolets egenskap som kolsänka spelar det ingen roll var i jorden biokolet tillsätts och inte heller om biokolet läcker ut i vattendrag eller på annat sätt sprids från anläggningsplatsen till naturlig mark.

Kolsänkeeffekt i organiska jordar

Även om biokol i de flesta fall leder till att kolhalten i marken ökar kan det i organiska jordar, såsom torvjordar, öka nedbrytningen av det kol som redan finns i marken – dels genom den kalkande effekt det har, dels genom att det stimulerar mikroorganismerna i jorden. Försiktighet bör därför iakttas vid användning av biokol i organiska jordar.

Stimulans av mikrobiell aktivitet

Biokol stimulerar ofta den mikrobiella aktiviteten i jorden/odlingssubstratet. Att biokol gynnar mikroorganismer beror på att biokolets mikroskopiska sprickor och porösa håligheter bildar lämpliga livsmiljöer för mikroorganismerna. Biokol bidrar även till att syresättningen i marken ökar och skapar ett bra förhållande mellan fukt och luft i jorden. Dessutom finns initialt en liten del lättnedbrytbara organiska föreningar i biokol, vilket gynnar tillväxten av mikrobiella populationer. Antalet mikroorganismer ökar därför ofta snabbt i jorden när biokol tillsätts.

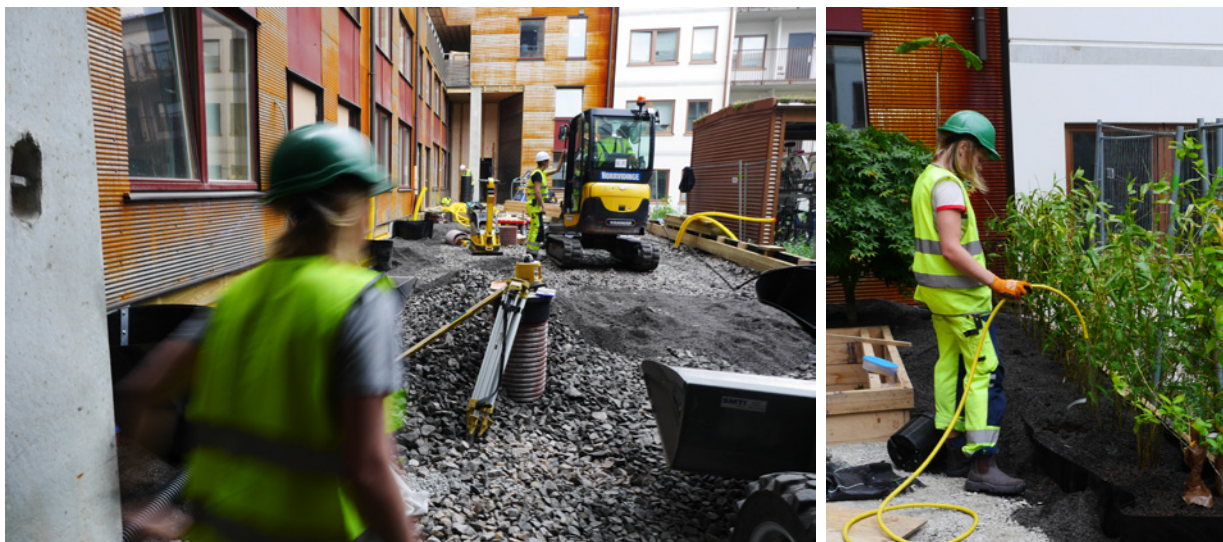
Förutom positiva effekter i form av till exempel mykorrhizabildning och en varierad mikrobiell artsammansättning kan stimulansen av mikrobiella populationer även leda till konkurrens mellan växter och mikrober, framförallt vad gäller kväve. För att undvika kvävebrist bör kväve därför tillsättas tillsammans med biokol i odlingssystemen.



Foto: KYTan/Shutterstock.com

LÄS MER:

- Edeh IG, Mašek O, Buss W, 2020. *A meta-analysis on biochar's effects on soil water properties – New insights and future research challenges*. Science of The Total Environment 714:136857.
- Lehmann J, Joseph S (editors), 2009. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, New York, US.
- Saffari N, Hajabbasi MA, Shirani H, Mosaddeghi MR, Mamedov AI, 2020. *Biochar type and pyrolysis temperature effects on soil quality indicators and structural stability*. Journal of Environmental Management 261:110190.
- Sohi S, Krull E, Lopez-Capel E, Bol R, 2010. *A review of biochar and its use and function in soil*. Advances in Agronomy 105:47-82.
- Sohi S, Lopez-Capel E, Krull E, Bol R, 2009. *Biochar, climate change and soil: A review to guide future research*. CSIRO Land and Water Science Report 05/09, <https://doi.org/10.4225/08/58597219a199a>.



4. Var, vilket, när och hur mycket

I detta kapitel får du tips och råd om i vilka typer av jordar det passar att använda biokol, när du bör tillsätta det, hur du kan tillsätta det och hur mycket du bör tillsätta. I kapitel 6 finns konkreta exempel på hur biokol kan användas i olika typer av urbana miljöer.

Var är det lämpligt att använda biokol?

Generellt blir de för växter positiva effekterna av biokol störst i sura och genomsläppliga jordar (det vill säga sandiga jordar). Där har biokolet en kalkande effekt och kan även bidra till att öka den vattenhållande kapaciteten (se kapitel 3). Biokol fungerar även väl i lätta substrat, såsom odlingssubstrat för gröna tak och väggar, där den vatten- och näringshållande kapaciteten behöver förbättras men där vikten är en begränsande faktor.

I en väl fungerande lerjord är den vatten- och näringshållande kapaciteten redan mycket god så där kommer biokolet med största sannolikhet inte att ha någon nämnvärd effekt på just dessa egenskaper. Däremot kan det i vissa fall förbättra strukturen. I stadsmiljö kan till exempel jordar med hög lerhalt och begränsat djup lätt kompakteras och bli för täta, med följden att infiltrationsförmågan försämras och växternas rötter får syrebrist. Inblandning av biokol kan ge en mer porös struktur, och därmed förbättra syresättningen av jorden.

Även i så kallade skelettjordar av typ Stockholmsmodellen, det vill säga jordar uppbyggda av skärvsten (fraktion 90-150 mm) där anläggningsjorden spolas ned mellan skärven, har biokol visat sig kunna vara ett positivt tillskott. Istället för anläggningsjord spolas då biokol och kompost ned i skärvskelettet. Biokolet ökar den näringshållande förmågan och till skillnad från mulen i anläggningsjorden bryts biokolet inte ned lika snabbt, vilket gör att både struktur och funktion i substratet bibehålls under en längre tid. Biokol har också möjliggjort tillverkning av skelettjordar baserade på mindre stenar där olika fraktioner av makadam blandas med biokol till så kallade kolmakadamjordar. Tack vare biokolets och makadamens egenskaper skapas jordar som är mindre känsliga för kompaktering, ger en god rotmiljö och stora möjligheter att infiltrera dagvatten eftersom växtbäddarna är mer genomsläppliga.

Biokol skulle även kunna användas för att substituera torv i olika substrat, vilket kan vara motiverat ur klimatsynpunkt. Eftersom biokolet har en kalkande effekt skulle biokolet då också helt eller delvis kunna ersätta kalkningen av torven. I organiska jordar bör man dock vara försiktig med att blanda in biokol då

nedbrytningen kan öka som en konsekvens av att pH ökar och den mikrobiella aktiviteten stimuleras (se kapitel 3). I värsta fall kan då biokolets kolsänkeffekt motverkas.

I förorenade jordar kan tillsats av biokol ha en positiv effekt genom att det binder föroreningar (se kapitel 5). Vid en omrörning av marken skulle biokolet kunna förhindra att föroreningar läcker ut i omgivande vatten.

Vilket biokol passar var?

I dagsläget är kunskapen om vilken sorts biokol som passar bäst var begränsad. Förhoppningen är att kunna komplettera detta kapitel i framtida versioner av handboken. Det som är klarlagt idag är att olika typer av biokol har mycket olika egenskaper (se kapitel 3), vilket resulterar i att de reagerar på olika sätt när de blandas i jord eller med andra substrat.

Hur mycket ska man tillsätta?

Tillsatser på enbart ett par viktprocent biokol har i vetenskapliga studier visats vara tillräckligt för att öka den vattenhållande förmågan i vissa jordar. I praktiken tillförs dock oftast betydligt mer än så. I skelettjordar eftersträvas till exempel ofta mellan 7,5 och 20 volymprocent biokol beroende på fraktionsstorlek på stenmaterialet och önskad funktion. En vanlig blandning är 12,5 volymprocent biokol. Det har dock inte med funktionen att göra utan har en rent praktisk orsak – det blir lätt för entreprenörerna att blanda då 12,5 procent utgör $\frac{1}{8}$ av volymen.

Studier utförda inom Rest till Bäst har visat att när 25 volymprocent biokol, eller mer, tillfördes påverkades tillväxt och vitalitet hos växter i flera olika typer av tak- och väggssystem negativt. Vid studier inom Stockholms stad har man kommit fram till liknande slutsatser – en inblandning av mer än 20 volymprocent biokol ökade inte biokolets nyttoeffekter. Varför en hög andel biokol är negativt för växterna är ännu oklart, men det kan bero på att en alltför hög andel biokol leder till att odlingssubstraten i vissa fall blir för täta.

Det finns däremot inget som indikerar att höga halter av biokol påverkar växternas rötter negativt. Biokol i marken blir alltså aldrig giftigt för växterna. Däremot kan kalkeffekten av biokolet vara stor, och biokolet kan då, liksom andra finfördelade gödningsmedel och kalkprodukter, verka frätande på blad och andra ovanjordiska växtdelar då det tillsätts till befintliga planteringar. Även odlingssubstratets pH påverkas rejält av höga halter biokol (<25 volymprocent). Detta har observerats i försök på gröna väggar när ett substrat med låg buffringsförmåga användes. En anpassning av växtvalet till arter som tolererar högre pH är en lösning.

Volym eller vikt?

Vilken enhet som ska användas för biokol, det vill säga vikt eller volym, samt skillnader i densitet mellan olika biokol, kan orsaka förvirring mellan olika biokolsaktörer (såsom projektörer, leverantörer, användare med flera).

I industriella och kommersiella tillämpningar med biokol används ofta volymprocent, eftersom biokol vanligen säljs paketerat i bigbags med en känd volym. I vetenskapliga försök däremot är mängden biokol



som används ofta mycket liten och biokolstillsatsen anges därför ofta i viktprocent. Eftersom olika biokol kan ha mycket olika densitet är det svårt att översätta viktprocent till volymprocent.

Att densiteten hos olika biokol skiljer sig åt beror på vilket ursprungsmaterial som använts vid produktionen, hur detta material har förbehandlats inför pyrolysen och hur pyrolyprocessen har utformats. Ett grovflisat material av trä kan till exempel ge ett biokol med en betydligt lägre densitet än vad en hårt packad pelleterad biomassa gör. Vid beräkning av hur mycket biokol som ska användas och köpas in till ett projekt är detta viktigt att beakta.

Vikten hos olika biokol skiljer sig också åt beroende på biokolets fukthalt. Efter pyrolys är det vanligt att spraya biokolet med vatten för att snabbt kyla ned det, och det biokol som levereras är därför oftast inte helt torrt. Hur mycket vatten biokolet håller skiljer sig dock beroende på både tillvägagångssätt vid kylningen och biokolets struktur. Eftersom en del leverantörer listar priset per ton är fuktighetsgraden en viktig variabel att hålla koll på. Många leverantörer anger istället priset på biokol per kubik, vilket kan vara bättre då biokolets volym inte ökar nämnvärt vid fuktning.

Hur kan biokol tillsättas?

Hittills har biokol främst använts vid nyetablering av urbana vegetationssystem, och alltså blandats in i anläggningsjorden inför plantering. Biokol kan dock även användas som en del av en underhållsinsats där en befintlig jord förbättras eller näringsberikas.

Tillförsel i samband med anläggning

Flera jordleverantörer erbjuder idag odlingssubstrat där en viss andel biokol blandats in. Allra vanligast är blandningar med makadam där mellan 7,5 och 20 volymprocent biokol tillsatts. Det går dock även att specialbeställa jordblandningar och själv specificera andelen biokol.

Eftersom biokol är en lätt produkt går det även att själv blanda in önskad volym vid anläggning. Biokol dammar dock väldigt mycket när det är torrt, och man bör därför använda skyddsmask, fukta biokolet och iakttä försiktighet vid blandning i urbana miljöer (läs mer i kapitel 10).

Tillförsel till befintliga planteringar

Inom Rest till Bäst har flera olika metoder testats för tillförsel av biokol till befintliga planteringar. På gräsytor har biokol tillförts som en del i en så kallad toppdressing. Toppdressing innebär att ett tunt lager

sand och kompostjord, eller annat jordförbättrande dressmaterial, påförs en planteringsyta. Toppdressing kombineras ofta med luftning (en luftningsmaskin stansar eller pressar ut cylinderformade hål av olika storlek beroende på maskinens kapacitet), vilket gör att toppdressing snabbare kan komma djupare ner i planteringen. I försöken som utförts inom Rest till Bäst har biokol spridits tillsammans med sand, mull och gödsel på en fotbollsplan och en urban äng. Mängderna har varit mellan 1 och 5 kg biokol per m². Resultaten är så här långt varierande, och fler studier behövs för att utvärdera metodiken.

Under sommaren 2019 inleddes också försök med att förbättra jorden för befintliga stadsträd i gatumiljö med hjälp av en ny metod där biokol injiceras i marken med hjälp av en luftlans (se även kapitel 6). Metoden går ut på att en lans trycks ned i jorden, skuter luft med högt tryck och därmed luckrar upp befintlig markstruktur och skapar tomrum i markstrukturen. Biokol kan därefter injiceras i tomrummen med samma maskin. Beroende på jordens struktur och kompakteringsgrad har luftlansen en spridningsgrad på cirka 1,5 meter i diameter per hål och ett arbetsdjup på upp till cirka 70 cm. I försöken kunde upp till 40 liter biokol per hål tillsättas. Den organiska halten ökade marginellt i jorden som helhet. Trädens utveckling kommer att följas under de kommande tre åren. Hur väl metoden fungerar är ännu för tidigt att säga.

Inför en eventuell injicering är det viktigt att tänka på att fukta biokolet eftersom det annars dammar väldigt mycket. Att vattna växtbädden inför arbetet rekommenderas också, alternativt att utföra arbetet under perioder när växtbädden är naturligt fuktig, eftersom en torr jord innebär att det blir betydligt svårare att luckra upp jorden och fördela biokolet väl.

När ska biokol tillsättas?

När biokol ska tillsättas beror på vilken effekt som önskas. Om biokolet ingår som en del i en gödslingsinsats är tillförsel under vår eller tidig sommar att föredra. Biokolet kan då bidra till att binda näringsämnen och minska näringsläckaget från växtbädden och därigenom förbättra mängden näringsämnen som kommer planteringen till godo. Om biokol tillsätts under senvår och sommar kommer det sannolikt att bidra till ökad nedbrytning av organiskt material i jorden. Om biokol tillsätts under hösten när växterna går in i vila och faller sina blad kan en del av det kväve som då frigörs fångas upp och bindas in av biokolet.

Recept på substratblandningar med biokol

Efterfrågan på recept för hur man blandar biokol med andra komponenter till ett användbart odlingssubstrat är stor. Här nedan hittar du information om var du kan hitta recept för några olika användningsområden. Förhoppningen är att i ett senare skede komplettera handboken med fler recept.

Skelettjord av kolmakadam

Ett av de första användningsområdena för biokol i odlingssubstrat i Sverige var i så kallade skelettjordar uppbyggda av makadam. Idag är användningen av kolmakadamjordar vitt spridda i hela landet. I handboken "Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017" finns detaljerade beskrivningar av dessa makadambaserade växtbäddar för träd, gräs, buskar och perenner i stadsmiljö.

Biokol i blågröngråa lösningar

Biokol är en vanlig komponent i många blågröngråa lösningar, såsom till exempel regnbäddar. I bilagan till handboken "Levande gaturum - en handbok i blågröngrå system" finns många olika förslag på hur blågröngråa system i stadsmiljö kan byggas upp och hur biokol kan inkluderas i dessa lösningar.

Biokol i anläggningsjord

I många av de tidiga försöken med biokol blandades det in i anläggningsjordar. Den halt som blev standard där var 10 volymprocent. Att det blev just 10 volymprocent biokol var en avvägning mellan kostnad och effekt. Biokol är dyrt, så man ville inte köpa in för mycket. Samtidigt ville man ha en god effekt på växterna, vilket man fick med en inblandning av 10 volymprocent. Det biokol som användes i dessa tidiga studier var träbiokol i stora bitar. Förutom biokol tillsattes oftast även kompost på markytan.



LÄS MER:

- *Levande gaturum - en handbok i blågröngrå system, version 2.0.* Edge, 2019. Kan laddas ned från: <https://bluegreengrey.edges.se/>.
- *Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017.* Stockholms stad, 2017. Kan laddas ned från: <https://leverantor.stockholm/entreprenad-i-stockholms-offentliga-miljoer/vaxtbaddshandboken/>.

5. Föroreningar och biokol

Vilka föroreningar och hur höga koncentrationer av föroreningar som man hittar i biokol beror både på vilket råmaterial som har använts vid produktionen av det, hur pyrolysen har genomförts och hur biokolet sedan hanteras och används. I de allra flesta fall där pyrolys sker vid höga temperaturer är biokolet renare än de material som det har producerats av. Biokolets förmåga att fånga upp föroreningar gör det till en intressant komponent i biofilter.

Biokolet är oftast renare än de restprodukter det framställs av

Om pyrolysen sker vid tillräckligt hög temperatur (>700°C) förångas kadmiumföreningar i stor utsträckning. Dessa kan därmed avskiljas från biokolet som renas från kadmium. Även kvicksilver förångas, och i viss mån även bly och zink, medan koppar, krom och nickel inte avskiljs (om inte temperaturen är extremt hög). En effektiv avskiljning av kadmium är en förutsättning för att kunna återföra fosfor och andra näringsämnen i organiska restprodukter till jordbruksmark, gröna lösningar i städer och trädgårdsjor.

Eftersom pyrolys sker vid minst 350°C, och ofta vid ännu högre temperaturer, destrueras de smittämnen (såsom bakterier och virus) som det organiska materialet ursprungligen kan ha innehållit. Även vissa oönskade ämnen, som till exempel läkemedelsrester, hormoner och hushållskemikalier (som är vanligt förekommande i till exempel slam) bryts ned vid de höga temperaturer som råder under pyrolysen.

I de allra flesta fall där pyrolys sker vid höga temperaturer är biokolet därför renare än de material som det har producerats av. Viktigt att tänka på är dock att även om de absoluta mängderna minskar kan koncentrationen öka då den totala massan minskar.

