



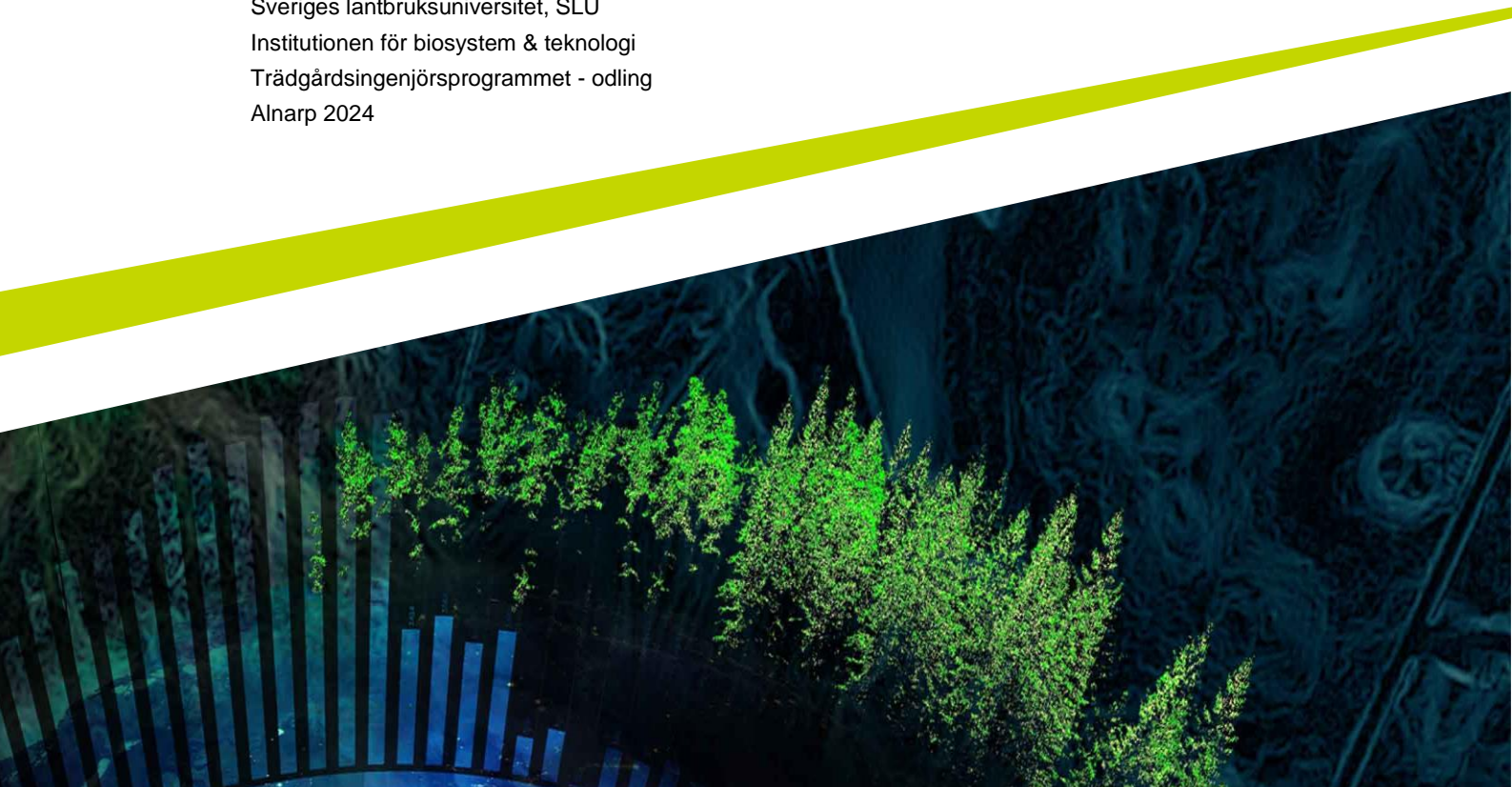
# Ekonomisk jämförelse av affärsmodeller för blandbiokol från träflis och avloppsslam

---

*Economic comparison of business models for mixed biochar from wood chip and sludge*

Edvin Nilsson

Examensarbete/Självständigt arbete 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för biosystem & teknologi  
Trädgårdsingenjörsprogrammet - odling  
Alnarp 2024



# Ekonomisk jämförelse av affärsmodeller för blandbiokol från träflis och avloppsslam

*Economic comparison of business models for mixed biochar from wood chip and sludge*

Edvin Nilsson

**Handledare:** Thomas Prade, Sveriges lantbruksuniversitet,  
**Institutionen för biosystem och teknologi**

**Examinator:** Sven-Erik Svensson, Sveriges lantbruksuniversitet,  
Institutionen för biosystem och teknologi

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i trädgårdsvetenskap

**Kurskod:** EX0844

**Program/utbildning:** Trädgårdsingenjörsprogrammet - odling

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för biosystem och teknologi

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2024

**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

**Nyckelord:** biokol, affärsmodeller, ekonomi, risk, avloppsslam, träflis

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap  
Institutionen för biosystem och teknologi

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

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

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

## Sammanfattning

Denna uppsats undersöker och jämför ekonomisk lönsamhet och risktagande hos två olika affärsmodeller för biokolsproduktion från träflis och avloppsslam, ur ett företagsperspektiv. Modellerna bygger på olika strategier för att generera affärsmässigt värde: Affärsmodell K bygger på omfattande samarbete med råvaruinnehavaren (kommunen), medan affärsmodell E bygger på minimalt samarbete med kommunen. Modellerna representerar således olika grader av organisationsöverskridande samarbete. Resultaten visar att affärsmodell E, där företaget själv investerar i biokolsproduktionen, har högre lönsamhet i absoluta tal. Däremot ger affärsmodell K, där kommunen ansvarar för produktionen, högre lönsamhet i procent i förhållande till investerat kapital för företaget. Den finansiella risken är högre i affärsmodell E på grund av större investeringskostnader och högre belåning, vilket ökar kreditrisken för företaget. Affärsmodell K innebär mycket lägre finansiell risk för företaget, eftersom det krävs få investeringar. En stor nackdel med affärsmodell K är att företaget överlåter produktionsansvaret till kommunen, vilket gör det svårt att kontrollera produktionsprocessen. Känslighetsanalyser visar att effekterna på lönsamheten, både positiva och negativa, är större i affärsmodell E jämfört med affärsmodell K för företaget. Vid ökade intäkter och/eller sänkta kostnader ökar lönsamheten mer i affärsmodell E, medan ökade kostnader och/eller sänkta intäkter påverkar lönsamheten negativt i större utsträckning i affärsmodell E än i affärsmodell K.

*Nyckelord:* biokol, affärsmodeller, ekonomi, risk, avloppsslam, träflis

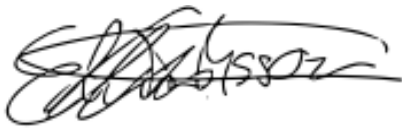
## Abstract

This thesis examines and compares the economic profitability and risk-taking of two different business models for biochar production from wood chips and sewage sludge, from a business perspective. The models are based on different strategies for generating business value: Business Model K relies on extensive collaboration with the raw material owner (the municipality), while Business Model E involves minimal collaboration with the municipality. Thus, the models represent different degrees of cross-organizational cooperation. The results show that Business Model E, where the company invests in biochar production independently, has higher profitability in absolute terms. However, Business Model K, where the municipality is responsible for production, offers higher profitability in percentage terms relative to the invested capital. The financial risk is higher in Business Model E due to larger investment costs and higher leverage, which increases the company's credit risk. Business Model K presents much lower financial risk for the company, as it requires minimal investment. A significant drawback of Business Model K is that the company transfers production responsibility to the municipality, making it difficult to control the production process. Sensitivity analyses show that the effects on profitability, both positive and negative, are greater in Business Model E compared to Business Model K for the company. Increased revenues and/or decreased costs lead to greater profitability in Business Model E, while increased costs and/or decreased revenues negatively impact profitability more in Business Model E than in Business Model K.

*Keywords:* biochar, business models, economy, risk, sludge, wood chips

# Förord

Denna kandidatuppsats är skriven inom ramen för Trädgårdsingenjörsprogrammet – odling vid Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp. Stort tack till min handledare Thomas Prade som har bistått med värdefullt stöd och information under arbetets gång. Jag vill också rikta ett stort tack till EkoBalans Fenix AB och särskilt Gunnar Thelin, som har varit ett ovärderligt bollplank och bidragit stort till arbetet. Slutligen vill jag tacka Edvard Hamilton på Hjelsäter egendom som har gett tillåtelse att använda sina bilder i mitt arbete.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Edvin Nilsson', written in a cursive style.

Edvin Nilsson  
Augusti 2024 Helsingborg

## Förkortningar

CO <sub>2</sub> e	Koldioxidekvivalent
N/A	Not Applicable (Ej tillämplig)
TS	Torrsubstans
PAH	Polycykliska aromatiska kolväten
PCB	Polyklorerade bifenyler
PFAS	Per- och polyfluorerade alkylsubstanser





# Innehållsförteckning

<b>Förord</b> .....	<b>6</b>
<b>Förkortningar</b> .....	<b>7</b>
<b>Tabellförteckning</b> .....	<b>11</b>
<b>Figurförteckning</b> .....	<b>12</b>
<b>1. Inledning</b> .....	<b>13</b>
1.1 <i>Process</i> .....	15
1.2 <i>Affärsmodeller</i> .....	18
1.3 <i>Syfte</i> .....	20
1.4 <i>Mål</i> .....	21
1.5 <i>Frågeställning</i> .....	21
1.6 <i>Avgränsningar</i> .....	21
<b>2. Litteraturgenomgång</b> .....	<b>22</b>
2.1 <i>Biokol och dess historia</i> .....	22
2.2 <i>Klimat och miljönytta med biokol</i> .....	24
2.3 <i>Ekonomi och biokol</i> .....	26
<b>3. Metod</b> .....	<b>28</b>
3.1 <i>Metod och forskningsstrategi</i> .....	28
3.2 <i>Datainsamling</i> .....	28
3.3 <i>Bearbetning och analys</i> .....	29
3.4 <i>Kritik mot metod</i> .....	30
<b>4. Resultat</b> .....	<b>31</b>
4.1 <i>Ekonomiskt resultat – affärsmodell K för kommun</i> .....	31
4.2 <i>Ekonomiskt resultat – affärsmodell K för företag</i> .....	35
4.3 <i>Ekonomiskt resultat – affärsmodell E för företag</i> .....	37
4.4 <i>Jämförelse av ekonomiskt resultat</i> .....	41
4.5 <i>Känslighetsanalyser</i> .....	43
4.6 <i>Resultatsammanfattning</i> .....	55

