

# Rapport 2018:14

Avfall Sveriges Utvecklingssatsning  
ISSN 1103-4092

---

## MARKNADEN FÖR BIOKOL I SVERIGE



AVFALL SVERIGE



# Förord

Biokolets effekter som jordförbättringsmedel var känt redan på 1700-talet då Carl von Linné under sin dalaresa dokumenterade böndernas användning av kol blandat med boskapens urin, vilket användes som gödsel inom lantbruket. De senaste årens ökade intresse för biokol är inte minst kopplat till dess klimatnyttor och möjligheter att skapa kolsänkor. Nyttan med biokol är dock mångfacetterad och utöver biokolets nytta som kolsänka finns flertalet andra betydande nyttor. Men trots många användningsområden är marknaden för biokol i Sverige hittills ännu relativt outforskad.

Syftet med denna marknadsstudie har varit att undersöka marknaden för biokol och specifikt betalningsviljan inom fem användningsområden:

1. som jordförbättringsmedel,
2. som fyllnadsmedel i betong,
3. inom lantbruket,
4. som filtermaterial, samt
5. som tillsats i djurfoder.

Rapporten är en syntes av fem underlagsrapporter, en för varje delområde.

Projektet leddes av Kåre Gustafsson, Stockholm Exergi. Författare av syntesrapporten var Sara Anderson och Linus Linde, 2050 Consulting. Underlagsrapporterna togs fram av WSP, EcoTopic, Hushållningssällskapet Sjuhärad, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) och 2050 Consulting. Referensgruppen bestod av projektledare och rapportförfattare, samt Markus Ekelund, 2050 Consulting och Jakob Sahlén, Avfall Sverige.

Projektet har finansierats av Stockholm Exergi och Avfall Sveriges Utvecklingssatsning.

Malmö juni 2018

Maria Sigroth  
Ordförande Avfall Sveriges  
Utvecklingskommitté

Weine Wiqvist  
VD Avfall Sverige



# Sammanfattning

Biokolets effekter som jordförbättringsmedel var känt redan på 1700-talet då Carl von Linné under sin dalaresa dokumenterade böndernas användning av kol blandat med boskapens urin, vilket användes som gödsel inom lantbruket. De senaste årens ökande intresse för biokol är inte minst kopplat till dess klimatnyttor och möjligheter att skapa kolsänkor. Nyttan med biokol är dock mångfacetterad och utöver biokolets nytta som kolsänka finns flertalet andra betydande nyttor. Vid jordtillverkning och som växtnäring inom lantbruket är de största nyttorna att det håller kvar fukt och näringsämnen, minskar behovet av konstgödsel och bidrar till ökad bördighet och skördar. Ett minskat näringsläckage är dessutom värdefullt nedströms, då Östersjön har stora problem med övergödning. Som tillsatts i djurfoder kan biokol leda till minskad antibiotikaanvändning och ökad hygien och som filtermaterial är det möjligt att i större grad rena vattnet från vissa ämnen. Både som filtermaterial och i betong är det vidare möjligt att ersätta vissa ändliga resurser (bland annat naturgrus) och bidra till potentiellt billigare material. Som filtermaterial kan biokol även leda till effektivare rening av t ex läkemedelsrester.

Trots många användningsområden är marknaden för biokol i Sverige ännu relativt outforskad och syftet med denna marknadsstudie har därför varit att undersöka marknaden för biokol och specifikt betalningsviljan inom fem användningsområden; som jordförbättringsmedel, fyllnadsmedel i betong, inom lantbruket, som filtermaterial samt som tillsats i djurfoder. Denna rapport är en syntes av fem underlagsrapporter, en för varje område.

Nuvarande politiska styrmedel skapar ingen betalningsvilja för biokol som kolsänka. Betalningsviljan i denna studie har därför försökt kvantifieras med olika metoder beroende på användningsområde och har i stor utsträckning baserats på dagens betalningsvilja för den produkt eller material som biokolet förväntas kunna ersätta i respektive applikation. Den enda, relativt sett, större marknaden för biokol idag är biokol som jordförbättringsmedel och här bedöms ett marknadspris ligga mellan 2600 kr och 3000 kr per kubikmeter. Övriga användningsområden bedöms kunna komma att utvecklas under de kommande tio åren och betalningsviljan är i dagsläget svårbedömd.

Kontakter med aktörer på marknaden kopplat till de olika användningsområdena för biokol visar att kunskapen om nyttorna med biokol fortfarande är begränsade. Endast kopplat till användningen av biokol som jordförbättringsmedel bedöms det idag finnas viss kunskap. I princip samtliga tillfrågade jordproducenter kan nämna minst en nytta med biokol i jord och inom djurfoder och filtermaterial finns det viss kunskap om aktivt kol, men kunskapsläget för biokol är lägre. Det låga kunskapsläget återspeglar sig naturligtvis i betalningsviljan. Även bristen på forskningsstudier i en svensk kontext gör att flera aktörer uttrycker tveksamhet till att börja med biokol. Samtidigt kan intresset för biokol beskrivas som stort där aktörer inom såväl djurfoder som lantbruket och filtermaterial har uppgivit ett stort intresse för att använda biokol, trots den låga kunskapsnivån.

Marknaden för biokol i Sverige är outvecklad idag. Baserat på studien rekommenderas bland annat följande åtgärder för att utveckla denna marknad.

- Utred möjligheterna att få kompensation för kolsänkor genom ekonomiska styrmedel.
- Utred möjligheterna att få biokol godkänt inom ekologiskt jordbruk och som djurfoder.
- Initiera forskningsprojekt om biokolets nyttor inom olika användningsområden.
- Genomför tester med biokol i olika applikationer för att studera egenskaper och effekter.
- Utveckla produkter som passar till de olika användningsområdena.
- Utforma lättillgänglig information på respektive användningsområde för att kunderna ska förstå biokolets nyttor.

# Summary

The effects of biochar as soil improver was known already in the 18th century when Carl von Linné documented the use of coal mixed with urine from livestock, which was used as agricultural fertilizer. The growing interest in biochar in recent years is not least because of the climate benefits of biochar and the possibilities for creating carbon sinks. However, the benefit of biochar is multifaceted, and in addition to the benefits of the biochar as a carbon storage, there are several other significant benefits. As a soil improver and as fertiliser, the main benefits of biochar are to maintain moisture and nutrients in the soil, reducing the needs of artificial fertiliser and contributing to increased fertility and harvesting. Reduced nutrient leakage is also valuable downstream, as the Baltic Sea has major problems with eutrophication. As additive to animal feed, biochar products may lead to reduced use of antibiotics and increased hygiene, and as a filter material it is possible to purify water from certain substances to a greater extent. Both as a filter material and as a filling material in concrete it is possible to replace certain finite resources (including gravel) and contribute to potentially cheaper materials. As a filter material, the biodynamics can also lead to more efficient treatment of, for example, drug residues.

Despite many uses, the market for biochar in Sweden is still relatively unexplored, and the purpose of this market study has therefore been to investigate the market for biochar and specifically the willingness to pay for biochar in five different applications; as soil improver, filling material in concrete, in agriculture, as filter material and as additives in animal feed. A report has been produced in each area and this report is a synthesis.

Current policy instruments do not create a willingness to pay for biochar as a carbon sink. The willingness to pay in this study has therefore been quantified with different methods depending on the application and has largely been based on today's willingness to pay for the product or material that the biochar is expected to be able to replace in each application. The only, relatively larger, market for biochar today is as soil improver and it is estimated that a market price in this application is between 2600 sek and 3000 sek per cubic meter. Other uses are expected to develop over the next ten years and the willingness to pay is currently difficult to estimate.

Interviews with actors linked to the applications of biochar studied in this analysis show that the knowledge about the benefits of biochar is still limited. Only actors associated with the use of biochar as a soil improver have some knowledge today. Basically, all soil producers that were contacted could mention at least one benefit of biochar in soil and as an additive in animal feed and as a filter material, there is some knowledge of activated charcoal, but the knowledge of biochar is lower. The low level of knowledge naturally also reflects the willingness to pay. Furthermore, the lack of research studies in a Swedish context makes several actors express doubts to start using biochar. At the same time, there was a large interest in biochar expressed among the actors interviewed, especially in the application as additive in animal feed, as a soil improver in agriculture and as a filter material. This despite the low level of knowledge.

The market for biochar in Sweden is undeveloped today. Based on this study the following needs to be done to further develop the market in Sweden.

- Investigate the possibilities of creating a system with compensation for the carbon sink through economic incentives.
- Investigate the possibility of obtaining biochar approved in organic farming and animal feed.
- Initiate research projects on the benefits of the biochartechnology in various applications.
- Perform tests with biochar in various applications to study properties and effects.
- Develop products that fit the various applications.
- Design easy-to-access information in each field of application so that customers understand the benefits of the biochar.

**Författare (Sara Anderson och Linus Linde, 2050 Consulting),  
projektledare (Kåre Gustafsson, Stockholm Exergi),  
finansiärer av projektet: Avfall Sverige och Stockholm Exergi**



# Innehåll

<b>1</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Inledning</b>	<b>4</b>
2.1	Syfte och mål med studien	5
2.2	Metod och avgränsningar	6
2.2.1	Jordtillverkning	6
2.2.2	Växtnäring i lantbruk	6
2.2.3	Djurfoder	6
2.2.4	Fyllnadsmaterial i betong	7
2.2.5	Filtermassa	7
<b>3</b>	<b>Introduktion till biokol</b>	<b>8</b>
3.1	European Biochar Certificate	10
3.2	Nyttor med biokol vid jordtillverkning	11
3.3	Nyttor med biokol som växtnäring inom lantbruket	12
3.4	Nyttor med biokol som tillsats i djurfoder	13
3.5	Nyttor med biokol som fyllnadsmaterial i betong	15
3.6	Nyttor med biokol vid användning som filtermaterial	16
<b>4</b>	<b>Resultat från marknadsstudien</b>	<b>18</b>
4.1	Användning av biokol vid jordtillverkning	19
4.2	Användning av biokol som växtnäring i lantbruket	21
4.3	Användning av biokol som tillsatts i djurfoder	24
4.4	Användning av biokol som fyllnadsmaterial i betong	27
4.5	Användning av biokol som filtermaterial	29
<b>5</b>	<b>Slutsatser och rekommendationer</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>Referenser</b>	<b>36</b>

1

**Bakgrund**

Biokol är ett uråldrigt material som har fått förnyad betydelse då det har föreslagits som en del i lösningen på problem som klimatförändringar och utarmning av jordbruksmark. Redan för 2500 år sedan användes biokol i lantbruket i Amazonas för att göra det bördigare och idag kallas detta område för Terra Preta då det utmärker sig genom betydligt bördigare mark i jämförelse med omgivningen. Även dokumentation från Carl von Linnés dalaresa år 1734 visar att bönderna använde sig av kolet från kolmilorna vilket de lät boskapen urinera på innan den ströddes på åkern som gödsel. Nyttorna med biokol inom jordbruket omnämns vidare i agronomen Johan Arrhenius handbok om svenskt jordbruk från år 1890. Idag anses även användning av biokol inom vattenrening, djurfoder och som fyllnadsmaterial i betong vara områden där det potentiellt finns stora nyttor med användandet av biokol, utöver klimatnyttorna.

Under 2000-talet har klimatnyttorna och möjligheterna att skapa kolsänkor med biokol börjat studeras. Idag finns flertalet studier som tyder på att biokol kan agera kolsänka i marker i hundratals år. Att kunna skapa kolsänkor är, enligt bland annat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), en viktig del av arbetet för att begränsa den globala uppvärmningen till 2°C, då i princip samtliga scenarios för att klara klimatmålen kräver en stor andel kolsänkor. European Academies Science Advisory Council (EASAC) pekar på möjligheterna att skapa en kolsänka om 1,8 Gton koldioxid per år med hjälp av biokol<sup>1</sup>, vilket motsvarar ungefär fem procent av dagens årliga utsläpp<sup>2</sup>.

Produktion av biokol kan förädla hanteringen av flera avfallsströmmar som i dagens samhälle är svåra att avsätta till något nyttigt, exempelvis park-

och trädgårdsavfall, halm, hästgödsel m.m. Produktion av biokol kan skapa avsättning för sådana restströmmar. Generellt sett bedöms möjligheterna som goda att genom biokolsproduktion lyfta dessa avfallsströmmar från energiåtervinning till materialåtervinning, dvs ett steg uppåt i avfallshierarkin, vilket bidrar till en mer cirkulär ekonomi.

Under de senaste åren finns ett växande antal mindre produktionsanläggningar för biokol i Sverige, bland annat i Högdalen i Stockholm, på en gård utanför Nyköping och under våren 2018 i Hammenhög i Skåne. Anläggningen i Stockholm har uppförts inom ramen för det treåriga projektet Stockholm biochar project och finansieras delvis av The Bloomberg Philanthropies. Projektet är ett samarbete mellan avfallsverksamheten på Stockholm Vatten, trafikkontoret i Stockholms stad och Stockholm Exergi (tidigare Fortum Värme). För att tillverka biokolet används park- och trädgårdsavfall som samlats in i Stockholm. Materialet förkolnas i biokolsanläggningen där både biokol och värme bildas. Värmen utnyttjar Stockholm Exergi i fjärrvärmenätet och biokolet används i stadens planteringar. Pilotanläggningen i Högdalen har producerat biokol sedan början av 2017 och Stockholm Exergi undersöker nu möjligheterna att bygga en större demonstrationsanläggning för produktion av biokol.

Denna marknadsstudie har utförts på uppdrag av Stockholm Exergi med delfinansiering från Avfall Sverige. Flera av Avfall Sveriges medlemmar har kopplingar till värdekedjan för biokol och de avfallsströmmar som kan omvandlas till biokol. Denna marknadsstudie förväntas därför kunna bidra med nyttig information för så väl nya biokolsanläggningar som för Avfall Sveriges medlemmar.

<sup>1</sup> European Academies Science Advisory Council (EASAC), (2018).

<sup>2</sup> Rockström et al. (2017).

# 2

**Inledning**

Marknaden för biokol i Sverige är relativt outforskad och för att öka kunskapen inom området genomförs denna studie. Fem möjliga användningsområden med stor potential har valts ut att ingå i studien. En underlagsrapport har tagits fram för

respektive område, se tabell nedan. Denna rapport är en syntes av underlagsrapporterna och i kapitlet slutsatser och rekommendationer analyseras allt insamlat material i syfte att ge en samlad bild och rekommendation för fortsatt arbete.

Användningsområde	Underlagsrapport	Rapportförfattare
Biokol som jordförbättringsmedel	”Marknadsstudie för användning av biokol vid jordtillverkning”	2050 Consulting
Biokol i betong	”Biokol i betong”	WSP
Biokol som fodertillskott till djur	”Biokol i djurfoder”	EcoTopic
Biokol inom lantbruket	”Är biokol intressant som jordförbättringsprodukt och kolsänka i lantbruket?”	Hushållningssällskapet Sjuhärad
Biokol som filtermaterial	”Biokol som filtermatris vid avloppsvattenbehandling och avgasrening”	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

## 2.1 SYFTE OCH MÅL MED STUDIEN

Syftet med studien är att tillgodogöra sig tillräckligt med information om marknaden för biokol, specifikt betalningsviljan inom dessa fem användningsområden, för att relevanta aktörer på den svenska marknaden ska kunna analysera den ekonomiska potentialen i att investera i en större produktionsanläggning för biokol. Följande frågeställningar är projektets utgångspunkt.