Pyrolysförsök i Rest till Bäst

Inom ramen för Rest till Bäst har det under våren 2020 utförts kontrollerade tester i labbskala i en mindre pyrolysanläggning. Försök genomfördes med bioagropellets, torkat slam samt torkat park- och trädgårdsavfall och vid temperaturer från 400°C upp till 900°C, oftast med 10-20 minuters uppehållstid. I förhållande till inmatad mängd startmaterial blev det som förväntat mer biokol (volym och massa) vid lägre pyrolystemperaturer jämfört med vid högre pyrolystemperaturer, eftersom mer kol avgår vid högre temperatur.

När pyrolysen utfördes vid låga temperaturer (400-600°C) var kadmiumhalten högre i det resulterande biokolet än i startmaterialet eftersom kol-, syre- och vätehalterna sjönk. Vid högre temperaturer minskade dock kadmiumhalten och vid en pyrolystemperatur på 800°C var kadmiumhalten i det resulterande biokolet bara 16 procent av halten i det torkade slam som användes som startmaterial. Motsvarande siffror för park- och trädgårdsavfall var 23 procent och för pellets 50 procent, vilket beror på att starthalten av kadmium var lägre i dessa material.

Fler försök, i en större pyrolysanläggning, kommer att genomföras framöver.

Förekomst av PAH:er i biokol

I tjära förekommer ofta Polycykliska Aromatiska Kolväten (PAH), en typ av organiska föreningar varav flera är cancerogena. PAH:er bildas vid ofullständig förbränning, det vill säga när kol eller kolväten upphettas utan tillräcklig tillgång till syre såsom vid pyrolys.

Hur mycket PAH:er som bildas vid produktionen av biokol beror på de förhållanden som råder. Vid låga pyrolystemperaturer finns risk att en liten tjärfraktion blir kvar i biokolet och att PAH:er därmed kan bildas. Vid högre pyrolystemperaturer avgår dock i princip all tjära i gasform, och därmed även eventuella PAH:er (förutsatt att föreningarna transporteras bort och förbränns). Förutom temperaturen har även uppehållstiden i pyrolysuugnen betydelse. Ju längre uppehållstid, desto mindre risk för att PAH:er finns kvar i biokolet (även vid lägre pyrolystemperaturer). Studier har visat att risken för PAH:er och dioxiner är högre vid snabb pyrolys (några sekunder) än vid långsam pyrolys (>15 min) och vid cirka 500°C jämfört med cirka 800°C.

Moderna pyrolysmetoder (hög temperatur, lång uppehållstid och bortförsel av förgasade föreningar) möjliggör produktion av biokol med mycket låga halter

av PAH-föreningar, och höga PAH-nivåer är därför ofta en indikation på otillfredsställande eller olämpliga produktionssätt. Grillkol används till exempel ibland som biokol. Men grillkol framställs vid betydligt lägre temperaturer än biokol och det finns därför risk att det innehåller högre halter av tjära och därmed även PAH:er och dioxiner. Att tillsätta grillkol i odlingsbäddar kan därför medföra risker, och det är viktigt att analysera innehållet av PAH:er innan grillkolet tillsätts till jorden.

Samtidigt som risken för PAH-förekomst i biokol behöver beaktas bör å andra sidan också nämnas att biokol binder PAH:er mycket effektivt och att det därför används för att immobilisera PAH:er i förorenade jordar. Risken för att tillförsel av biokol till jordar skulle medföra en kontaminering av jorden måste därför anses vara låg, även om biokolet skulle ha något högre tröskelvärden än de som anges i EBC (se kapitel 11). För att certifieras enligt EBC måste summan detekterade PAH:er vara under 6 mg per kg torrsvikt för att ett biokol ska klassas som EBC-Agro och under 4 mg per kg torrsvikt för att ett biokol ska klassas som EBC-AgroBio.

Biokol i biofilter

Biokol har potential att binda både näringsämnen och organiska och oorganiska miljögifter, och biofilter med biokol har visats reducera halterna av flera olika föroreningar i dagvatten. Organiska föroreningar, såsom aceton och xylen, har visats minska kraftigt och det finns studier där de organiska föroreningarna har reducerats nästintill fullständigt i biofilter med drygt 30 volymprocent biokol. Även pesticider, tungmetaller, PAH:er och patogener (till exempel *E. coli*) kan fångas upp av biokolet i filtren. De positiva effekterna på dagvattnets kvalitet har resulterat i att biokol har föreslagits som en kostnadseffektiv teknik för rening av dagvatten. Ackumuleringen av vissa organiska ämnen i biokolet kan dock påverka vegetationstillväxten i biofiltren negativt och om biokolet i biofiltren skulle bli mättat kan det behöva bytas ut och destrueras med jämna mellanrum.

Biokolets förmåga att binda föroreningar i biofiltren styrs av flera olika inbindningsmekanismer, däribland biokolets struktur och förekomsten av funktionella grupper (se kapitel 3). Pyrolystemperaturen påverkar strukturen på så sätt att om pyrolysen sker vid temperaturer under 500°C blir det resulterande biokolets yta mer polär, medan om den sker vid temperaturer över 500°C blir den mindre polär. Enligt devisen "lika löser lika" så fastnar laddade ämnen (ofta oorganiska som metalljoner och näringsämnen) bättre på polära ytor (laddade och med

många funktionella grupper), medan opolära ämnen (organiska ämnen som PAH, oljor etcetera) fastnar bättre på opolära ytor.

Inbindning av tungmetaller

Vilka mekanismer som styr bindningen av tungmetaller till biokol är inte helt klarlagt men i princip är det samma mekanismer som styr löslighetsregleringen i en vanlig jord. Eftersom biokol innehåller många funktionella grupper (se kapitel 3) innebär tillförsel av biokol att antalet funktionella grupper i substratet ökar. Detta tillsammans med den pH-ökning som ofta sker då biokol tillsätts till ett substrat (se kapitel 3) minskar i teorin metallers löslighet.

Enligt projektet "Biokol - från organiskt avfall till resurs för nyttiggörande av jordavfall" som drivs av Statens geotekniska institut (SGI) visar litteraturgenomgångar att ett optimalt biokol för metallinbindning bör ha följande egenskaper:

- hög askhalt (på grund av att det ger ett högt pH, se kapitel 3 och 9)
- stor specifik yta (hög BET, se kapitel 9)
- många funktionella grupper (hög O/C, se kapitel 9).

Fastläggning av PAH:er

Inom projektet "Biokol - från organiskt avfall till resurs för nyttiggörande av jordavfall" som drivs av Statens geotekniska institut (SGI) har man kommit fram till att ett optimalt biokol för att fastlägga PAH:er bör ha följande egenskaper:

- stor specifik yta (hög BET; se kapitel 9)
- högt innehåll av mikroporer
- liten partikelstorlek
- låg polaritet
- många hydrofoba ytor.

LÄS MER:

- Enell A, Tiberg C, Larsson M, Berggren Kleja D, 2019. *Förädling av biokol för en effektivare användning som jordförbättrare i urban förorenad mark*. Rapport från Statens geotekniska institut.
- Norberg E, 2019. *Effekten av olika typer av biokol på metallers löslighet i förorenad urban jord*. Examensarbete, Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet.

6. Exempel på hur biokol kan användas i olika urbana miljöer

I detta kapitel presenteras konkreta exempel på hur biokol kan användas i urbana miljöer. Vi har valt att inkludera projekt som vi anser har haft stor betydelse för att biokol idag används i urbana miljöer, samt projekt som vi just nu arbetar aktivt med inom Rest till Bäst. Förhoppningen är att kunna utöka antalet exempel framöver och skapa en databas över hur biokol kan användas i olika typer av system.



PERENNPLANTERINGAR



REGNBÄDDAR



TRÄDPLANTERINGAR



GRÄSYTOR



GRÖNA TAK



TORVSUBSTITUERING



GRÖNA VÄGGAR

Trädplantering – Herrhagsvägen, Stockholm

Det första storskaliga biokolsförsöket i urban miljö i Sverige är en plantering av fågelbär på Herrhagsvägen i Stockholm. Försöket etablerades redan år 2009, och när det några år senare följdes upp visade det sig att biokolet haft en positiv effekt på träd tillväxten. Träd som planterats i skelettjord med biokol hade då uppemot 35 procent större stamomkrets än träd som planterats i skelettjord utan biokol.

Varför använda biokol här?

Många urbana träd utsätts för extrema miljöer. Förutom den kompaktering som sker som en följd av hög belastning är närings- och vattentillgången ofta begränsad. I många fall samverkar också dessa olika faktorer. Näringstillgången försämras som en följd av låg vattenhalt i marken och vattentillförseln blir sämre då jorden kompakteras. Många träd i stadsmiljö växer därför dåligt och har låg vitalitet. För att se om förhållandena för stadsträd kunde förbättras tillsattes biokol till jorden då träden på Herrhagsvägen planterades. Förhoppningen var att biokolets närings- och vattenhållande kapacitet skulle förbättra markförhållandena och påverka både etableringen och tillväxten av träden positivt.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Fågelbärsträden (*Prunus avium* 'Plena') planterades under vintern 2009 och 2010. De var då 25-30 cm i brösthöjd. Tre olika växtbäddar testades: 1) en vanlig växtbädd med AMA-jord och ytmaterial av växtjord och gräs, 2) en växtbädd med AMA-jord samt biokol (50 volymprocent) och ytmaterial av växtjord och gräs samt 3) en växtbädd där endast sten av en mindre sortering (32-63 mm) lagts runt trädens rötter (ska motsvara en budgetvariant av skelettjord). Det biokol som användes var producerat av lövträdsved pyrolyserat vid cirka 500°C.

Tio träd planterades i den vanliga växtbädden (behandling 1) och i stenbädden (behandling 3), medan sex träd planterades i AMA-jorden med biokol (behandling 2).

Placering

Herrhagsvägen ligger i Enskede i södra Stockholm. Enskede består huvudsakligen av flerbostadshus och stora villaområden, men där finns även stora grönområden och naturmark. Den måttligt trafikerade

Herrhagsvägen sträcker sig i nästan rakt nord-sydlig riktning och träden är placerade i 2 meter breda gräsremsor på båda sidor av vägen. Eftersom de flesta husen i närområdet till vägen är byggda i ett plan skuggas träden inte av omgivande byggnader. En höjd skyddar från västliga vindar.

Användning

I första hand ska träden bidra till att skapa en attraktiv bostadsmiljö, så att de boende i området lockas ut för att promenera och motionera längs gatan. I andra hand genererar träden ekosystemtjänster som skugga och temperatursänkning.

Skötsel

De nyplanterade träden bevattnades med hjälp av bevattningssäckar – 150 liter vatten per vecka – under de två första växtsäsongerna. Vid den första bevattningen fick träden 4 promille växtnäring i lösning (NPK 51-10-43) och därefter 2 promille. Det innebär att varje träd sammanlagt fick 6 000 liter vatten och 12.3 liter koncentrerad näringslösning under de två första åren. Därefter har träden varken bevattnats eller gödslats.

Resultat

Uppföljningen av försöken visade att de sex träd som fått 50 volymprocent biokol inblandat i AMA-jorden (behandling 2) växte bättre än de tio träd där ingen biokol tillsatts (behandling 1) och de tio träden i stenbädden (behandling 3). I genomsnitt hade träden med biokol i jorden 35 procent större stamomkrets jämfört med kontrollträden och träden i stenbädden efter tre år (2013). Träden i stenbädden växte lika bra som träden i jorden utan biokol, något som indikerar att jorden som användes troligen inte var av särskilt hög kvalitet. Vid nästa uppföljning, som genomfördes tre år därefter (2016), sågs fortfarande en positiv effekt på träd tillväxten av biokol men skillnaden mellan de tre behandlingarna hade minskat.

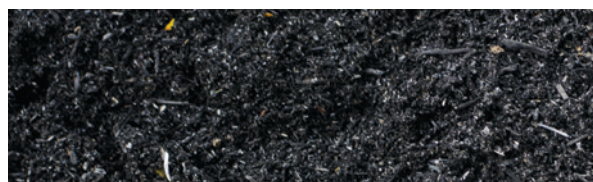
Efter sex år hade träden som växte i jord med biokol även högre kvävekoncentration i bladen jämfört med träd som växte i jord utan biokol. Kvävekoncentrationen



i de träd som växte i stenbädden analyserade inte. Trädens vitalitet, i form av fotosynteseffektivitet (som skattades genom reflektion av ljus) och visuell uppskattning, och bladyteindex påverkades däremot inte av behandlingen med biokol.

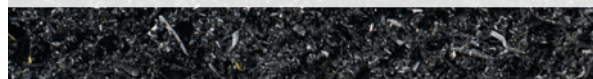
Den förbättrade tillväxten hos träd där biokol tillsatts till jorden beror troligen på att biokol har god förmåga att binda näringsämnen, att jorden får en för växterna gynnsam struktur och att den vattenhållande kapaciteten ökar. Den förbättrade näringstillgången kan innebära att gödningen av träden kan begränsas.

Ytterligare en uppföljning av trädens tillväxt kommer göras inom ramen för Rest till Bäst.



För mer information, kontakta:

Ann-Mari Fransson, universitetslektor vid
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och
förvaltning, SLU Alnarp
tel: 040-415447
e-mail: ann-mari.fransson@slu.se



Trädplantering – Luntmakargatan, Stockholm

Under 2018 planterades ett större antal träd kring Luntmakargatan i Stockholms innerstad. Syftet var att förgröna innerstaden och skapa en estetiskt tilltalande stadsmiljö, samtidigt som regnvattenhanteringen i området förbättrades. För att underlätta trädens etablering och tillväxt i denna utmanande stadsmiljö, bestående av en stor andel hårdgjorda ytor och gator och trottoarer med mycket begränsat utrymme för växtbäddar och grönska, användes så kallade kolmakadamjordar – jordar uppbyggda av makadam, biokol och kompost.

Varför använda biokol här?

Makadamjordar med biokol skapar jordar som är mindre känsliga för kompaktering och har en hög vatten- och näringshållande kapacitet vilket innebär att förutsättningarna för stadsträds rottillväxt och rotutveckling under hårdgjorda ytor förbättras. Konstruktionen resulterar även i att växtbäddarna kan hantera större mängder regnvatten. Biokolet bidrar till rening av det av bilar förorenade dagvattnet och en stimulans av den mikrobiella aktiviteten i marken.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Växtbäddarna, varav en del hyser enbart träd och andra träd tillsammans med perenner, anlades under 2018. Den första växtsäsongen var 2019. De byggdes med kolmakadam i ett lager (växtbäddar med träd) eller två lager (växtbäddar med träd och perenner). Längst ned i alla växtbäddar och under hårdgjorda ytor lades en grov makadamfraktion (32-90 mm) med ett växtbäddsdjup om minst 600 mm. Denna grova fraktion bestod av 85 volymprocent makadam, 7,5 volymprocent biokol (producerat av flisat trädgårdsavfall) och 7,5 volymprocent kompost. På de öppna planteringsytorna med perenner lades även ett övre växtbäddslager bestående av en finare makadamfraktion (2-6 mm), och med ett växtbäddsdjup på minst 300 mm. Denna finfraktion bestod av 75 volymprocent makadam samt 12,5 volymprocent biokol och 12,5 volymprocent kompost. Växtbäddarna byggdes med kantsten i samma nivå som omgivande markbeläggning för att möjliggöra passivt mottagande av dagvatten, vilket leds direkt ned i växtbäddarna. De träd som planterades på platsen var amerikansk bäralm (*Celtis occidentalis*), europeisk bäralm (*Celtis australis*), guttaperkaträd (*Eucommia ulmoides*), papegojbuske (*Parrotia persica*) och kinesisk sekvoja (*Metasequoia glyptostroboides*).

Placering

Träd- och perennplanteringarna ligger i området Rehngatan, Döbelngatan och Luntmakargatan i Stockholm. Alla gatorna är starkt trafikerade. Området består av en stor andel hårdgjord yta, och bedöms av Stockholms stad som ett av de områden i centrala Stockholm som löper störst risk för översvämning vid kraftigt regn.

Användning

Syftet med träd- och perennplanteringarna är att förgröna det annars ganska växtfattiga området och därigenom skapa en attraktivare stadsmiljö, samtidigt som regnvattnet i området hanteras på ett betydligt effektivare sätt än tidigare.

Skötsel

Träden näringsbevattnas under etableringsfasen. Perennerna klipps ned årligen och gödslas vid behov. Brunnar för dagvatten rensas en gång per år och inloppen till de öppna växtbäddarna i samband med att perennytorna rensas.

Resultat

De första växtsäsongerna har trädutväxten varit mycket god med täta kronor, välutvecklade blad och kraftig längdtillväxt på årsskotten. Även perennerna på platsen har utvecklats fint. En lärdom har varit att nivåerna på de öppna planteringsytorna med perenner borde ha varit lägre i förhållande till gatunivå för att öka inflödet av dagvatten till växtbäddarna.



Foton: Björn Embrén

För mer information, kontakta/se:

Britt-Marie Alvem, landskapsarkitekt på trafikkontoret,
Stockholms stad
tel: 076-1226263
e-mail: brittmarie.alvem@stockholm.se

Växtbäddar i Stockholm Stad – en handbok 2017:

<https://leverantor.stockholm/entreprenad-i-stockholms-offentliga-miljoer/vaxtbaddshandboken/>

Trädplantering – Agnesfridsvägen, Malmö

Under sommaren 2019 anlades ett vetenskapligt försök på Agnesfridsvägen i Malmö, där biokol tillsattes till en befintlig plantering av skogslönn i gatumiljö. Jorden i planteringen var kompakterad och vatten- och näringstillgången mycket låg. Träden har därför vuxit långsamt och är överlag i dåligt skick. Förhoppningen är att biokolet ska bidra till att förbättra den vatten- och näringshållande kapaciteten i jorden, och därmed även trädens tillväxt och vitalitet.

Varför använda biokol här?

Skogslönnarna har planterats i en traditionell AMA-jord, där både vatten- och näringstillgången är mycket låg och jorden kompakterad. Träden har därför vuxit långsamt och är överlag i mycket dåligt skick. Genom att tillsätta biokol till jorden kan dess vatten- och näringshållande kapacitet öka, och förhållandena för träden förhoppningsvis förbättras.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Skogslönnarna planterades år 2005 i en AMA-jord. Det vetenskapliga försöket består av fyra block, med fyra träd i varje block. Ett träd i varje block har lämnats obehandlat. Två träd har behandlats med biokol (40 liter biokol per träd från 0 till cirka 35 cm djup i marken). Biokolet trycktes (sköts) ned i marken runt lönnarna med hjälp av en luftlans (läs mer om metoden i kapitel 4). Det fjärde trädet har behandlats med tryck, men utan biokol. På så sätt kan den uppluckringseffekt som tryckbehandlingen ger upphov till separeras från effekten av biokol. Biokolet som användes var producerat av bioagropelletts.