<b>5. Diskussion och slutsatser .....</b>	<b>56</b>
5.1 <i>Arbetets bidrag .....</i>	<i>60</i>
5.2 <i>Förslag på framtida studier.....</i>	<i>61</i>
<b>Referenser .....</b>	<b>62</b>
<b>Bilagor.....</b>	<b>67</b>
<i>Bilaga 1. Beräkningar och antaganden .....</i>	<i>67</i>

# Tabellförteckning

Tabell 1. Jämförelsetabell av affärsmodeller .....	19
Tabell 2. Intäkter för kommun årsvis .....	31
Tabell 3. Kostnader för kommun årsvis.....	32
Tabell 4. Prognostiserat årsvis resultat innan skatt för kommun .....	33
Tabell 5. Investeringskostnader för kommun .....	33
Tabell 6. Nyckeltal investering för kommun .....	34
Tabell 7. Intäkter för företag årsvis.....	35
Tabell 8. Kostnader för företag årsvis .....	35
Tabell 9. Prognostiserat årsvis resultat innan skatt för företag .....	36
Tabell 10. Intäkter för företag årsvis.....	37
Tabell 11. Kostnader för företag årsvis .....	37
Tabell 12. Prognostiserat årsvis resultat innan skatt för företag .....	38
Tabell 13. Investeringskostnader för företag.....	39
Tabell 14. Nyckeltal investering för företag .....	40
Tabell 15. Jämförelse av prognostiserat årsvist resultat (basutfall) .....	41
Tabell 16. Jämförelse av nyckeltal för investering i biokolsproduktion .....	42
Tabell 17. Känslighetsanalys 1. + 10 % intäkter för biokol och kolkredit .....	44
Tabell 18. Känslighetsanalys 1. - 10 % intäkter för biokol och kolkredit .....	45
Tabell 19. Känslighetsanalys 2. Höjd ersättning för avloppsslam till 2 000 kr per ton. ....	46
Tabell 20. Känslighetsanalys 2. Sänkt ersättning för avloppsslam till 600 kr per ton. ....	47
Tabell 21. Känslighetsanalys 3. Ingen intäkt för kolkrediter .....	48
Tabell 22. Känslighetsanalys 4. Ingen ersättning för avloppsslam. ....	49
Tabell 23. Känslighetsanalys 5. Ingen intäkt/ersättning för kolkrediter och avloppsslam.	50
Tabell 24. Känslighetsanalys 6. Höjd ränta till 12 % .....	51
Tabell 25. Känslighetsanalys 6. Sänkt ränta till 4 % .....	52
Tabell 26. Känslighetsanalys 7. Höjda driftpåslag till 20 % och investeringspåslag till 30 % .....	53
Tabell 27. Känslighetsanalys 7. Sänkta driftpåslag till 0 % och investeringspåslag till 0 % .....	54

# Figurförteckning

Figur 1. Illustration av process från avloppsslam och träflis till färdigt blandbiokol. ....	15
Figur 2. Bilder från försök med avloppsslam/träflis-blandning på Hjelmsäters egendom 2024. Uppifrån och ner: Utmatning av avloppsslam/träflisblandning från mixervagn, torkad blandning och blandbiokol. Foto Edvard Hamilton. ....	17
Figur 3. Stapeldiagram av prognostiserat resultat innan skatt (basutfall) .....	41
Figur 4. Känslighetsanalys 1. + 10 % intäkter för biokol och kolkredit. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall. ....	44
Figur 5. Känslighetsanalys 1. - 10 % intäkter för biokol och kolkredit. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall. ....	45
Figur 6. Känslighetsanalys 2. Höjd ersättning för avloppsslam till 2 000 kr per ton. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.....	46
Figur 7. Känslighetsanalys 2. Sänkt ersättning för avloppsslam till 600 kr per ton. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.....	47
Figur 8. Känslighetsanalys 3. Ingen intäkt för kolkrediter. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall. ....	48
Figur 9. Känslighetsanalys 4. Ingen ersättning för avloppsslam. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall. ....	49
Figur 10. Känslighetsanalys 5. Ingen intäkt/ersättning för kolkrediter och avloppsslam. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.....	50
Figur 11. Känslighetsanalys 6. Höjd ränta till 12 %. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall. ....	51
Figur 12. Känslighetsanalys 6. Sänkt ränta till 4 %. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall. ....	52
Figur 13. Känslighetsanalys 7. Höjda driftpåslag till 20 % och investeringspåslag till 30 %. .....	53
Figur 14. Känslighetsanalys 7. Sänkta driftpåslag till 0 % och investeringspåslag till 0 %. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.....	54

# 1. Inledning

Globalt som nationellt drabbar klimatförändringar och miljöproblem samhället i allt högre grad, mycket på grund av de linjära affärsmodellerna som med hjälp av ett överflöd av billig fossil energi ökat den ekonomiska tillväxten, men på bekostnad av jordens välmående (Boraah et al. 2023). En transformation mot cirkulära affärsmodeller som uppfyller samtliga hållbarhetsaspekter (ekologiska, sociala och ekonomiska) behöver därmed realiseras i närtid.

För att lyckas med denna önskvärda utveckling behöver nya affärsmodeller upprättas. Affärsmodeller som är ekonomiskt lönsamma men som inte förstör, utan förbättrar jordens välmående. Genom lönsam biokolsproduktion framställt från restprodukter finns möjlighet att bli ett ledande exempel i denna önskvärda transformation, där flera miljö- och klimatfördelar uppnås i en och samma produkt.

En stor mängd av de rapporter, studier och tester som har gjorts kopplat till biokol har varit med naturvetenskaplig tyngd, med biokolets fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaper i fokus. Mycket av de grundläggande kunskaperna i dessa frågor är därmed besvarade. Däremot saknas studier där företagsekonomiska perspektiv och lönsamma affärsmodeller adderas till de naturvetenskapliga kunskaperna. Arbetet ämnar sig därav till att undersöka vad som påverkar den ekonomiska hållbarheten hos två utvalda affärsmodeller. Dessa affärsmodeller jämförs sedan för att visualisera deras företagsekonomiska styrkor och svagheter, dessutom dras slutsatser kring vilka fördelar och nackdelar det skulle finnas med respektive affärsmodell för ett företag som vill bedriva affärer med biokol.

Undersökta affärsmodeller är framtagna i samråd med företaget EkoBalans Fenix AB. Utgångspunkten är att jämföra en affärsmodell där en organisation helt i egen regi äger, producerar och skapar intäkter från biokol från träflis och rötat avvattnat avloppsslam. De ekonomiska och riskmässiga resultaten från affärsmodellen där investering görs i egen regi, ska sedan jämföras med en affärsmodell där samma organisation enbart agerar återförsäljare av biokolet från träflis och avloppsslam. För att en organisation enbart ska kunna agera återförsäljare krävs att en annan ansvarar och ser stora fördelar med att själva producera biokolet. Avloppsslam är i

Sverige en kommunal hanteringsfråga som är utmanande då det innehåller oönskade ämnen samtidigt som det finns få användningsområden, vilket gör att kommuner idag betalar för att bli av med avloppsslam (Larsson et al. 2020). Samtidigt producerar kommuner träflis från park- och trädgårdsavfall. På så vis finns stor del av materialen för biokolsproduktion från träflis och avloppsslam i de kommunala verksamheterna. Genom att en organisation erbjuder tekniska lösningar för kommunala aktörer att bättre ta vara på restflöden, med stora miljö- och klimatvinster utformades en affärsmodell där kommunala aktörer inkluderas och ansvarar för produktionen av biokol, på så vis kan kommunala aktörer gynnas av biokolets mätbara miljö- och klimatomständiga vinster.

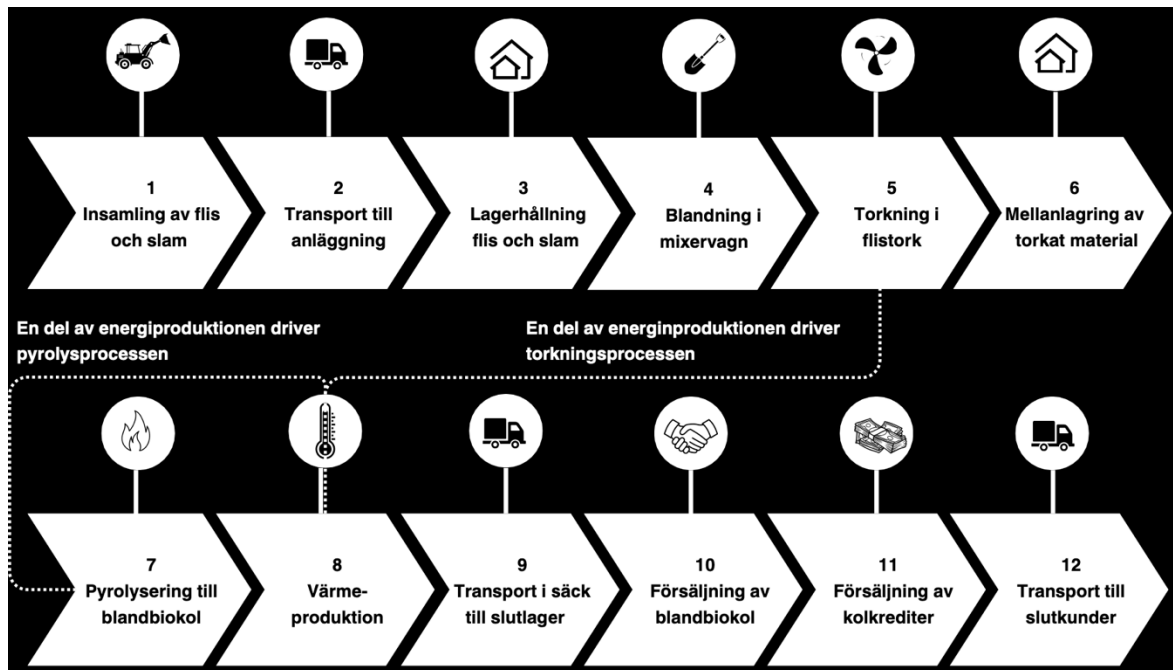
Tekniken för biokolsproduktion bygger idag på råvaror som är homogena, rena, lättarbetade och med högt energiinnehåll (Fransson et al. 2023). I praktiken är träflis och träpellets de material som tillgodoser dessa kriterier allra bäst. Parallellt finns det fördelar att arbeta med organiska material vid biokolsframställning som finns i överflöd, har lågt värde och där pyrolysisprocessen kan avskilja oönskade ämnen som materialen innehåller (Cheng et al. 2023).

Ett sådant material är avloppsslam. Avloppsslam innehåller kadmium, läkemedel och plaster som i hög grad kan detoxifieras vid biokolsframställning när pyrolysisprocessen överstiger 750°C (Fransson et al. 2023). Utöver ovan nämnda oönskade ämnen innehåller avloppsslam även mycket näringsämnen, bland annat fosfor där huvudparten kan återföras till ett cirkulärt kretslopp vid pyrolysering vilket på så vis minskar exploateringen av ändlig fosfor (Häggström et al. 2021).