- Vad ger biokolets nytta för ekonomisk effekt för användaren?
- Vad är nyttorna värda i ekonomiska termer och hur stor är betalningsviljan?
- Vad ersätter biokolet och vad är kostnaden idag för det som biokolet ersätter?
- Vilka hårda hinder (praktiska eller legala) och mjuka hinder (psykologiska, kulturella) som kan komma att påverka en marknadsintroduktion av biokol?

Målsättningen med projektet är att leverera en marknadsundersökning, med tonvikt på betalningsvilja för biokol inom ovan nämnda användningsområden.

## 2.2 METOD OCH AVGRÄNSNINGAR

Som övergripande metod för att undersöka frågeställningarna för denna marknadsstudie används intervjuer. Beroende på förutsättningar inom de olika användningsområdena genomförs dessa intervjuer antingen som semi-strukturerade intervjuer eller som enkätundersökningar. I rapporten med fokus på lantbruket används en enkätundersökning riktad till lantbrukare, medan övriga underlagsrapporter använder semi-strukturerade intervjuer med experter, forskare och aktiva inom respektive område. Även litteraturstudier har genomförts i de underlagsrapporter där det bedömts nödvändigt. Nedan beskrivs metod för respektive underlagsutredning mer utförligt.

### 2.2.1 Jordtillverkning

För att undersöka marknaden för användning av biokol vid jordtillverkning har intervjuer genomförts med sex jordtillverkare; Econova, Hasselfors, Jehander, NCC Ballast, Rölunda och Wiggeby. Intervjuerna gjordes via telefon under oktober och november 2017. Telefonsamtalen pågick i ungefär en timme för att ge de tillfrågade möjlighet att reflektera kring frågeställningarna och få tid att utveckla sina svar. Tillfrågade jordtillverkare har givits möjlighet att vara anonyma. Valet av vilka jordtillverkare som ingick i studien gjordes utifrån storlek på aktör, där samtliga aktörer tillverkar jordar för både anläggning och småsäckar för privatpersoner. Målsättningen har varit att intervjua aktörer som redan använder biokol i sina jordprodukter idag alternativt har god kännedom om användning av biokol och dess nyttor.

### 2.2.2 Växtnäring i lantbruk

En enkät med frågor skickades ut under december 2018 till totalt 200 lantbrukare. Urval till enkäten har skett utifrån en målsättning om att täcka in gårdar med olika produktionsformer, så som konventionell odling, ekologisk odling, djurhållning etc. I detta arbete har lantbruksrådgivare inom Hushållningssällskapen runt om i Sverige bidragit med kontaktuppgifter till lantbrukare.

De tillfrågade lantbrukarna blev erbjudna att lämna sitt telefonnummer för att bli uppringda och medverka i en fördjupad intervju, vilket genomfördes med ett flertal lantbrukare.

### 2.2.3 Djurfoder

Studien inleddes med en litteraturstudie genom att sammanställa de resultat som finns från försök med biokol i djurfoder. Därefter genomfördes intervjuer med lantbrukare, veterinärer, forskare och fodertillverkare. Intervjuerna gjordes både genom besök och över telefon och utgår ifrån en uppsättning frågor som är både öppna och stängda.

Där information om marknadspotentialen med biokol i djurfoder för svenska förhållanden saknas har information om den europeiska marknaden hämtats. Studien har ej inkluderat sällskapsdjur.

#### **2.2.4 Fyllnadsmaterial i betong**

Intervjuer har genomförts med sakkunniga inom byggmaterial- och betongindustrin. Intervjupersonerna har valt ut för att belysa studiens övergripande frågeställning och arbetar både inom det privata näringslivet, statliga verk samt inom akademien. Intervjupersoner har på så sätt valts för deras expertis inom ett eller flera fokusområden, inte nödvändigtvis för att de har kunskap inom alla fokusområden.

Intervjuerna var semi-strukturerade och intervjufrågorna har på så sätt skilt sig åt då de har varit anpassade efter respondenten och dess expertisområde. På grund av sekretess exkluderats intervjupersonernas namn.

En litteraturstudie har även gjorts för att behandla den forskning som genomförts inom området och som har bäring på marknadsstudiens frågeställningar.

#### **2.2.5 Filtermassa**

En litteraturstudie har genomförts med sökningar i Google Scholar och Web of Science (granskade vetenskapliga primärpublikationer). I studiens arbete har sökningar gjorts med hjälp av följande söktermer och kombinationer av dessa: "biochar", "charcoal", "carbon" (även termer som "activated carbon", "activated charcoal" har prövats) kombinerade med "water", "wastewater", "wastewater treatment", eller "gas cleaning", "gas purification" och "odor". Till söktermerna har också vid behov lagts "review" för att fånga de litteratursammanställningar som gjorts inom området.

I intervjustudien har personer med stor inblick i sina områden (biogas, kommunal avloppsvattenrening och biogasbransch) identifierats och kontaktats för förslag på nyckelpersoner med rätt kunskap. Nyckelpersonerna har kontaktats per e-post med information om projektet och önskan om en intervju och förfrågan om vederbörande känner andra personer/organisationer som borde kontaktas. I regel har hänvisningar gjorts till andra personer inom företaget med rätt kompetens. Efter telefonkontakt har tid för telefonintervju bestämts samt intervjuunderlag med frågor skickats ut. Totalt har 11 personer intervjuats inom områdena (1) biokolstillverkare, (2) storskaliga kommunal avloppsreningsverk, (3) producenter av småskalig VA-teknik, (3) lakvattenrening, (4) storskaliga dricksvattenverk, (5) kommunal dagvattenhantering, (6) kommunala biogasanläggningar samt (7) rökgasrening.

# 3

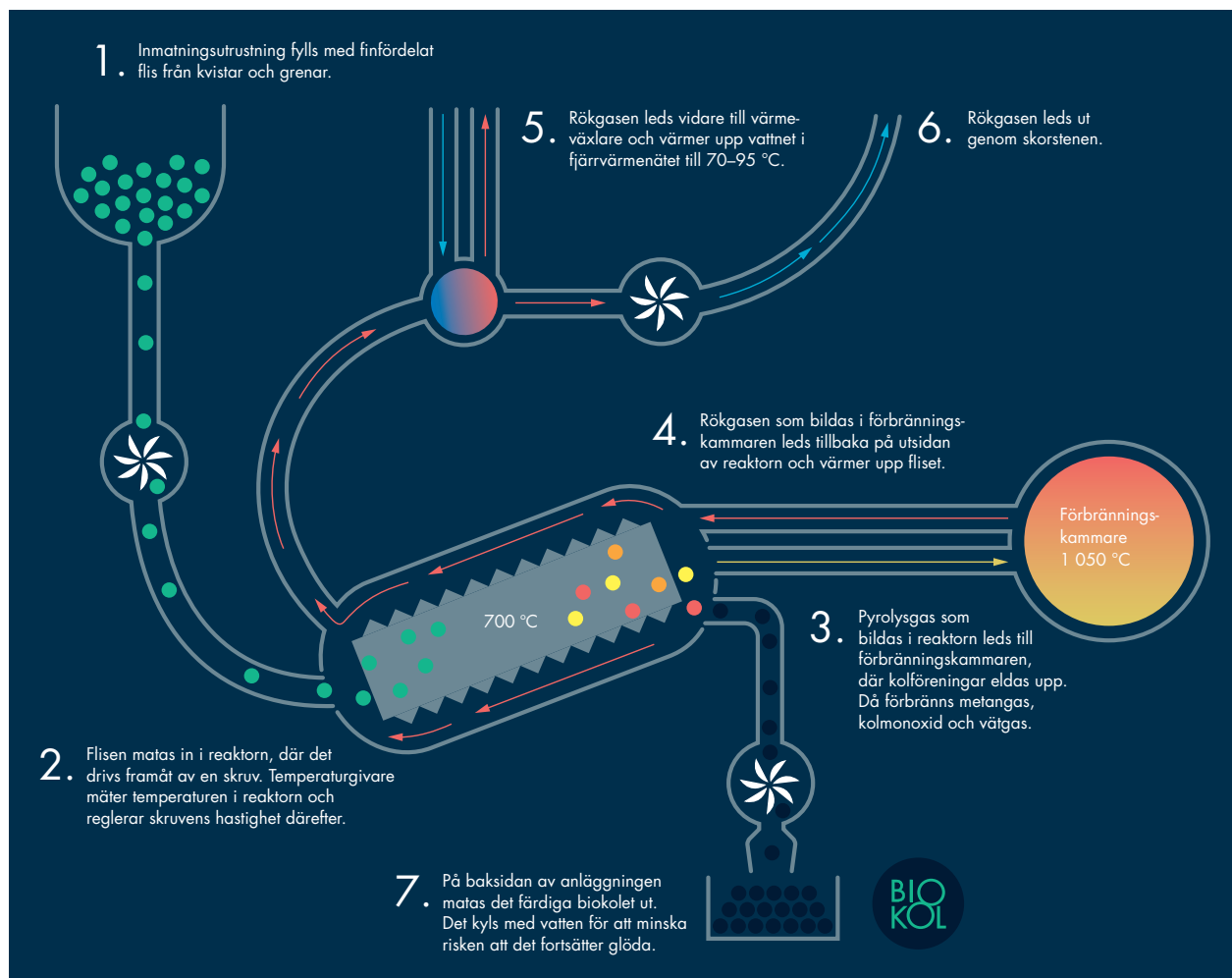
**Introduktion  
till biokol**



Inledningsvis ges här en kort introduktion till produktionsprocessen för biokol samt olika definitioner av vad biokol är. Därefter ges en beskrivning av nyttorna med biokol inom respektive användningsområde som studerats i denna markandsstudie.

Biokol är en relativt enkel produkt som framställs genom upphettning av biomassa i en syrefattig miljö. Processen kallas pyrolys och biomassan upphettas till mellan 350°C och 1000°C. Under pyrolysen bildas, utöver biokol, även bioolja, överskottsvärme och gaser. Överskottsvärmen kan t ex användas som fjärrvärme och gaserna som bränsle, se schematisk bild nedan.

**Figur 1. Schematisk bild över pyrolysanläggningen i Högdalen i Stockholm.  
Källa: Stockholms Vatten och Avfall**



Beroende på typ av biomassa som används och hur pyrolysen utförs får biokolet olika egenskaper. Detta gör det möjligt att anpassa biokolets egenskaper efter olika användningsområden. Vid långsam pyrolys produceras biokol under lägre temperaturer och längre tid för att maximera koltillverkningen medan vid snabb pyrolys upphettas råvaran till högre temperaturer under kortare tid, vilket ger större mängder biprodukter såsom bioolja. Pyrolyprocessen och de ingående råvarorna påverkar även hur stabilt biokolet blir och hur snabbt det bryts ned.<sup>3</sup> Biokolet kan således anses vara en heterogen produkt.

Enligt organisationen International Biochar Initiative definieras biokol som ”ett fast material som erhålls genom termokemisk behandling av biomassa i en syrebegränsad miljö”<sup>4</sup>, vilket är en relativt bred definition av begreppet. I en europeisk kontext hänvisas i stor utsträckning till organisationen European Biochar Certificate och dess mer utförliga definition av biokol. I avsnittet nedan ges en beskrivning av denna definition.

### 3.1 EUROPEAN BIOCHAR CERTIFICATE

Enligt den frivilliga certifieringen EBC (European Biochar Certificate) definieras biokol av att pyrolysen sker under kontrollerade former, att syftet med materialet är att det inte återgår till atmosfären som koldioxid på kort sikt (t ex genom förbränning) och att biomassan som används som grundmaterial är hållbart framställt.<sup>5</sup> Enligt definitionen från EBC ställs följande krav på råvaran för certifierad biokol:

- Alla icke-organiska material måste tas bort
- Råvaran måste vara fri från färg, lösningsmedel och andra organiska eller icke-organiska föroreningar
- Om jordbruksprodukter används som råvara måste dessa ha odlats på ett hållbart sätt
- Skogsprodukter kan bara användas om hållbar skogsskötsel kan garanteras (exempelvis med PEFC- eller FSC-märkning)
- Råvara till biokolsproduktion får inte fraktas längre än 80 km.

Exempel på materialkategorier som är godkända enligt EBC är vissa typer av trädgårdsavfall, avfall från jord- och skogsbruk, matavfall från kök, avfall från köttindustri och avfall från pappersproduktion. Det finns dock flertalet restriktioner inom dessa kategorier för att säkerställa att biokolet inte blir kontaminerat och att biokolet produceras från hållbara råvaror.<sup>6</sup>

Den EBC-certifierade biokolsmarknaden har stort fokus på biokol som används för tillsats i djurfoder. Marknadsvärdet för den biokol som produceras med denna certifiering idag uppskattas till cirka 36 MSEK<sup>7</sup> och maximal produktionskapacitet av EBC-certifierat biokol i Europa idag uppges uppgå till ca 3000 ton biokol per år.<sup>8</sup> I bilden nedan visas EBC-certifierade producenter i Europa.<sup>9</sup>

<sup>3</sup> Bruun, E et al. (2015).

<sup>4</sup> International Biochar Initiative, (2012).

<sup>5</sup> European Biochar Certificate (2013a).

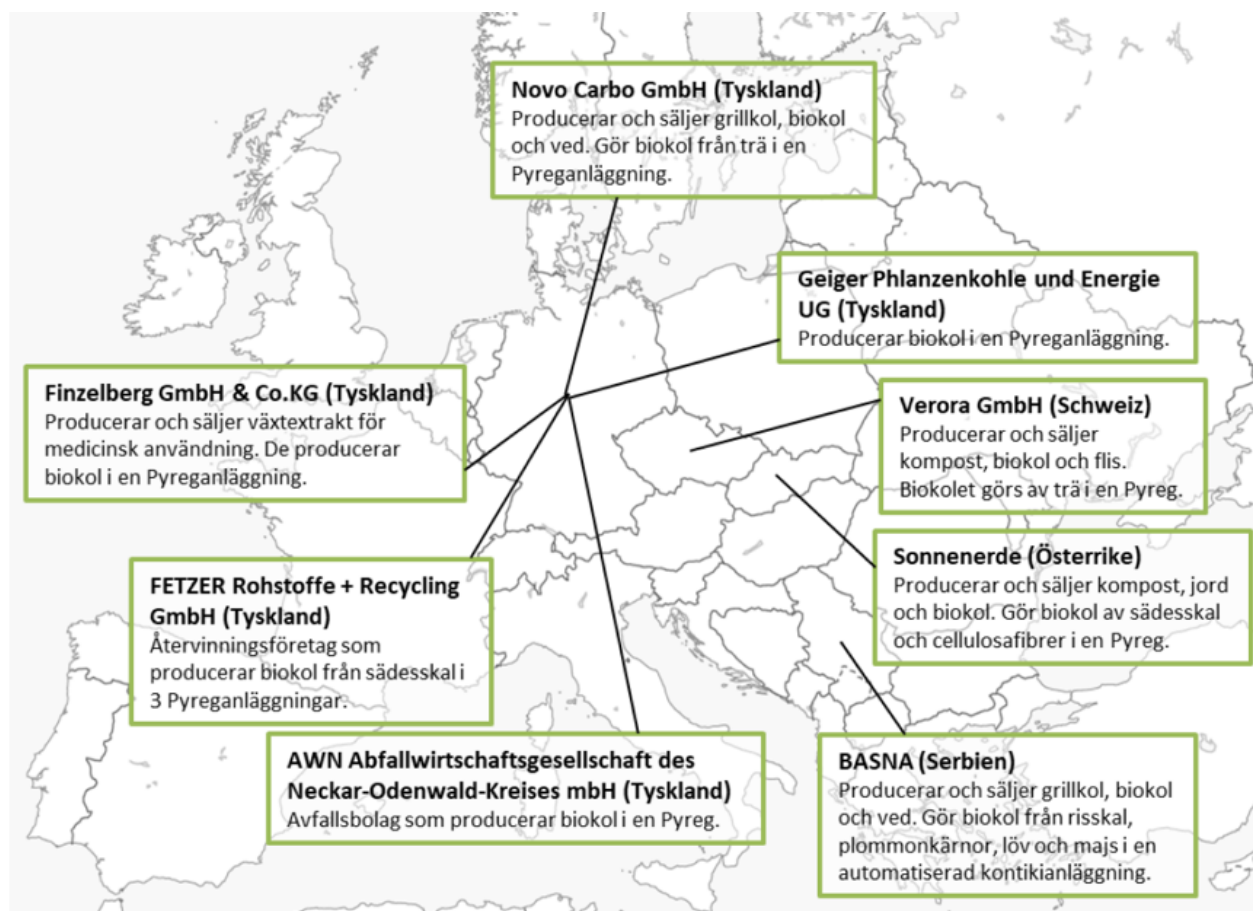
<sup>6</sup> European Biochar Certificate (2013b).