Ett av de träd som har behandlats med biokol kommer under 2020 även att gödslas med NPK-gödsel samt mikronäringsämnen.

Placering

Agnesfridsvägen ligger invid Jägersro travbana, i den östra delen av Malmö.

Användning

Skogslönnarna är planterade längsmed Agnesfridsvägen i Malmö och fungerar som en avskärmning mellan Agnesfridsvägen och den gång- och cykelväg som löper parallellt med den. Agnesfridsvägen är hårt trafikerad och även gång- och cykelvägen används frekvent.

Skötsel

Träden står i en gräsremsa som klipps regelbundet. Förutom detta sker ingen specifik skötsel av träden.

Resultat

Eftersom detta är ett relativt nytt försök finns ännu inga resultat. Provtagning kommer att ske under hösten 2020. Då kommer bland annat trädens tillväxt och vitalitet att mätas. Även halten biokol i marken och jordens vattenhållande förmåga kommer att bestämmas. Försöken kommer förhoppningsvis att följas upp även i framtiden.

**För mer information, kontakta:**

Ann-Mari Fransson, universitetslektor vid Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU Alnarp
tel: 040-415447
e-mail: ann-mari.fransson@slu.se

Larsola Bromell, landskapsarkitekt på Malmö stad
tel: 072-3579885
e-mail: larsola.bromell@malmö.se

Skogsbiotop – Varvsparken, Malmö

Inom ramen för projektet BiodiverCity anlades år 2014 en solexponerad skogsbiotop i Varvsparken i Malmö. Biokol tillsattes till en del av skogsbiotopen för att undersöka vilken effekt biokol har på träd tillväxt. Utvecklingen hos flera olika arter, bland annat bergek och körsbärsplommen, har följts. Idag kan skillnaden mellan de ytor som har biokol i jorden och de som inte har det skönjas med blotta ögat – ytorna med biokol är betydligt grönare.

Varför använda biokol här?

Jorden i Varvsparken är grusig och genomsläpplig. Biokol tillsattes för att förbättra den vattenhållande kapaciteten och näringstillgängligheten i marken och därmed förhoppningsvis bidra till en förbättrad etablering och tillväxt hos de olika trädarterna. I naturliga skogsjordar är också halten organiskt material hög. Tanken var därför att biokolet även skulle bidra till att efterlikna den egenskapen i skogsbiotopen.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Flera olika vedartade växtarter planterades i en AMA A-jord, däribland *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Prunus sargentii* och *Prunus cerasifera*. Eftersom biotopen är ett vetenskapligt försök finns en kontrollyta där ingen biokol har tillsatts, men i en annan del av skogsbiotopen blandades 10 volymprocent biokol (baserat på ved) in i de översta 10 cm av anläggningsjorden. Överst lades 10 cm kompost. Träden planterades under vintern och våren 2014 i stora kvaliteter – buskar och solitärer (*Prunus cerasifera*) var 150-200 cm, 200-250 cm (*Carpinus betulus*), 250-300 cm (*Prunus sargentii* och *Quercus petraea*) och den uppstammade eken (*Quercus petraea*) hade en omkrets på 20-25 cm i brösthöjd (1 m).

Fyra arter, bland annat bergek och körsbärsplommen, har följts och mätningar på tillväxten har gjorts.

Placering

Skogsbiotopen är en del av en större park, Varvsparken, som är placerad i västra hamnen i Malmö, nära havet. Parken angränsar till en skola, och är öppen och vindexponerad.

Användning

Parken är i första hand ämnad för rekreation och lek, i andra hand för att öka stadens biodiversitet. De boende i området använder parken för promenader och många tar vägen genom parken när de rastar hunden. Det finns flera sittplatser som används flitigt, inte minst av elever från den närliggande skolan.

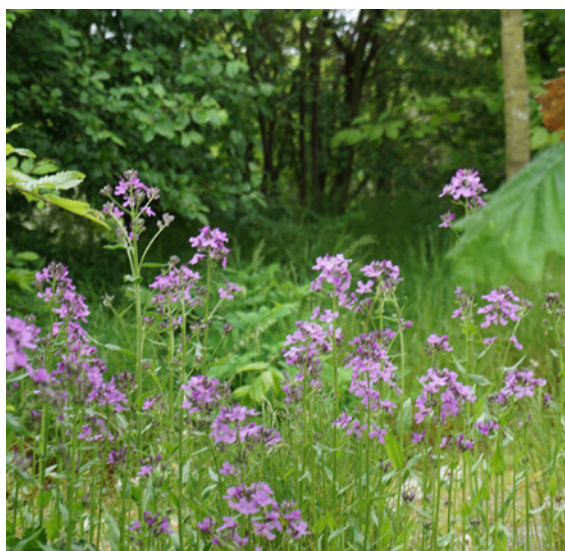
Skötsel

Vegetationen i de delar av skogsbiotopen där biokol har tillsatts har vuxit snabbare och är tätare än i den del där biokol inte har tillsatts. I en vild yta som denna har den ökade tillväxten inte så stor betydelse då ytorna sköts extensivt, men gallringsbehovet har ökat och vissa av träden och buskarna har beskrivits då de vuxit ut över gångarna.

Resultat

Skillnaderna mellan de ytor som har biokol i jorden och de som inte har det kan skönjas med blotta ögat – vegetationen på ytorna med biokol är betydligt grönare. Statistiska analyser visar på signifikanta skillnader i tillväxt för flera trädarter. Det går också att konstatera att ekar som växte i jord med biokol klarade den extremt torra sommaren 2018 betydligt bättre än de som växte i jord utan biokol (topparna var mindre skadade).

Försöken i Varvsparken kommer förhoppningsvis att fortsätta följas upp framöver.

**För mer information, kontakta:**

Ann-Mari Fransson, universitetslektor vid Institutionen för
landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU Alnarp
tel: 040-415447
e-mail: ann-mari.fransson@slu.se

Larsola Bromell, landskapsarkitekt på Malmö stad
tel: 072-3579885
e-mail: larsola.bromell@malmö.se

Regnbädd – Vellinge

I Vellinge i södra Skåne anlades under 2017 sex regnbäddar av varierande storlek och form i syfte att fördröja regnvatten. För att säkerställa växternas tillgång till vatten även under torrare perioder tillsattes biokol i regnbäddarna. De goda resultaten har resulterat i att fler regnbäddar av samma typ har anlagts, och idag finns totalt ett tjugotal regnbäddar med biokol i kommunen.

Varför använda biokol här?

Vegetationen i regnbäddar utsätts ofta för fluktuerande vattentillgång. Eftersom biokol har en hög vatten- och näringshållande kapacitet kan man genom att blanda in biokol i odlingssubstratet förbättra växternas tillgång till både vatten och näring, och därmed även deras tillväxt och överlevnad. Den förbättrade vatten- och näringstillgången kan leda till att fler arter, som traditionellt inte har använts i regnbäddar, skulle kunna användas i dem.

Biokolets förmåga att binda näringsämnen gör också att risken för att näring förs bort med avrinningsvattnet minskar. Kvaliteten på det vatten som lämnar regnbäddarna blir därför bättre och risken för förorening av sjöar, hav och andra vattendrag minskar.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

De sex regnbäddarna anlades 2017 på sandig terrass. Regnbäddarna är konstruerade för att reducera regnvattenmängderna som genereras i området. Det innebär att det material som finns i konstruktionen är mycket genomsläppligt. Gemensamt för de sex regnbäddarna är att de har en fördröjningszon på cirka 10 cm, en styrningsbrunn i anslutning till regnbädden, ett erosionsskydd bestående av ett topplager makadam och ett sandfångskar. Till alla regnbäddar har 12,5 volymprocent träflisbaserat biokol tillsatts.

Regnbäddarna varierar i storlek och form, position i avrinningsområde, uppskattad avrinningsområdesyta och växtmaterial.

Placering

Fem av regnbäddarna är placerade på Rundelsgatan och en på Trelleborgsvägen i Vellinge i södra Skåne. Gatorna omsluts av villabebyggelse och är inte särskilt vindexponerade. Alla regnbäddar står i full sol och endast delar av regnbäddarna skuggas av träd som är placerade i dem.

Användning

Förutom att hantera regnvattnet i området är regnbäddarna estetiskt tilltalande och fungerar som hastighetssänkande åtgärd.

Skötsel

Regnbäddarna sköts så att funktionen bibehålls, det vill säga vattenvägarna hålls fria från material som kan blockera vattnet och sandfångskaren rensas. Ogrärensning sker regelbundet.

Resultat

Den första utvärderingen av regnbäddarna skedde 2018, det vill säga året efter etableringen. Infiltrationen var då fortfarande hög, även om den skiljde sig en del mellan de olika regnbäddarna. Flera olika arter hade etablerat sig väl och är potentiella arter för framtida användning i regnbäddar av denna typ. Bland dessa finns *Acer freemanii* 'Autumn Blaze', *Pinus heldreichii*, *Cornus sericea* 'Kelsey', *Alchemilla mollis*, *Calamagrostis x acutiflora* 'Karl Foerster', *Carex panicea* och *Allium stipitatum* 'Mount Everest'.

Eftersom resultaten har varit så goda har fler regnbäddar av samma typ anlagts och idag finns ett tjugotal regnbäddar med biokol i Vellinge kommun.

**För mer information, kontakta:**

Kent Fridell, specialist på blågröngrå infrastruktur på Edge
tel: 0733-232664

e-mail: kent.fridell@edges.se

Ann-Mari Fransson, universitetslektor vid Institutionen för
landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU Alnarp
tel: 040-415447

e-mail: ann-mari.fransson@slu.se

Blågröngrå system – Rosendal, Uppsala

I Rosendalsområdet, som är ett av Uppsalas pågående utbyggnadsområden, anlades under 2019 ett långt stråk av blågröngrå system med biokol i syfte att omhänderta dagvatten från bil-, gång- och cykelvägar. Systemen består av flera konstruktioner, bland annat träd i hårdgjorda ytor, vegetationsytor på öppet förstärkningslager och regnbäddar. I de sistnämnda kommer reningsfunktionen hos biokol att undersökas genom analyser av inströmmande och utströmmande dagvatten. Resultat förväntas under hösten 2020.

Varför använda biokol här?

Vegetationen i blågröngråa system utsätts ofta för fluktuerande vattentillgång. Eftersom biokol har en hög vatten- och näringshållande kapacitet kan man genom att blanda in biokol i odlingssubstratet förbättra växternas tillgång till både vatten och näring, och därmed även deras tillväxt och överlevnad.

Biokolets förmåga att binda näringsämnen gör också att risken för att näring förs bort med avrinningsvattnet minskar. Här kommer denna effekt att kvantifieras genom mätningar på både inströmmande och utströmmande vatten.

Att biokol dessutom utgör en kolsänka i kolcykeln är en klimatbonus.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

De sex regnbäddar där reningsfunktionen hos biokol ska mätas anlades med tät botten för att skydda grundvattnet mot eventuella föroreningar. Både det vatten som går genom bäddarna, och det som breddar över, går till ledningsnätet och sedan vidare till recipienten.

För att kunna studera och förhoppningsvis också kvantifiera reningseffekten av biokol tillsattes biokol till tre av regnbäddarna. Flera olika leverantörer av biokol användes och mellan 0 och 15 volymprocent biokol tillsattes.

Gemensamt för de sex regnbäddarna är att de har en fördröjningszon på cirka 10 cm, en fördelningsbrunn i anslutning till regnbädden, ett erosionsskydd bestående av ett topplager makadam och sandfångskar mot

bilvägen. För att blanda vattnet från bilvägen och gång- och cykelvägen användes en fördelningsränna. Fördelningsbrunnen med breddningsfunktion används för att styra vattnet så att bädden inte översvämmas vid intensiva och långvariga regn.

De växter som planterades i regnbäddarna inkluderar *Betula pendula* 'Splendor white', *Berberis atropurpurea* 'Nana', *Diervilla lonicera* 'Dillon', *Lonicera caerulea* var. *kamtchatica* 'Anja', *Potentilla fruticosa* 'Hopleys orange', *Rhus aromatica* och *Sesleria heuffleriana*.

Placering

Regnbäddarna är placerade längsmed Vårdsätravägen i Rosendal i Uppsala. De ligger mellan den vältrafikerade vägen och ett rekreativ-/parkområde, i höjd med Rosendals tennishall.

Användning

Regnbäddarna är estetiskt tilltalande och utgör gröna inslag på den avsmalnande vägen. De fungerar även som hastighetssänkande åtgärd.

Skötsel

Regnbäddarna sköts så att funktionen bibehålls och att växterna trivs, det vill säga vattenvägarna hålls fria från material som kan blockera vattnet och sandfångskaren rensas vid behov.

Resultat

Bäddarna är cirka ett år gamla och ingen utvärdering av deras funktion har ännu skett. De första mätningarna av reningsfunktionen kommer att genomföras efter sommaren 2020. Fler mätningar planeras framöver för att se hur reningseffekten i regnbäddarna fungerar över tid. Växterna ser ut att ha etablerat sig väl. En mer omfattande utvärdering kommer att utföras i ett senare skede.



Foto: Uppsala kommun



För mer information, kontakta:

Kent Fridell, specialist på blågröngrå infrastruktur på Edge
tel: 0733-232664
e-mail: kent.fridell@edges.se

Johan Eriksson, miljöstrateg på
stadsbyggnadsförvaltningen, Uppsala kommun
tel: 018-7274738
e-mail: johan.eriksson3@upsala.se

Perennplantering – Koggens innergård, Malmö

Koggens innergård anlades år 2014 inom ramen för projektet BiodiverCity. Syftet var att skapa livskraftiga biotoper med så lite ogräsrensning och så få bevattningsinsatser som möjligt. Utifrån platsens skuggiga läge bestämdes att en miljö som påminner om fältskiktet i en skog skulle eftersträvas. Eftersom marken till stor del bestod av sand och grus behövde dess fukthållande förmåga förbättras och biokol tillsattes därför. Innergården är idag lättskött, tät och vacker.

Varför använda biokol här?

Innergården ligger på en genomsläpplig terrass, i ett område som är utfyllt med havssand. Biokol tillsattes för att förbättra den sandiga jordens vatten- och näringshållande kapacitet (som annars är mycket låg), vilket förbättrar växternas tillgång till vatten och näring och därmed även deras tillväxt och överlevnad.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Innergården anlades år 2014, i stort enligt AMA:s gängse metoder, men med skillnaden att 10 volymprocent biokol av grövre fraktion blandades ner i växtjorden. För att efterlikna skogens humuslager, och för att ytterligare förbättra jordens förmåga att bibehålla fukt i marken, lades även ett lager kompost ovanpå jorden.

Skuggtoleranta växtarter som trivs i skogsmiljöer och som har en stor bladmassa, såsom nävor och funkior, planterades på innergården. Plantorna var relativt stora vid planteringen.

Placering

Koggens innergård ligger i fastigheten Koggen i Västra hamnen i Malmö. Den är omgiven av 5-6 våningar höga byggnader och ligger havsnära, men är inte särskilt vind- och saltpåverkad på grund av de omkringliggande byggnaderna. Däremot resulterar byggnaderna i att stordelen av innergården ligger i skugga.

Användning

Innergårdens främsta syfte är att vara estetiskt tilltalande, då dess begränsade storlek gör att den framförallt används vid in- och utpassager till och från fastigheten. Här finns dock även en uteplats med grill.

Skötsel

Innergården kräver i dagsläget mycket lite skötsel. Växtplantorna var relativt stora vid planteringen och då de växte snabbt konkurrerade de i stort sett omgående ut ogräs och andra oönskade växter. Viss ogräsrensning sker dock.

Resultat

Växterna utvecklades mycket snabbt efter plantering och de arter som planterades etablerade sig väl. Vegetationen på innergården är idag tät och vacker. Eftersom de ursprungliga arterna täcker hela ytan är det få ogräs som lyckats etablera sig. Det enda stället där ogräs förekommer är en rabatt där den ursprungliga vegetationen trampats ned på grund av att människor passerat genom den. Målsättningen med så lite ogräsrensning och så få bevattningsinsatser som möjligt nåddes.



PERENNPLANTERINGAR



För mer information, se:

Fransson AM, Andersson J, Kruuse A, Poppius U, Nordius Stålhamre J, Malmberg J, Block J, 2017. Biologisk mångfald i den täta staden. Malmö stad.

Rapporten finns att ladda ned från Malmö stads hemsida:

<https://malmo.se/Sa-arbetar-vi-med.../Malmo-stads-miljoarbete/Oversikt-avslutade-projekt/BiodiverCity/Erfarenhetsskrift.html>

Perennplantering – Eksätravägen, Stockholm

I samband med att trafikkontoret i Stockholms stad fick ett politiskt uppdrag att i samarbete med Stockholms vatten- och avfallsbolag genomföra ett projekt som synliggör metoder för lokalt omhändertagande av dagvatten omvandlades en skröplig trädplantering på Eksätravägen i Stockholm till en rikligt blommande perennplantering. Växtförutsättningarna förbättrades genom att den tidigare hårt packade jorden byttes ut mot en jord bestående av makadam, biokol och kompost.

Varför använda biokol här?

Planteringen på Eksätravägen är mycket solexponerad och vindutsatt och har dessutom ett kompakt underliggande markskikt med hög lerhalt. Genom att använda en makadambaserad jord med biokol (kolmakadam) förbättras den vattenhållande förmågan, och därmed förutsättningarna för växterna i den torra växtmiljön. Även infiltrationen av dagvatten underlättas och biokolet bidrar till rening av det av bilar förorenade dagvattnet.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Planteringen anlades 2018. I alla växtbäddar, både för perenner och träd, användes samma fraktionsstorlek på ingående makadam (4-8 mm) och samma fördelning av växtbäddsmaterial: 75 volymprocent makadam, 12,5 volymprocent biokol (producerat av flisat trädgårdsavfall) och 12,5 volymprocent kompost. Djupet på växtbäddarna var upp till 800 mm. Perennerna på platsen är matrisplanterade, vilket innebär att de har placerats i ett mönster på en mindre yta, och detta mönster har sedan upprepats över hela planteringsytan. Exempel på perenner som planterades är trädgårdsnäva (*Geranium Rozanne* 'Gerwat'), jättestäpppiljor (*Eremurus robustus*), daglilja (*Hemerocallis* 'Green Flutter'), strandiris (*Iris sibirica* 'Perry's Blue') och kinesisk smörboll (*Trollius chinensis* 'Golden Queen'). Bland träden märks Katsura (*Cercidiphyllum japonium*), guttaperkatråd (*Eucommia ulmoides*) och cigarrlådetråd (*Toona sinensis*). Dagvatten från närliggande avrinningsytor leds till brunnar och förs därifrån in i växtbäddarna.