Då energiinnehållet sällan är tillräckligt högt i avvattnat avloppsslam för att uppnå önskad temperatur, krävs extern energiförsörjning vilket sällan är ekonomiskt önskvärt eller anpassat till nuvarande teknik (Thelin & Gustavsson 2023). En potentiell lösning till denna utmaning är att kombinera en övervägande del träflis med en mindre del avloppsslam, vilket gör att befintlig teknik kan användas. Med träflisens höga energiinnehåll kan en tillräckligt hög temperatur uppnås för att avskilja oönskade ämnen, som kadmium, PCBer, PAHer och PFAS som förekommer i avloppsslam (Fransson et al. 2020; Kundu et al. 2021). I tester med denna materialkombination har även majoriteten av fosforinnehållet i avloppsslammet kunnat behållas vid pyrolyseringen. Hur växttillgänglig näringen är varierar dock, bland annat beroende på pH och näringskoncentration (Fransson et al. 2020). Med tanke på dessa lyckade försök fokuserar kandidatuppsatsen på en materialkombination med 2/3 träflis och 1/3 rötat avvattnat avloppsslam. Slutprodukten av denna materialkombination blir en biokolsprodukt, från både träflis och avloppsslam, som därmed går under benämningen "blandbiokol".

## 1.1 Process

Processen för att framställa blandbiokol från träflis och avloppsslam illustreras i figur 1.



Figur 1. Illustration av process från avloppsslam och träflis till färdigt blandbiokol.

Respektive steg i processen beskrivs därtill nedan.

### 1. Insamling av träflis och avloppsslam

Träflis och avloppsslam samlas in från sina respektive källor.

### 2. Transport till anläggning

Det insamlade materialet transporteras till lager, tork och pyrolysanläggning.

### 3. Lagerhållning av träflis och avloppsslam

Träflis och avloppsslam lagras separat i lager innan vidare bearbetning.

### 4. Blandning i mixervagn

Träflis och avloppsslam hämtas från lagren med hjälp av hjullastare och fylls i en mixervagn. Blandningsprocessen pågår i cirka 20 minuter per sats.

## **5. Torkning i träflistork**

Det mixade materialet bestående av träflis och avloppsslam matas direkt in i torkarna för att undvika varmgång. Torkarna opererar satsvis och i sekvens. Luft, uppvärmd till 70 °C, blåses genom blandningen. Torkningen pågår tills materialet uppnår 90 % torrsubstans (TS).

## **6. Mellanlagring av torkat material**

Det torkade materialet skruvas in i en mellanlagringsvolym, dimensionerad för att lagerhålla upp till en veckas material i pyrolysisprocessen. Det torkade materialet är lagringsstabil och det finns ingen risk för varmgång (värmeproduktion genom mikrobiell aktivitet) vid >85 % torrsubstans (TS).

## **7. Pyrolysering till blandbiokol**

Det blandade och torkade materialet pyrolyseras för att producera blandbiokol.

## **8. Värmeproduktion**

Utöver biokol produceras pyrolysgaser och tjäror i gasform vid pyrolyseringen. En del av energin från pyrolysen används för att generera varmluft till torkprocessen via en värmväxlare med varmvatten. Därtill går en del energi åt för att driva pyrolysisprocessen. Resterande värmeenergi som inte krävs för att driva produktionen säljs.

## **9. Transport i säck till slutlager**

Det färdiga biokolet förvaras i storsäckar och transporteras till en lagringsplats för vidare distribution.

## **10. Försäljning av blandbiokol**

Blandbiokolet görs tillgängligt för försäljning.

## **11. Försäljning av kolkrediter**

Kolkrediter verifieras av en oberoende tredjepartsaktör och säljs till organisationer som vill kompensera för växthusgasutsläpp.

## **12. Transport ut till kunder**

Det färdiga biokolet transporteras ut till slutkund.





*Figur 2. Bilder från försök med avloppsslam/träflis-blandning på Hjelsäters egendom 2024. Uppifrån och ner: Utmatning av avloppsslam/träflisblandning från mixervagn, torkad blandning och blandbiokol. Foto Edvard Hamilton.*

## 1.2 Affärsmodeller

I detta arbete jämförs två affärsmodeller för att undersöka och visualisera deras företagsekonomiska styrkor och svagheter. Affärsmodellerna benämns som K och E. K syftar till ”kommun” eftersom kommunen är mycket involverad i denna affärsmodell. E syftar till ”egen” och innebär att ett företag (benämnt som ”företaget” nedan) är självständigt och ansvarar för hela produktions- och försäljningsprocessen. Nedan presenteras de huvudsakliga skillnaderna mellan dessa affärsmodeller:

- **Affärsmodell K:** Här äger kommunen alla anläggningar och maskiner som behövs för att producera blandbiokol. När biokolet är färdigproducerat, köper företaget biokolet till ett reducerat pris av kommunen och agerar återförsäljare av blandbiokolet. Det reducerade priset beräknas vara rimligt eftersom företaget har tillhandahållit tekniska lösningar för att möjliggöra produktionen av biokol som ger ekonomiska samt miljö – och klimatvinster för kommunen, dessutom ingår inte distribution eller försäljning av biokol i kommuners uppdrag. Sammanfattningsvis står alltså kommunen för produktionen medan företaget står för försäljning och marknadsföring av blandbiokolet i affärsmodell K, därmed behöver inte företaget investera i produktionsanläggningar och lagerhållning eftersom kommunen ansvarar för detta.
- **Affärsmodell E:** I denna modell är kommunen inte alls involverad i ägande och drift av biokolsproduktionen. I stället äger och driver företaget hela produktionskedjan för biokolsproduktionen. Efter att färdig produkt är producerad ansvarar de även för försäljning och marknadsföring av biokolet. Även om kommunen inte är delaktig i ägande eller drift, bistår de med avloppsslam för biokolsproduktionen, medan företaget köper in träflis externt. Sammanfattningsvis är alltså kommunen inte involverad i affärsmodell E utan företaget står själv för både produktion, distribution och försäljning.

En viktig aspekt avseende affärsmodellernas utformning är att företaget antas inneha den tekniska kunskap som krävs för att utforma biokolsproduktion.

Tabell 1. Jämförelsetabell av affärsmodeller

<i>Aspekt</i>	<i>Affärsmodell K</i>	<i>Affärsmodell E</i>
<i>Produktion</i>	<i>Kommunen producerar biokol.</i>	<i>Företaget producerar biokol.</i>
<i>Ägande</i>	<i>Kommunen äger samtliga anläggningar för biokolsproduktion.</i>	<i>Företaget äger samtliga anläggningar för biokolsproduktion.</i>
<i>Träflis</i>	<i>30 % av träflisbehov kommer från kommunen. Övrigt köps in från externa aktörer.</i>	<i>Allt träflisbehov köps in från externa aktörer.</i>
<i>Avloppsslam</i>	<i>Avloppsslam från kommunalt reningsverk används i kommunens egen biokolsproduktion.</i>	<i>Kommunala reningsverk betalar företaget för att bli av med avloppsslam som används i företagets biokolsproduktion.</i>
<i>Teknisk lösning</i>	<i>Företaget bistår med teknisk lösning avseende biokolsproduktion till kommunen.</i>	<i>Företaget implementerar tekniska lösningar i egen regi.</i>
<i>Försäljning</i>	<i>Kommunen säljer vidare biokolet till företaget som i sin tur distribuerar, marknadsför och säljer biokolet till slutkunder. Kommunen säljer biokolet till ett reducerat marknadspris eftersom företaget tillhandahåller tekniska lösningar för biokolsproduktion.</i>	<i>Företaget distribuerar, marknadsför och säljer biokolet själva. Företaget behöver inte köpa biokol från kommunen då de själva äger hela produktionsprocessen.</i>

### 1.3 Syfte

Genom att biokol från träflis och avloppsslam erbjuder lösningar på flera betydande klimat- och miljöproblem finns ett stort ekologiskt syfte med en ökad biokolsproduktion från dessa material. Genom pyrolisering av avloppsslam kan majoriteten av oönskade ämnen som PFAS och kadmium avlägsnas, samtidigt som huvudparten av fosfor behålls. Dessutom är biokol en långsiktigt stabil kolsänka, med betydande möjlighet att bidra till Sveriges nettonollutsläpp av växthusgaser till år 2045.

Trots stor miljö- och klimatmässig potential krävs i praktiken ekonomisk lönsamhet för att cirkulära affärsmodeller ska accelerera, bli storskaliga och därmed bidra till stora och positiva miljö- och klimatmässiga effekter. Biokol från restprodukter är ett typexempel på en sådan cirkulär produkt, som behöver ekonomiskt lönsamma affärsmodeller för att kunna få en positiv påverkan på samhälle och miljö. Genom att analysera specifika kostnader och intäkter av de framarbetade affärsmodellerna, kan arbetet bistå med insikter kopplat till ekonomi och risk till de aktörer som vill producera och sälja biokol. Detta bidrar till att förse företag och beslutsfattare med verktyg för att utveckla och utvärdera lönsamma affärsmodeller för biokolsproduktion som återvinner näringsämnen och skapar kolsänkor.

För att arbetets resultat ska bli så tydligt och applicerbart som möjligt för framtida aktörer utgår arbetet från två affärsmodeller. Teorin bakom affärsmodellerna bygger på två utgångspunkter. 1) Affärsmodellerna ska i hög grad vara differentierade för att tydligt kunna jämföra deras företagsekonomiska styrkor och svagheter. 2) Affärsmodellerna ska ha skilda strategier för att uppnå affärsmässig vinning. Den ena affärsmodellen (affärsmodell K) bygger på mycket samarbete med råvaruinnehavaren av avloppsslam (kommunen). Den andra affärsmodellen (affärsmodell E) på minimalt samarbete med råvaruinnehavaren (kommunen). Affärsmodellerna utgår på så vis från olika grad av organisationsöverskridande samarbete.

Genom dessa två utgångspunkter har två affärsmodeller tagits fram (affärsmodell K och affärsmodell E) som representanter för två vitt skilda sätt att generera affärsmässigt värde. På så vis skapas förutsättning för aktörer att ta lärdom från båda affärsmodellerna, beroende på vilka förutsättningar respektive organisation besitter. Upplägget medför även möjligheten att ställa affärsmodellerna mot varandra och kunna jämföra dessa. Genom detta angreppssätt ges möjlighet att få svar på hur lönsamheten skiljer sig, vad det beror på och hur känslig respektive affärsmodell är för prisfluktuationer på såväl intäkter som kostnader.