<sup>7</sup> Schmidh H-P, (2018).

<sup>8</sup> EBC, (2018).

<sup>9</sup> EBC, (2018).

**Figur 2. EBC-certifierade biokolproducenter i Europa.**



### 3.2 NYTTOR MED BIKOL VID JORDTILLVERKNING

En viktig anledning till intresset för biokol är materialets potential som kolsänka. Biokol som jordförbättringsmedel leder här till dubbel klimatnytta. Dels avskiljs koldioxid från atmosfären och lagras i marken och dels ökar växtligheten och mer kol binds in i det växtmaterial som växer upp. Produktion av biokol gör att växtmaterial i ett första steg konverteras till ett material med dubbelt så högt kolinnehåll som innan pyrolysen och i betydligt stabilare form<sup>10</sup>. Jord med biokol kan på grund av detta hålla en större mängd kol per ytenhet än vad en tropisk skog kan göra på samma mark. När växtmaterial sedan odlas på denna mark är jorden dessutom bördigare.<sup>11</sup>

Biokolets beständighet i jorden är betydelsefullt för att kunna bedöma hur länge koldioxiden avskiljs från atmosfären. Är biokolets nedbrytningshastighet i marken hög försvinner klimatnyttan snabbare och dess potential som kolsänka minskar. Då biokol är ett relativt heterogent material där bland annat råvara och pyrolystemperatur avgör hur stabilt biokolet blir finns det ett stort spann för biokolets halveringstid. En sammanställning av artiklar visar att biokolets halveringstid är i storleksordningen omkring tusen år<sup>12</sup>, medan en nyligen publicerad bok på området uppger att det är möjligt att binda kol i marken i hundratals år<sup>13</sup>. Det bör också nämnas att det finns studier som visat nedbryningstider av olika typer av kol, bland annat träkol, på bara några tiotals år.<sup>14</sup> Dessa studier har dock inte berört biokol producerat enligt EBC:s definition.

<sup>10</sup> Lehmann, (2007).

<sup>11</sup> Marris, (2006).

<sup>12</sup> Woolf D et al. (2010).

<sup>13</sup> Bruun, E et al. (2015).

<sup>14</sup> Cheng, C-H et al. (2008).

Biokolets potential som kolsänka beskrivs och bedöms på global skala i en artikel i den vetenskapliga tidskriften Nature från år 2010. Enligt denna analys finns det potential att sänka de globala koldioxidutsläppen med 12 procent med en, enligt författarna, långsiktigt hållbar biokolsstrategi.<sup>15</sup>

Möjligheten att göra jorden bördigare med hjälp av biokol är grundläggande för att biokol ska ha dubbel klimatnytta som jordförbättringsmedel. I vissa fall kan biokol möjliggöra återplantering av skog och odling i näringsfattiga jordar. Text vid ett projekt i Nepal användes 10 liter biokol för plantering av ett träd som i sin tur hade potential att binda 2,4 ton koldioxid under 10 år.<sup>16</sup>

De jordförbättrande egenskaperna uppnås främst när biokol används i kombination med kväve som gödningsmedel och kan bidra till en betydande ökning i organisk tillväxt. Användningen av biokol som jordförbättringsmedel kan då minska användningen av konstgödsel samt öka jordens förmåga att hålla vatten och skapa en bättre struktur vid användning i leriga jordar. En minskad användning av konstgödsel leder till minskningar av växthusgasutsläpp, på grund av att produktionen av konstgödsel är mycket energikrävande, och en ökad förmåga att bibehålla regnvatten gör att marken inte lakas ut av regnvatten.<sup>17</sup>

En del av dessa jordförbättrande egenskaper har även delvis styrkts i en australiensisk studie, men mer forskning för att belägga flera av dessa egenskaper efterfrågas.<sup>18</sup> I en studie av Kammann et al visas att en blandning av biokol och kompostmaterial som jordförbättringsmedel avsevärt förbättrar effekterna på grund av att näringsämnet nitrat laddades i biokol och frigjordes till växterna. Utbytet av biomassa ökade i försöket med upp till 305 procent i mager sandjord.<sup>19</sup>

Biokol som jordförbättrare är ett relativt väl utforskat område och utifrån genomförda studier kan det konstateras att inblandning av biokol vid jordtillverkning har potential, inte bara som kolsänka, utan också bidra med flera nyttor så som ökad växtlighet, minskad användning av konstgödsel, förbättrad vattenhållande effekt m.m. I avsnittet nedan beskrivs biokolets jordförbättrande egenskaper ytterligare, men med fokus på biokol i lantbruket.

### 3.3 NYTTOR MED BIKOL SOM VÄXTNÄRING INOM LANTBRUKET

För redan 2500 år sedan användes biokol i lantbruket i Amazonas. Idag kallas detta område för Terra Preta och utmärker sig genom att jorden är betydligt bördigare i jämförelse med omgivningens magrare jordar. Biokolet användes här långt innan dess potential som kolsänka blivit känd, men har nu fått mycket uppmärksamhet på grund av just potentialen som kolsänka.

Biokolet är i sig inget gödslingsmedel utan fungerar som en katalysator i jorden där den håller kvar fukt och näringsämnen som gör att mikrolivet och markprocesserna gynnas. Vidare har biokol egenskaper som gör att ammoniak binds, vilket kan utnyttjas vid flytgödselhantering eller som tillsats i en djupströbädd. Även lustgas-avgång och fosforförluster från marken kan minskas med biokol. Här kan det finnas potential till bättre utnyttjande av växtnäring och därmed lägre kostnader för inköpt gödsel.

Det minskade läckaget av näringsämnen är gynnsamt både för jordbruket och för omgivningarna i anslutning till jordbruksmark. Läckaget av näringsämnen från lantbruket leder till övergödningen av sjöar och vattendrag samt bidrar till årliga algbloomingar och döda bottnar i Östersjön. Den totala

<sup>15</sup> Woolf D et al. (2010).

<sup>16</sup> Schmidt Hans-Peter, (2013).

<sup>17</sup> Chan K Y et al. (2007).

<sup>18</sup> Joseph et al. (2010).

<sup>19</sup> Kammann et al. (2015).

kostnaden för att minska näringsläckaget tillräckligt för att nå Östersjöländernas gemensamma mål till 2021 har uppskattats till 4,69 miljarder euro<sup>20</sup>. Olika metoder för att minska läckaget av näringsämnen till Östersjön har därför ett högt värde, även ekonomiskt.

Flera studier, både i laboratorium och i fält, har visat lägre näringsläckage till följd av användningen av biokol. Den uppskattade effekten skiljer sig dock ofta åt, vilket inte är märkligt eftersom det finns många parametrar som kan ändras. Biokolets förmåga att binda näringsämnen kan bero på såväl vilken typ av biomassa och produktionsmetod som använts till vilken typ av näringsämne och jord som biokolet verkar. Haider m.fl. citerar ett antal studier som uppmätt allt från 5 procent till 94 procent minskning av näringsläckaget.

Biokolets förmåga att skapa bättre struktur i leriga jordar minskar problem med packning och dränering.<sup>21</sup> Även markens pH stiger och därmed kan behovet av strukturkalkning minska. Vidare förbättras både jordkvaliteten och markens ekosystem då halten organiskt material ökar med användning av biokol.

På grund av bland annat ovan beskrivna jordförbättrande egenskaper kan biokol i marker bidra till ökade skördar. Detta är extra viktigt i länder där jordens bördighet är undermålig för odling. Det kan även leda till möjligheter att återplantera skog, vilket har flera positiva effekter som minskad jorderosion och minskning av koldioxid i atmosfären. Även i Sverige består 2,65 procent av åkerarealen av utarmade jordar och här finns en potential för biokol att skapa nytta.<sup>22</sup>

Förutom nyttor som växtnäring på åkermark pågår försök inom lantbruket med att använda biokol i djupströbäddar för att minska lukt och metanavgång från djurstallar.

### 3.4 NYTTOR MED BIKOL SOM TILLSATS I DJURFODER

Träkol har historiskt använts för att minska matsmältningsproblem hos både människor och djur.<sup>23</sup> Inom humanmedicin används idag koltabletter för att motverka och mildra magsjuka och veterinärer i framförallt Tyskland använder det för att förbättra djurs hälsa.<sup>24</sup> Hjortdjur, vildsvin och apor har observerats äta träkol från grillplatser och skogsbrandsområden. Först på senare år har forskningen fått upp ögonen för möjligheterna och effekterna av att använda biokol i djurfoder.

Det finns en rad studier som visar att användningen av biokol/aktivt kol i djurfoder kan leda till en viktökning om 10 till 25 procent hos kycklingar, fiskar, grisar, getter och nötkreatur. Men det finns även studier som inte visar på någon signifikant viktuppgång. En annan rapport genomförd på 20 gårdar visar att grisarna blev klara för slakt 14 dagar tidigare än kontrollgruppen om 0,5 procent biokol blandades in i fodret.<sup>25</sup> En möjlig förklaring till produktionsökningen är att kroppens pH ökar, vilket förhindrar Acidios. En studie genomförd i Storbritannien visar att ett visst dagligt intag av biokol minskade just acidios och även lukten från gödsel redan efter en till två dagar.<sup>26</sup>

Vidare visar Schmidt et al. i en sammanställning av artiklar om biokol att inblandningen i djurfoder kan resultera i en ökad adsorption av toxiner och förbättrad matsmältning, men resultatet anses inte vara signifikant. Andra vetenskapliga undersök-

<sup>20</sup> Wulff et al. (2014).

<sup>21</sup> Hylander Lars, (2015).

<sup>22</sup> Pensulo, (2011).

<sup>23</sup> O'Toole Adam et al. (2016).

<sup>24</sup> Schmidt Hans-Peter, (2016).

<sup>25</sup> Draper Kathleen, (2017).

<sup>26</sup> Kammann Clauida et al. (2017).



ningar visar på adsorption av mykotoxiner, växtgifter, bekämpningsmedel och toxiska metaboliter av patogener. Redan under senare delen av 1900-talet fokuserade veterinärvetenskapen på försök med aktivt kol som ett tidsbegränsat läkemedel mot förgiftning och bakteriologiska sjukdomar såsom virussjukdomar<sup>27</sup>. Biokol motverkar diarré och har förmågan att suga åt sig E- kolibakterier och salmonella, vilket minskar smittspridningen via gödseln, och således är särskilt intressant ur ett svenskt perspektiv där spädgrisdarré förknippas med just dessa bakterier. I de intervjuer med lantbrukare som genomförts som underlag till denna studie berättar de som använt aktivt kol till djuren att alla har gjort det i samband med att djuren haft diarré och obalans i magen.

Även antibiotikaanvändningen har visats minska i ett flertal studier. I en studie i Tyskland där grisar matades med foder med inblandning av biokol under 6 månader eliminerades användningen av antibiotika helt.<sup>28</sup> Detta var även resultatet i en annan tysk studie där sjukdomarna och dödligheten bland kulingarna minskade drastiskt.<sup>29</sup> Även studier på fjäderfä visar att en inblandning av biokol i foder till kycklingar och ankor skulle kunna minska behovet av antibiotika. När biokol används i djurfoder och när hygien i stallet förbättras har det visat sig att behovet av antibiotika har minskat. Tyska lantbrukare har även rapporterat minskade veterinärkostnader.<sup>30</sup> Även allmänhälsan och vitalitet hos boskap har noterats förbättras vid inblandning av biokol i fodret. Detta tillsammans med minskade problem med klövar och minskad gödsellukt.<sup>31,32</sup>

I en svensk kontext är däremot antibiotikaanvändningen redan låg och det arbetas intensivt med rena foder och bra hygien i stallarna för att minska behovet av antibiotikaanvändning.

Utöver de hälsomässiga aspekterna för människor och djur finns det studier som visar att metangasutsläpp från idisslare kan minska om biokol är en del av kosten. Idisslare omnämns som en av de stora källorna till utsläpp av växthusgasen metan<sup>33</sup> och lösningar för att minska dessa utsläpp har därför stort värde ur klimatsynpunkt. I två studier uppmättes en metanreduktion om 12,5 respektive 20 procent vid en inblandning av biokol med mellan 0,5 och 0,6 procent i djurfodret. I en annan studie blandades å andra sidan en högre mängd biokol in i djurfodret och här kunde ingen metanreduktion påvisas.<sup>34</sup>

Vidare har sekundära effekter av biokol i djurfoder studerats av Kammann et al. Biokolet som genom kornas gödsel spreds över betesmarken minskade behovet av mineralgödsling med kväve och band kol i marken. I studien beräknas att om allt boskap matas med foder med en procents inblandning av biokol kan det leda till en utsläppsreduktion motsvarande 1,2 procent av globala utsläpp. I Figur 2 sammanfattas studerade effekter hos får, gris, fisk, kycklingar och nötkreatur vid användning av biokol i djurfoder.