Placering

Perennplanteringen ligger på en smal, avlång yta mellan Eksätravägen och en större bilparkering, nära Sättra idrottshall i Stockholm. Området är starkt trafikerat och många människor rör sig i området på väg till och från idrottshallen.

Användning

Perennplanteringen har en estetisk och ekologisk funktion med sina rikligt blommande perenner. Platsen ingår också i ett projekt där olika växtbäddars kapacitet att hantera dagvatten från hårdgjorda ytor demonstreras och utvärderas.

Skötsel

Perennerna klipps ned årligen. Träden bevattnas under etableringsfasen. Biokolet var näringsberikat vid anläggning, därefter har ingen gödsling skett. Inlopp och brunnar för dagvatten rensas en gång per år.

Resultat

Etableringen av perennerna har hittills varit god, och nuvarande plantering utgör en avsevärd förbättring jämfört med den plantering som tidigare fanns på platsen. Perennerna har växt sig stora med riklig blomning. Vissa perenner har därtill frösått sig mer än normalt. Ett exempel är jättestäpppiljorna (*Eremurus robustus*) som normalt är svåretablerade, men som här har etablerat sig fint trots platsens tuffa förutsättningar.



PERENNPLANTERINGAR



Foton: Björn Embrén

För mer information, kontakta/se:

Joakim Josefsson, trädsspecialist på trafikkontoret,
Stockholms stad
tel: 08-50826216
e-mail: joakim.josefsson@stockholm.se

Växtbäddar i Stockholm Stad – en handbok 2017:
<https://leverantorer.stockholm/entreprenad-i-stockholms-offentliga-miljoer/vaxtbaddshandboken/>

Sedumtak – Augustenborgs botaniska takträdgård, Malmö

För att undersöka om det är möjligt att ersätta industriellt framställda mineralgödningsmedel med organiska gödningsmedel tillsattes biokol till ett sedumtak i Augustenborgs botaniska takträdgård i Malmö. Tanken är att biokolet binder näringen från de organiska gödningsmedlen, som bryts ned mycket snabbare än mineralgödningsmedel och därför inte har samma långtidsverkan. Resultaten visar att biokol har potential att bidra till en mer hållbar gödsling av sedumtak.

Varför använda biokol här?

Konventionella gödningsmedel till gröna tak består framförallt av långtidsverkande kapslade produkter av mineralgödning som framställs industriellt genom bland annat brytning av apatitrik malm. Det finns idag få alternativ till dessa konventionella produkter, eftersom organiska gödningsmedel bryts ned snabbt och därmed inte har någon långtidsverkande effekt. Genom att blanda in biokol i odlingssubstratet skulle man dock kunna förbättra takens vatten- och näringshållande kapacitet, som annars är relativt begränsad på grund av den begränsade mängden odlingssubstrat. Näringen från de organiska gödningsmedlen skulle då kunna fångas upp och bindas för att sedan frigöras i en betydligt långsammare takt än vad de annars gör.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Sedumtaket installerades i Augustenborgs botaniska takträdgård redan år 2002. Det är ett konventionellt sedumtak med 30 mm växtbäddsdjup som är exponerat åt alla väderstreck, förutom åt norr där en trädrad står planterad på gatunivå. Taket har aldrig behandlats, dock sker visst nedfall av löv på taken varje höst från aspräd med grenverk i takens närhet (mot norr).

Försöken med biokol och organiska gödningsmedel genomfördes under åren 2017 till 2019. I juni 2017 delades takytan upp i tolv rader som mätte cirka 1 x 4 meter. Två olika biokolsbehandlingar – en med 674 gram näringsladdat biokol/m² (motsvarande 6 gram N/m²) och en med 1348 gram näringsladdat biokol/m² (motsvarande 12 gram N/m²) – samt en kontrollbehandling och en behandling med ett konventionellt långtidsverkande gödningsmedel (6 gram N/m²) etablerades. Biokolet som användes

var producerat av bioagropelletts gjorda av frörens. Det laddades med näring genom tillsats av flytande biogödsel. Varje behandling hade tre upprepningar. Avrinningsvattnet från taket analyserades för att jämföra näringsläckaget från de olika behandlingarna.

Placering

Augustenborgs botaniska takträdgård ligger i området Augustenborg i sydöstra Malmö. Augustenborg är ett bostadsområde från 1940-talet, som under 1990-talet miljöanpassades och idag är en ekostad med ett flertal gröna tak och öppna dagvattensystem.

Användning

Augustenborgs botaniska takträdgård är en demonstrationsanläggning för gröna tak som besöks flitigt framförallt under sommarhalvåret. Ytorna beträds dock inte.

Skötsel

Takets skötsel består av ogrärensning med avlägsnande av vedartade ogräs och växter med aggressiva rotsystem, samt kontroll av takets avvattnings. Detta sker vid ett eller ett par tillfällen per år. Taket gödglas vartannat år.

Resultat

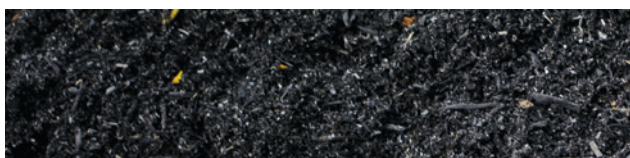
Under sommaren 2017 växte sedumplantorna i de ytor som gödslats med konventionellt gödningsmedel och biokol med 12 gram N/m² bättre än kontrollplantorna och de plantor som behandlats med biokol med 6 gram N/m². Sommaren 2018, när nästa uppföljning skedde, var mycket torr och samtliga ytor var mycket torkstressade. Ingen skillnad mellan behandlingarna kunde då ses. Under sommaren 2019 var den vegetativa återhämningsgraden jämn mellan kontrollen och de två biokolsbehandlingarna, medan den var sämre för behandlingen med konventionellt gödningsmedel.



Den generativa tillväxten, vilken mättes i mängden blomning i juni 2019, var högre för växter som behandlats med biokol med 12 gram N/m² och med det konventionella gödningsmedlet jämfört med kontrollväxterna och de som behandlats med biokol med 6 gram N/m².

Avrinningsproverna visade generellt ingen skillnad i näringsläckage mellan de olika behandlingarna, förutom att kaliumläckaget var något högre för biokol med 6 gram N/m² sommaren 2017.

Försöket tyder på att biokol laddat med organiskt gödningsmedel kan fungera som ett substitut för konventionella industriellt framställda gödningsmedel, om doseringen är tillräckligt hög (12 gram N/m²). Biokol har därmed potential att bidra till mer hållbar gödsling av sedumtak. Fler försök behövs dock för att se om det är möjligt att löpande tillföra organisk gödning utan ytterligare tillförsel av biokol.

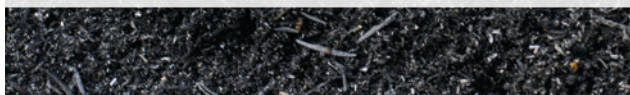


För mer information, kontakta/se:

Jonatan Malmberg, specialist på urbana vegetationssystem på Ecotopic
tel: 070-7828770
e-mail: jonatan@ecotopic.se

Gustav Nässlander, trädgårdsingenjör på Scandinavian Green Roof Institute
tel: 070-5402423
e-mail: gustav@greenroof.se

<https://greenroof.se/wp-content/uploads/sedumtak.pdf>



Sedum-ört-gräs modulsystem

För att möjliggöra en ökad biologisk mångfald, och skapa en kolsänka, tillsattes biokol till en sedum-ört-gräs baserad allt-i-ett modul för gröna tak. Biokolet bidrar till en förbättrad vatten- och näringshållande förmåga, och detta i kombination med ett betydligt djupare substratlager än normalt gör att fler växtarter kan trivas. För att se hur stor kolsänka som kan etableras i ett sedumsystem utan negativa effekter på vegetationen upprättades en gradient där mellan 0 till 25 volymprocent biokol tillsattes till modulerna.

Varför använda biokol här?

Den begränsade mängden odlingssubstrat på gröna tak påverkar både vatten- och näringsstillgången för växterna. Genom att blanda in biokol i odlingssubstratet kan man förbättra den vatten- och näringshållande kapaciteten, och därmed växternas tillgång till vatten och näring, samtidigt som den lätta vikten på taket bibehålls.

Förmågan att binda näringsämnen är inte bara positivt ur växtodlingssynpunkt, utan kan också leda till att näringsläckaget från taket minskar. Biokol utgör dessutom en kolsänka, och biokol i gröna tak är därför klimatpositivt.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Modulen är uppbyggd av flera olika lager. Längst upp finns ett vegetationsskikt, med ett 20-tal olika växtarter, och ett substratskikt. Substratet består huvudsakligen av lavakross och pimpsten. Till substratet har biokol, producerat av bioagropelletts, tillsatts. Under substratskiktet finns ett vattengenomträngligt lager och därefter en vattenhållande reservoar med dräneringsfunktion. Systemet har förmåga att hålla 45 liter vatten per m².

I de kommersiella modulerna används cirka 5 volymprocent biokol. Valet att använda 5 volymprocent biokol har gjorts som en kompromiss mellan behov, funktion och kostnadsbild.

Ett försök där en gradient av biokol upprättades – från 0 till 25 volymprocent – har dock också genomförts för

att se hur mycket biokol som kan tillsättas i modulerna utan att det blir en negativ inverkan på vegetationen. Gradienten etablerades i juni 2018 och vegetationens täckningsgrad följdes sedan genom fotografering under ett års tid (var tredje vecka från augusti 2018 till september 2019). En digital analys av bladfärg baserat på fotografierna gjordes också.

Placering

Modulen kan placeras direkt på takets tätskikt/rotskydd. Den kan flyttas vid behov.

Användning

Modultaket anläggs ibland i anslutning till takterasser, men beträds inte.

Skötsel

Takets skötsel består av ogrärensning med avlägsnande av oönskad vegetation samt kontroll av takets avvattning, något som utförs varje år. Taket gödslas vartannat till vart tredje år.

Resultat

Den digitala analysen av bladfärger visade att 0-15 volymprocent biokol inte hade någon negativ effekt på vegetationen i modulsystemet. Vid högre tillsatser ökade däremot frekvensen rödfärgade blad, något som indikerar att vegetationen är stressad. Även täckningsgraden sjönk vid högre tillsatser av biokol.

Vid ett av de sista fotograferingstillfällena, i juli 2019, då vegetationen var torkstressad, verkar en tillsats på 5 och 10 volymprocent biokol ha haft en positiv inverkan på vegetationen.



GRÖNA TAK

**För mer information, kontakta:**

Lina Pettersson, produktionschef på Veg tech
tel: 070-639 66 57
e-mail: lina.pettersson@vegtech.se

Ann-Mari Fransson, universitetslektor vid Institutionen för
landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU Alnarp
tel: 040-415447
e-mail: ann-mari.fransson@slu.se

Biotoptak med kalkstäppskaraktär – Limhamn, Malmö

I ett nybyggnadsprojekt i Limhamn, söder om Malmö, installerades hösten 2019 ett stort biotoptak med karaktären av en kalkstäpp. Flera av växtbäddarna på taket är djupa – cirka 150 mm – och ämnade att öka förekomsten av ängsväxter med djupare rotsystem. För att förbättra ängsväxternas förutsättningar att överleva långa torrperioder och främja den mikrobiella aktiviteten tillsattes biokol i bäddarna.

Varför använda biokol här?

Biokol tillsattes i samtliga djupa växtbäddar för att öka bäddarnas vattenhållande kapacitet. Ytterligare en anledning att tillsätta biokol var att främja mikroorganismer. Biokolets mikroskopiska sprickor och porösa håligheter bildar lämpliga livsmiljöer för många mikroorganismer och det finns initialt även en liten del lättnedbrytbara organiska föreningar i biokolet. Antalet mikroorganismer och tillväxten av mikrobiella populationer ökar därför ofta snabbt i jorden när biokol tillsätts. Förutom positiva effekter, i form av till exempel mykorrhizabildning, kan stimulansen av mikrobiella populationer även leda till konkurrens mellan växter och mikrober, framförallt vad gäller kväve. Detta missgynnar snabbväxande ogräs, däribland många gräsarter.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Biotoptaket är 1600 m² stort. Växtbäddarna består av ett tegelkrossbaserat substrat för gröna tak. Hela taket är uppdelat i sektioner där en mosaik av tre olika planteringar har upprepats flera gånger. Omkring hälften av ytan anlades med planteringar som bestod av substrat med ett djup på 100 mm. På en fjärdedel av takytan, ämnad för högväxt vegetation med djupare rotsystem, anlades planteringar med ett substratdjup på 150 mm.

Till dessa djupare växtbäddar tillsattes 10 volymprocent biokol. Biokolet var producerat av bioagropelletts (gjorda av frörens) och inte näringsladdat. På den sista fjärdedelen av takytan tillsattes 30 kg kalk/m². Dessa ytor fick ett genomsnittligt djup på cirka 140 mm.

Placering

Fastigheten Holmastycket, på vilken kalkstäppstaket är placerat, ligger i Limhamn i södra Malmö. Fastigheten angränsar till Limhamns Kalkbrott.

Användning

Fastigheten är ett bostadshus med hyresrätter. Taket är inte avsett att vistas på (för annat än skötselinsatser).

Skötsel

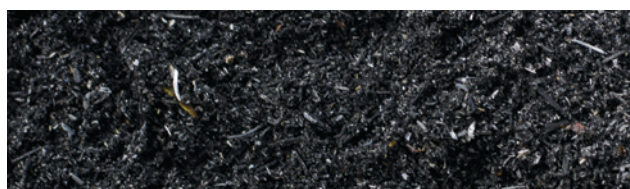
Takets skötsel består av ogrärensning med avlägsnande av vedartade ogräs och växter med aggressiva rotsystem samt kontroll av takets avvattning. Detta sker vid ett eller ett par tillfällen per år.

Resultat

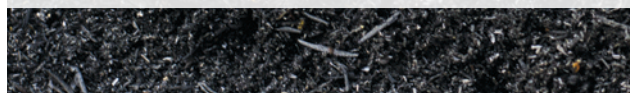
Under sommaren 2020 har ytorna där biokol blandats in utvecklat sig mycket bra, med god groning och initial tillväxt. Taket kommer att fortsätta följas upp under 2021-2022.



GRÖNA TAK

**För mer information, kontakta:**

Jonatan Malmberg, specialist på urbana
vegetationssystem på Ecotopic
tel: 070-7828770
e-mail: jonatan@ecotopic.se



Lätt stenpartiplantering – Augustenborgs botaniska takträdgård, Malmö

På Augustenborgs botaniska takträdgård genomfördes ett pilotförsök där cellglasskivor användes för att imitera stenpartier på tak. På så sätt kan vikten på taket sänkas, samtidigt som substratdjupet kan öka. Biokol tillsattes för att öka den vatten- och näringshållande kapaciteten i substratet, som initialt inte innehåller något organiskt material.

Varför använda biokol här?

Växtsubstratet i pilotförsöket bestod av cellglas, pimpsten och sand. Substratet innehåller alltså inget organiskt material, vilket är positivt då det bildas en växtbädd som inte krymper. Däremot har det en mycket låg vatten- och näringshållande kapacitet, vilket kan inverka negativt på växterna. Biokol tillsattes därför för att fungera som en slags ersättning för mulen i jorden och öka den vatten- och näringshållande kapaciteten i substratet.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Planteringen, som upprättades under 2019 och 2020, är uppbyggd som en stenpartiträdgård, men stenarna är utbytta mot kapade cellglasskivor (som normalt används till isolering av byggnader) för att sänka vikten på taket. Mellan varje cellglasskiva monterades en 30 mm bred och 200 mm djup växtbädd, vilket är ovanligt djupt för gröna tak. Växtsubstratet bestod av 80 volymprocent krossad pimpsten, 10 volymprocent sand utan finfraktion och 10 volymprocent biokol producerat av park- och trädgårdsavfall. De växter som planterades bestod i huvudsak av olika exotiska arter, varav flera hade djupa rotsystem.

Den totala vikten på taket beräknas till under 100 kg per m², vilket är mycket lätt för en grön takplantering. För vanliga växtbäddar på tak om 200 mm och anlagda med

lättviktsjord beräknas den vattenmättade vikten normalt till mer än 250 kg per m².

Placering

Augustenborgs botaniska takträdgård ligger i området Augustenborg i sydöstra Malmö. Augustenborg är ett bostadsområde från 1940-talet, som under 1990-talet miljöanpassades och idag är en ekostad med ett flertal gröna tak och öppna dagvattensystem. Takytan där stenpartiplanteringen ligger har full solexponering.

Användning

Augustenborgs botaniska takträdgård är en demonstrationsanläggning för gröna tak som besöks flitigt framförallt under sommarhalvåret. Takyterna beträds dock inte.

Skötsel

Takplanteringen sköts med minimala insatser. Den bevattnas inte och gödslas endast med en liten gödselgiva på våren.

Resultat

Odlingen tog sig fint under 2019 trots att den inte bevattnades under hela den torra sommaren. Substratet i mellanrummet som skapas mellan cellglasskivorna inspekterades när det var som varmast och torrast. Substratet var även efter en vecka utan regn mycket fuktigt i botten längst ner mellan cellglasskivorna.



För mer information, kontakta:

Peter Korn, trädgårdsspecialist på Klinta trädgård
tel: 070-6786975
e-mail: peter@klingatradgard.se

Gustav Nässlander, trädgårdsingenjör på Scandinavian Green Roof Institute
tel: 070-5402423
e-mail: gustav@greenroof.se

Stenpartiimitationen kan besökas på Augustenborgs botaniska takträdgård (www.greenroof.se).

Grön vägg – SLU, Alnarp

Inom ramen för Rest till Bäst har flera gröna testväggar etablerats för att studera hur olika växtarter reagerar på biokol i odlingssubstratet. Detta vetenskapliga försök i Alnarp är en av dem. Här undersöks hur levande väggar med biokol kan stödja biologisk mångfald, och om det med hjälp av biokol går att skapa en estetiskt tilltalande växtvägg med enbart inhemska vilda arter.

Varför använda biokol här?

Många växter i urbana system lever under tuffa förhållanden och växter i gröna väggar utgör inget undantag; både vatten- och näringstillgången är minimal på grund av den begränsade mängden substrat. Eftersom biokol har en hög vatten- och näringshållande kapacitet kan man genom att blanda in biokol i odlingssubstratet förbättra växternas tillgång till både vatten och näring, och därmed även deras tillväxt och överlevnad. Risken för att den näring som tillförs väggarna förs bort med avrinningsvattnet minskar också och kvaliteten på det vatten som lämnar de gröna väggarna blir därmed bättre.