## 1.4 Mål

Det huvudsakliga målet med arbetet är att skapa ett utvärderande underlag för aktörer som vill producera eller sälja biokol. Detta åstadkoms genom att de två utvalda affärsmodellerna jämförs utifrån ekonomi och risk. För att uppnå det övergripande målet har arbetet delats in i två delmål:

- Presentera vilken affärsmodell som är teoretiskt mest lönsam.
- Presentera vilken affärsmodell som teoretiskt bidrar till minst risk genom att utföra känslighetsanalyser.

## 1.5 Frågeställning

Vilken av de två utvalda affärsmodellerna bedöms ha högst lönsamhet, och vilken har lägst risk? Genom att analysera dessa två aspekter för respektive affärsmodell kommer studien bedöma hur affärsmodellerna skiljer sig och inom vilka områden affärsmodellerna har sina styrkor respektive svagheter.

## 1.6 Avgränsningar

Vissa avgränsningar har vidtagits i arbetet. Dessa innefattar:

- Arbetet undersöker endast en materialkombination med 67 % träflis och 33 % rötat avvattnat avloppsslam för biokolsproduktion.
- Arbetet fokuserar inte på tekniska aspekter av biokolsproduktion utan beskriver endast övergripande hur biokol produceras genom pyrolysning.
- Kostnader och intäkter som behövs för att beräkna lönsamheten i affärsmodellerna görs utifrån tillgängliga data. Ingen egen mätning eller insamling av dessa datapunkter görs.
- Arbetet tar inte hänsyn till juridiska aspekter avseende kommunala aktörers möjlighet att vara inkluderad i affärsmodeller med andra organisationer.

Avgränsningar i den ekonomiska kalkylen:

- Vi räknar med att det finns ekonomisk avsättning för överskottsvärmen.
- Vi räknar med att den producerade blandbiokolen blir certifierad enligt European Biochar Certificate (EBC).
- Vi räknar inte med finansiering från klimatklivet.

## 2. Litteraturgenomgång

### 2.1 Biokol och dess historia

För många har biokol seglat upp som en ny produkt, men faktum är att dess historia går långt tillbaka i tiden. Enligt Fransson et al. (2020) kan biokolsproduktion till och med härledas till före vår tideräkning. I Amazonas regnskogar fann lokalinvånare svarta jordar som var upp till två meter djupa. Den svarta jorden skiljde sig avsevärt från övrig jord runt Amazonas, både i hur den såg ut, vad den innehöll och hur den fungerade. På grund av Amazonas höga temperatur och fuktiga förhållande sker nedbrytningen av det organiska materialet normalt mycket fort. I den svarta jorden fann man dock något helt annat: En jord med hög kolhalt, hög bördighet och bättre vattenhållande förmåga (Glaser et al. 2001). Efter många års studier kunde forskare konstatera att jorden som av lokalbefolkningen refereras till ”Terra Preta de indio” – som betyder ”indianernas svarta jord” på portugisiska, hade börjat framställas redan innan år 0 (Glaser et al. 2001).

Frågan om hur ”Terra Preta” – den svarta jorden hade bildats och hur kolhalten kunde förbli så stabil var under lång tid oklart för forskare. Genom decennier har dock en forskarkonsensus växt fram kring slutsatsen att det är ursprungsbefolkningen som genom lågintensiv och kontrollerad förkolning skapat den svarta jorden (Fransson et al. 2020). Genom denna typ av förkolning avgick en mindre del av biomassan tillbaka till atmosfären i form av koldioxid, och mer förkolnades till en stabil biomassa – det vi idag kallar för biokol (Fransson et al. 2020).

Vid en historisk anblick kan vi också få en indikation på vad biokol faktiskt är och hur utvecklingen fortskridit sedan den sydamerikanska ursprungsbefolkningens påbörjade framställningen. Idag definierar organisationen European Biochar Certificate (EBC) biokol som ”ett poröst kolhaltigt material som framställs genom pyrolys och som används på ett sådant vis att det ingående kolet förblir lagrat som en kolsänka eller ersätter fossilt kol i industriell tillverkning.” (fritt översatt) (Schmidt et al. 2013).

Mycket i EBC:s definition känns igen från den korta historiska återblick som återgavs ovan, dock framhäver definitionen att biokol endast kan produceras med hjälp av pyrolys. Pyrolys är en process där organiskt material bryts ned under syrefria förhållanden (Schmidt et al. 2013). Därav får inte kol som produceras genom andra processer kallas för biokol i enlighet med EBC:s definition (Schmidt et al. 2013).

Oavsett vilket ingående material som används för att producera biokol finns vissa egenskaper som är gemensamma och karakteristiska för biokol. Dessa innefattar att biokol har en porös struktur som ger en hög vattenhållande förmåga (Boraah et al. 2023), stor specifik yta som skapar hög kapacitet att hålla mycket näring (Elnour et al. 2019), den porösa strukturen skapar lämpliga livsmiljöer för mikroorganismer (Fransson et al. 2020) samt att biokol är kemiskt mycket stabilt och inte reagerar med sin omgivning (Boraah et al. 2023)

I dagsläget är det några få organiska material som dominerar när det kommer till biokolframställning. Globalt kommer i dagsläget den största volymen av de organiska materialen för biokolsproduktion från kommunala verksamheter samt material från jord- och skogsbruket (Joshi et al. 2022). I Sverige är tendenserna över använda material liknande. Biokolsproduktionen i Sverige började på allvar under 2017 och där lantbruket och kommunala aktörer var pionjärer som omvandlade restprodukter från deras respektive verksamheter till biokol (Fransson et al. 2023).

Efter den mycket torra sommaren 2018 ökade skogsbrukets barkborreskador i Sverige, vilket bidrog till att grenar och toppar (GROT) blev en ny restprodukt för biokolsproduktion. På senare tid har även försök med andra mer svårarbetade material som tång, avloppsslam, park- och trädgårdsavfall samt rester från vallproduktion genomförts för att producera biokol (Fransson et al. 2020; Ravenni et al. 2023)

Den största användningen av biokol är idag som jordförbättring, bland annat till trädplantering, regnbäddar, gröna tak och fotbollsplaner (Fransson et al. 2020). Intresset tilltar dock från andra branscher, bland annat bygg, lantbruk samt stål och järnindustrin (Finja uå; Energimyndigheten 2022). Exempelvis finns redan idag produkter som innehåller biokol i byggbranschen, bland annat betong, murblock och puts- & murbruk (Finja uå).

## 2.2 Klimat och miljönytta med biokol

Genom att pyrolysisprocessen sker i syrefri miljö ”låses” kolet som finns i de organiska materialen in i stället brytas ned och återgå till atmosfären (Fransson et al. 2020). Enligt Dwibedi et al. (2022) uppgår biokolets halveringstid till mellan 150 och 5 000 år. I praktiken är innebörden därav att det tar mellan 150 och 5 000 år för kolet att minska till hälften efter omvandling till biokol (Dwibedi et al. 2022). På så vis skapas en långsiktig och stabil kolsänka som klassas som en ”Negative emission technology” av FN:s klimatpanel, IPCC (Smith 2016).

Om det organiska materialet inte hade pyroliserats hade den mikrobiella nedbrytningen i naturen skett betydligt fortare. Slutprodukten av den mikrobiella nedbrytningen blir primärt växthusgaserna koldioxid och/eller metan (Lambers & Oliveira 2019). Pyrolisering skapar därav en teknologisk möjlighet att stabilisera kolet som på så vis förskjuter nedbrytningen i upp till tusentals år.

Anledningen till att biokolets halveringstid spänner över ett så stort spann som 150 – 5 000 år beror primärt på tre orsaker. För det första påverkar det material som pyroliseras i hög grad hur mycket och stabilt biokolet blir. Med träbaserat träflis som i detta arbete används som det huvudsakliga materialet för biokolsproduktion omvandlas en stor del till nästintill fullständigt och stabilt kol, vilket innebär att materialet inte förbränns utan till stor del bevaras som rent kol (Fransson et al. 2020). Slutprodukten blir därav ett biokol med lång halveringstid som leder till ett biokol med hög kolinlagrande förmåga.

För det andra påverkar pyrolysisprocessen, och i synnerhet temperaturen i processen biokolets slutgiltiga kolinlagrande förmåga (Fransson et al. 2020). Författarna pekade i samma studie mot att en högre temperatur i pyrolysisprocessen leder till en längre halveringstid för biokolet.

För det tredje påverkar partikelstorleken på de ingående materialen hur stabilt biokolet blir och därmed dess kolsänkeeffekt. Större fraktioner bryts ned långsammare, medan mindre fraktioner resulterar i en snabbare mikrobiell nedbrytning som återför koldioxid till atmosfären (Fransson et al. 2020). Exempelvis bryts större träflisfraktioner ned långsammare jämfört med mindre träflisfraktioner.

Utöver att biokol kan bidra till att minska mängden växthusgaser har pyroliseringsprocessen möjlighet att rena bort oönskade ämnen från de materialen som används för att framställa biokol. Avloppsslam är ett sådant problemfyllt material då det innehåller flertalet miljö- och hälsofarliga ämnen, så som PFAS, PAH, PCB samt kadmium, koppar, zink och kvicksilver (Knulst 2021; Kundu et



al. 2021). Dessa ämnen är extra besvärliga då de inte bryts ned i miljön, vilket resulterar i en ackumulering såvida inte processer används för att rena bort ämnena från materialet.

I pyrolysisprocessen destrueras PFAS, PAH och PCB, medan en del tungmetaller kan avskiljas. Kadmium och kvicksilver förångas i stor utsträckning vid en pyrolysisprocess över 700°C och i viss mån även zink. Koppar avskiljs dock inte utan kräver betydligt högre temperaturer för att förångas (Fransson et al. 2020; Kundu et al. 2021).

I avloppsslam förekommer även en hel del åtråvärda och önskvärda ämnen som det finns stor anledning att behålla. Det allra tydligaste är fosfor. Fosfor är livsavgörande för växter och därmed för oss människor. Fosfor tillförs primärt genom mineralgödsel som bryts från ändliga fosforgruvor (Svenskt Vatten 2015). Idag kommer 90 % av världens fosforfyndigheter från endast sex länder. Där Marocko ensam står för 75 % (Mnthambala et al. 2022). Inom 50 – 100 år förväntas ”Peak fosfor” inträffa, därefter kommer en nedgång i tillgången på fosfor uppstå (Cordell et al. 2009).

I dagsläget återförs ungefär 25 % av den fosfor som finns i avloppsslammet till svensk åkermark genom avloppsslamspridning (Häggström et al. 2021). Utmaningen med allt avloppsslam, inklusive det som sprids på åkermark är dock dess innehåll av oönskade ämnen, i synnerhet tungmetaller som gjort att många är kritiska till avloppsslamspridning på åkermark (Naturvårdsverket 2023; RISE 2023).