27 Kammann Clauida et al. (2017).

28 O'Toole Adam et al. (2016).

29 Draper Kathleen, (2017).

30 Kammann Clauida et al. (2017).

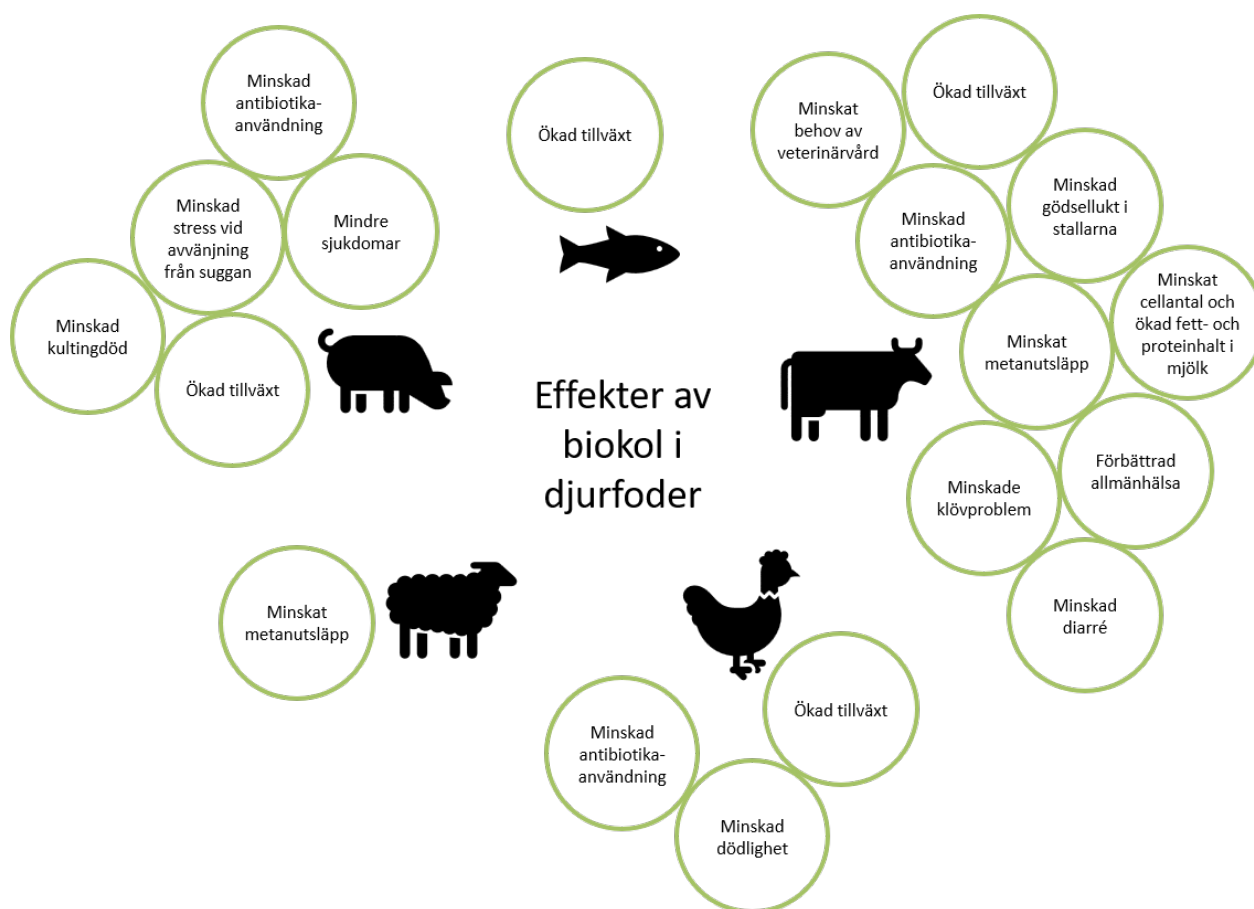
31 Draper Kathleen, (2017).

32 Kammann Clauida et al. (2017).

33 Naturvårdsverket, (2017).

34 O'Toole Adam et al. (2016).

Figur 3. Nyttor med biokol i djurfoder. Källa: EcoTopic



### 3.5 NYTTOR MED BIKOL SOM FYLLNADSMATERIAL I BETONG

I tillverkning av betong används idag fyllnadsmaterial främst i form av naturgrus och bergkross. Tillgången på naturgrus väntas dock minska i framtiden och bergkross spås därför bli allt vanligare. Utöver dessa fyllnadsmaterial blandas även andra material in för att ge betongen önskade egenskaper. Till exempel används lecakulor och cellplast för att göra betongen lättare.

De nyttor som har identifierats med att använda biokol i betong är dels som en stabil kolsänka genom inlagring av kol i betong och dels ekonomiska fördelar om kostnaden för biokol kan vara lägre än för andra fyllnadsmaterial i betongen.

Biokolets roll som kolsänka i betong beräknas i underlagsrapporten till 2 kg koldioxidekvivalenter per kg biokol. Denna klimatnytta är inte bara beständig under användningsfasen, utan fortsätter även i stor utsträckning efter att t ex byggnaden rivs. I beräkningar av klimatnyttan ingår även möjlig klimatbelastning vid tillverkningen av biokol som uppkommer vid transport och tillförd energi.

Klimatbelastningen vid framställning av konventionell betong är ungefär 200 kg koldioxid per kubikmeter, men varierar beroende på betongklass och tillsatser. Om 25 procent av fyllnadsmaterialet ersätts med biokol leder det till en klimatpåverkan om ungefär 46 kg koldioxid per kubikmeter, vilket är en minskning med 77 procent mot konventionell betong. För att betong ska bli klimatneutral krävs

att en tredjedel av fyllnadsmaterialet ersätts med biokol. Om istället 50 procent av fyllnadsmaterialet skulle ersättas av biokol blir klimatnyttan 110 kg koldioxid per kubikmeter (mer koldioxid binds in i betongen än vad som krävs för att göra den), d.v.s. att atmosfärens koldioxidhalt minskar med 110 kg per kubikmeterbetong. Vid dessa beräkningar har ej ekonomiska och egenskapsmässiga förändringar i betongen beaktats.

Enligt intervjuerna i underlagsrapporten finns idag inga studier av möjliga tekniska och egenskapsmässiga förändringar som kan uppstå på grund av användningen av biokol i betong, vilket lyfts fram som grundläggande för att kunna uppskatta möjlig teknisk potential.

Möjligheterna att skapa en ekonomisk nytta genom att konkurrera ut fyllnadsmaterial på pris beror främst på vilka typer av material biokol kan ersätta i betong. De billigaste fyllnadsmaterialen är idag sand och grus från naturgrus eller bergkross. Det är dock svårt att få till nya täktillstånd för naturgrus då naturgrus bland annat är en viktig del av de naturliga reningsprocesserna och en för hög exploatering av råvaran kan leda till förorenade grundvatten. Detta gör att bergkross spås bli allt vanligare som fyllnadsmaterial framöver.

Idag är fyllnadsmaterial som naturgrus och bergkross billiga, den minskade tillgången på naturgrus kan öka priserna på sikt, men enligt underlagsrapporten förväntas priserna vara fortsatt relativt låga. Biokol skulle även kunna ersätta andra material, som lecakulor och cellplast, vilka används i betong för att bland annat minska vikten. Dessa material har ett något högre pris och det finns således en potential att skapa ännu större ekonomisk nytta om dessa ersätts. Detta undersöks och diskuteras mer ingående i rapportens resultat-del (se avsnitt 4.4).

Andra nyttor som nämnts i litteratur är bland annat att luftfuktigheten i inomhusluften hålls mer konstant och att luftföroreningar fångas in i ma-

terialet, tack vare biokolets absorptionsförmåga<sup>35</sup>. Detta är dock ett relativt outforskat område och har inte undersökts vidare i denna marknadsstudie.

### 3.6 NYTTOR MED BIKOL VID ANVÄNDNING SOM FILTERMATERIAL

Förutom goda egenskaper för marken, produktion av energi eller som medel för att motverka klimatförändringar har biokolet unika ytegenskaper som gör det attraktivt för användning som filtermaterial för att adsorbera kemiska ämnen i vatten och luft. Materialets porositet, stora ytor och speciella kemiska ytegenskaper ger hög adsorption och tillåter dessutom påväxt av biofilmer (matta av bakterier) som kan vara aktiv vid nedbrytning av föroreningar i det filtrerade vattnet eller luften.

Biokol är således en mångsidig produkt som skulle kunna utvecklas och nyttjas i olika filterprocesser för rening av vatten och luft. Produkten är gammal men nya tillämpningar tillkommer ständigt varefter förståelsen för materialets unika egenskaper ökar. En fördel med biokol är att det kan produceras från många olika organiska material. Biokol framställs ofta från biologiska restprodukter som därmed kan få ytterligare ett användningsområde, vilket höjer dess värde som en kretsloppsanpassad produkt.

Biokolets ytor innehåller bl.a. organiska funktionella grupper i form av karboxyl- och hydroxylgrupper liksom aromatiska grupper som fenoler, vilka alla utgör bindningsställen för vätske- och gasformiga föroreningar. Detta samtidigt som materialets porositet och stora ytor tillåter påväxt av biofilmer som kan vara aktiva vid nedbrytning av föroreningar i vatten eller luft som filtreras. Den specifika ytan hos biokol kan variera från 100 till 1400 m<sup>2</sup> per gram, jämfört med >1000 m<sup>2</sup> per gram för aktiv granulerat kol<sup>36</sup>. Biokol kännetecknas av dess lätta vikt med observerade densiteter från 190 kg per m<sup>3</sup> för biokol från furu till 270 kg per m<sup>3</sup> för biokol från salix, vilket kan jämföras med sand (1700 kg per m<sup>3</sup>) och granulerat aktivt kol (560 kg per m<sup>3</sup>). Den

<sup>35</sup> Schmidt H-P et al. (2013).

<sup>36</sup> Downie ., Krosky A, Munroe P, (2009).



låga densiteten hos biokol gör att transport- och hanteringskostnaderna för materialet blir betydligt lägre jämfört med sand.<sup>37</sup>

Den stora specifika ytan hos biokol gör det möjligt att använda mindre mängd filtermaterial och medger därmed mindre storlek på avloppsreningsanläggningen.<sup>38</sup> I biofilmen sker biologiskt viktiga processer som leder till rening av avloppsvattnet, såsom nedbrytning och mineralisering av organiskt material, samt omvandlingar av kväve via nitrifikation och denitrifikation. Utöver detta innebär större specifik yta hos biokolet en högre adsorptionsförmåga och utfällningskapacitet av olika organiska och oorganiska föroreningar såsom läkemedelsrester och metaller.

Vidare har vissa typer av biokol hög porositet (60–74 procent), vilket är signifikant högre än den hos sand (35 procent). Detta betyder att ett filter av biokol håller vatten betydligt längre än ett sandfilter samt tillåter en omfattande påväxt av biofilmer utan att porerna täpps till och att luftningen begränsas.<sup>39</sup>

För rening av förorenat vatten visar resultat från studier vid SLU att biokolfilter har mycket hög kapacitet att rena organiskt nedbrytbart material under olika hydraulisk belastning och kornstorlek både direkt efter uppstart och under längre tids drift. Adsorption av ammonium är hög med en reduktion på 90–99 procent och minskningen av den totala mängden kväve varierade mellan 62 och 88 procent. Fosforeringen i aktiverat biokol är mycket bättre än i sandfilter, medan icke-aktiverat biokol och sand uppvisade likartad rening.<sup>40,41</sup>

Studier vid SLU visar även att biokol både med och utan biofilm renade i genomsnitt 95–99 procent av vattnets innehåll av läkemedelsresterna, vilket är

betydligt högre än den hos en sandbaserad markbädd där samma läkemedelsrester reducerades med 0–69 procent. Även högflourerade ämnen (PFAS) renades med 89 – 99 procent. En blandning av sand och biokol i en markbädd ökar utöver detta avskiljningen av mikroföroreningar jämfört med en bädd bestående av enbart sand.

Inom rökgasreningen har visats att biokol kan användas som katalysator, antingen obehandlad eller som bärare av en katalytisk metall, för nedbrytningen av toluen och naftalen.<sup>42</sup> Biokol producerat från olika råmaterial vid olika temperaturer kan binda kvicksilver från rökgas. Reningsförmåga kan till och med vara högre än för aktiverat biokol. Biokol har visats kunna avlägsna odörer såsom NH<sub>3</sub> och flyktiga organiska kolföreningar (toluen, metyletyl keton och limonen) mer effektivt än kommersiellt aktivt kol. Andra gaser och föroreningar som visats kunna renas/adsorberas i kolfiltermatriser är ozon och formaldehyd. Innehållet av PAH:er i rök fisk och karbonyler såsom formaldehyd och akrolein, båda potentiellt cancerogena eller mutagena kolföreningar från cigarettrök, kunde minskas med kolfilter monterade i cigarettens filter.<sup>43</sup>

I Sahota et al visades en god potential att rena H<sub>2</sub>S med biokol. I försöket passerade biogas från en närliggande biogasanläggning ett kontinuerligt adsorptionstorn med en uppehållstid på 25 minuter. Halten H<sub>2</sub>S i biogasen minskades med 84,2 procent.<sup>44</sup> Även i Anfruns et al från 2009 har det visats att biokol kan avlägsna odörer som svavelväte. Även andra odörämnen som NH<sub>3</sub> och flyktiga organiska kolföreningar avlägsnades från luften lika eller mer effektivt än kommersiell aktiv kol.

37 Dalahmeh, S. (2016).

38 Dalahmeh, S. (2016).

39 Dalahmeh, S. (2016).

40 Dalahmeh, S. (2016).

41 Dalahmeh S, Ahrens L, Gros M, Wiberg K & Pell M. (2017).

42 Anis S & Zainala ZA, (2011).

43 Morabito et al. (2017).

44 Sahota et al. (2018).

4

**Resultat från  
marknadsstudien**

I detta kapitel redovisas resultaten från underlagsutredningarna för respektive användningsområde. Resultatet presenteras på en gemensam form där kunskapsläge, marknadspotential, betalningsvilja, hinder och möjligheter, samt förslag på fortsatta steg inom varje område beskrivs.

#### 4.1 ANVÄNDNING AV BIOKOL VID JORDTILLVERKNING

Jordtillverkare har relativt god kännedom om biokol och dess nyttor, det finns idag en marknad för biokol inom jordtillverkning och betalningsviljan för biokol går att kvantifiera på en övergripande nivå. Detta gör att biokolets potential för användning vid jordtillverkning har kunnat beskrivas i större utsträckning än för övriga användningsområden.

##### Kunskapsläge

Kännenheten om de värden biokol ger är relativt god hos intervjuade jordtillverkare. Endast en av aktörerna kunde inte ge exempel på nyttor som biokolet ger. Den främsta nyttan som pekas ut är växtbetingade värden, dvs att mikroorganismer trivs och förbättrar markens avkastning (fem av sex intervjuade svarar detta). Tre av jordtillverkarna väljer att lyfta biokolets förmåga att absorbera vatten som en nytta samtidigt som två av dessa aktörer påpekar att det behöver utredas hur mycket vatten biokolet kan absorbera. Här efterfrågas jämförelsestudier med andra vattenhållande alternativ.

Vidare framhåller även tre aktörer det miljömässiga värdet, dvs den klimatnytta som biokolet ger genom att binda kol från atmosfären. Även om samtliga aktörer har en positiv inställning till biokol är det flera som påpekar att det kan vara fördelaktigt att blanda in i en del jordar men långt ifrån alla jordar.

En av de punkter som framhölls allra tydligast och som genomsyrade många av intervjuerna var att det behövs mer kunskapsunderlag om nyttor som uppstår vid användning av biokol som jordförbättringsmedel.

##### Marknadspotential

I studien har en kvantifierad marknadspotential inte kunnat klarläggas. Däremot tror fem av sex intervjuade jordtillverkare på en ökad användning av biokol som jordförbättringsmedel. Än så länge är det dock endast Hasselfors och Rölunda som använder biokol i anläggningsjordar. Majoriteten av aktörerna har svårt att bedöma hur stor försäljningsökning de räknar med i sina verksamheter. Aktörernas kunskapsbrist om nyttor, optimal inblandning för att nå värden och marknadspris gör det därför svårt att bedöma produktens marknadspotential.