Vatten- och näringstillgång kan påverka växters färger och gröna väggars färgestetik. Här undersöktes därför även om biokol kan bidra till mer visuellt tilltalande gröna väggar.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Väggen utgörs av en så kallad fickvägg med underbevattningsmatta. I alla fickor tillsattes ett pimpstensbaserat substrat för gröna väggar samt biokol baserat på bioagropelletts. En gradient av biokol, från 0 till 50 volymprocent (0, 2%, 5%, 8%, 10%, 13%, 15%, 20%, 25% och 50% volymprocent biokol), etablerades. Varje planta har uppskattningsvis 1 l substrat tillgängligt och växterna droppbevattas automatiskt.

Åtta olika arter (fjällkåpa, axveronica, blodnäva, sandnejlika, lingon, tjärblomster, backsippa, lungört) planterades i gradienten. Arterna valdes ut på grundval av deras varierande pH-tolerans. Fjällkåpa och

blodnäva påverkas troligen inte nämnvärt av pH utan mer av biokolsgradienten. Tjärblomster, lungört och lingon trivs inte vid högre pH, medan axveronica och sandnejlika gör det. Backsippa gynnas av väl-dränerat underlag och är konkurrenssvag. Den finns oftast på kalkrik jord men har hittats på jordar med pH 5 i Sverige.

Placering

Den gröna väggen sitter på den östra väggen till det så kallade Trädgårdslabbet på SLU i Alnarp.

Användning

Väggen är ett forskningsförsök och används därför enbart för provtagning och analyser.

Skötsel

Väggen vattnas regelbundet och gödglas med en flytande näringslösning en gång per månad under växtsäsongen.

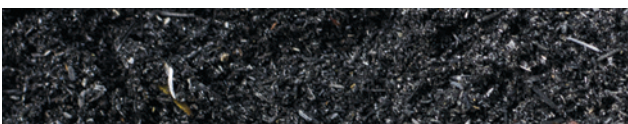
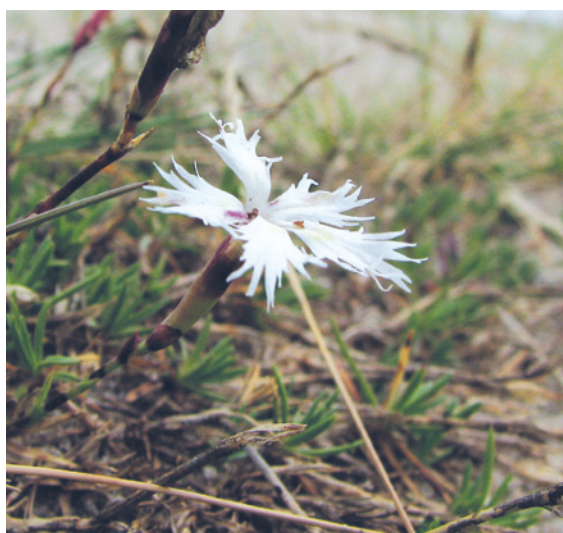
Resultat

De visuella analyserna indikerar att de flesta växtarterna växer lika bra i substratet där biokol tillsatts som där det inte finns biokol. För flera av växterna gäller det även vid så höga mängder biokol som 25 och 50 volymprocent. Detta indikerar att det går att anlägga gröna väggar med biokol och en mångfald av arter. De surgynnade växterna, alltså de som normalt trivs i låga pH, växer dock inte särskilt bra då det blir större mängder biokol (<20 volymprocent) i substratet.

Färganalyser pågår, men är ännu inte färdigställda. Det går därför i dagsläget inte att säga huruvida biokol bidrar till mer visuellt tilltalande gröna väggar.



GRÖNA VÄGGAR



För mer information, kontakta:

Ann-Mari Fransson, universitetslektor vid Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU Alnarp
tel: 040-415447
e-mail: ann-mari.fransson@slu.se

Petra Thorpert, universitetsadjunkt vid Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU Alnarp
tel: 040-415274
e-mail: petra.thorpert@slu.se



Grön vägg – P-huset Anna, Malmö

Våren 2019 investerade Parkering Malmö, som är Malmös kommunala parkeringsbolag, i gröna väggar på två av sina parkeringshus i centrala Malmö. Syftet var att skapa mer tilltalande parkeringshus och samtidigt bidra till att öka den biologiska mångfalden i staden. Genom att tillsätta biokol i det initialt helt oorganiska odlingssubstratet hoppas man kunna begränsa gödslingen av väggen till endast ett par gånger per år.

Varför använda biokol här?

Det odlingssubstrat som användes till parkeringshusväggarna innehåller initialt inget organiskt material alls. Biokolets funktion är därför först och främst att bidra till att öka den näringshållande kapaciteten, och möjliggöra en gödslingsfrekvens på endast 1-2 gånger per år (istället för kontinuerlig tillförsel via bevattningssystemet).

I vertikala planteringar såsom gröna väggar är det också viktigt att substratet inte sätter sig och sjunker ihop. Genom att välja material som inte bryts ned – såsom pimpsten, sand och biokol – skapas en mer stabil och förutsägbar plantering.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Totalt monterades 500 m² grön vägg fördelat på fyra olika fasader. Systemet som monterades bestod av paneler fyllda med ett lättviktssubstrat bestående av 80 volymprocent pimpsten, 10 volymprocent sand och 10 volymprocent biokol producerat av park- och trädgårdsavfall. Panelerna var mellan 800 och 900 mm höga och 50 mm djupa. Vegetationen utgörs av en blandning av inhemska och exotiska växter med lång blomningsperiod och en stor andel städsegrönt.

Placering

Parkeringshuset Anna ligger i centrala Malmö. De gröna väggarna är fördelade på fyra olika fasader och är därmed vända åt olika väderstreck (öst, syd och väst). Väggarna ligger mellan första och femte våningsplanet på parkeringshuset.

Användning

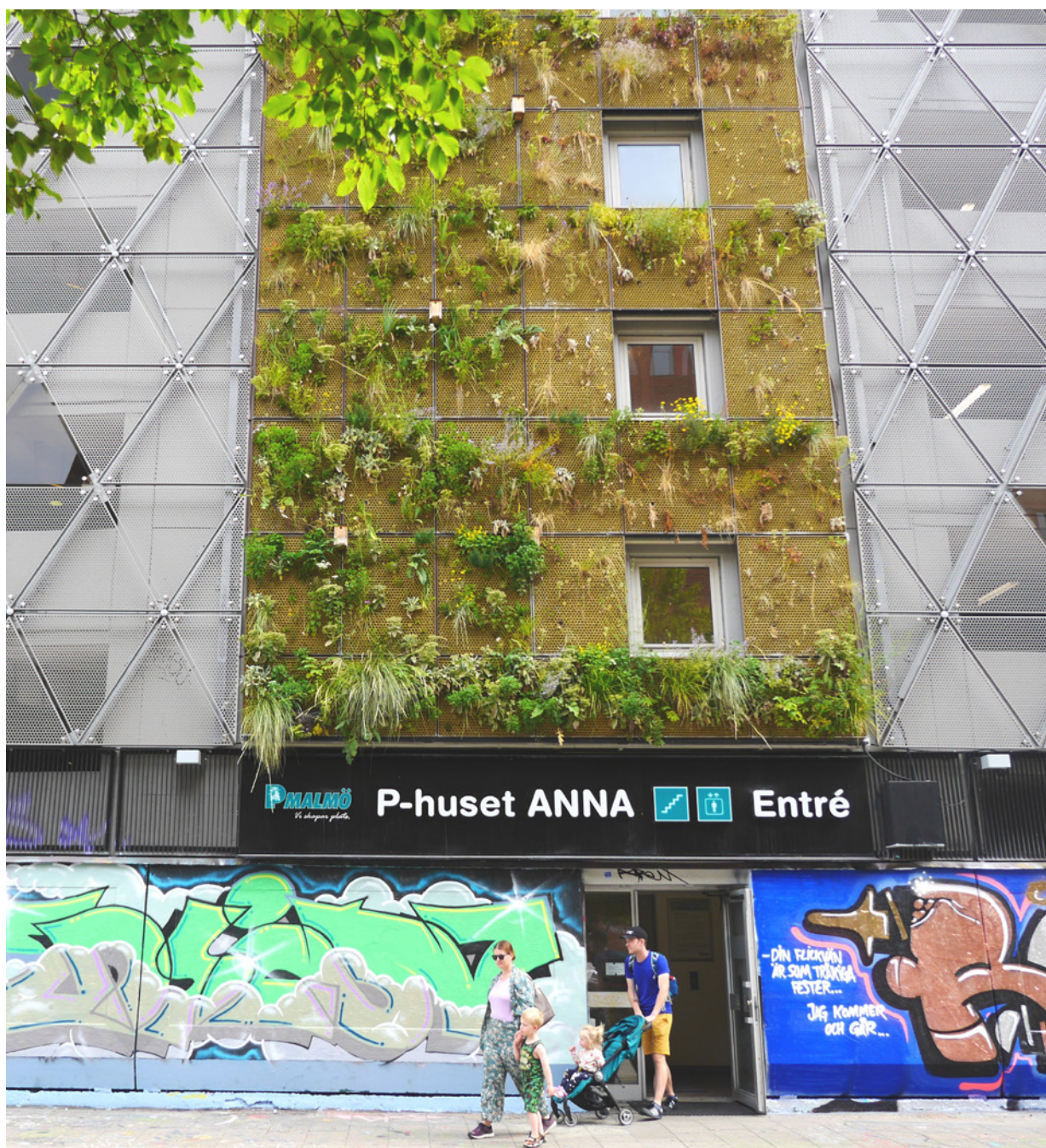
Merparten av väggarna är placerade så att de är utom räckhåll för förbipasserande, men en av väggarna ligger i höjd med gågatan.

Skötsel

Väggarna ses över ett par gånger per år och vid behov sker då komplettering av växtmaterial. Gödsling tillförs med bevattningsvattnet en till två gånger per år. Bevattning sker löpande med en bevattning per vecka under vegetationsperioden (tidig vår till sen höst).

Resultat

Den gröna väggen har ännu inte utvärderats vetenskapligt, men planteringarna ser så här långt mycket fina ut.



För mer information, kontakta:

Peter Korn, trädgårdsspecialist på Klinta trädgård
tel: 070-6786975

e-mail: peter@klingatradgard.se

Jonatan Malmberg, specialist på urbana
vegetationssystem på Ecotopic
tel: 070-7828770

e-mail: jonatan@ecotopic.se

Fotbollsplan – Linero, Lund

Inom ramen för Rest till Bäst genomförs flera olika försök med tillsats av biokol i fotbollsplaner. I Linero i Lund finns det första fullskaliga försöket där biokol tillsatts till en befintlig fotbollsplan. Förhoppningen är att tillsatsen av biokol i markbädden ska förbättra grästillväxten och öka slitstyrkan hos denna naturliga gräsplan, som tidigare haft dålig grästillväxt och fläckvis varit helt utan gräs. Periodvis har det även funnits vattenpölar på planen.

Varför använda biokol här?

Att tillsätta biokol i fotbollsplaner har flera fördelar. Biokolets vatten- och näringshållande egenskaper ger ett djupare och mer förgrenat rotsystem hos gräset, och därmed mer slitstarka gräsytor. Gräset blir också mindre känsligt för torka då biokol är poröst och kan hålla vatten. Även näringsläckaget, och därmed behovet av gödsling, kan minska. Fotbollsplanen blir då mer slitstark och kan användas mer och under en större del av året, samtidigt som det minskade gödslings- och bevattningsbehovet innebär en lägre underhållskostnad.

Naturligt gräs binder också koldioxid, men framför allt utgör biokolet i marken en långvarig kolsänka. I fotbollsplanen på Linero i Lund har drygt 20 ton CO₂-ekvivalenter bundits.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Fotbollsplanen på Linero idrottsplats som behandlats och fått en tillsats med biokol är en före detta grusplan som gjordes om till en gräsplan år 2014. I samband med det installerades en dränering på 25 cm djup. På denna lades 7-8 cm sand, därefter återfylldes planen med lerhaltig matjord på 7-8 cm samt med en sanddominerad överbyggnad på 8-10 cm.

I oktober 2019 utfördes följande åtgärder:

1. Planen perforerades (utan brytning) med en luftningsmaskin med 25 mm dornar till ett djup av 20-22 cm med 12 cm mellan dornarna.
2. Biokol (32 m³) spreds ut på planen med hjälp av en dressmaskin. Biokolet är producerat av bioagropelletts (baserat på fröskal och stjälkresten).
3. Planen perforerades en gång till med luftningsmaskinen.
4. Biokolet borstades ned i hålen med hjälp av roterande borstar.

5. Planen toppdressades med 75 ton (=5-6 mm) av en blandning av sand och mull (85 respektive 15 volymprocent).
6. Planen hjälpsåddes med 260 kg frö av engelskt rajgräs.
7. Planen höstgödslades med 240 kg NPK 11-5-18.

Placering

Linero idrottsplats ligger i östra delen av Lunds tätort och omges av både villa- och miljonprogramsområden.

Användning

Idrottsplatsen ägs av Lunds kommun och brukas av Linero IF. Från tidig eftermiddag till sen kväll används den till allt från bollskola till A-lags-matcher.

Skötsel

Både före och efter tillsatsen av biokol har fotbollsplanen vattnats, gödslats och klippts regelbundet. Under våren 2020 har planen behövt mer bevattning än tidigare. Under försommaren 2020 minskade bevattningen till normala nivåer. Efter biokolstillsatsen behöver gräset klippas tre snarare än två gånger per vecka.

Resultat

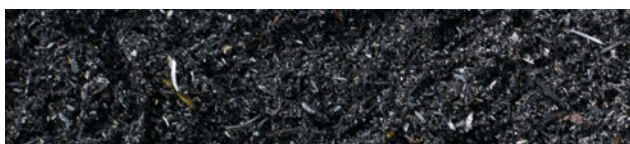
Tillsatsen av biokol är ännu inte fullständigt utvärderad, men hittills är fotbollsklubben nöjd. De kala fläckarna utan gräs har nästan helt försvunnit och gräsets tillväxt har ökat. Det står inte längre vatten på planen. Fotbollsplanen tål därmed en ökad belastning, vilket var huvudsyftet med åtgärden.

När markprofilen studerades i maj 2020 (ett drygt halvår efter att biokolet tillsattes) syntes biokolet som ett 1-2 cm diffust svart lager under toppdressingen. Det finns även kilar av biokol ner till cirka 5 cm i överbyggnaden samt spår av sandinlagring i den underliggande lerhaltiga profilen. Det finns indikationer på att rottillväxten har ökat och rötter fanns också djupare ner i marken, åtminstone i överbyggnaden.



Det hade förväntats att biokolet skulle komma längre ner i markprofilen. Möjligen försvårade ett regn nedborstningen av biokolet i hålen då biokolet klibbade ihop.

Systemet för tillsats av biokol i befintliga fotbollsplaner har efter försöket i Lund vidareutvecklats och kommersialiserats. Det har bland annat använts på Harlyckans idrottsplats i Helsingborg och Rocklunda idrottsplats i Västerås.



För mer information, kontakta:

Markus Paulsson, energistrateg på Lunds kommun

tel: 046-3595336

e-mail: markus.paulsson@lund.se

Sven-Olof Bernhoff, vd på Skånefrö

tel: 0414-412501

e-mail: sob@skanefro.se



Fotbollsplan – Gärsnäs, Skåne

Under 2020 etablerades den allra första nyanlagda fotbollsplanen med biokol i det lilla samhället Gärsnäs i östra Skåne. Målsättningen var att genom tillsats av biokol öka gräsets slitstyrka och därmed förlänga säsongen, samt skapa en fotbollsplan med lägre koldioxidavtryck.

Varför använda biokol här?

Att blanda biokol i jorden till fotbollsplaner är fördelaktigt både för miljön och spelarna. Biokolets vatten- och näringshållande egenskaper lockar till sig gräsrötterna, vilket resulterar i ett djupare och mer förgrenat rotsystem och därmed mer slitstarka gräsytor. En gräsplan där biokol har tillsatts blir därför betydligt mer hållbar än en konventionell gräsyta.

Biokolets höga vattenhållande kapacitet kan också gynna gräset under torra perioder, med ett minskat bevattningsbehov och reducerade kostnader som resultat. Förutom att gräset i sig binder koldioxid, utgör även biokol en kolsänka. Om anläggande av konstgräsplaner ersätts av gräsplaner med biokol får man därför fotbollsplaner med ett betydligt lägre koldioxidavtryck.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

En konventionell anläggningsjord för fotbollsplaner lades ut som växtbädd. Därefter dressades hela ytan med 2 kg biokol/m² (vilket motsvarar 7,5 liter biokol/ m²). Biokolet var producerat av bioagropelletts gjorda av frörens och EBC-certifierat (se kapitel 11). Biokolet frästes sedan ner i växtbädden samtidigt som ett konventionellt gödningsmedel (5 kg NPK 11-5-18/100 m²) och en organiskt baserad produkt (5 kg/100 m²) tillfördes. På detta sätt skapades en homogen växtbädd med biokol och näring. Efter detta jämnades hela fotbollsplanens yta till igen, innan den såddes med en blandning av gräsfrön speciellt framtagen för fotbollsplaner.

Placering

Fotbollsplanen ligger på Gärsnäs idrottsplats, i utkanten av samhället Gärsnäs på Österlen i Skåne. Den angränsar till öppna fält och åkrar.

Användning

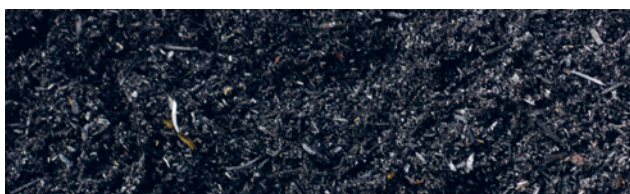
Fotbollsplanen används av Gärsnäs fotbollsklubb som regelbundet tränar och spelar matcher på den.

Skötsel

Skötseln av fotbollsplanen har hittills inte förändrats utan omfattar årlig gödsling och bevattning vid behov. Djupluftning, vertikalskärning, dressning samt hjälpsådd av gräsfrö sker enligt ordinarie skötselprogram. Förhoppningen är att under kommande år kunna minska på både vatten- och näringstillförsel, då biokolet resulterar i en jord som binder näring och håller vatten betydligt bättre än en konventionell fotbollsplansjord.

Resultat

Grästillväxten på fotbollsplanen var god redan en kort tid efter anläggningen och gräset har fått ett mycket bra rotsystem i den övre delen av markbädden. Vid inspektion av planen har djupt gående växrötter noterats. Fotbollsplanen har under 2020 nyttjats av Gärsnäs fotbollsklubb, som genomfört både träningspass och matcher långt in på hösten. Hållfastheten och slitstyrkan har varit mycket god, och den goda tillväxten har gett en jämn och bra spelyta.