För att möta framtida miljö- och klimatutmaningar krävs inte bara att mängden växthusgaser minskar och att essentiella näringsämnen återförs, utan även att samhällen blir mer klimatanpassade (Calvin et al. 2023). Biokolets höga kolhalt med dess porösa struktur skapar åtråvärda egenskaper när det kommer till klimatanpassning (Singh et al. 2022). I synnerhet då dessa egenskaper bidrar till att kunna hålla mycket vatten och näring, vilket på så vis bidrar till en stabilare livsmedelsproduktion även vid extremväder (Droste et al. 2020).

Sammanfattningsvis finns alltså stora klimat- och miljömässiga vinster med biokol. I synnerhet genom att pyrolysisprocessen kan användas som verktyg för att omvandla förorenade material till tillräckligt detoxifierat biokol, där kretslopp kan slutas för viktiga ämnen som kol och fosfor. Genom biokolsframställning skapas också en långsiktig och stabil kolsänka (Smith 2016). Biokolets användning kan också anpassa samhällen till mer extremväder med perioder med både för mycket och för lite vatten (Calvin et al. 2023)

## 2.3 Ekonomi och biokol

För att lönsamt producera biokol behöver intäkterna överstiga kostnaderna. Vilka och hur stora intäkts- och kostnadsposterna blir beror dock på hur affärsmodellen är utformad. Avseende intäktsposter finns det primärt tre relaterade till biokol. För det första kan intäkter genereras genom att sälja biokolet för nyttjande inom diverse användningsområden, exempelvis som jordförbättring. För det andra kan kolsänkan som biokolet bidrar till säljas som kolkrediter (Weisberg et al. 2010). För det tredje genererar pyrolysisprocessen utöver biokol även värmeenergi. Energin kan användas och uppgraderas, bland annat genom att gengas förbränns i en gasmotor, som i sin tur driver en generator som därmed omvandlas till el och värme (Volter. uå). I detta arbete utgår vi dock från att biokolsanläggningen inte uppgraderas till el, utan blir värme. Värmen kan generera intäkter, såvida biokolsanläggningen producerar ett överskott och även är ansluten till fjärrvärmennätet, alternativt har verksamheter med värmebehov.

I praktiken finns det dock en avvägning mellan hur mycket biokol respektive värme som produceras. Vid en pyrolysisprocess med högre temperatur produceras mer värme men en mindre mängd biokol. Vid en lägre temperatur produceras mer biokol men en mindre mängd värme (Fransson et al. 2020). På så vis har pyrolysisprocessens temperatur påverkan på hur mycket intäkter som allokeras mot biokol respektive värme.

Angående marknadsvärdet på kolkrediter från exempelvis biokol är dessa förknippade med stora prisfluktuationer (2050 2022). På grund av Sveriges minskande tilldelning av utsläppsrätter från EU samt ökat intresse från den frivilliga marknaden för klimatkompensation (Naturvårdsverket 2022), finns anledning att tro att trenden går mot ett allt högre pris på kolkrediter.

För flera aktörer på marknaden är kolkrediten som är förknippad med biokolet långt mycket värdefullare än dess praktiska användning. En kolsänka skapas dock först när biokolet används, vilket gör att kolkrediten först kan utfärdas när användningen av biokolet är säkerställd (Fransson et al. 2023). På så vis finns möjlighet för biokolsproducenter att sälja det fysiska biokolet till en aktör, samtidigt som kolsänkan kan tillgodoräknas genom betalning av en annan. För transparens och trovärdighet certifieras ofta kolkrediter av en tredje part för att säkerställa dess varaktighet och additionalitet. På så sätt kan aktören som köper kolkrediten tillgodoräkna sig de minskade växthusgasutsläpp som dessa är förknippad med (Puro.earth uå).

När avloppsslam används som råvara för att producera biokol adderas en fjärde intäktsmöjlighet. Detta då svenska kommuner idag betalar för att bli av med

avloppsslam (Larsson et al. 2020). Anledningarna till att kommuner betalar för att bli av med avloppsslam beror primärt på att alternativen för avloppsslamhantering är begränsade. Deponi av avloppsslam är förbjudet, deponitäckning är en relativt vanlig användning men där många kommuner har täckt färdigt gamla deponier (Larsson et al. 2020). De alternativ som är kvar är anläggningsjord, slamspridning på åkermark och förbränning av avloppsslam.

I anläggningsjord finns regler som begränsar hur mycket avloppsslam som får ingå (Larsson et al. 2020), primärt på grund av att anläggningsjordar med höga halter näringsämnen riskerar utlakning och negativa miljöeffekter. Dessutom leder en hög växtlighet till höga underhållskostnader när anläggningsjordar har mycket näringsämnen (Larsson et al. 2020). Slamspridning är ett annat alternativ, men är begränsad då flera marknadsaktörer inte accepterar avloppsslam för livsmedelsproduktion på grund av risken för miljö- och hälsofarliga ämnen (Larsson et al. 2020). Till sist finns förbränning av avloppsslam, där hanteringskostnader beräknas vara strax över 1 000 kr/ton avvattnat avloppsslam (Pers. kommunikation Gunnar Thelin, EkoBalans Fenix AB).

Avseende kostnadsposter för biokol finns ett antal som biokolsproduktionen är helt beroende av. Till att börja med krävs investering i pyrolyspanna, med tillhörande rördragning och utmatning av färdigt biokol. Därtill är införskaffning av råmaterial (ofta träbaserat) nödvändigt för att producera biokolet. Genom processen för biokolsframställning krävs även lagerhållning, både av de ingående råmaterial som används samt lagerhållning av det färdiga biokolet. Energiöverskottet från pyrolysvärmen täcker vanligtvis processenergin som krävs för att driva både pyrolyprocessen samt torkenheter som normalt behövs för att sänka de ingående materialens vattenhalt. I en modern biokolsanläggning är personalbehovet begränsat. Vid produktion består personalbehovet i att införskaffa material som pyrolyseras samt att fylla på material till pyrolysgnugnen. Om försäljning av biokolet sker i egen regi tillkommer även personalbehov för försäljning och marknadsföring av produkten.

## 3. Metod

### 3.1 Metod och forskningsstrategi

Verktöget för att besvara arbetets frågeställning utgörs av kvalitativa litteraturstudier. Litteraturstudier ligger i synnerhet till grund för identifiering och beskrivning av affärsmodeller för biokolsframställning, samt beskrivning av biokol och dess egenskaper.

För redovisning av det ekonomiska resultatet samt känslighetsanalyser i respektive affärsmodell har därtill även empiriska data används. Samtliga empiriska data utgörs av sekundärdata, som primärt består av intäkts- och prisuppgifter som varit applicerbara för undersökta affärsmodeller.

### 3.2 Datainsamling

Inhämtning av material till kvalitativa litteraturstudier görs med hjälp av databaserna Web of Science, Scopus, Google Scholar och SciSpace. Sökord som används återkommande för identifiering och analys av litteraturstudier består av både engelska och svenska ord, exempelvis:

*Biokol, affärsmodell, ekonomi, risk, miljö, växtnäring, biochar, economy, environment.*

Vetenskapliga litteraturstudier kompletteras med flertalet organisations- och myndighetsrapporter, bland annat från Naturvårdsverket, Energimyndigheten och Svenskt Vatten. Empiriska datapunkter har dels inhämtats genom personlig kommunikation med EkoBalans Fenix AB, dels genom egen efterforskning.

### 3.3 Bearbetning och analys

Vid bearbetning av vetenskaplig litteratur används i möjligaste mån källor där likvärdiga slutsatser och resultat har kunnat påvisats från flera oberoende källor. Därtill kompletteras vetenskaplig litteratur med organisations- och myndighetsrapporter för att ge ett bredare holistiskt samhällsperspektiv.

Med tanke på att arbetet utgår från svenska perspektiv används i stor utsträckning källor med koppling till Sverige och/eller svenska förhållanden. I de fall där andra källor används har bedömning gjorts att studiens resultat och slutsatser i hög grad varit tillämbart även för svenska förhållanden.

Använd empiriska data i arbetet kommer i så hög grad som möjligt från nyligen utgivna källor, ofta från organisationer med branschkoppling. Därtill har EkoBalans Fenix AB hjälpt till i urvalsprocessen av empiriska data. Med tanke på deras verksamhetsmål att recirkulera växtnäringsämnen, genom bland annat biokolsframställning har deras kompetens och erfarenhet bidragit till urvalsprocessen av datapunkter. Avslutningsvis stärks validitet och reliabilitet genom att både kvalitativa och kvantitativa metoder tillämpats parallellt i arbetet.

### 3.4 Kritik mot metod

Övergripande kritik består i synnerhet av att metoden främst förlitar sig på en kombination av litteraturstudier och sekundärdata. Det hade varit fördelaktigt med fler källtyper och i synnerhet tillgång till primärdata i stället för sekundärdata. Med sekundärdata finns risk för att datapunkterna inte är helt anpassade för studiens syfte och mål. När det gäller den empiriska data som används har den delvis biståtts från EkoBalans Fenix AB. Trots att företaget har stor kunskap i ämnet finns risk för partiskhet. I vissa fall har även personlig kommunikation används, dessa har dock uteslutande varit tillämpade vid tillfällen där övriga källor inte varit tillämpbara.

Studien har ett starkt fokus på svenska förutsättningar och förhållanden. Vilket å ena sidan stärker dess applicerbarhet i dessa kontexter. Dock minskar det studiens relevans och möjlighet att appliceras i internationella och europeiska perspektiv. Även om sökord och databaser som används för litteraturstudierna har presenterats kan kritik framföras angående avsaknad av tydliga kriterier för varför vissa källor inkluderats medan andra har exkluderats. Valet av organisations- och myndighetsrapporter som kompletterande källor kan kritiseras då de har ett myndighetsperspektiv, medan arbetets fokus är företagsekonomisk lönsamhet och riskhantering. Dessa rapporter anses dock ha bistått med relevans då de berört specifika ämnen som har varit viktiga för att bredda perspektiven och användningsområden för biokol.

I arbetet används flertalet omvandlingsfaktorer och antaganden för att beräkna fram ett ekonomiskt resultat. Noggrannheten och exaktheten kring vilka omvandlingsfaktorer och antaganden som används får påverkan på arbetets resultat och trovärdighet. Olika omvandlingsfaktorer och antaganden kan se olika ut beroende på vilka förutsättningar som råder. Inte minst blir detta extra komplicerat när exempelvis avloppsslam och träflisens densitet och torrs substans har beräknats. Dock ligger de antaganden och omvandlingsfaktorer som används i arbetet bakom omfattande efterforskning som anses rimliga utifrån rådande kunskaps- och informationsläge.

## 4. Resultat

De detaljerade beräkningar samt antaganden som ligger till grund för resultatet finns i Bilaga 1.