Endast en aktör har i procenttal kunnat ange hur stor ökning de beräknar inom de närmsta åren. Denna jordtillverkare blandar in biokol i ungefär fyra till fem procent av dagens leveranser av anläggningsjordar. I dessa leveranser står biokol för 20 procent av den totala volymen, den inblandning

#### I korthet: Jordtillverkning

- I princip samtliga jordtillverkare som ingått i studien kan ge exempel på nyttor med biokol och kännenheten hos dem om biokolets nyttor är överlag god.
- Nyttorna med biokol är i stort sett okända hos privatpersoner, d.v.s. hos jordtillverkarnas kunder.
- Marknadspotential är ej kvantifierad i underlagsrapporten, men förväntas enligt uppgift från en tillverkare kunna öka de närmaste åren med 10–20 procent per år utifrån dagens nivå.
- Betalningsviljan uppges vara mellan 2600 och 3000 kr per kubikmeter biokol.

som enligt aktören krävs för att få önskad effekt. Vidare räknar aktören med att andelen biokol i leveranserna av anläggningsjordar kommer att öka med cirka 10 till 20 procent per år, från dagens nivåer runt fyra till fem procent. Ett större intresse för biokol i fler städer än Stockholm samt att efterfrågan på biokol i lättviktsjordar har ökat, som lämpar sig väl för bland annat takodling, anges som några av orsakerna till den förväntade ökningen. Att biokol kan användas i jordar för anläggning av gröna tak i större utsträckning lyfts av ytterligare en aktör, på grund av krav på lätta material.

### **Betalningsvilja**

Priset på biokol skiljer sig stort åt mellan jordtillverkare. Omräknat till kubikmeterpris motsvarar biokolens andel av såld jord mellan 2600 och 3000 kronor per kubikmeter<sup>45</sup>.

Flera aktörer understryker att jordarna blir mycket dyrare med inblandning av biokol och den betalningsvilja som krävs finns endast hos en liten del av kundsegmentet. Efterfrågan drivs istället av krav på att blanda in biokol i anläggningsjordar vid upphandlingar som görs av främst Stockholms stad. Det finns en gemensam syn bland flera aktörer att betalningsviljan skulle kunna öka på sikt om nyttorna blir mer kända och kunderna ser de värden biokolet tillför, som exempelvis bördigare jord. Ett annat alternativ är att betalningsviljan för kolsänkan skulle öka, dock upplever flera en osäkerhet kring möjligheten att marknadsföra nyttan med minskad klimatpåverkan på konsumentens sida. Idag är det inte möjligt att använda detta argument med samma trovärdighet då större delen av biokolet importeras från Baltikum, men om närproducerad biokol finns tillgänglig på marknaden kommer klimatnyttan vara enklare att kommunicera enligt en aktör.

Utifrån intervjuvaren har även material som biokol kan ersätta identifierats. Torv pekades ut som det främsta materialet biokol kan ersätta, men även pimpsten, med snarlika egenskaper som biokol, är en möjlighet. Priset för torv kan variera mellan 70 till 250 kr per kubikmeter och är således betydligt billigare än biokol, men flera av aktörerna lyfter osäkerheter kring prisutveckling då torv har blivit mer och mer ifrågasatt på grund av torvutvinningens klimatpåverkan och påverkan på omgivande ekosystem. Införs till exempel förbud mot att öppna nya torvmossor kommer priset på torv att stiga.

Priset för pimpsten är något lägre än för biokol och minskat utbud på pimpsten lyfts inte som en risk. Däremot fraktas all pimpsten från Island, vilket innebär höga transportkostnader.

### **Hinder och utmaningar**

Kännedom om biokol hos jordtillverkare betraktas som relativt god i jämförelse med övriga användningsområden i denna markandsstudie. Jordtillverkarna saknar dock underlag i form av kvantifiering av nyttorna som uppstår vid användning av biokol som jordförbättringsmedel. Vidare är biokolets nytta i stor utsträckning okända för privatpersoner, d.v.s. jordtillverkarnas kunder på konsumentens sida, vilket gör det svårare att täcka kostnaderna för tillsatts av biokol i jordprodukter på konsumentens sida.

En aktör lyfter oklarheter kring biokol och ekologisk odling som ett definitivt hinder och påpekar att det inte går att få biokol KRAV-märkt idag på grund av organisationens riktlinjer runt tungmetaller och innehåll av kadmium. Samma aktör påpekar också att beställarna efterfrågar EBC-märkt biokol (European Biochar Certificate) i större utsträckning, dock har EBC-märkt biokol varit svårt att få tag på enligt jordtillverkaren.

<sup>45</sup> I konsumentsegmentet betalar kunderna idag 140 till 160 kr för en produkt som innehåller 40 liter biokol, där biokolet står för 75 procent av kostnaden (resterande 25 procent är näringsämnen). Omräknat till kubikmeterpris motsvarar biokolens andel mellan 2625 och 3000 kronor per kubikmeter.

Idag upplever flera jordtillverkare att tillgången på biokol är ett hinder. Det är svårt att få tag på biokol, i synnerhet biokol som har producerats i Sverige. I flera av intervjuerna efterfrågas närproducerat biokol i stor skala, vilket ses som en förutsättning för att andelen biokol ska öka.

### Nästa steg

Utöver ett större forskningsunderlag och att större klarhet kring användning av biokol vid ekologisk odling efterfrågas även en större svensk produktion av biokol. Nedan listas möjliga fortsatta steg.

- **Ökad tillverkning av svenskt biokol.** Detta efterfrågas explicit av flera jordtillverkare.
- **Mer forskning kring de nyttor som uppstår vid användning av biokol** som jordförbättringsmedel.
- **Lättillgänglig information riktad mot jordtillverkarens kunder** för att upplysa dem om biokolets nyttor.
- **Utreda möjligheterna att certifiera biokol enligt KRAV och andra ekologiska märkningar.** Branschföreningen Biokol Sverige har skickat in en ansökan om att få använda biokol i ekologisk produktion, men beslut har inte meddelats ännu.

## 4.2 ANVÄNDNING AV BIKOL SOM VÄXTNÄRING I LANTBRUKET

I marknadsstudien för biokol inom lantbruket har en enkät skickats ut till 200 lantbruk, varav 40 svar har inkommit. Av de svarande är 13 gårdar ekologiska med egen djurhållning, 24 gårdar har konventionell odling med egen djurhållning och 3 gårdar har konventionell odling utan djur.

### Kunskapsläge

Bland respondenterna har 41 procent svarat att de känner till biokol sedan tidigare och många av respondenterna är intresserade av biokol. Det viktigaste för de svarande är att det finns belegg för att införandet av biokol är lönsamt och här understryker underlagsrapporten att mer forskning behövs för att kunna påvisa detta. Kunskapsläget är även lågt när det gäller certifieringar, lagar och regler kring användandet av biokol. Idag är biokol t ex inte godkänt enligt EUs eller KRAVs ekologiska regelverk. KRAV, Arlagården och Svenskt Sigill är exempel på olika certifieringar som kan ha olika regler för införsel av produkter i jordbruket. Det kan behövas godkännanden, certifieringar, och kvalitetskontroller gällande eventuella tungmetaller mm i biokolet för att produkten skall vara godkänd för användning i jordbruket.

### I korthet: Växtnäring i lantbruk

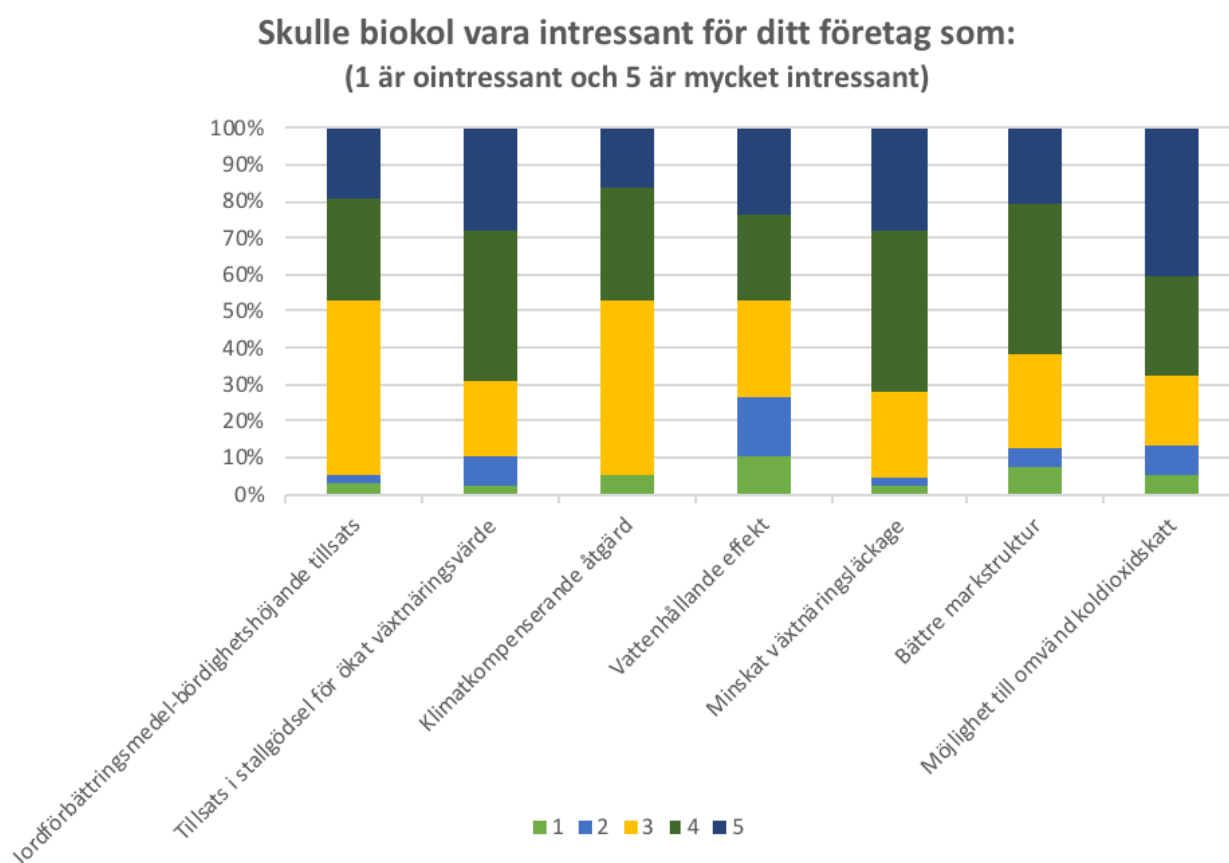
- Närmre hälften av respondenterna känner till biokol, men dess nyttor är mindre kända och kunskapsluckorna stora.
- Tydligare regler och lagar kring hur biokol får användas efterfrågas (t ex inom ekologiskt jordbruk)
- Mer forskningsunderlag som belägger nyttorna med biokol i en svensk kontext efterfrågas
- Möjliga alternativa finansieringar som klimatkompensation och miljöstöd anses intressant bland de svarande.

## Marknadspotential

Marknadens storlek har inte kunnat kvantifieras utifrån enkätsvaren. En indikation på en möjlig marknad är intresset respondenterna har för biokol inom olika områden. I Figur 3 sammanfattas svar från enkäten där respondenterna har tillfrågats hur intressant de anser att biokolsanvändning är för dem inom sju användningsområden (1 är ointres-

sant och 5 är mycket intressant). För samtliga sju användningsområden har respondenterna i stor utsträckning uppgivit att det är mycket eller relativt intresserade av att använda biokol (4 eller 5). Störst intresse finns på områdena ”Tillsats i stallgödsel för ökat växtnäringvärde”, ”Minskat växtnäringsläckage” och ”Möjlighet till omvänd koldioxidskatt” där runt 70 procent uppger 4 eller 5.

**Figur 4. Uppgivet intresse för biokol inom sju olika användningsområden för lantbruket.**

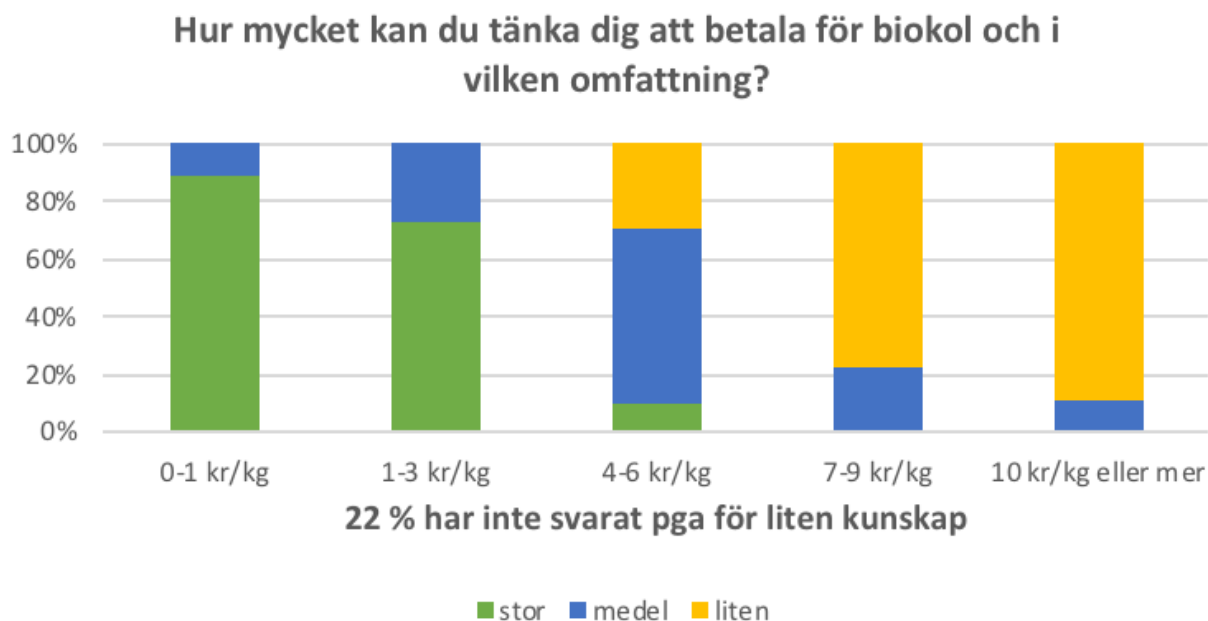


## Betalningsvilja

Betalningsviljan är nära kopplad till biokolets egenskaper. Kan biokolets positiva egenskaper inom lantbruket underbyggas och kvantifieras i ett svenskt perspektiv ökar betalningsviljan. En ekonomisk kalkyl som styrker lönsamheten anses vara det viktigaste för att respondenterna i enkätundersökningen ska testa biokol. Näst högst värderas resultat från försök i en svensk kontext. Intresset för biokol ökar även stort om någon form av klimatkompensation eller miljöstöd kan erhållas för att använda biokol.

I Figur 4 visas betalningsvilja hos respondenterna i enkätundersökningen. Respondenterna har svarat att de kan tänka sig att använda biokol i stor omfattning upp till tre kronor per kg (dvs 3000 kr/ton). Det bör dock noteras att 22 procent av de respondenter som har besvarat enkäten här har valt att inte besvara denna fråga då de saknar tillräckligt kunskapsunderlag.