**För mer information, kontakta:**

Sven-Olof Bernhoff, vd på Skånefrö

tel: 0414-412501

e-mail: sob@skanefro.se

Jörgen Nilsson, projektledare fotboll på Skånefrö

tel: 0414-412521

e-mail: jorgen.nilsson@skanefro.se



Äng – Augustenborg, Malmö

Ängsmarker i stadsmiljöer ökar den biologiska mångfalden, bidrar till att motverka utdöendet av hotade arter och utgör ett trevligt inslag för de boende i ett område. Att anlägga ängar på ett enkelt och kostnadseffektivt sätt är dock inte helt lätt. En möjlighet skulle kunna vara att omvandla befintliga gräsmarker till ängsmarker genom att blanda in biokol i odlingssubstratet, något som har testats i Augustenborg i Malmö.

Varför använda biokol här?

Tillsats av biokol har i flera fall visat sig resultera i kvävebrist i olika vegetationssystem. Detta beror troligen på att biokol initialt binder kväve mycket effektivt (inbindningen är dock reversibel). Genom att tillsätta biokol, och därmed minska kvävetillgången, skulle etableringen av ängsväxter i gräsmarker kunna gynnas på bekostnad av mer rudimentära arter.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Tre försöksytor etablerades under 2016 på tidigare gräsmark, med tanken att förändra marksammansättningen så att den blir mer gynnsam för ängsväxter. Ytan täcktes med en duk för att kväva vegetationen och bearbetades med jordfräs för att luckra jorden lätt. Till varje försöksyta tillsattes kalk och kalk tillsammans med halm med tanken att kalken skulle reducera växttillgängligt fosfor och halmen skulle reducera växttillgängligt kväve. En artrik fröblandning såddes in.

Under våren 2019 behandlades alla ytor med jordfräs och ängsväxter såddes in på nytt. I samband med detta tillsattes även biokol producerat av bioagropelletts till hälften av ytorna. Det innebär att det nu finns sex olika behandlingar – 1) kontroll, 2) kontroll + biokol (10 volymprocent), 3) kalk (1 dm³/m³), 4) kalk (1 dm³/m³) + biokol (10 volymprocent), 5) kalk (1 dm³/m³) + halm (cirka 10 kg/10 m³) och 6) kalk (1 dm³/m³) + halm (cirka 10 kg/10 m³) + biokol (10 volymprocent).

Placering

Ängsytorna ligger längsmed Lantmannagatan i området Augustenborg i sydöstra Malmö. Augustenborg är ett bostadsområde från 1940-talet, som under 1990-talet miljöanpassades och idag är en ekostad med ett flertal gröna tak och öppna dagvattensystem.

Användning

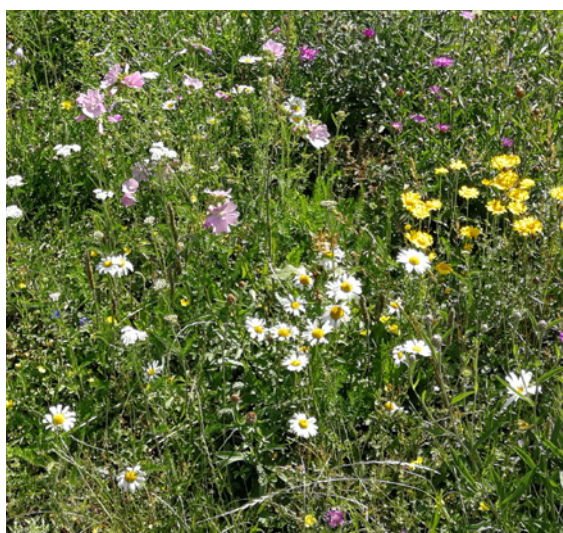
Ängsytorna ligger i ett bil-, promenad- och cykelstråk som används av de boende i Augustenborg. Tanken är att ängarna ska uppfattas positivt av de boende och utgöra ett vackert inslag som bryter av mot de klippta gräsmattor som annars dominerar platsen. Förhoppningen är även att ängarna ska bidra till en ökad biodiversitet i området.

Skötsel

Ängarna klipps en gång per år efter frösättning. Dessutom plockas skräp som fastnar i den jämfört med gräs betydligt längre ängsvegetationen regelbundet bort.

Resultat

Vegetationsanalyser har skett under sommaren 2020. Preliminära resultat visar att tillsats av biokol inte har gynnat etableringen av ängsväxter på de tidigare gräsytorerna. Bäst etablering finns på de ytor som kalkats och täckts med halm. Varför är ännu oklart, men en möjlig orsak skulle kunna vara att ytorna med halm är fuktigare. Avsaknaden av positiva effekter av biokolet skulle kunna bero på att marken blivit för kompakt eller att biokolet bundit markvattnet för hårt. Undersökningarna av ängsytorna fortsätter framöver.

**För mer information, kontakta:**

Ann-Mari Fransson, universitetslektor vid Institutionen för
landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU Alnarp
tel: 040-415447
e-mail: ann-mari.fransson@slu.se



Tillfällig äng – Skeppsbrokajen, Malmö

Som en del i ett nytt stadsutvecklingsprojekt i Malmö, där platser som står inför stora förändringar mellan används, anlades i början av juni 2020 en tillfällig äng på en asfaltyta vid Skeppsbrokajen i centrala Malmö. Med hjälp av bland annat biokol ska vattenbalansen i odlingssubstratet i denna varma och vindexponerade stadsmiljö förhoppningsvis kunna upprätthållas. När tiden för mellan användning är över är tanken att hela växtbädden flyttas och ängen återskapas på en ny plats.

Varför använda biokol här?

Det övergripande målet är att skapa nya typer av jordar som klarar av de torra förhållanden som råder på öppna vind- och värmeutsatta platser i asfaltöknar i stadsmiljöer. Jordarna baseras på makadam, återvunnen sand och sten samt grönkompost och biokol. Biokolet bidrar framförallt till att förbättra odlingssubstratets vattenhållande kapacitet.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Ängens jord baseras på återvunnen sand och sten, grönkompost (0-10 mm) samt ett rejekt från grönkomposttillverkning (en grov kompostfraktion på 20-40 mm som blir över efter grönkomposttillverkning och där ganska mycket sten finns kvar i materialet, uppskattningsvis 25 volymprocent). Sju olika blandningar testades och i samtliga ingick biokol producerat av träflis:

1. kolmakadam med 75 volymprocent makadam (2-5 mm), 12,5 volymprocent biokol och 12,5 volymprocent grönkompost (0-10 mm)
2. kompostrejekt med ett lager kolmakadam (likadant som i behandling 1) ovanpå
3. kompostrejekt och grönkompost (50 volymprocent vardera) med ett lager kolmakadam (likadant som i behandling 1) ovanpå
4. kompostrejekt och biokol (cirka 10 volymprocent) med ett lager kolmakadam (likadant som i behandling 1) ovanpå
5. kolmakadam enligt blandning 1 men där grönkomposten ersattes med 12,5 volymprocent kompostrejekt
6. 12,5 volymprocent biokol, 62,5 volymprocent återvunnen sten (4-16 mm) och 25 volymprocent återvunnen sand (0-8 mm)

7. 12,5 volymprocent biokol, 62,5 volymprocent återvunnen sten (4-16 mm), samt 12,5 volymprocent sand (0-8 mm) blandad 12,5 volymprocent grönkompost (0-10 mm).

Samtliga försöksytor var placerade direkt på befintlig asfalt, hade ett växtbäddsdjup om 200 mm och vallades in av en 300 mm hög sarg bestående av en träbalk.

Placering

Ängen ligger på Skeppsbrokajen i centrala Malmö, ett område som är väldigt asfaltdominerat. Ängen är exponerad för såväl vind som värme som alstras från den omkringliggande asfalten.

Användning

Ängen är endast tänkt att vara estetiskt tilltalande och får inte beträdas.

Skötsel

Tanken är att ängsytan ska klippas en gång per säsong efter frösättning, men detta kommer inte att ske förrän efter två växtsäsonger. Ängen ska inte gödslas eller kalkas.

Resultat

Ängen har nyss etablerats och en ordentlig utvärdering kommer att ske först efter växtsäsongen 2020. Vissa resultat är dock tydliga redan i augusti 2020: några av blandningarna fungerade väl, medan andra inte fungerade alls (det vill säga det blev mer eller mindre ingen tillväxt alls). Att några blandningar inte fungerade beror troligen på att det blev alltför torrt i dem.

Exempel på jordblandningar som har fungerat tillfredsställande så här långt med avseende på initial groning och tillväxt är blandningarna 1, 3 och 7. Undersökningarna av ängsytan fortsätter framöver.



För mer information, kontakta:

Larsola Bromell, landskapsarkitekt på Malmö stad
tel: 072-3579885

e-mail: larsola.bromell@malmo.se

Jonatan Malmberg, specialist på urbana
vegetationssystem på Ecotopic

tel: 070-7828770

e-mail: jonatan@ecotopic.se



Salladsodling – pallkrage, Malmö

Under 2017 och 2019 genomfördes försök på Augustenborgs botaniska takträdgård där plocksallat odlades i flera olika typer av odlingssubstrat; en torvbaserad odlingsjord från detaljhandeln, torv blandat med olika mängder biokol och en blandning av biokol, torv och krossat cellglas. Syftet var att undersöka om biokol kan ersätta torv i olika odlingssubstrat. Generellt kan sägas att en liten andel biokol i odlingssubstratet var positivt ur tillväxtskympunkt, medan en alltför hög andel biokol resulterade i sämre eller till och med helt utebliven tillväxt hos salladen.

Varför använda biokol här?

I en översyn av torvens klimat- och miljöpåverkan, som utfördes år 2016 av Naturvårdsverket på uppdrag av regeringen, fastslogs att torv är en fossil resurs. Det tar tusentals år för ny torv att bildas, och torv som bryts kan därför inte betraktas som en förnyelsebar resurs. Torv bryts även ned relativt fort och leder därmed till ökade halter av koldioxid i atmosfären. Biokol skulle kunna ersätta torvens närings- och vattenhållande kapacitet i olika odlingssubstrat och andelen torv i substraten skulle då kunna minska.

Biokolets egenskap som kolsänka kan även nyttjas för att kompensera torvens negativa klimatpåverkan.

Teknisk beskrivning, användning och skötsel

Konstruktion

Två olika försök med salladsodling genomfördes, det ena 2017 och det andra 2019.

I *försöken 2017* användes torv som inte var näringsberikad och inte heller hade kalkats. Den hade därför ett pH-värde på runt 4,5. Biokolet var producerat av bioagropelletts, gjorda av pelleterade fröskal, och hade ett pH-värde på 8,5. Biokolet laddades inför försöken med organiska gödselmedel (kogödsel eller flytande organisk växtnäring). I försöken var andelen biokol 0, 25, 33 och 50 volymprocent och andelen torv följaktligen 100, 75, 67 och 50 volymprocent. Varje behandling hade fyra upprepningar.

I *försöken 2019* fylldes fem pallkragar med olika substratblandningar med cellglas. I alla fem pallkragarna var hälften av materialet krossat cellglas (fraktion 3-11 mm). Cellglas är ett mycket lätt material och är intressant för takodling då takens lastkapacitet ofta är en begränsande faktor för hur djupa växtbäddar som kan anläggas. Den andra hälften av materialet bestod av torv och biokol i en gradient där biokolet ökade från 10 till 30

volymprocent (i steg: 10, 15, 20, 25 och 30 volymprocent) medan torven minskade från 40 till 20 volymprocent (i steg: 40, 35, 30, 25 och 20 volymprocent). Biokolet var producerat av bioagropelletts, gjorda av pelleterade fröskal, och hade ett pH-värde på 7,5. Biokolet laddades under en vecka inför anläggningen med flytande växtnäring från detaljhandeln. Torven som användes hade inte näringsberikats och hade inte heller kalkats. Den hade därför ett pH-värde på runt 4,5. Som kontroll till gradientförsöket odlades sallad även i en torvbaserad odlingsjord från detaljhandeln (som kalkats till pH 6 och gödslats med mineralgödsel).

Alla behandlingar lades i växtbäddsdjup om 100 mm. Vid varje bevattningstillfälle vattnades alla pallkragar lika mycket. Bevattning genomfördes 1-3 gånger i veckan beroende på nederbördsmängd.

Placering

Pallkragarna var placerade på takbjälklag i Augustenborgs botaniska takträdgård i sydöstra Malmö. Augustenborg är ett bostadsområde från 1940-talet, som under 1990-talet miljöanpassades och idag är en ekostad med ett flertal gröna tak och öppna dagvattensystem.

Skötsel

Bevattning skedde löpande under försökens gång. Alla behandlingar vattnades lika mycket.

Resultat

Försök 2017: I substratet som bestod av enbart torv växte salladen inte alls. När torven blandades med 25 respektive 33 volymprocent näringsladdat biokol erhöles betydligt bättre resultat med snabbväxande stora plantor. Biokolet bidrog här sannolikt till att höja den torvbaserade jordens pH-värde. När andelen biokol ökade till 50 volymprocent uteblev dock de positiva resultaten; salladsfröna grodde knappt alls och de enstaka plantor som grodde hade en mycket dålig tillväxt.

Försök 2019: I försöken med 50 volymprocent cellglas blandat med olika andel biokol och torv hade sallad som växte i substratblandningen med 10 volymprocent biokol, 40 volymprocent torv och 50 volymprocent cellglas lika god tillväxt mätt i torrsvikt som genomsnittet för den torvbaserade odlingsjorden från detaljhandeln.

I blandningen med 15 volymprocent biokol och 35 volymprocent torv, samt 20 volymprocent biokol och 30 volymprocent torv var tillväxten av salladen betydligt sämre, och torrsvikten utgjorde cirka 25% av torrsvikten för salladen som växte i den torvbaserade odlingsjorden från detaljhandeln. I blandningarna med större andel biokol (> 25 volymprocent biokol) var tillväxten så gott som helt utebliven.

Försöken visar att biokol i viss mån skulle kunna ersätta torvens närings- och vattenhållande kapacitet i olika odlingssubstrat och att andelen torv i substraten skulle kunna minskas. Det finns även flera andra studier som visar på goda resultat när det gäller att ersätta en del av torven i odlingssubstrat med biokol. Tillämpningen kan vara intressant för de plantskolor och yrkesodlare som odlar i torv och är intresserade av att få en tillverkning med lägre klimatpåverkan.



För mer information, kontakta:

Jonatan Malmberg, specialist på urbana vegetationssystem på Ecotopic
tel: 070-7828770

e-mail: jonatan@ecotopic.se

Gustav Nässlander, trädgårdsingenjör på Scandinavian Green Roof Institute
tel: 070-5402423

e-mail: gustav@greenroof.se



	Biokolets egenskaper					
	Hög WHC*	Hög CEC#	Kalkeffekt	Högt näringsinnehåll	Stor specifik yta	Hög renhet
Gräsytor						
Fotbollsplaner	+					+
Urbana ängar	+		-	-		+
Regnbäddar						
Regnbäddar & andra blågröngrå lösningar	+					+
Rening av dagvatten	0	+	+	-	+	+
Trädplanteringar						
Befintliga träd	+		-	+		+
Träd vid nyanläggning	+			+		+
Träd vid nyanläggning i biokolmakadam	+			+		+
Gröna tak						
Befintliga sedumtak	+	+	-	+		+
Nyanläggning av sedumtak	+	+	-	+		+
Gröna väggar						
Gröna väggar	0	+	-	+		+
Perennplanteringar						
Växtbäddar	+			+		+
Torvsubstituering						
Odlingslådor	+		+			+

Tabellen visar egenskaper hos biokol, och huruvida egenskaperna är kritiska eller ej för biokolets funktion i olika urbana tillämpningar:

+ egenskapen är kritisk

0 egenskapen är inte kritisk

- egenskapen har en negativ inverkan

Tomma rutor indikerar att vi i dagsläget inte vet tillräckligt för att bedöma egenskapens betydelse.

*WHC=vattenhållande kapacitet

#CEC=kationutbyteskapacitet (näringshållande förmåga)



7. Biokolsproduktion bidrar till cirkulär ekonomi

Biokolsproduktion kan med fördel utföras med ett cirkulärt tänk redan från start då det med en god planering kan ge möjlighet att skapa lösningar på tidigare problem. Nedan beskrivs ett exempel på ett cirkulärt system där biokol utgör både en lösning och en drivkraft för utveckling.

Identifiera befintliga biomassor som passar för biokolsproduktion

Lägg gärna gott om tid på att utvärdera vilka svårhanterliga biomassor som finns i dagsläget, det vill säga identifiera biomassor som utgör ett problem och som är svåra att bli av med. I bästa fall kan man då få tag i biomassa utan kostnad eller till och med få betalt för att hantera den. Tänk dock på att om biomassan har för hög askhalt (om den till exempel innehåller mycket löv och gräs) kan pyrolysisprocessen behöva stödenergi för att fungera.

Hitta en lämplig placering för biokolsproduktionen

I en urban miljö kan detta vara en utmaning. Pyrolysanläggningen måste nämligen ligga i anslutning till den som ska nyttja överskottsvärmen och ska med fördel även ligga nära det ställe där biomassan finns för att minska behovet av transporter.

Hitta avsättning för värmen

Att värmen som genereras vid pyrolysisprocessen kommer till nytta är viktigt av flera skäl. Intäkterna från försäljningen av värmen kan i vissa fall vara i samma storleksordning som intäkterna från försäljningen av biokolet. Att ha två produkter till försäljning ökar

resiliensen, och är också bra ur ett klimatperspektiv då den pyrolysisprocessgenererade värmen kan ersätta värme från mindre klimatsmarta källor.

Hitta avsättning för biokolet

Användningen av biokol ökar framförallt i urbana miljöer. Biokol kan bidra till att skapa stabila jordar med god vatten- och näringshållande kapacitet, vilket kan innebära sänkta kostnader för skötsel och underhåll. Biokol kan dessutom ersätta ändliga material och således bidra till att minska användarens klimatpåverkan.

Nyttja eller sälj kolsänkan

Biokol hindrar kol från att återgå till atmosfären som koldioxid. Därmed utgör biokol en kolsänka och bidrar till att motverka klimatförändringen. Som producent av biokol kan man kompensera för sina egna utsläpp eller sälja kolsänkan till andra som vill göra det.

Utnyttja befintliga investeringsstöd

I Sverige har investeringsprogrammet Klimatklivet varit en viktig drivkraft för att öka investeringen i biokolsteknik. Utseendet på befintliga investeringsstöd varierar med tiden men det är väl värt att se över vilka möjligheter som finns.





” Om vi tänker oss ett 100-meterslopp så tror jag inte ens att vi har kommit ur startblocken ännu.

Bengt Syrén
rådgivare och försäljare
på Bara mineraler

Fem frågor om BIOKOL till Bengt Syrén på Bara mineraler

Varför ska man använda biokol?

Det allra viktigaste skälet tycker jag är den klimatnytta som det ger. Genom att använda biokol skapar vi en kolsänka i marken. Vi kan dessutom ta organiskt material som är miljöfarligt, omvandla det till biokol och därigenom få fram en betydligt renare produkt som sedan kan spridas utan problem.