### 4.1 Ekonomiskt resultat – affärsmodell K för kommun

Det ekonomiska resultatet innan skatt presenteras i nedanstående tabeller.

Tabell 2. Intäkter för kommun årsvis

<i>Intäktspost</i>	<i>Mått</i>	<i>Enhet</i>	<i>Pris per enhet (kr)</i>	<i>Belopp (kr)</i>
<i>Blandbiokol</i>	<i>1 811</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>300</i>	<i>543 300</i>
<i>Kolkredit</i>	<i>1 811</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>1 500</i>	<i>2 716 500</i>
<i>Energiöverskott</i>	<i>88 831</i>	<i>kWh</i>	<i>1</i>	<i>88 831</i>
<i>Sluppen kostnad förbränning av avvattnat avloppsslam</i>	<i>2 739</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>1 300</i>	<i>3 560 700</i>
<i>Sluppen kostnad transport</i>	<i>N/A (se metod för uträkning)</i>	<i>mil</i>	<i>120</i>	<i>15 000</i>
<b><i>Totalt</i></b>				<b><i>6 924 331</i></b>

Tabell 3. Kostnader för kommun årsvis

<i>Kostnadspost</i>	<i>Mått</i>	<i>Enhet</i>	<i>Pris per enhet (kr)</i>	<i>Belopp (kr)</i>
<b>Driftskostnader</b>				
<i>Diesel</i>	<i>1 250</i>	<i>L</i>	<i>20</i>	<i>25 000</i>
<i>El</i>	<i>37 300</i>	<i>kWh</i>	<i>1</i>	<i>37 300</i>
<i>Förpackningar/säckar</i>	<i>725</i>	<i>st.</i>	<i>40</i>	<i>29 000</i>
<i>Farligt avfall</i>	<i>10</i>	<i>kg</i>	<i>700</i>	<i>7 000</i>
<i>Träflis internt</i>	<i>1 668</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>100</i>	<i>166 830</i>
<i>Transport träflis internt</i>	<i>N/A (se metod för uträkning)</i>	<i>mil</i>	<i>120</i>	<i>3 840</i>
<i>Träflis externt</i>	<i>3 893</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>180</i>	<i>700 686</i>
<i>Transport träflis externt</i>	<i>N/A (se metod för uträkning)</i>	<i>mil</i>	<i>120</i>	<i>21 600</i>
<i>Transport avloppsslam</i>	<i>N/A (se metod för uträkning)</i>	<i>mil</i>	<i>120</i>	<i>15 000</i>
<i>Underhållskostnad</i>	<i>4</i>	<i>%</i>	<i>N/A</i>	<i>506 220</i>
<b><i>Totalt driftkostnader exl personal, kapitalkostnader &amp; påslag</i></b>				<b><i>1 512 476</i></b>
<i>Oförutsett påslag driftskostnader</i>	<i>5</i>	<i>%</i>	<i>N/A</i>	<i>75 624</i>
<b>Kapitalkostnader</b>				
<i>Ränta</i>	<i>7</i>	<i>%</i>	<i>N/A</i>	<i>1 222 529</i>



Avskrivning investeringar (ej mark)	10	År	N/A	1 364 056
<b>Totalt driftkostnader inkl påslag &amp; kapitalkostnader</b>				<b>4 174 684</b>
Personal drift och administration	50	%	N/A (se metod för uträkning)	291 354
<b>Totalt driftkostnader inkl personal och påslag</b>				<b>4 466 039</b>

Tabell 4. Prognostiserat årsvis resultat innan skatt för kommun

Totala intäkter	6 924 331 kr
Totala kostnader	4 466 039 kr
<b>Prognostiserat resultat innan skatt</b>	<b>2 458 292 kr</b>
<b>Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent (innan skatt)</b>	<b>35,5 %</b>

Tabell 5. Investeringskostnader för kommun

<b>Kostnadspost</b>	<b>Mått</b>	<b>Enhet</b>	<b>Pris per enhet</b>	<b>Belopp (kr)</b>
Träflislager	1	st.	1 820 000	1 820 000
Avloppsslager	1	st.	1 220 000	1 220 000
Träflistork	1	st.	855 000	855 000
Mellanlager	1	st.	900 000	900 000

<i>Pyrolysanläggning inklusive biokolsutmatning</i>	<i>1</i>	<i>st.</i>	<i>4 100 000</i>	<i>4 100 000</i>
<i>Rördragning etc.</i>				<i>1 000 000</i>
<b><i>Totalt investeringskostnader exklusive entreprenörpåslag</i></b>				<b><i>9 895 000</i></b>
<i>Entreprenörpåslag</i>	<i>40</i>	<i>%</i>	<i>N/A</i>	<i>3 958 000</i>
<b><i>Totalt investeringskostnader som kräver entreprenörpåslag</i></b>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<b><i>13 853 000</i></b>
<i>Hjullastare</i>	<i>1</i>	<i>st.</i>	<i>400 000</i>	<i>400 000</i>
<i>Mixervagn</i>	<i>1</i>	<i>st.</i>	<i>1 210 000</i>	<i>1 210 000</i>
<i>Markkostnad (förvärv)</i>	<i>690</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>600</i>	<i>414 000</i>
<b><i>Totalt investeringskostnader som inte kräver entreprenörpåslag</i></b>				<b><i>2 024 000</i></b>
<i>Oförutsett påslag investeringar</i>	<i>10</i>	<i>%</i>	<i>N/A</i>	<i>1 587 700</i>
<b><i>Totalt investeringskostnad</i></b>				<b><i>17 464 700</i></b>

Tabell 6. Nyckeltal investering för kommun

<i>Återbetalningstid</i>	<i>7,1 år</i>
<i>Nuvärde</i>	<i>3 625 456 SEK</i>
<i>Nuvärdekvot</i>	<i>20,76 %</i>
<i>Internränta (kalkylränta som hade gett 0 kr i nuvärde)</i>	<i>12,44 %</i>

## 4.2 Ekonomiskt resultat – affärsmodell K för företag

Det ekonomiska resultatet innan skatt presenteras i nedanstående tabeller.

Tabell 7. Intäkter för företag årsvis

<b>Intäktspost</b>	<b>Mått</b>	<b>Enhet</b>	<b>Pris per enhet (kr)</b>	<b>Belopp (kr)</b>
Blandbiokol	1 811	m <sup>3</sup>	1 500	2 716 500

Tabell 8. Kostnader för företag årsvis

<b>Kostnadspost</b>	<b>Mått</b>	<b>Enhet</b>	<b>Pris per enhet (kr)</b>	<b>Belopp (kr)</b>
Biokol återköp	1 811	m <sup>3</sup>	300	543 300
Transport av biokol från kommunens lager till företagslager	N/A (se metod för uträkning)	mil	200	12 400
Slutlager blandbiokol utomhus (hyra)	407,5	m <sup>2</sup>	300	122 243
Totalt driftkostnader exklusive personal och påslag	N/A	N/A	N/A	677 943
Oförutsett påslag årsvisa kostnader	5	%	N/A	33 897
<b>Totalt driftkostnader exklusive personal inklusive påslag</b>				<b>711 840</b>
Personal sälj och marknadsföring	50	%	N/A (se metod för uträkning)	291 354

<b>Totalt driftkostnader inkl personal och påslag</b>				<b>1 003 194</b>
---	--	--	--	------------------

Tabell 9. Prognostiserat årsvis resultat innan skatt för företag

<i>Totala intäkter</i>	2 716 500 kr
<i>Totala kostnader</i>	1 003 194 kr
<i>Prognostiserat resultat innan skatt</i>	1 713 306 kr
<b><i>Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent (innan skatt)</i></b>	<b>63,1 %</b>

### 4.3 Ekonomiskt resultat – affärsmodell E för företag

Det ekonomiska resultatet innan skatt presenteras i nedanstående tabeller.

Tabell 10. Intäkter för företag årsvis

<i>Intäktspost</i>	<i>Mått</i>	<i>Enhet</i>	<i>Pris per enhet (kr)</i>	<i>Belopp (kr)</i>
<i>Blandbiokol</i>	<i>1 811</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>1 500</i>	<i>2 716 500</i>
<i>Kolkredit</i>	<i>1 811</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>1 500</i>	<i>2 716 500</i>
<i>Energiöverskott</i>	<i>88 831</i>	<i>kWh</i>	<i>1</i>	<i>88 831</i>
<i>Avloppsslamhantering</i>	<i>2 739</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>1 300</i>	<i>3 560 700</i>
<b><i>Totalt</i></b>				<b><i>9 082 531</i></b>

Tabell 11. Kostnader för företag årsvis

<i>Kostnadspost</i>	<i>Mått</i>	<i>Enhet</i>	<i>Pris per enhet (kr)</i>	<i>Belopp (kr)</i>
<b><i>Driftskostnader</i></b>				
<i>Diesel</i>	<i>1 250</i>	<i>L</i>	<i>20</i>	<i>25 000</i>
<i>El</i>	<i>37 300</i>	<i>kWh</i>	<i>1</i>	<i>37 300</i>
<i>Förpackningar/säckar</i>	<i>725</i>	<i>st.</i>	<i>40</i>	<i>29 000</i>
<i>Farligt avfall</i>	<i>10</i>	<i>kg</i>	<i>700</i>	<i>7 000</i>
<i>Träflis externt</i>	<i>5 561</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>180</i>	<i>1 000 980</i>
<i>Transport träflis externt</i>	<i>N/A (se metod för uträkning)</i>	<i>mil</i>	<i>120</i>	<i>30 600</i>

<i>Transport avloppsslam</i>	<i>N/A (se metod för uträkning)</i>	<i>mil</i>	<i>120</i>	<i>15 000</i>
<i>Underhållskostnad</i>	<i>4</i>	<i>%</i>	<i>N/A</i>	<i>506 220</i>
<b><i>Totalt driftkostnader exl personal, kapitalkostnader &amp; påslag</i></b>				<b><i>1 651 100</i></b>
<i>Oförutsett påslag driftskostnader</i>	<i>5</i>	<i>%</i>	<i>N/A</i>	<i>82 555</i>
<b><i>Kapitalkostnader</i></b>				
<i>Ränta</i>	<i>7</i>	<i>%</i>	<i>N/A</i>	<i>1 241 354</i>
<i>Avskrivning investeringar (ej mark)</i>	<i>10</i>	<i>År</i>	<i>N/A</i>	<i>1 366 012</i>
<b><i>Totalt driftkostnader inkl påslag &amp; kapitalkostnader</i></b>				<b><i>4 341 021</i></b>
<i>Personal drift och administration</i>	<i>50</i>	<i>%</i>	<i>N/A (se metod för uträkning)</i>	<i>291 354</i>
<i>Personal sälj och marknadsföring</i>	<i>50</i>	<i>%</i>	<i>N/A (se metod för uträkning)</i>	<i>291 354</i>
<b><i>Totalt driftkostnader inkl personal och påslag</i></b>				<b><i>4 923 729</i></b>