**Figur 5. Betalningsvilja för biokol i genomförd enkätundersökning. 22 procent av respondenterna besvarade inte denna fråga på grund av för låg kunskap om biokol.**



## Hinder och utmaningar

Kunskapsläget ses som en utmaning för en större användning av biokol inom lantbruket i Sverige. Dels efterfrågas forskning för att påvisa och kvantifiera nyttorna med biokol i en svensk kontext och dels behöver denna information kunna omsättas i produkter som passar lantbrukares behov och är lönsamma att köpa in.

För lantbrukare finns redan idag ett stort antal regler och tillstånd inom miljöområdet. Det efterfrågas således en produkt där det är lätt att förstå hur den går ihop med olika certifieringar, lagar och regler (t ex ej godkänd inom EUs eller KRAVs ekologiska regelverk). Idag saknas analyser för t ex tungmetaller och det är osäker om biokol klassas som gödselmedel/jordförbättringsmedel, avfall eller biprodukt.

## Nästa steg

För att överbygga de utmaningar som beskrivs ovan och kunna introducera biokol i större skala inom lantbruket föreslås följande steg (ej i specifik ordning).

- Att **mer forskning i form av långtidsprojekt** kring nyttan av biokol i svenska jordar och under **svenska odlingsförhållanden** genomförs för att ge ett pålitligt beslutsunderlag om huruvida användning av biokol är lönsam.
- Utreda möjligheterna att införa ett **miljöstöd eller stöd liknande det för strukturkalkning för att uppmuntra/öka användningen av biokol**. T ex föra dialog med **Jordbruksverket** om möjlig utformning av detta.
- Diskutera och utreda möjligheterna att använda biokol som klimatkompensation. Undersöka om det t ex skulle vara intressant för företag som **Arla att klimatkompensera genom att köpa biokol till sina leverantörer** istället för trädplanteringsprojekt i andra länder?
- Biokolen måste **erbjudas som en lätthanterlig och praktisk produkt**. T ex gårdar som redan har egen stallgödsel är sannolikt intresserade av ren biokol att blanda i sin gödsel medan gårdar utan egen stallgödsel är sannolikt intresserade av biokol som laddats med/blandats med stallgödsel.
- **Regelverken för användning av biokol behöver klargöras** (t ex användning inom ekologisk odling och vilka analyser som behöver göras för att det ska vara möjligt att ha det på åkrarna)



### 4.3 ANVÄNDNING AV BIOKOL SOM TILLSATTS I DJURFODER

I Sverige finns idag ingen marknad för biokol som tillsats i djurfoder förutom att aktivt kol används inom veterinärmedicin för att lindra magproblem hos olika djurslag. Trots detta är intervjuade svenska lantbrukare mycket öppna inför att testa biokol i sitt djurfoder om det kan ha positiva ekonomiska effekter och om djuren mår bättre. På en skala från 1–5, där 1 är ointressant och 5 är mycket intressant, svarade lantbrukare med ett medelvärde om 4,2 att biokol är intressant som råvara i djurfoder. Många lantbrukare har dock små marginaler och inte möjlighet att prova produkter som de inte säkert vet ger avkastning. Det är således inte tillförlitligt att basera ekonomisk effekt för lantbrukaren på resultat från enstaka studier. I Tyskland, Schweiz och Österrike har lantbrukare å andra sidan gått före forskningen och börjat använda biokol i djurfoder i stor skala.<sup>46</sup>

### Kunskapsläge

Forskning visar på nyttorna med biokol som blandas i djurfoder; förbättrad allmänhälsa, ökad produktion, minskad antibiotikaanvändning, minskad dödlighet, förbättrat foderutnyttjande, minskat metanutsläpp och upptag av patogener. Antalet forskningsrapporter på biokolets effekter där flera studier verifierar varandras resultat är däremot få. Även om det finns ett stort antal gjorda studier har de en stor variation av frågeställningar. Det är inte tillförlitligt att basera ekonomisk effekt för lantbrukaren på resultat från enstaka studier. Således behövs ytterligare forskning inom området.

De intervjuade lantbrukarna i underlagsrapporten efterfrågar även information om hur biokol kan användas i djurfoder rent praktiskt.

### Marknadspotential

I Sverige idag finns i princip ingen marknad för biokol i djurfoder. Den totala marknadspotentialen kan däremot kvantifieras genom att beräkna totalt biokolbehov förutsatt att alla produktionsdjur inklusive hästar matas med biokol. Se Tabell 1. En teoretisk marknad är således cirka 150 000 ton biokol per år med en omsättning om cirka 1 780 000 kkr.

#### I korthet: Djurfoder

- Det finns ett stort intresse bland intervjuade lantbrukare att använda biokol
- Kunskapsläget inom forskningen på området kan dock anses vara relativt lågt och lantbrukarna efterfrågar ytterligare kunskapsunderlag
- En teoretisk marknadspotentialen i Sverige, förutsatt att alla produktionsdjur, inklusive hästar matas med biokol, beräknas uppgå till cirka 150 000 ton biokol per år.

<sup>46</sup> Kammann Clauida et al, Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden – knowns, unknowns and future research needs, Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2017.



**Tabell 1. Totalt teoretiskt biokolbehov per år i Sverige i djurfoder för produktionsdjur och hästar.**

Djurslag	Mängd biokol per dag (g/dag)	Antal djur i Sverige år 2017	Total svensk marknad för biokol i djurfoder (ton/år)	Total svensk marknad för biokol i djurfoder (kkr/år)
Köttkor	200	489 194	35 711	428 534
Mjölkkor	200	331 000	24 163	289 956
Kalvar	50	476 000	8 687	104 244
Grisar	120	1 354 000	59 305	711 662
Hästar	150	359 000	19 655	235 863
Fjärderfä	1,25	9 750 000	439	5 265
			<b>147 960 ton</b>	<b>1 775 524 kkr</b>

### Betalningsvilja

Betalningsviljan har i underlagsrapporten kvantifieras utifrån resonemang om biokolets nytta i djurfoder. Det finns mest forskningsbelägg för biokolets nytta vid diarré och således sker beräkningar utifrån detta. För en besättning om 100 kor uppskattas den årliga kostnaden för diarré och dödlighet hos kalvar till 50 000 kr. Det kan jämföras med en kostnad om ca 22 000 kr för att ge kalvarna biokol. En grisgård med en besättning om 500 sugor uppskattas ha en kostnad för diarré hos späd-

grisar på mellan 500 000 kr till 2 miljoner kr per år. Kostnaden för diarré i samband med avvänjning av slaktgrisar uppskattas till mellan 100 000 kr och 1,4 miljoner kr per år.<sup>47</sup> Varje suga får i genomsnitt 22 slaktgrisar per år och om dessa slaktgrisar matas med biokol blir kostnaden för biokolet ca 2,4 miljoner kr per år. Baserat på dessa beräkningar dras slutsatsen att biokol i djurfoder kan vara lönsamt till både kor och grisar.<sup>48</sup> Dock förutsätter det att man kan med säkerhet visa att biokol har en positiv effekt mot diarré och till vilken grad det påverkar. Detta sammanfattas i Tabell 2.

**Tabell 2. Möjlig besparing vid biokolsanvändning per djur.**

Djurbesättning	Sjukdom	Kostnad för sjukdom	Kostnad för biokol
100 kor	Diarré och dödlighet hos kalvar	50 000 kr/år	22 000 kr/år
500 sugor	–Diarré hos spägrisar och vid avvänjning		
Samt 10 - 128	500 000 kr – 2 MSEK/år resp 100 000 kr – 1,5 MSEK/år	2,4 MSEK/år	

<sup>47</sup> SVA, (2016).

<sup>48</sup> Gustafsson och Ek (2018).

Hur mycket biokol kostar i jämförelse med hur mycket lantbrukaren får betalt per kilo kött ger en indikation om i vilken storleksordning betalningsviljan för biokol är och hur mycket nyttorna med biokol måste vara värda. I Tabell 2 beräknas kostnaden för biokol per kg kött för grisar, ungtjurar

och fjäderfä. Beräkningen visar att kostnaden för att tillsätta biokol i fodret till grisar beräknas uppgå till cirka 14 procent av köttpriset, för ungtjurar antas kostanden uppgå till cirka 13 procent medan för fjäderfä beräknas kostanden endast uppgå till cirka 1 procent av köttpriset.

**Tabell 3. Kostnad biokol per kg kött.**

Djurslag	Biokol-giva (g/dag)	Avräkningspris (kr/kg)	Genomsnittlig slaktvikt (kg)	Dagar de äter biokol (dagar)	Total biokol (kg/djur)	Total kostnad biokol (kr/djur)	Kostnad biokol (kr/kg kött)	Kostnad biokol kr biokol/kr kg kött (%)
Grisar	120	17	90	150	18	216	2,4	14%
Ungtjur	200	44	340	828	165,6	1987,2	5,8	13%
Fjäderfä	1,25	24	2	36	0,045	0,5	0,27	1,1%

### Hinder och utmaningar

Det finns ett stort intresse bland lantbrukare att använda biokol i djurfoder, vilket framkommit av både intervjustudierna och är något branschföreningen Biokol Sverige har märkt av. Samtidigt har flera utmaningar och hinder för biokolets spridning inom djurfoder identifierats.

Ett betydelsefullt hinder är att forskningen på området är begränsad. Tillräckligt starka belägg för de positiva effekterna av biokol i djurfoder saknas, vilket gör att lantbrukare inte vill ta risken att testa. Som exempel kan nämnas att ingen forskningsrapport på ämnet i en svensk kontext har hittats.

Vidare är ett hinder för biokolsanvändningen i det ekologiska jordbruket att det idag inte är möjligt inom ramen för de certifieringar som finns (Gabrielsson, 2018).

En annan utmaning med att börja använda biokol som foderråvara är att få in det i fodersystemet; att det rent praktiskt går att blanda in i fodret med befintliga maskiner. Det får t ex inte finnas risk att fodret fastnar i rörsystemen.

### Nästa steg

Mer forskning och utveckling inom området efterfrågas, både i form av kvantifiering av nyttor och praktisk utformning av biokol som produkt. Nedan listas ett antal punkter som är intressanta för fortsatt utredning.

- **Mer forskning för att belägga och kvantifiera nyttorna** med biokol i djurfoder. Med tanke på intresset för biokol hos intervjuade lantbrukare är en slutsats i underlagsrapporten att det inte bör vara svårt att få deltagare till forskningsstudier på området.
- Utredning av möjligheterna att **få in biokol i certifieringar som KRAV-märkt och ekologiska produkter** överlag.
- Utveckling och utredning om **hur biokol ska förpackas för att bli en attraktiv produkt**. Går det t ex att blanda in i fodret med befintliga maskiner?

## 4.4 ANVÄNDNING AV BOKOL SOM Fyllnadsmaterial i betong

Inblandning av biokol i betong görs inte idag och således finns det frågetecken kring teknisk prestanda, till följd av detta har det varit svårt att i underlagsutredningen bedöma betalningsviljan och marknadspotentialen för biokol inom detta användningsområde. Inom bygg- och anläggningssektorn finns det däremot flera incitament för minskad klimatpåverkan, vilket gör att det finns ett intresse för biokol från branschen.

### Kunskapsläge

En grundförutsättning för att använda biokol i betong är att hållfastheten kan beläggas. Detta understryker flertalet av de intervjuade personerna som viktigt. Ett stort antal frågeställningar kring tekniska detaljer framkommer i intervjuerna och kunskapsläget här kan betecknas som lågt.

Vidare är en förutsättning för betalningsvilja att klimatnyttan kan beläggas. Intervjuad representant från ett större byggbolag kräver trovärdiga siffror som belägg för detta. Det måste även kommuniceras mot kunder för att en efterfrågan ska finnas. I underlagsrapporten framgår det dock att det finns bra belägg för klimatnyttan och att den kommunikationen gentemot kunderna är viktig.

### Marknadspotential

Ingen kvantifiering av marknadens storlek har kunnat göras i underlagsrapporten. Om biokol har möjlighet att konkurrera med andra fyllnadsmaterial bedöms marknaden kunna vara betydande. Även om biokol i dagsläget inte kan konkurrera med sand som fyllnadsmaterial i betong, bedöms marknaden kunna vara stor om biokol på sikt kan konkurrera med andra lättviktsmaterial som exempelvis lecakulor och cellplast. Ett antal förslag på nischmarknader ges i rapporten i form av t ex betongfundament i industrin och små betongprodukter som t ex gångplattor med lägre krav på hållfasthet. Där den förstnämnda nischen rör sig om stora volymer.

### Betalningsvilja

I underlagsrapporten har ingen betalningsvilja varit möjlig att kvantifiera. Följande indikationer för potentiell betalningsvilja har istället sammanställts:

- Priset på fyllnadsmaterial är idag ungefär 100-150 kr per ton. Ett minskat framtida utbud av naturgrus kan dock leda till en prisökning.
- Biokol gör betong lättare och enligt sakkunnig inom betongindustrin är det mer sannolikt att biokol kommer konkurrera med andra lättviktsmaterial som lecakulor och cellplast. Priset för dessa lättviktsmaterial har ej identifierats i underlagsrapporten, men är enligt sakkunnig inom betongindustrin högre än för fyllnadsmaterial.

### I korthet: Fyllnadsmaterial till betong

- Den tekniska prestandan för betong med inblandning av biokol behöver undersökas. Detta efterfrågas av flertalet intervjuade.
- Överlag är kunskapsläget både inom forskning och hos konsumenter lågt.
- Marknadspotentialen är ej kvantifierad men kan vara betydande på grund av den stora användningen av betong.
- Då fyllnadsmaterial i betong är relativt billiga bedöms främst klimatnyttan med biokol komma att vara avgörande för framtida användning.

- Trafikverkets bonus som uppgår till mellan 1 till 3 procent av kontraktsvärdet i entreprenader ger en indikation om det högsta priset en entreprenör kan vara villig att betala för betong med biokol. Om en entreprenör genomför ett projekt med mindre utsläpp än grundkravet tilldelas entreprenören denna bonus.
- En representant från ett större byggbolag gav en grov uppskattning om att en kostnadsökning med mellan 10 till 30 procent kan accepteras inom mindre betongintensiva projekt.

Överlag är utsläppskraven från Trafikverket något som är mycket viktigt för betongtillverkarna. Trafikverket är en stor beställare av projekt med stora mängder betong och deras målsättning är att alla projekt ska vara klimatneutral till år 2045. Idag ställer de t ex krav om en viss utsläppsminskning för typåtgärder inom större projekt i jämförelse med referensprojekt. Trafikverkets bonus som går till entreprenören om utsläppen blir mindre än grundkravet är, enligt en sakkunnig inom upphandling av betongintensiva projekt, så höga att entreprenörernas kalkyler inte går ihop utan bonusen. Trafikverkets system är med andra ord ett effektivt incitament.

Det finns även mjukare indikationer på betalningsviljan. T ex de frivilliga certifieringar för byggnaders klimatprestanda som finns idag. I en svensk kontext står organisationen Sweden Green Building Council (SGBC) bakom certifieringarna Miljöbyggnad och BREEA-SE. I Miljöbyggnad finns sedan 2018 en ny indikator som omfattar klimatberäkning av "Byggsvaror i grundläggning och stomme i alla byggnader". Då största delen av klimatpåverkan kommer från betong i stomme för denna indikator är det således enklare att klara denna indikator med betong med biokolinblandning. I dagsläge mäts eller jämförs inte miljöprestanda i ett livscykelperspektiv för materialen inom BREEAM.