Passar biokol överallt?

Har man redan en riktigt bra jord så tillför biokol troligen inget mer än den klimatnytta det ger. Har man däremot en dålig jord så kan det bidra till att förbättra strukturen och öka den vattenhållande kapaciteten och i viss mån även förbättra näringstillgången.

Vilka är de största utmaningarna med biokol idag?

Det finns ett mycket brett spann av produkter som kallas biokol idag. Men de ser väldigt olika ut och har olika egenskaper. Vissa är som damm, andra är i form av pellets eller små och stora bitar och de reagerar på olika sätt. Det är viktigt att tänka på när man ska använda biokolet. Vilket biokol passar mig? Och hur ska vi tillföra det till jorden på bästa sätt? Vi vill ju att biokolet ska fördelas väl i jorden, inte skicka sig och stanna på plats. Där har vi en utmaning, och vi behöver mer kunskap för att få ut maximal effekt av biokolet.

Vilka är dina bästa tips vad gäller biokol?

Biokol är smutsigt och flyger lätt iväg, särskilt när det är i finare fraktioner, så det är en fördel att blanda inomhus. Det gäller också att hålla materialet fuktigt, annars kan biokolet flyga iväg med vinden. Men blandar man det i en jord får det inte heller vara för fuktigt för då blir det istället lätt kletigt.

Jag själv föredrar att använda de mellanstora bitarna som är lättare att blanda till en homogen blandning. De är också bättre ur kompakteringssynpunkt jämfört med de finare fraktionerna. Men det innebär inte att det alltid är det bästa.

Vad tror du om framtiden för biokol?

Om vi tänker oss ett 100-meterslopp så tror jag inte ens att vi har kommit ur startblocken ännu. Biokolet har en enorm potential, men vi behöver mer data och måste också lära oss navigera rätt, både vad gäller utbud och användning. Att hitta rätt biokol för rätt plats och användningsområde helt enkelt.

KONTAKT

Bengt Syrén, Bara mineraler

tel: 0701- 465836

e-mail: bengt.syren@baramineraler.se



” Jag tror att biokol passar bäst i substrat där man odlar på lång sikt.

Lina Pettersson
produktionschef
på Veg tech

Fyra frågor om BIOKOL till Lina Pettersson på Veg tech

Vilken är den främsta anledningen till att ni använder biokol?

Vi vill höja kvaliteten på våra odlingssubstrat. Våra gröna tak har väldigt tunna substratlager, vilket innebär att den vatten- och näringshållande kapaciteten är begränsad. Biokol bidrar till att öka dem. Biokol bidrar troligen också till att taken blir mindre skötselintensiva, eftersom vi kan minska gödslingen från varje till vartannat år.

Passar biokol överallt?

Jag tror att biokol passar bäst i substrat där man odlar på lång sikt. Våra substrat ska leverera under 20-30 år och då fungerar det bra, för det finns gott om tid för biokolet att näringsladdas när det blandas med till exempel kompost och ligger i odling i vår produktion. I kortsiktiga system tror jag att det fungerar mindre bra, eftersom det finns risk att näringstillgången minskar initialt och att växterna får näringsbrist.

Vilka är de största utmaningarna med biokol idag?

Det är mycket som vi inte vet ännu, vilket innebär att man får gå på känsla. En sådan sak är till exempel hur mycket biokol man ska blanda in i olika typer av odlingssubstrat.

Det är en sak med skelettjordar där det inte finns någon vatten- och näringshållande kapacitet alls, men hur mycket ska vi blanda i andra odlingslösningar där det redan finns en viss kapacitet? Och hur mycket är försvarbart rent ekonomiskt? Det är sådana frågor vi fajtats med just nu.

Idag finns också en uppsjö biokol av olika kvalitet. Vi behöver säkerställa kvaliteten på det biokol som finns och få till en väl fungerande certifiering framöver.

Vad bör man tänka på vid hanteringen av biokol?

Biokol är en väldigt dammig produkt. Vi har hittills hanterat det i storsäck, men kommer att testa att hantera det i bulk på flak eftersom det då blir lättare att tillsätta vatten och minska dammet. Men då gäller det att hitta en balans mellan produktion och förbrukning. Nu producerar vi biokol under vinter och vår, men använder det i substrattillverkning under vår, sommar och höst. Om vi vill undvika att lagra stora mängder biokol måste vi lära oss att hantera dessa årsvariationer bättre.

KONTAKT

Lina Pettersson, Veg tech

tel: 070-6396657

e-mail: lina.pettersson@vegtech.se



” En annan viktig egenskap för oss är biokolets renande funktion, framförallt vad gäller föroreningar.

Kent Fridell

specialist på blågröngrå infrastruktur
på konsultbyrån Edge i Malmö

Sex frågor om BLOKOL till Kent Fridell på Edge

Vilken är den främsta anledningen till att ni använder biokol?

Vi använder det främst för dess växtbäddsförbättrande egenskaper. Biokol håller näring och vatten och skapar goda förutsättningar för såväl växter som mikroorganismer. En annan viktig egenskap för oss är biokolets renande funktion, framförallt vad gäller föroreningar.

Vilka är de största utmaningarna med biokol idag?

Det är att veta vad man får, alltså vilka egenskaper det biokol man beställer besitter. Det varierar mycket beroende på både ursprungsmaterial och pyrolyprocess och idag har vi ingen väl fungerande certifiering som visar vad en viss produkt står för.

Finns det någonstans man inte bör använda biokol?

I en väl fungerande lerjord är den vatten- och näringshållande kapaciteten redan mycket god så där kommer biokolet inte att ge någon väsentlig effekt. Då blir det inte ekonomiskt lönsamt att tillsätta biokol.

Vilken typ av biokol föredrar du vid hantering och användning?

Jag föredrar pellets eller mindre bitar som briketter. De är en fördel ur arbetsmiljöperspektiv, eftersom det dammar

mindre. Risken för att biokolet ska följa med vattenflödet till dagvattenledningssystemet minskar också.

Finns det några fördelar i hantering och användning av biokol jämfört med de material som det skulle kunna substituera?

Biokolet är mycket mer stabilt och nedbrytningshastigheten mycket lägre än hos organiska material. Kolet försvinner alltså inte lika snabbt, vilket innebär att volymen i växtbäddarna inte sjunker ihop på samma sätt som om man använder exempelvis torv. Att kolet stannar kvar i marken ger dessutom en kolsänkeffekt.

Vilken är den vanligaste frågan du får om biokol?

De allra flesta frågor handlar om biokolets renande funktion och hur länge denna håller i sig. Det är en fråga som är väldigt svår att svara på. Biokolets förmåga att hantera föroreningar kommer att avta med tiden, men hur snabbt det går beror ju på hur förorenat material man skickar in i systemet. Dessutom tillförs hela tiden nytt organiskt material till systemet, vilket ger nya funktionella grupper som kan binda föroreningarna.

KONTAKT

Kent Fridell, Edge

tel: 073-3232664

e-mail: kent.fridell@edges.se



” ... vi vill återanvända de material som staden genererar och skapa en produkt som förbättrar våra planteringar.

Britt-Marie Alvem
landskapsarkitekt och trädspesialist
på trafikkontoret, Stockholms stad

Fem frågor om BIOKOL till Britt-Marie Alvem på trafikkontoret, Stockholms stad

Vilken är den främsta anledningen till att ni använder biokol?

Vi importerar väldigt mycket jord till Stockholms stad och det vill vi helst inte göra eftersom jord är en ändlig resurs. Istället vill vi få till ett cirkulärt resursflöde – vi vill återanvända de material som staden genererar och skapa en produkt som förbättrar våra planteringar. Det kan vi med hjälp av biokol.

Vilka är de största utmaningarna med biokol idag?

Det vi kämpar med just nu är att hitta rätt sorts gödning. Vi måste gödsla, samtidigt vill vi inte att det läcker ut för mycket näring från växtbäddarna. Vi har tidigare testat vanlig NPK-gödning och hönsgödsel, och nu håller vi på att testa maskkompost. En annan utmaning är att kunna reglera pH-värdet så att biokol kan tillsättas utan att vi får en alltför basisk miljö, för då trivs inte växterna.

Går det att misslyckas i användningen av biokol?

Ja, det tror jag. Vi har gjort en del saker som inte blev bra, framförallt i början. Ett klassiskt problem är att man blandar in för mycket biokol. Det verkar finnas en gräns kring 20-25 volymprocent. Överskrider man den

mår växterna dåligt eller dör. Hur man ska blanda rätt är den absolut vanligaste frågan vi får om biokol.

Finns det några fördelar i hantering och användning av biokol jämfört med de material som det skulle kunna substitueras?

Det finns två stora fördelar. Den ena är att biokol inte är en ändlig resurs, såsom till exempel torv, sand och grus är. Den andra att biokol binder koldioxid och därmed bidrar till att minska växthuseffekten.

Vad tror du om framtiden för biokol?

Biokol kommer kanske inte att rädda världen, men i urbana miljöer tror jag att det kommer att spela en väldigt stor roll. Just nu är biokol för dyrt eftersom det produceras så lite, men när marknaden väl kommer igång så tror jag att fler och fler kommer att få upp ögonen för det. Får vi dessutom till en certifiering och lokala producenter kommer det att bli ännu mer intressant att använda.

KONTAKT

Britt-Marie Alvem, Stockholms stad
tel: 076-1226263
e-mail: brittmarie.alvem@stockholm.se

9. Vad bör mätas i biokol och vad betyder analysresultaten

I detta kapitel ges en översikt över de parametrar som brukar analyseras i biokol, vad de betyder och vilka värden som är rimliga att hitta i biokol. Mer information om hur biokolets olika egenskaper påverkar dess funktion finns i kapitel 3.

Provtagning

För att se hur stor variation som finns i ett material är det generellt bäst att ta minst tre prover för analys. Med tre prover går det att beräkna ett medelvärde och en variation. Eftersom biokol innehåller många olika fraktioner som kommer att separera vid hantering kan det vara svårt att ta ett representativt prov. Det bästa är att dela den hög man vill provta på mitten och sedan fortsätta att dela högarna tills man har ett prov som är hanterbart. Detta är omständligt och kräver utrymme. Alternativt kan man ta delprov på olika djup i biokolshögen och på olika avstånd från ytan. Vi rekommenderar att ta minst 10 delprov och slå ihop till ett.

Om en biokolsproducent tar prov vid olika tillfällen under produktionsprocessen är det viktigt att processen har varit stabil under en tid innan provet tas. Även här är det att föredra att ta många små delprov (10-20 stycken) och slå ihop till ett prov.

Analysresultat

Vatten

I analysprotokoll anges vatten på flera olika sätt: 1) maximalt vatteninnehåll, 2) totalt vatten eller vattenhalt (gesamtswasse, moisture) och ibland även 3) vattenhållande kapacitet (wasserhaltekapazität, water holding capacity).

Maximalt vatteninnehåll är hur stor viktökning materialet får om det mäts med vatten. Det är viktigt att veta om biokolet ska användas i substrat för tak och bjälklag. Maximalt vatteninnehåll säger inget om hur mycket vatten som är tillgängligt för växterna.

Totalt vatten är den mängd vatten som materialet innehåller vid provtagningen. Det varierar med luftfuktighet och nederbörd samt beror på om materialet har bevattnats vid nedkylningen. Det totala vattnet påverkar vikten på biokolet, och är därför viktigt vid transport, men har även betydelse för hur mycket biokolet dammar och i viss mån även för biokolets

viktpris (vilket är en anledning till att biokol bör köpas per volym).

Vattenhållande kapacitet är ett mått som används för att få en uppfattning om hur mycket av det vatten som finns i en jord eller ett odlingssubstrat som är tillgängligt för växterna. Det innebär att jorden får stå i ett vattenbad och suga upp vatten tills alla porer är fyllda. Sedan placeras provet så att det vatten som finns i de största porerna kan dräneras bort. Därefter torkas det vid 105°C. Det vatten som då avgår (viktminskningen) anses vara det vatten som är tillgängligt för växterna. Skulle jorden vara mycket salt kan dock denna metod överskatta det växttillgängliga vattnet.

pH

Vätejonskoncentrationen anges som pH och är en standardparameter vid alla analyser. Det som kan variera är vilken lösning som används vid extraktionen – vatten, KCl-lösning (1 molar) eller CaCl_2 -lösning (0,01 molar). Det pH som mäts i vatten är ofta runt en enhet högre än det pH som erhålls i KCl- och CaCl_2 -lösningarna. Det beror på att CaCl_2 och KCl får ut mer väte ur materialet. pH-mätning med CaCl_2 eller KCl ger en bild av hur mycket väte som finns i utbytbar form på partiklarna. Ska olika biokol jämföras behöver metoden för pH-bestämningen vara densamma.

Ledningstal och salthalt

Ledningstalet (leitfähigkeit, conductivity; $\mu\text{S}/\text{cm}$) beskriver hur mycket salter som finns i en lösning. En salt jord gör att växterna har svårare att ta upp det vatten som finns i jorden. De salter som finns i biokol kommer till stor del från askan och från det vatten som fanns i och omkring det organiska materialet när det pyrolyserades. De utgörs främst av koksalt (natriumklorid) och/eller kalium- och kalciumsalter från askan.

Bulkdensitet

Densitet är ett materials vikt per volymenhet och innebär att en bestämd volym av ett prov vägs. Det sätt som ett prov tas på blir därför avgörande för hur hög densiteten blir – om materialet är packat kommer

det att få en högre densitet och om det är löst får det en lägre densitet. Bulkdensitet (scuttdichte) är den densitet som ett material har när det varken är packat eller luckert och baseras på hur jorddensitet mäts vid markfysiska analyser. Den densitet som oftast anges i analysprotokoll för biokol är just bulkdensiteten.

Även om det står bulkdensitet i analysprotokollet finns anledning att tro att det snarare är skrymdensiteten som bestäms när det gäller biokol. Skrymdensitet är den densitet som jorden har när den har lagts i en hög eller lastats på ett släp, det vill säga när den har luckrats till en viss grad. Det är troligen det som sker när ett biokolsprov transporterats till labbet, packas något, och sedan också hanterats på labbet. För att kunna jämföra olika biokol hade det varit att föredra om det alltid var skrymdensiteten som bestämdes.

Partikeldensitet (true density) är densiteten av alla partiklar med porerna borträknade eller den kompakterade densiteten. Det är en mätning som är mindre beroende av hur provet har hanterats och är därmed säkrare, men dess betydelse för biokolets egenskaper är begränsad.

Stabilitet

För att biokolet ska vara en kolsänka måste det vara biologiskt och kemiskt stabilt, det vill säga det ska inte brytas ned till koldioxid och vatten. Organiskt material är generellt svårare att bryta ned om det innehåller lite syre och många dubbelbindningar, det vill säga syre/kolkvoten (O/C) och väte/kolkvoten (H/C) ska vara låga. Enligt EBC:s standard ska O/C-kvoten vara under 0,4 mol och H/C-kvoten under 0,7 mol för att biokolet ska räknas som en kolsänka (ett mol av ett ämne är ett visst antal molekyler av detta ämne, så molkvoten beskriver hur många molekyler av väte och syre materialet innehåller i förhållande till mängden kolmolekyler).

Askhalt

Askhalten beskriver hur mycket material som inte förbränns vid en fullständig förbränning. Askan kan ha två ursprung; icke brännbara föreningar som finns i råmaterialet och jord och sand som kommit med vid hanteringen av materialet. Du kan läsa mer om betydelsen av askhalten för biokolets egenskaper i kapitel 3.

Specifik yta/BET-yta

Specifik yta är biokolets totala yta. Den mäts ofta genom en metod som kallas BET (som står för Brunauer, Emmett och Teller, <https://www.iso.org/standard/44941.html>). I denna metod används en gas som inte reagerar med ytorna. Det utrymme som gasen tar upp relateras till volymen på porerna i materialet, vilket i sin tur relateras till ytan. BET-metoden kan användas för att mäta porer mellan 50 nm och 2 nm. För material med en stor mängd porer av mindre storlek än 2 nm kan BET-mätningen bli missvisande och ytan underskattas. Mätningen säger inte heller något om fördelningen av porer (mikro-, meso- och makroporer), utan är mer relaterad till katjonutbyteskapaciteten och materialets reningsförmåga.

TGA

Vid TGA, eller thermogravimetric analysis, mäts massförändringen av ett prov då temperaturen ökar. I och med att vikt förlusten bestäms kan den hastighet med vilken kolet oxideras (förbränns) beräknas. Massa, temperatur och tid är de tre basmätningarna i TGA-analysen, men från dessa tre kan en rad andra egenskaper bestämmas, däribland mängden vatten i provet, hur stor mängd volatila gaser som produceras, vid vilken temperatur det endast finns fast biokol kvar i provet och halten brännbart kol.



Egenskaper	Samtliga			Träbaserade råmaterial (14)		Övriga råmaterial (3)	
	Antal analyser	Medelvärde	Standard-avvikelse	Medelvärde	Standard-avvikelse	Medelvärde	Standard-avvikelse
pH (vatten)	16	9.1	0.9	8.9	0.5	9.9	2.0
Vattenhållande kapacitet (%)	6	146	39	134	10	158	73
H/C	16	0.15	0.10	0.13	0.05	0.25	0.20
H/Corg	16	0.15	0.10	0.13	0.06	0.25	0.20
O/C	16	0.04	0.02	0.03	0.02	0.07	0.04
Askhalt (%)	17	11	10	8	9	18	14
Kolinnehåll (%)	17	85	11	88	10	74	17
Ledningstal ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	15	1800	3500	890	580	5400	7500
Bulkdensitet (kg/m^3)	16	290	130	270	88	360	190
Bulkdensitet ($\text{kg TS}/\text{m}^3$)	14	200	100	180	52	280	200
Partikeldensitet (g/cm^3)	14	1.8	0.1	1.8	0.1	1.8	0.2
Fukthalt (%)	17	24	16	23	17	24	19
Salthalt (g/kg)	15	6.6	11.6	3.5	3.3	19.2	24.1
Totalhalt PAH:er (16 EPA-PAH excl. LOQ; mg/kg)	14	3.1	2.8	2.7	2.9	3.8	3.2
BET-yta (m^2/g)	13	246	124	285	72	117	193

Referensvärden hos biokol

Data från 16 analyser av biokol, producerat av biokolstillverkare från hela Europa, har samlats in och sammanställts. Medelvärdena från dessa analyser samt variationen presenteras i tabellen ovan.

Som syns i tabellen är variationen stor för många av parametrarna. Generellt är den mindre för biokol som producerats av träbaserade råmaterial, medan den är

större för biokol som producerats av andra material än trä. Ursprungsmaterialet har alltså stor betydelse för de egenskaper som biokolet får (läs mer i kapitel 3).