Tabell 12. Prognostiserat årsvis resultat innan skatt för företag

<i>Totala intäkter</i>	<i>9 082 531 kr</i>
<i>Totala kostnader</i>	<i>4 923 729 kr</i>
<i>Prognostiserat resultat innan skatt</i>	<i>4 158 802 kr</i>
<b><i>Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent (innan skatt)</i></b>	<b><i>45,8 %</i></b>

Tabell 13. Investeringskostnader för företag

<i>Kostnadspost</i>	<i>Mått</i>	<i>Enhet</i>	<i>Pris per enhet (kr)</i>	<i>Belopp (kr)</i>
<i>Träflislager</i>	<i>1</i>	<i>st.</i>	<i>1 820 000</i>	<i>1 820 000</i>
<i>Avloppsslamlager</i>	<i>1</i>	<i>st.</i>	<i>1 220 000</i>	<i>1 220 000</i>
<i>Träflistork</i>	<i>1</i>	<i>st.</i>	<i>855 000</i>	<i>855 000</i>
<i>Mellanlager</i>	<i>1</i>	<i>st.</i>	<i>900 000</i>	<i>900 000</i>
<i>Pyrolysanläggning inklusive biokolsutmatning</i>	<i>1</i>	<i>st.</i>	<i>4 100 000</i>	<i>4 100 000</i>
<i>Rördragning etc.</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>1 000 000</i>
<b><i>Totalt investeringskostnader exklusive entreprenörpåslag</i></b>				<b><i>9 895 000</i></b>
<i>Entreprenörpåslag</i>	<i>40</i>	<i>%</i>	<i>N/A</i>	<i>3 958 000</i>
<i>Totalt investeringskostnader som kräver entreprenörpåslag</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>13 853 000</i>
<i>Hjullastare</i>	<i>1</i>	<i>st.</i>	<i>400 000</i>	<i>400 000</i>
<i>Mixervagn</i>	<i>1</i>	<i>st.</i>	<i>1 210 000</i>	<i>1 210 000</i>
<i>Markkostnad (förvärv)</i>	<i>1 097</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>600</i>	<i>658 485</i>
<b><i>Totalt investeringskostnader som inte kräver entreprenörpåslag</i></b>				<b><i>2 268 485</i></b>
<i>Oförutsett påslag investeringar</i>	<i>10</i>	<i>%</i>	<i>N/A</i>	<i>1 612 149</i>
<b><i>Totalt investeringskostnad</i></b>				<b><i>17 733 634</i></b>

Tabell 14. Nyckeltal investering för företag

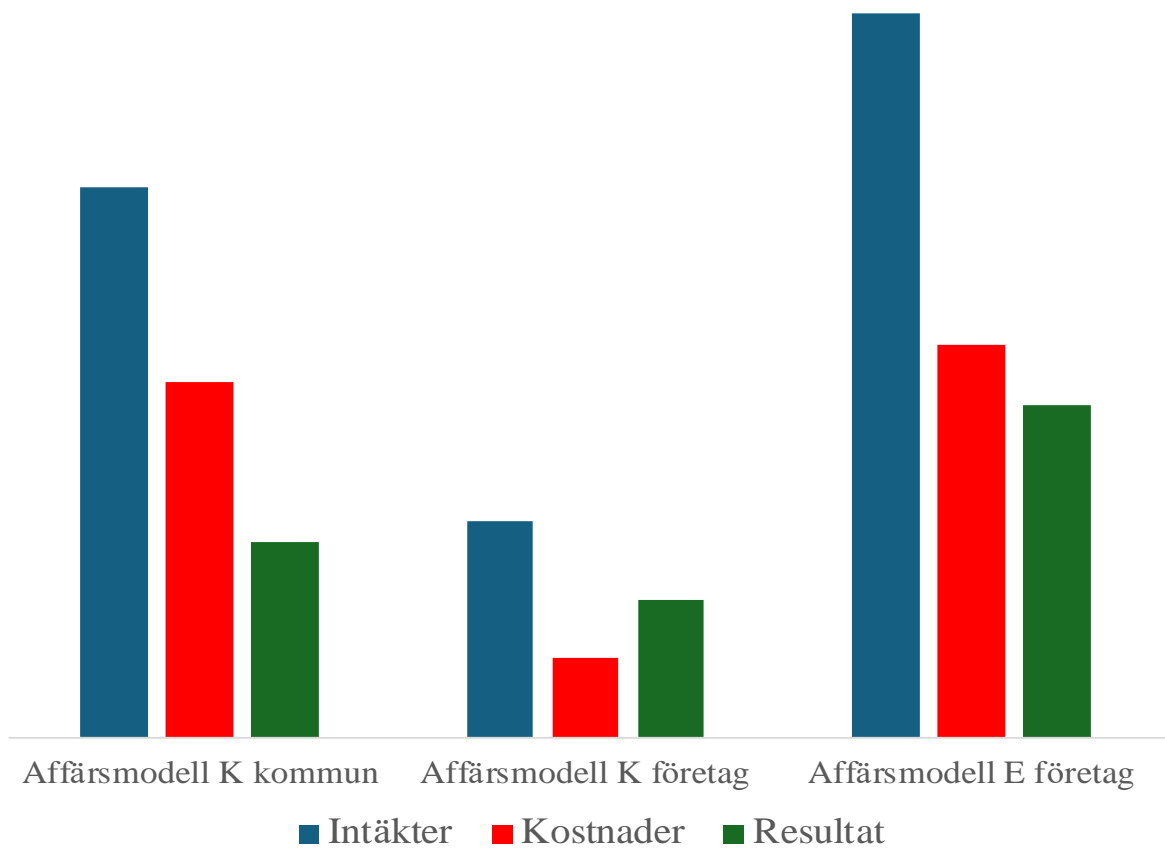
<i>Återbetalningstid</i>	<i>4,3 år</i>
<i>Nuvärde</i>	<i>15 549 564 kr</i>
<i>Nuvärdekvot</i>	<i>87,68 %</i>
<i>Internränta (kalkylränta som hade gett 0 kr i nuvärde)</i>	<i>27,83 %</i>



## 4.4 Jämförelse av ekonomiskt resultat

Tabell 15. Jämförelse av prognostiserat årsvist resultat (basutfall)

<i>Beskrivning</i>	<i>Affärsmodell K</i>		<i>Affärsmodell E</i>
	<i>Kommun</i>	<i>Företag</i>	<i>Företag</i>
<i>Totala intäkter</i>	6 924 331 kr	2 716 500 kr	9 082 531 kr
<i>Totala kostnader</i>	4 466 039 kr	1 003 194 kr	4 923 729 kr
<i>Prognostiserat resultat innan skatt</i>	2 458 292 kr	1 713 306 kr	4 158 802 kr
<i>Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent (innan skatt)</i>	35,5 %	63,1 %	45,8 %



Figur 3. Stapeldiagram av prognostiserat resultat innan skatt (basutfall)

Tabell 16. Jämförelse av nyckeltal för investering i biokolsproduktion

<i>Beskrivning</i>	<i>Affärsmodell K</i>	<i>Affärsmodell E</i>
	<i>Kommun</i>	<i>Företag</i>
<i>Återbetalningstid</i>	<i>7,1 år</i>	<i>4,3 år</i>
<i>Nuvärde</i>	<i>3 625 456 kr</i>	<i>15 549 564 kr</i>
<i>Nuvärdekvot</i>	<i>20,8 %</i>	<i>87,7 %</i>
<i>Internränta (kalkylränta som hade gett 0 kr i nuvärde)</i>	<i>12,4 %</i>	<i>27,8 %</i>

## 4.5 Känslighetsanalyser

Genom att simulera scenarier som inkluderar såväl högre som lägre intäkter och kostnader analyseras känsligheten hos nyckelvariabler i de respektive affärsmodellerna. På så vis ges en bättre indikation på affärsmodellernas lönsamhet och stabilitet vid förändrade förutsättningar. Sju övergripande scenarier har valts ut för känslighetsanalyser.

### 1. Förändrade intäkter för biokol och kolkredit

Priset på biokol och kolkrediter höjs respektive sänks med 10 procentenheter.

### 2. Förändrad ersättning för avloppsslam på

Höjd respektive sänkt ersättning för avloppsslam med 700 kr. Höjd ersättning från 1 300 kr till 2 000 kr per ton avloppsslam (Höjd ersättning utgår från scenario att krav på återföring av fosfor från avloppsslam samt spridningsförbud på åkermark införlivas) samt sänkt ersättning från 1 300 kr till 600 kr/per ton avloppsslam.

### 3. Ingen intäkt för kolkrediter

Kolkreditsmarknaden försvinner helt och genererar inga intäkter.

### 4. Ingen ersättning för avloppsslam

Ersättning för avloppsslam försvinner helt och genererar inga intäkter.

### 5. Ingen intäkt/ersättning för kolkrediter och avloppsslam

Både kolkrediter och avloppsslam försvinner som intäktskällor.

### 6. Förändrad ränta

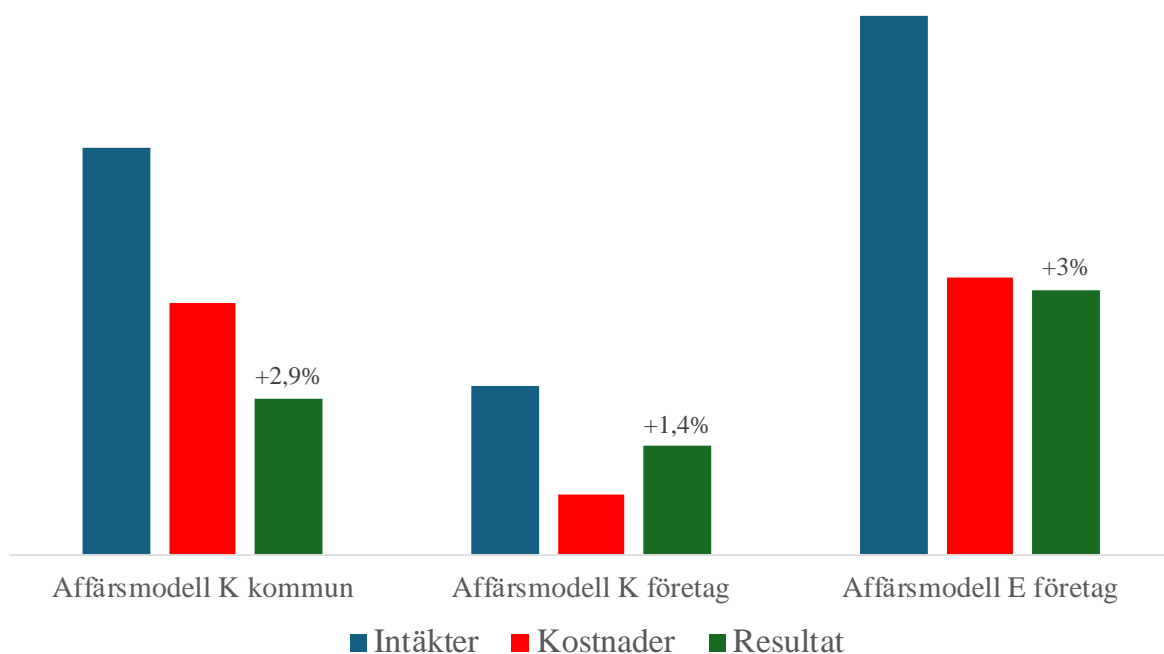
Räntan höjs med 5 procentenheter (till 12 %) respektive sänks med 3 procentenheter (till 4 %).