## Hinder och utmaningar

I underlagsrapporten har hinder och utmaningar delats in i "praktiska och legala hinder" samt "psykologiska och ekonomiska hinder". De förstnämnda är exempelvis tillgängliga volymer av biokol. Enligt en sakkunnig på ett forskningsinstitut uppges att en stabil och stor tillgång på biokol är en nödvändighet, medan en sakkunnig inom klimatarbete hos ett större byggbolag menar att det inte är något problem att inleda med mindre projekt och skala upp användningen efter hand. Den sakkunnige menar snarare att det är en nödvändighet att börja med mindre volymer för att få skapa acceptans.

Osäker kvalitet hos biokol har utifrån underlagsstudien bedömts vara ett stort psykologiskt hinder i branschen. Frågeställningar om kvalitet och hållfasthet har lyfts i flertalet av intervjuerna. Kvaliteten måste leva upp till beställarens krav. Vidare lyfts betongens färg som ett möjligt hinder från av en expert som tror att efterfrågan på betong av mörkare karaktär är betydligt lägre.

Flera respondenter ser biokol i betong som ett intressant alternativ som de kan tänka sig att betala extra för, men att kostnaden inte får vara för hög. Det finns således en förutfattad mening om att biokol som material kommer att vara allt för kostsamt, vilket kan ses som en typ av psykologiskt och ekonomiskt hinder.

För att betalningsvilja ska finnas för biokolets klimatnytta krävs att denna kan påvisas. Enligt en av de intervjuade krävs att en miljödeklaration (EPD) för biokol tas fram. Detta hinder ses i underlagsutredningen inte som avgörande utan antas kunna överbryggas med ökad spridning av de forskningsresultat som finns på området.

## Nästa steg

För att komma närmre en marknadsintroduktion av biokol i betongprodukter och överbygga de hinder och utmaningar som nämns ovan listas en rad förslag på fortsatt arbete nedan.

- **Testa egenskaperna hos betong** innehållandes biokol
- **Identifiera betongprodukter** som kan vara relevanta
- **Identifiera betalningsviljan** i dessa betongprodukter

## 4.5 ANVÄNDNING AV BIKOL SOM FILTERMATERIAL

Aktörerna som har intervjuats är verksamma inom områdena kommunalt avloppsvatten, småskaliga infiltrationsanläggningar, lakvatten från deponier, dagvatten, kommunalt dricksvatten, rökgasrening och biogasanläggning. Biokol i sig är inget som används idag, men aktivt kol används i viss utsträckning inom samtliga undersökta områden förutom lakvatten från deponier.

Det finns stort intresse bland flera aktörer att börja med biokol. Särdeles positiva är aktörerna verksamma inom små avloppsanläggningar och de uppger att intresset för biokol sprider sig snabbt i branschen.

### Kunskapsläge

Biokol är känt som begrepp inom kommunal avloppsrening, men intervjuade personer har endast praktisk erfarenhet av aktivt kol i mindre utsträckning. Mer specifik kunskap om kemiska och fysikaliska egenskaper hos biokol/aktivt kol saknas. Det

finns ett intresse hos intervjuade reningsverk att pyrolysera avloppsslam till biokol och ett verk har funderat på att blanda in kol i reningsprocessens första steg för att förtjocka det primära slammet. Fördelen med ett förtjockat slam skulle vara att mer rötgas kan utvinnas i det efterföljande rötningssteget. Mängden sekundärt slam från det biologiska steget (bioslam) skulle då också minska samt att slammets renhet från metaller och därmed möjlighet till RevaQ-certifiering öka (metallerna hamnar i primärslammet). Det ena verket bedriver tester för rening av läkemedelsrester med aktivt kol och jämför effekten med ozonering. Det finns dock inga krav idag att rena vattnet från läkemedelsrester.

Tre aktörer har intervjuats inom småskaliga infiltrationsanläggningar. Alla tre erbjuder egna filterbaserade lösningar som alternativ till traditionella trekammarbrunnar följt av markbädd med sand. Filtermatriser som används enbart eller i kombination med sandfilter är torv, bark, zeolitgranulat, aqualite (ett kiselbaserat mineral) och pimpsten. Samtliga aktörer känner till biokol som begrepp och att materialet har goda poregenskaper som borde göra det lämpligt för användning i vattenreningssammanhang. Mer specifika egenskaper känner aktörerna dock inte till och skillnaden mellan biokol och aktivt kol är oklar för dem. Ett av företagen bedriver egen utveckling i samarbete med forskare. Ingen av företagen har ännu sålt några biokolsbaserade lösningar.

Den kommunala aktören som har intervjuats inom lakvatten från deponier har inte hört talas om biokol i reningssammanhang tidigare.

### I korthet: Filtermaterial

- I princip samtliga aktörer känner till begreppet biokol, men få är insatta i materialets egenskaper.
- Aktivt kol används i viss utsträckning som filtermaterial inom samtliga undersökta områden med undantag för lakvatten från deponier.
- Kostnaden för aktivt kol till kommunalt dricksvatten är cirka 11000 - 12000 kr/m<sup>3</sup> levererad produkt och till kommunal avloppsrening krävs ett pris om cirka 2000 - 3000 kr/ton aktivt kol för att det ska vara konkurrenskraftigt.

Intervjuade aktörer inom dagvatten känner till biokol som begrepp, men kännedomen om biokolens specifika egenskaper är lågt. Dock ses möjligheterna med biokol som en attraktiv lösning.

Inom kommunalt dricksvatten är kännedomen om biokol hög då aktivt kol används för rening av PFAS i stor utsträckning.

Kännedom om biokol hos den anläggningsleverantör av rökgasreningssystem som har intervjuats betraktas som låg. Aktivt kol köps ibland in av aktörens kunder (det vill säga användarna av de levererade rökgasreningssystemen) och då främst pulveriserat aktivt kol (PAC) framställt av stenkolk eller av kokosnötsskal.

Två av Sveriges största aktörer inom biogasproduktion har intervjuats. De använder aktivt kol vid gasrening och är hänvisade till leverantörernas specifikationer då ingen egen expertis på området finns. Kännedomen om biokol betecknas här som låg.

## Marknadspotential

Potentialen för biokol inom rening av kommunalt avloppsvatten är svår att kvantifiera. Den dosering som behövs är 15 g pulveriserat aktivt kol (PAC) per kubikmeter vatten, vilket skulle medföra 270 ton kol för ett stort reningsverk.

Marknaden i Sverige för små avloppsanläggningar uppskattas till 20 000 anläggningar per år. En markbädd dimensionerad för ett hushåll kräver 20 ton sand. Natursand för traditionella markbäddar kan kosta från 120 - 300 kr/ton. Ett av företagen anger att i deras system kan mängden sand minskas till 12 ton. Ett annat företag anger att det skulle gå åt 10 m<sup>3</sup> biokol i deras anläggning för fem personkvivalenter. Om samtliga anläggningar använder biokol leder detta till en marknadspotential om cirka 200 000 m<sup>3</sup> och 44 MSEK.

Marknaderna för biokol inom lakvatten från deponier samt dagvatten är svåra att kvantifiera. Marknaden för dagvattenhantering med hjälp av regnbäddar är fortfarande liten, men flera aktörer tror på idén. Inom kommunalt dricksvatten an-

vänds aktivt kol i stor utsträckning. Marknaden kan således bedömas som relativt stor, men har ej kvantifierats.

Marknaden för biokolsanvändning inom rökgasrening har inte kvantifierats i denna rapport, men i de förbränningsanläggningar där aktivt kol används för rökgasrening används cirka 70-80 mg aktivt kol per m<sup>2</sup> gas som renas, vilket ger en förbrukning om ca 5 - 10 kg/timme/linje och en anläggning kan ha fler linjer beroende av anläggningens storlek. Det aktiva kol som används i filtren inom biogasproduktion, 1800 - 2000 kg per anläggning, byts en gång per år och regenereras ej hos tillverkaren. Någon ytterligare kvantifiering av marknadspotentialen har ej genomförts i denna studie.

## Betalningsvilja

För kommunalt avlopp beräknas kostnaden för aktivt kol vara 15-30 kr/kg kol. Detta är enligt intervjuade aktörer ett för högt pris. För att konkurrera med alternativet, vilket är full ozonering, krävs ett pris om cirka 2 - 3 kr/kg aktivt kol.

För små avloppsanläggningar kan natursand för traditionella markbäddar kosta från 120 - 300 kr/ton. Ett av de intervjuade företagen har just beställt en batch biokol om 800 kg för 2 kr/L. Ett av företagen anger att biokolet helst ska vara billigare än sand för att bli riktigt intressant. Idag betalar man 1000 - 3000 kr/m<sup>3</sup> för filtermatrisen i dagvattenfilter, vilket inte anses som en smärtgräns då det är filtermaterialets funktion som styr utifrån de krav som ställs. En aktör inom små avlopp nämner även att biokol skulle medge användning av lättare fordon för transport och lättare maskiner vid anläggning av filtersystemen. Detta skulle vara en fördel både ur miljösynpunkt och underlätta för mindre aktörer samt minska kostnaderna för beställaren av filtersystemet.

Kostnaden för biokol till dagvattenhantering anses vara mindre viktig så länge bra och effektiv rening av vatten kan säkras.

För kommunalt dricksvatten används aktivt kol i stor skala. Intervjuad kommun har i sin stora anläggning 10 filter om vardera 35 m<sup>3</sup>, vilka enbart är



fyllda med aktivt kol. Ny upphandling av aktivt kol pågår och man räknar med en kostnad på 11000 - 12000 kr/m<sup>3</sup> levererad produkt. Förbrukat kol sänds tillbaka till leverantören för regenerering en gång per halvår. Den regenererade produkten köps sedan tillbaka för 6000 kr/m<sup>3</sup>. Vid regenereringen förloras 10% av materialet vilket måste kompenseras för med köp av nytt material. En fördel med biokol för partikelrening i jämfört med sandfilter är att det skulle gå åt mindre energi för backspolning av filtren. I anläggningarna med biokol används en pyrolysoxid baserad på kokosnötsskal som kostar 6000 kr/m<sup>3</sup>.

Ingen betalningsvilja specifikt för biokol inom detta område har varit möjligt att göra, men i de anläggningar där aktivt kol används idag bör en liknande betalningsvilja även finnas för biokol.

Båda aktörerna inom biogasproduktion anger att funktionen är viktigare än priset, även om priset är viktigt. Inga prisuppgifter på det nu använda aktiva kolet kunde lämnas men den ena aktören anger att biokol gärna får vara billigare.

## Hinder och utmaningar

Inom kommunalt avlopp ses den kontinuerliga processen som ett problem för övergång till biokol. Det går enligt intervjuade aktörer inte att utföra mindre tester med biokol i reningsverken då detta skulle stoppa den kontinuerliga processen och det är också svårt att byta ut sandfiltren mot biokol på grund av detta (de största reningsverkens har 24 sandfilter om 60 m<sup>2</sup> x 1,5 m djupa).

För små avlopp uppges en oro för tillgänglighet av filtermaterial med jämn och god kvalitet och kapaciteten att binda in föroreningarna är oklar. Generellt finns det flera funderingar kring biokolets fysikaliska och kemiska aspekter samt hur lång livslängd biokolet har. Inom biogasproduktion undrar biogasproducenterna t ex hur lång tid det tar innan biokolet blir mättat på svavel. Även mer praktiska frågeställningar lyfts som att det idag inte finns någon produkt som är paketerad på rätt sätt och osäkerhet kring avfallshanteringen för biokol.

Ska övergång till biokolsbaserade filtersystem göras inom lakvatten från deponi krävs övergång till helt annan reningsteknik (det vill säga från dagens SBR till annan teknik). Övergången skulle skyndas på om lagstiftningen ändras så att deponierna skulle tvingas till en mer långtgående rening av organiska mikroföroreningar såsom PFAS.

För rökgasrening generellt utvecklas idag inga produkter som är anpassade för biokol. Aktivt kol används i viss utsträckning, men är främst framställt av stenkol. Den tekniska utvecklingen för användning av biokol är således ett hinder.

## Nästa steg

För att komma närmre en marknadsintroduktion av biokol i som filtermaterial och överbygga de hinder och utmaningar som nämns ovan listas följande förslag på fortsatt arbete. I detta delkapitel har flera olika användningsområden för biokol inom filtermaterial utforskats och nedan sammanfattas såväl specifika som allmänna steg som behövs för att komma närmre en marknadsintroduktion.

- Satsa mer på **forskning som specifikt undersök biokolet fysikaliska och kemiska egenskaper** vid tillämpning inom de olika områdena. Detta efterlyses av i princip samtliga aktörer.
- **Sammanställ befintlig forskning på de olika områdena på ett enkelt sätt.**
- Arbeta för **hårdare krav när det gäller utsläpp av läkemedelsrester** i avlopp. Detta är aktivt kol och biokol betydligt bättre på än t ex dagens sandbäddar.
- Eventuella marknadsinsatser på kort sikt bör prioriteras mot aktörer inom **småskalig VA-teknik samt dagvattenhantering** i lokala lösningar då dessa aktörer tycks vara mer beredda på introduktion av biokol jämfört med större kommunala verksamheter.
- Det är viktigt att **optimera biokolets kvalitet** att så långt som möjligt likna ett aktivt kol för möjlig ersättning i specifik applikation. Pyrolysanläggning måste dedicerats för ett specifikt material eller designas för flexibel produktion av olika biokol för fler typer av tillämpningar.

# 5

## **Slutsatser och rekommendationer**

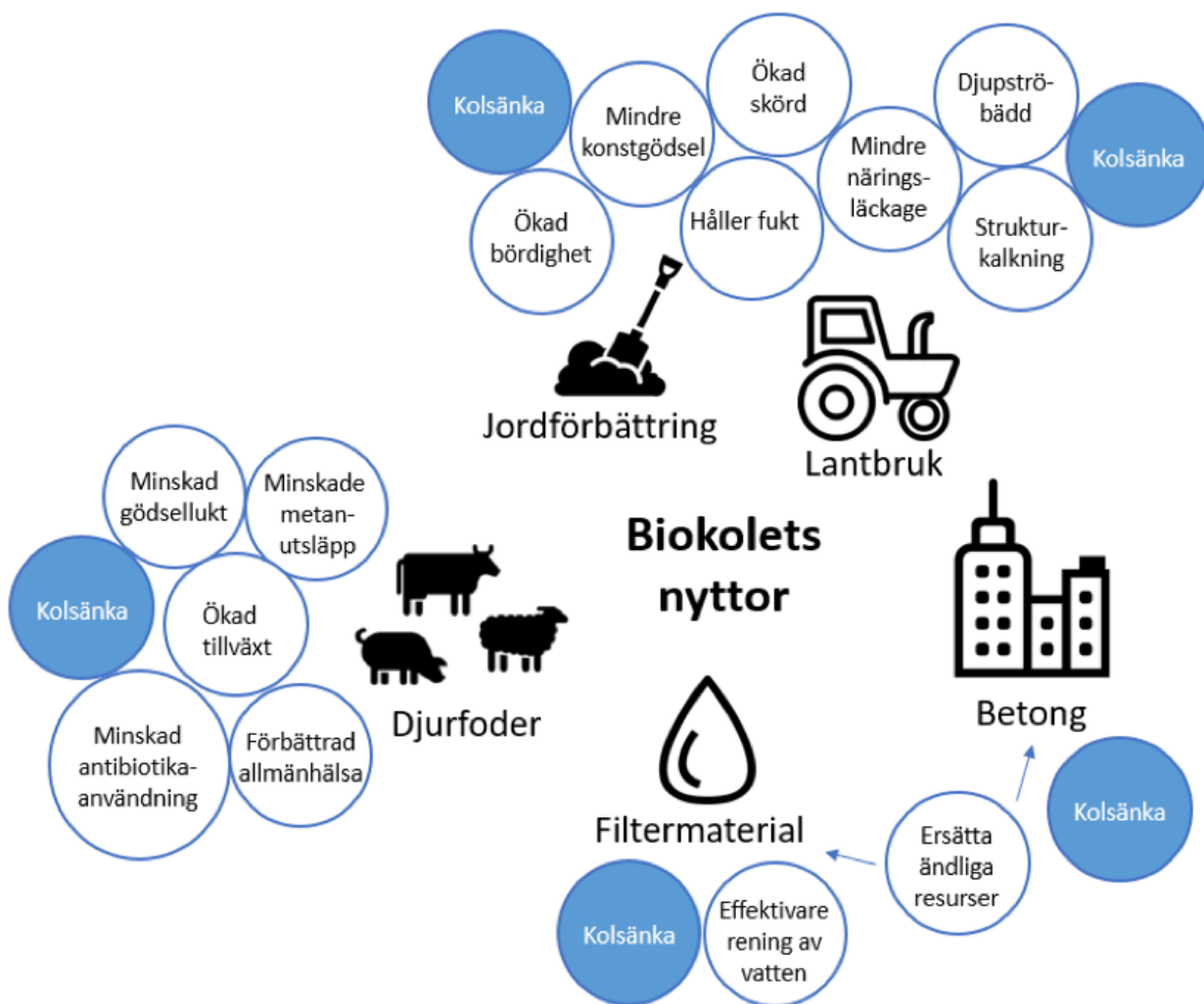


I denna marknadsstudie har biokolets nyttor inom fem olika användningsområden kartlagts och en potentiell biokolsmarknad studerats genom intervjuer, enkätundersökning samt litteraturstudier.