Vi har även några få analyser av biokol producerat av slam. Askhalten är där betydligt högre än för övriga biokol. Den ligger på över 50 procent och enligt EBC:s riktlinjer får materialet då inte benämnas biokol. Om askan kommer från icke brännbart material eller om det är ämnen som härrör från slammet är inte fastställt.



Foto: Ufai/Shutterstock.com

LÄS MER:

- Brewer CE, Chuang VJ, Masiello CA, Gonnermann H, Gao XD, Dugan B, Driver LE, Panzacchi P, Zygourakis K, Davies CA, 2014. *New approaches to measuring biochar density and porosity*. Biomass & Bioenergy 66:176-185.
- Sing B, Camps-Arbestain M, Lehmann J (editors), 2017. *Biochar - a guide to analytical methods*. CRC press, Taylor & Francis Group, New York, US.



10. Risker och säkerhet i arbetet med biokol

Biokol har en mängd positiva egenskaper, men det finns även risker i samband med tillverkning, lagring och hantering. I detta kapitel får du reda på vad du bör tänka på ur ett arbetsmiljöperspektiv och hur du minimerar risken för självantändning och brand.

Vid all lagring och hantering av biokol ska riskbedömningar göras enligt föreskrifterna Kemiska arbetsmiljörisker (AFS 2011:19) och Hygieniska gränsvärden (AFS 2018:1) samt pyrolyspanneleverantörens manual för biokol och biokolsproduktion.

Damm

Vid transport och hantering av torrt biokol är risken stor att det bildas koldamm. Detta medför två olika typer av risker: inandning av koldamm och dammexplosioner.

Inandning av koldamm kan leda till lungbesvär och andningssvårigheter. Det är därför av yttersta vikt att de som arbetar med biokol använder skyddsmask i alla situationer där det finns risk att biokolet dammar. Skyddsmasken bör ha minst klassificering P3 för koldamm.

En dammexplosion kan uppstå då en gnista antänder utrymmen med damm i hög koncentration. Dammexplosioner kan leda till omfattande skador på både människor och egendom.

För att minimera riskerna för inandning av damm och dammexplosioner är det viktigt att biokolet pelleteras eller hålls fuktigt. Rekommendationen är att biokolet alltid ska hålla minst 30 procents fukthalt.

Självantändning

Biokol som lagras kan självantända. Risken för självantändning påverkas av biokolsbitarnas storlek, biokolets produktionstemperatur och den omgivande temperaturen.

Vad gäller biokolsbitarnas storlek ökar risken för självantändning när bitarna blir mindre eftersom det innebär en större specifik yta och därmed en ökad reaktivitet.

Biokolets produktionstemperatur påverkar också risken för självantändning eftersom den påverkar vilka ämnen som finns kvar i biokolet. Torrt biokol som är producerat vid 450°C kan till exempel självantända redan vid en omgivande temperatur på 20°C, eftersom det innehåller mycket lignin. Biokol producerat vid denna temperatur är därför mer reaktivt än biokol som är producerat vid lägre eller högre temperaturer.

För att undvika självantändning bör man säkerställa att biokolet har tillräckligt hög fukthalt, helst minst 30 procent. Vid varmt väder innebär detta att biokolet kan behöva vattnas. Biokol ska dessutom inte lagras i för stora mängder på begränsad yta.

Behöver torrt biokol användas går det att minska risken för självantändning med hjälp av inerta gaser, såsom till exempel kvävgas.

Brandrisk på tak

För gröna tak gäller samma regler avseende brandskydd som för annan taktäckning. Kraven innebär bland annat att taktäckningen ska utformas så att antändning försvåras, brandspridning begränsas och att den endast kan ge ett begränsat bidrag till branden (Boverkets byggregler BFS 2011:26).

En av Rest till Bäst:s projektpartners har låtit ett ackrediterat provtagningslaboratorium utföra brandprovning enligt den europeiska standarden för utvändigt brandpåverkan CEN/TS 1187, test 2, på sin sedummatta med biokol. Liksom den vanliga sedummattan blev mattan med biokol godkänd enligt klass BROOF(t2). Det innebär att sedummattan kan användas på brännbart underlag på byggnader som är belägna minst 8 meter från varandra eller på småhus enligt BBR 2011:6, 5:62 utan krav på så kallad analytisk dimensionering (<https://www.boverket.se/sv/byggande/sakerhet/brandskydd/>).

11. Certifiering av biokol

Det finns idag fyra olika möjligheter att certifiera biokol i Sverige: European Biochar Certificate (EBC), International Biochar Initiative (IBI), KRAV och EU Ecolabel. Den vanligaste certifieringen i Europa idag är EBC. Här får du veta mer om vad de olika certifieringarna innebär.



EBC

EBC står för European Biochar Certificate och är den certifiering som är vanligast hos både producenter och kravställare i Europa. EBC reglerar hela kedjan från hur biomassan är producerad och hur produktionsprocessen ser ut till biokolets sammansättning och egenskaper. För att kunna bli certifierat måste ett biokol vara spårbart, det ska fungera som en stabil kolsänka och inte påverka miljön negativt. EBC certifierar inte bara biokol som ska användas som jordförbättrande medel, utan även biokol till foder. EBC drivs av ett oberoende institut som gör provtagningar och utför inspektioner hos de

som ansöker om att få sitt biokol certifierat. Detaljerad information om EBC finns att hämta på deras hemsida (<http://www.european-biochar.org/en>).

Pyrolyserat avloppsslam kan idag inte certifieras enligt EBC, eftersom det inte är inkluderat på listan över godkända material. EBC har dock förberett för att kunna inkludera avloppsslam, eftersom det har potential att utgöra ett lämpligt gödningsmedel med tanke på produktens höga koncentration av fosfor. Det finns idag en produkt från pyrolyserat avloppsslam registrerat hos Kemikalieinspektionen.



IBI

IBI står för International Biochar Initiative, vilket är den globala branschföreningen för biokol. För tillfället går det endast att ansöka om certifiering via IBI i USA och Kanada. Precis som EBC innehåller IBI:s certifiering krav på att en stabil kolsänka skapas och att råmaterialet som används inte är miljöfarligt. IBI innehåller även krav på positiva egenskaper då biokolet används som jordförbättrande medel (vilket inte finns med i EBC) och tar hänsyn till producentens nationella krav på föroreningar. Det sistnämnda kan utgöra en utmaning i Sverige, eftersom det idag inte finns några lagkrav på innehåll av föroreningar i jordar.

Detaljerad information om IBI finns att hämta på deras hemsida (<https://biochar-international.org/>).

EU Ecolabel

EU Ecolabel, även kallad EU-Blomman, är Europas motsvarighet till Svanen och en av världens främsta miljömärkningar. Den administreras i Sverige utav Svanen och reglerar föroreningar i biokolet. Den är oberoende och jobbar enligt livscykelperspektiv och med helhetssyn. Mer information finns på Svanens hemsida (<https://www.svanen.se/>).

KRAV

KRAV sätter regler för ekologisk produktion i Sverige med grunden i europeiska regelverk (EU Ekologiskt). Där finns en lista med godkända material för biokolsproduktion, och där ställs även krav på vad det färdiga biokolet får innehålla. Från och med december 2019 (Commission Implementing Regulation EU 2019/2164) är biokol godkänt för användning i ekologisk odling inom EU. Mer information finns på Kravs hemsida

(<https://www.krav.se/>). Detaljerad information om regler och certifieringar för ekologisk produktion finns på jordbruksverkets hemsida (<https://jordbruksverket.se/stod/lantbruk-skogsbruk-och-tradgard/jordbruksmark/ekologisk-produktion-och-omstallning-till-ekologisk-produktion/regler-och-certifiering-for-ekologisk-produktion>).

Relevant lagstiftning

Enligt EU:s kemikalieförordning Reach räknas träkol (charcoal) som en kemikalie. Biokol finns däremot inte med i förordningen och få biokolsproducenter är idag certifierade enligt Reach. Huruvida biokol ska räknas som träkol är en tolkningsfråga. Skulle det göra det måste alla producenter certifiera sin produktion enligt Reach hos Kemikalieinspektionen.

År 2022 träder EU:s nya gödselförordning i laga kraft. Den ersätter tidigare lagstiftning från 2003 och täcker alla typer av gödselmedel (mineralgödsel, organiska gödselprodukter, jordförbättringsmedel, odlingssubstanser och så vidare). När gödselförordningen träder i laga kraft kommer en bedömning att ske huruvida biokol kan bli en del av förordningen.

LÄS MER:

- EBC, 2012. *European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar*. European Biochar Foundation (EBC), Arbaz, Switzerland. Version 9.0E of 1st June 2020 (<https://www.european-biochar.org/en>).

Bilaga A: En introduktion till pyrolyprocessen

Processen för att producera biokol kan förenklat delas upp i fem delar: biomassa (råmaterial), förbehandling, pyrolys (förkolning), värme och efterbehandling.

1. Biomassa

Vilken biomassa som används för att producera biokol har stor påverkan på slutprodukten egenskaper och ekonomin. För att få ett så rent biokol som möjligt och ett biokol som kan produceras på ett ekonomiskt fördelaktigt sätt bör man

- utgå ifrån biomassa som inte har annan användning
- leta efter biomassa som man kan få betalt för att ta hand om
- använda så rena biomassor som möjligt (kolla EBC-certifieringens krav).

Inom Rest till Bäst har organiska restprodukter använts, i syfte att skapa en nyttoprodukt av och minimera miljö- och klimatpåverkan från det som ofta anses vara avfall.

2. Förbehandling

Huruvida biomassan behöver förbehandlas inför pyrolysen eller inte beror både på biomassans beskaffenhet och pyrolyspannans krav. Syftet med förbehandlingen är att bearbeta det organiska materialet så att pyrolysen blir så effektiv som möjligt. Oftast handlar förbehandlingen om avvattning och torkning av materialet, i de fall där materialet har hög vattenhalt (såsom till exempel i slam, alger och tång). Hur torrt materialet bör vara beror på vilken typ av pyrolyspanna som används. För att minska behovet av torkning bör biomassan lagras på ett sådant sätt att det skyddas från regn och snö.

En annan typ av förbehandling är rensning (där synliga orenheter som plast och metall plockas bort) och sållning/siktning för att avlägsna sten, grus och långa stickor som annars kan förstöra matningsskruvar och andra delar av pyrolyspannan. Materialet kan även behöva flisas eller krossas för att få lämpliga fraktionsstorlekar för pyrolys. Kontinuerliga processer vill ha små jämnstora bitar. Batchprocesser (satsvis inmatning) kan ta obehandlad biomassa.

Biomassan matas sedan in i biokolspannan. Här är det bra att välja en teknik där valvning undviks (valvning innebär att biomassan fastnar på inmatningens väggar,

ofta på grund av att det är för blött). Inmatningen kan även inkludera ett mellanlager.

3. Pyrolys

Vid pyrolysen hettas biomassan upp i en syrefri miljö. Materialet reduceras till biokol samtidigt som energi frigörs. I processen avskiljs även tungmetaller och andra föroreningar som finns i biomassan. Kvaliteten och renhetsgraden på biokol kan variera mycket beroende på hur tillverkningen sker. Även om pyrolystekniken i grunden är enkel fordras därför noggrant kalibrerade pyrolysanläggningar – för att säkerställa kvaliteten med avseende på närings- och vattenhållande kapacitet (se kapitel 3) men även förekomsten av tungmetaller och PAH:er (se kapitel 5).

Självta ordet pyrolys används för två olika saker:

1. den process där biokol framställs genom att organiskt material hettas upp till mellan 350 och 1 000°C utan närvaro av syre
2. den kemiska reaktion som sker när organiska molekyler som cellulosa och lignin utsätts för värme (reaktionen börjar redan vid cirka 350°C) och bryts ned till mindre molekyler och bildar gaser, tjära och en fast kolrik återstod (biokol).

Hur mycket av varje fraktion som bildas under pyrolysen bestäms i första hand av temperatur och uppehållstid i pannan. Även bränslepartiklarnas (det organiska materialets) kemiska sammansättning och storlek samt upphettningshastighet och närvaro av oxidationsmedel under pyrolysen har betydelse, liksom om inmatningen av material sker kontinuerligt eller satsvis (batch).

Alla dessa faktorer påverkar även vilka egenskaper biokolet får. Högre temperatur i pyrolysen ger till exempel en mindre mängd biokol, men ett biokol som innehåller mer kol per gram och som är renare med avseende på olika skadliga ämnen (se kapitel 5).

Efter pyrolyprocessen finns så gott som all fosfor som fanns i ursprungsmaterialet kvar; försök har visat på mer än 97 procent vid en pyrolystemperatur på 750°C.

Även många andra näringsämnen finns kvar, dock inte kväve som avgår som en konsekvens av den höga temperaturen.

4. Värme

De gaser och tjärar som bildas under pyrolyprocessen kan förbrännas och alstra värme som i sin tur upprätthåller pyrolyprocessen. Så länge organiskt material med tillräckligt hög torrhetsgrad (TS-halt; vatten förbrukar energi från processen när det förångas) kontinuerligt matas in i pyrolysanläggningen behövs därmed ingen extern energikälla för att driva pyrolyprocessen. Tvärtom ger moderna pyrolysanläggningar ofta ett värmeöverskott. I Hammenhög har en av Rest till Bäst:s projektpartners uppfört en, med globala mått mätt, mycket stor pyrolysanläggning för att omvandla frörens och liknande restprodukter från jordbruket till biokol. Av överskottsenergin produceras fjärrvärme – vilket innebär att lilla Hammenhög har fått världens antagligen första koldioxidnegativa fjärrvärmeverk.

Fjärrvärmen bidrar till den ekonomiska hållbarheten för en pyrolysanläggning. Andra avsättningar för värmen finns, till exempel i form av elproduktion, men fjärrvärmen är ett säkert och i många fall billigare sätt att få avsättning för energiöverskottet. Pyrolys året runt

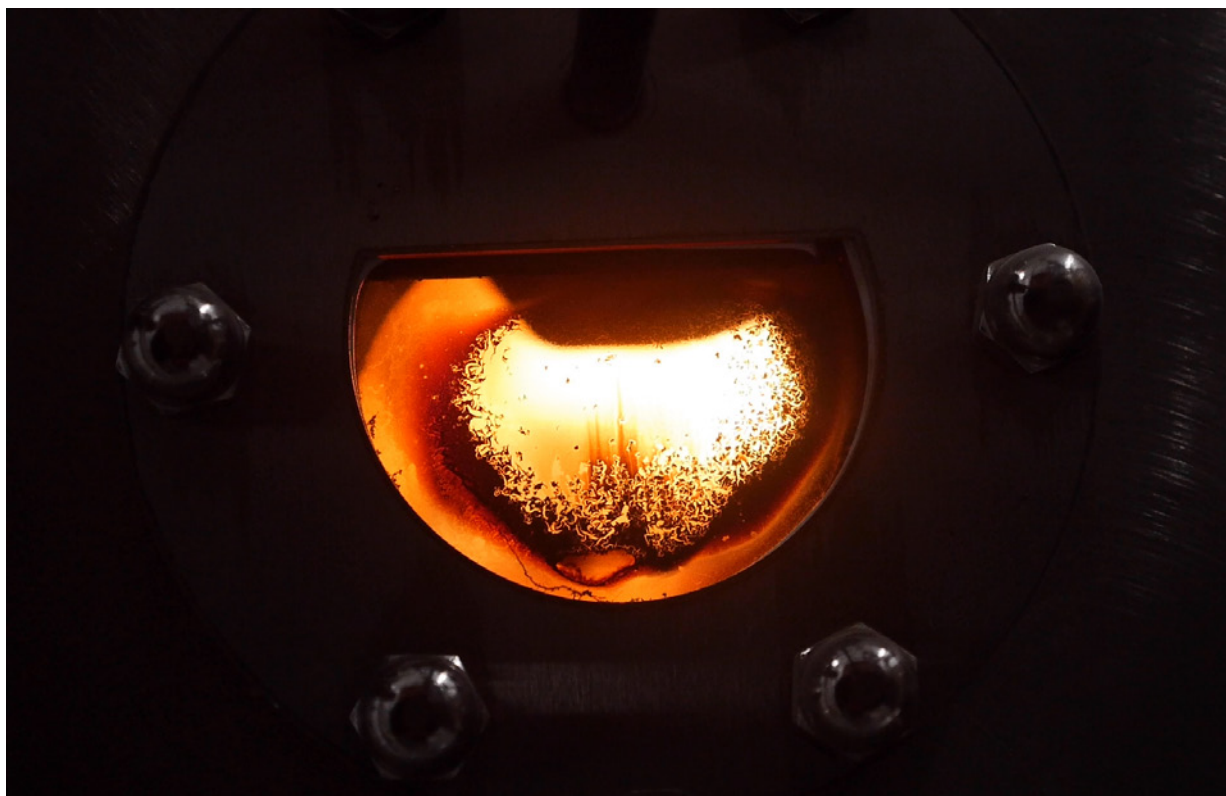
kräver dessutom en kylkrets. Fjärrvärmen kan fungera som en kylkrets där pyrolysanläggningen ges kylning. Detta ger en stabil produktion av biokol året runt.

Pyrolysgaserna kan även förädlas till andra typer av produkter, till exempel bioolja eller drivmedel. En del sådant görs redan idag, annat är i utvecklingsstadiet. Avgaserna från pyrolyprocessen måste klara EU-direktivet MCPD (2015/2193/EU) för medelstora förbränningsanläggningar eller uppnå europeiska DIN-standardEN303-5 för fastbränslepannor.

5. Efterbehandling

När biokolet kommer ut ur pyrolyspannan sker ofta någon typ av efterbehandling. Den utgörs främst av kylning av biokolet. Kylning genom släckning med vatten minskar risken för glödande bitar och förbättrar arbetsmiljön vid hanteringen av biokolet eftersom det minskar risken för att det dammar. Under kylningen används ofta värmeväxlare för att tillvarata energin.

Biokol från batchpannor kan krossas och eventuellt också siktas för att få ut olika fraktionsstorlekar. I vissa fall pelleteras eller granuleras biokolet för att få en homogen och lätthanterad fraktion. Biokolet förpackas slutligen i påsar, bigbags, containrar eller liknande.



Visionen om en friskare värld

Denna handbok är ett resultat av arbete utfört inom projektet Rest till Bäst. Med hjälp av kompetensen från en mängd olika aktörer, däribland universitet och forskningsinstitut, små och stora företag och flera kommuner, har bioagropelletts, park- och trädgårdsavfall, slam, alger och tång med hjälp av modern pyrolysteknik omvandlats till biokol. Biokolet har använts för att förbättra olika typer av urbana växtbäddar. Samtidigt har en kolsänka etablerats.

Projektgruppens vision?

Ett klimatsmart, hållbart och cirkulärt samhälle och en grönare och friskare värld.

www.biokol.org