De användningsområden som har undersökts är biokol som jordförbättringsmedel, inom lantbruket, som tillsats i djurfoder, i betong och som filtermaterial. För samtliga områden finns studier som styrker att biokol kan anses utgöra en kolsänka. För biokol som tillsats i djurfoder finns det ett flertal studier som belägger minskad metanproduktion från idisslare, vilket, om det kan bestyrkas ytterligare, kan leda till en klimatnytta som är större än om biokol fungerar som kolsänka.

Utöver biokolets funktion som kolsänka finns flertalet andra betydande nyttor. Vid jordtillverkning och som växtnäring inom lantbruket är de största nyttorna med biokol att det håller kvar fukt och näringsämnen, minskar behoven av konstgödsel och bidrar till ökad bördighet och skördar. Ett minskat näringsläckage är dessutom värdefullt nedströms, då Östersjön har stora problem med övergödning. Som tillsatts i djurfoder kan biokol leda till minskad antibiotikaanvändning och ökad hygien och som filtermaterial är det möjligt att i större grad rena vattnet från vissa ämnen. Både som filtermaterial och i betong är det vidare möjligt att ersätta vissa ändliga resurser (bland annat naturgrus) och bidra till potentiellt billigare material. Som filtermaterial kan biokol även leda till effektivare rening av t ex läkemedelsrester. Nyttorna sammanfattas i Figur 6.

**Figur 6. Sammanfattning av biokolets nyttor som jordförbättringsmedel, inom lantbruket, vid användning i betong, som filtermaterial och som tillsats i djurfoder.**



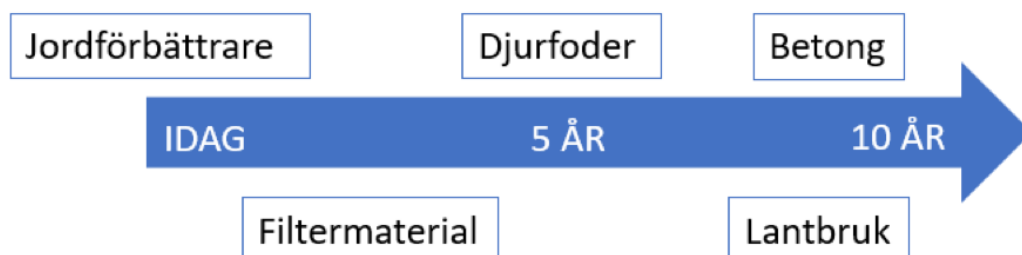
Idag är det främst de senare nyttorna som är intressanta för marknadsaktörer i form av vilken betalningsvilja som finns för biokol. Biokol som kolsänka är i dagsläget inte möjligt att få betalt för med nuvarande styrmedel. Betalningsviljan i denna studie har kvantifierats med olika metoder beroende på användningsområde. Den enda, relativt sett, större marknaden för biokol idag är biokol som jordförbättringsmedel och här anges ett marknadspris på mellan 2600 kr och 3000 kr per kubikmeter. Inom jordbruket har respondenterna i en enkätundersökning angett att de i stor utsträckning är intresserade av att använda biokol vid ett pris upp till 3000 kr per ton. För biokol i betong har betalningsviljan varit svår att kvantifiera, men en möjlig jämförelse är dagens betalningsvilja för fyllnadsmaterial som är på mellan 100 till 150 kr per ton, kan däremot biokol ersätta andra lättviktsmaterial är det möjligt att betalningsviljan är större. För biokol i djurfoder har en jämförelse gjorts med vad kostande för biokol skulle innebära för priset per kg kött. Beräkningen visar att kostnaden för biokol uppgår till 1 procent per kilo kött för fjäderfä medan motsvarande kostnad för ungtjurar och grisar uppgick till 13 respektive 14 procent om djuren äter foder med biokol tillsatt på daglig basis. Som fyllnadsmaterial kan betalningsviljan för biokol till viss del jämföras med dagens betalningsvilja för aktivt kol. Inom kommunal dricksvattenrening kan denna sträcka sig till omkring 11000 - 12000 kr/m<sup>3</sup> levererad produkt och till kommunal avloppsrening krävs ett pris om cirka 2000 - 3000 kr/ton aktivt

kol för att det ska vara lönsamt. Förutom produktionskostnaden för biokol tillkommer en kostnad för aktivering av kolet.

Marknadspotentialen har varit svår att kvantifiera i denna studie. För djurfoder har en teoretisk uppskattning gjorts utifrån att alla produktionsdjur och hästar i Sverige skulle få biokol tillsatt i fodret på en daglig basis. Detta leder till en estimerad marknad om 150 000 ton per år. Övriga marknader har inte kvantifierats, men börjar biokol användas i betong och/eller inom lantbruket i stor utsträckning rör det sig om ansenliga mängder. Marknaderna för filtermaterial och djurfoder bedöms vara betydligt mindre.

En ungefärlig tidslinje för en marknadsintroduktion av biokol har uppskattats, se figur nedan. Biokol som jordförbättringsmedel finns, som tidigare nämnts, redan på marknaden. Aktivt kol finns redan idag som produkt för vatten- och rökgasrening och används i viss utsträckning i djurfoder, vilket gör att marknadsintroduktionen av biokol bedöms gå snabbare. Biokol inom lantbruket och i betong är nya produkter i Sverige, även om biokol har använts inom jordbruket i andra länder, vilket leder till bedömningen att marknadsintroduktionen på dessa områden kan komma att ta längre tid. Denna tidslinje beror mycket på vilken typ av satsningar som kommer att finansieras kommande år och kan både kortas ned eller förlängas beroende vilka insatser som görs på de olika områdena.

**Figur 7. Estimerad tidslinje för när biokol är redo för en större marknad i Sverige.**



Kunskapen om biokol som jordförbättringsmedel ökar bland flera användare, men nyttorna med biokol inom andra användningsområden är fortfarande relativt okända i Sverige. I princip samtliga tillfrågade jordproducenter kan nämna minst en nytta med biokol i jord och inom djurfoder och filtermaterial finns det viss kunskap om aktivt kol, men kunskapsläget för biokol är lägre. Det låga kunskapsläget återspeglar sig naturligtvis i betalningsviljan. Även bristen på forskningsstudier i en svensk kontext gör att flera av de intervjuade uttrycker tveksamhet till att börja med biokol. Samtidigt kan intresset för biokol beskrivas som stort där intervjuade inom såväl djurfoder som lantbruket och filtermaterial har uppgett ett stort intresse för att använda biokol, trots den låga kunskapsnivån.

## Rekommendationer

Marknaden för biokol i Sverige är outvecklad idag. Denna studie har genomförts för att få en bättre bild av marknadspotentialen och utifrån studien rekommenderas följande punkter för att utveckla biokolmarknaden i Sverige.

- Utred möjligheterna att få kompensation för kolsänkor genom ekonomiska styrmedel på området. Detta gynnar med stor sannolikhet samtliga användningsområden för biokol och även andra typer av viktiga kolsänkor. Möjliga spår är att undersöka en inkludering för kolsänkor i EU ETS och/eller en negativ koldioxidskatt (dvs en utbetalning på samma nivå som koldioxidskatten för kolsänkor).
- Utred möjligheterna att få biokol godkänt inom ekologiskt jordbruk och som djurfoder tillsammans med t ex KRAV. Branschföreningen Biokol Sverige har skickat in en ansökan om detta inom jordbruket, men beslut har inte tagits i frågan ännu.
- Initiera forskningsprojekt om biokolets nyttor som jordförbättringsmedel. I studien har forskning i Sverige efterlysts och både biokol inom lantbruket och som jordförbättringsmedel skulle gynnas av detta.
- Identifiera byggbolag som har ambitiösa klimatmål och samarbeta med dem för att genomföra tester med biokol i betong.
- Flera mejeriföretag klimatkompenserar idag genom att finansiera projekt utomlands. En möjlighet kan här vara att samarbeta med dessa och göra tester med biokol i djurfoder i deras egna leverantörskedja.
- Utveckla produkter som passar till de olika användningsområdena. Inom fram för allt lantbruket och för djurfoder efterfrågas en produkt som går att använda med hjälp av lantbrukarnas befintliga maskinpark och hanteringssätt.
- Utformning av lättillgänglig information på respektive användningsområde för att kunderna ska förstå biokolets nyttor. T ex inom jordtillverkning understryks vikten av detta. Detta efterfrågas även om filtermaterial, och här finns det redan ett brett forskningsunderlag som bör förmedlas på ett mer lättillgängligt vis till aktörer på områden.
- Inom flera områden finns det också stora osäkerheter när det gäller skillnaderna på aktivt kol och biokol, vilket således behöver förtydligas.
- Det är viktigt att optimera biokolets kvalitet att så långt som möjligt likna ett aktivt kol för möjlig ersättning i specifik applikation. Pyrolysanläggning måste dedicerats för ett specifikt material eller designas för flexibel produktion av olika biokol för fler typer av tillämpningar.

6

**Referenser**

1. Anis S & Zainala ZA, *Tar reduction in biomass producer gas via mechanical, catalytic and thermal methods: A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15:2355-2377, 2011.
2. Bruun, E et al., *Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice*, 2015.
3. Chan K Y et al., *Agronomic values of green-waste biochar as a soil amendment*, 2007.
4. Cheng, C-H et al., *Stability of black carbon in soils across a climatic gradient*, Journal of geophysical research, 2008.
5. Dalahmeh, S., *Capacity of biochar filters for wastewater treatment in onsite systems - Technical Report*, 2016.
6. Dalahmeh S, Ahrens L, Gros M, Wiberg K & Pell M. *Potential of biochar filters for onsite sewage treatment: Adsorption and biological degradation of pharmaceuticals in laboratory filters with active, inactive and no biofilm*, Sci Total Environ, 2017.
7. Downie ., Krosky A, Munroe P, *Physical Properties of Biochar*. In: *Biochar for environmental management science and technology*, 2009.
8. Draper Kathleen, *Ithaka Institute consultancy paper*, Ithaka Institute, 2017.
9. EBC, *EBC certified producers*, 2018.
10. European Biochar Certificate, *The European Biochar Certificate*, 2013a.
11. European Biochar Certificate II, *Positive list of biomasse feedstock approved for use in producing biochar*, 2013b.
12. European Academies Science Advisory Council (EASAC), *Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?*, 2018.
13. Gustafsson och Ek (EcoTopic), *Biokol i djurfoder*, 2018.
14. Hylander Lars, *Effekter och hantering av biokol som jordförbättringsmedel vid växtodling*, 2015.
15. International Biochar Initiative, *Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil. Product Definition and Specification Guidelines*, 2012.
16. Joseph et al., *An investigation in the reaction of biochar in soil*, 2010.
17. Kammann et al., *Plant growth improvement mediated by nitrate capture in cocomposted biochar*, 2015.
18. Kammann Cluida et al., *Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden – knowns, unknowns and future research needs*, Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2017.
19. Lehmann, *A handful of carbon*, 2007.
20. Marris, *Putting the carbon back: Black is the new green*, 2006.
21. Morabito et al., *The use of charcoal in modified cigarettes for mainstream smoke carbonyl reduction*, Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2017.
22. Naturvårdsverket, *Utsläpp av växthusgaser från jordbruk*, 2017.
23. O'Toole Adam et al., *Current and future applications for biochar*, Biochar in European Soils and Agriculture, 2016.
24. Pensulo, *The Potential of Biochar to Enhance Environmental Sustainability in Sweden*, Institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet, 2011.
25. Rockström et al, *A roadmap for rapid decarbonization*, 2017.
26. Sahota et al., *Characterization of leaf waste based biochar for cost effective hydrogen sulphide removal from biogas*, Bioresource Technology, 2018.
27. Schmidth H-P, Intervju, 2018.
28. Schmidt Hans-Peter, *Ways of Making Terra Preta - Biochar Activation*, 2013.
29. Schmidt Hans-Peter, Kammann Caludia, Gerlach Achim, Gerlach Henning. *Der Einsatz von Pflanzenkohle in der Tierfütterung*, Ithaka Journal, 2016.
30. Schmidt H-P et al., *The use of biochar as building material – cities as carbon sinks*, Ithaka Journal, 2013.
31. SVA, SWEDRES/SVARM – *Consumption of antibiotics and occurrence of antibiotic resistance in Sweden*, 2016.
32. Woolf D et al., *Sustainable biochar to mitigate global climate change*, Nature, 2010.
33. Wulff et al., *Reduction of Baltic Sea Nutrient Inputs and Allocation of Abatement Costs Within the Baltic Sea Catchment*, Ambio, 2014.





*Avfall Sverige är kommunernas branschorganisation inom avfallshantering. Det är Avfall Sveriges medlemmar som ser till att avfall tas om hand och återvinns i landets alla kommuner. Vi gör det på samhällets uppdrag: miljösäkert, hållbart och långsiktigt. Vår vision är "Det finns inget avfall". Vi verkar för att förebygga att avfall uppstår, att mer återanvänds och att det avfall som uppstår återvinns och tas om hand på bästa sätt. Kommunen och deras bolag är ambassadör, katalysator och garant för denna omställning.*



Avfall Sverige Utveckling 2018:14

ISSN 1103-4092

©Avfall Sverige AB

---

**Adress** Baltzarsgatan 25, 211 36 Malmö  
**Telefon** 040-35 66 00  
**E-post** [info@avfallsverige.se](mailto:info@avfallsverige.se)  
**Hemsida** [www.avfallsverige.se](http://www.avfallsverige.se)