### 7. Förändrade kostnader

Höjd respektive sänkta driftskostnader och investeringspåslag. Höjd driftskostnad till 20 % (15 procentenheter mer än i kalkyl) samt ett investeringspåslag på 30 % (20 procentenheter mer än i kalkyl). Sänkt driftskostnad 0 % (5 procentenheter mindre än i kalkyl) samt sänkt investeringspåslag till 0 % (10 procentenheter mindre än i kalkyl).

Tabell 17. Känslighetsanalys 1. + 10 % intäkter för biokol och kolkredit

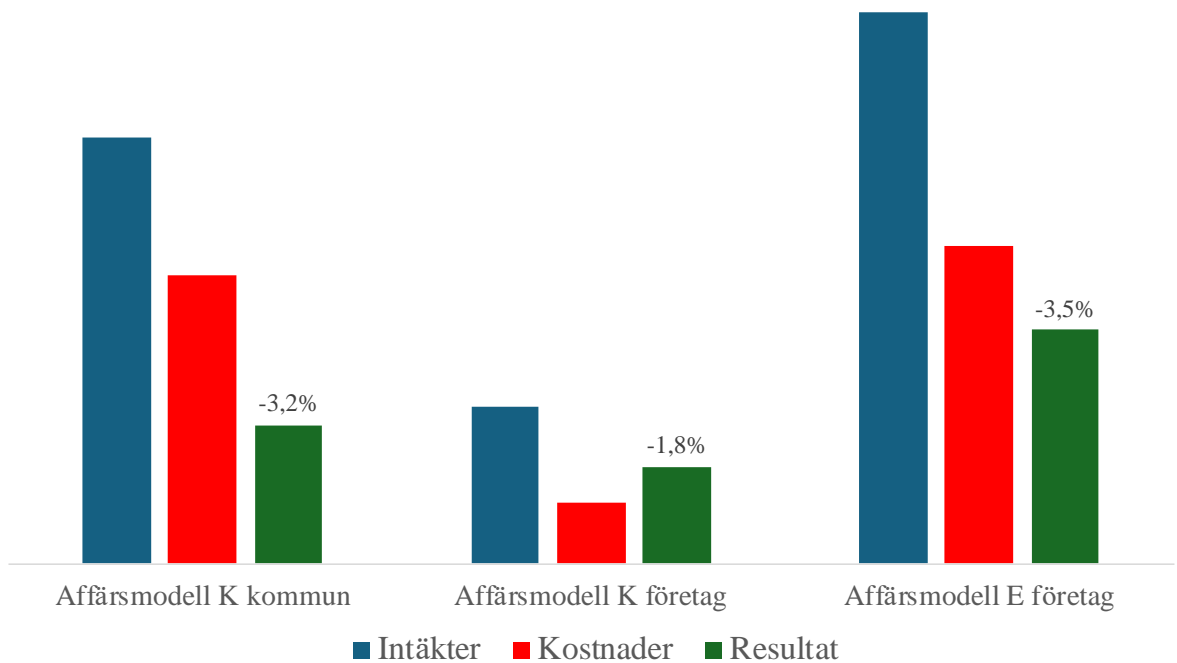
Beskrivning	Affärsmodell K		Affärsmodell E
	Kommun	Företag	Företag
Intäkter	7 250 311 kr	2 988 150 kr	9 625 831 kr
Kostnader	4 466 039 kr	1 060 240 kr	4 923 729 kr
Prognostiserat resultat innan skatt	2 784 272 kr	1 927 910 kr	4 702 102 kr
Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)	38,4 % (35,5 %)	64,5 % (63,1 %)	48,8 % (45,8 %)



Figur 4. Känslighetsanalys 1. + 10 % intäkter för biokol och kolkredit. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.

Tabell 18. Känslighetsanalys 1. - 10 % intäkter för biokol och kolkredit

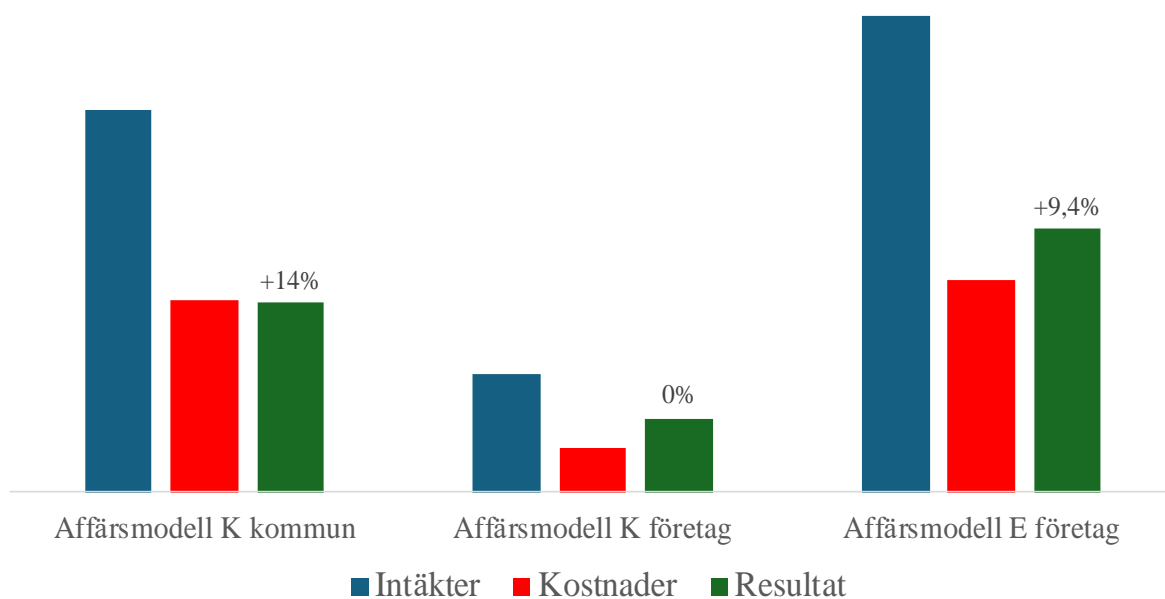
<b>Beskrivning</b>	<b>Affärsmodell K</b>		<b>Affärsmodell E</b>
	<b>Kommun</b>	<b>Företag</b>	<b>Företag</b>
<i>Intäkter</i>	6 598 351 kr	2 444 850 kr	8 539 231 kr
<i>Kostnader</i>	4 466 039 kr	946 147 kr	4 923 729 kr
<i>Prognostiserat resultat innan skatt</i>	2 132 312 kr	1 498 703 kr	3 615 502 kr
<b>Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)</b>	<b>32,3 % (35,5 %)</b>	<b>61,3 % (63,1 %)</b>	<b>42,3 % (45,8 %)</b>



Figur 5. Känslighetsanalys 1. - 10 % intäkter för biokol och kolkredit. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.

Tabell 19. Känslighetsanalys 2. Höjd ersättning för avloppsslam till 2 000 kr per ton.

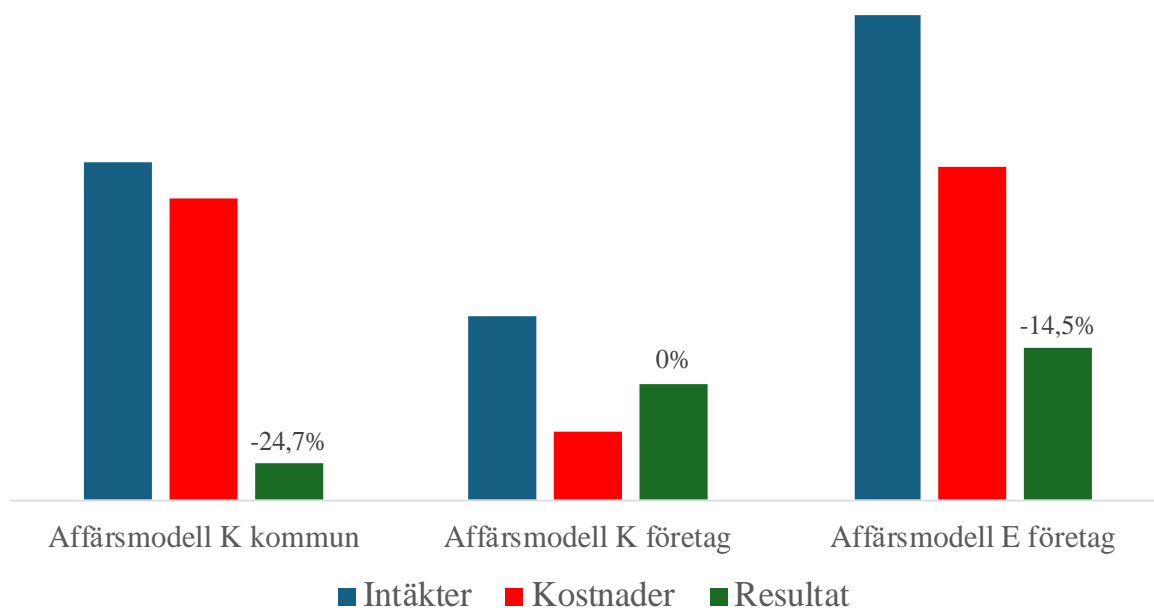
Beskrivning	Affärsmodell K		Affärsmodell E
	Kommun	Företag	Företag
Intäkter	8 841 631 kr	2 716 500 kr	10 999 831 kr
Kostnader	4 466 039 kr	1 003 194 kr	4 923 729 kr
Prognostiserat resultat innan skatt	4 375 592 kr	1 713 306 kr	6 076 102 kr
Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)	49,5 % (35,5 %)	63,1 % (63,1 %)	55,2 % (45,8 %)



Figur 6. Känslighetsanalys 2. Höjd ersättning för avloppsslam till 2 000 kr per ton. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.

Tabell 20. Känslighetsanalys 2. Sänkt ersättning för avloppsslam till 600 kr per ton.

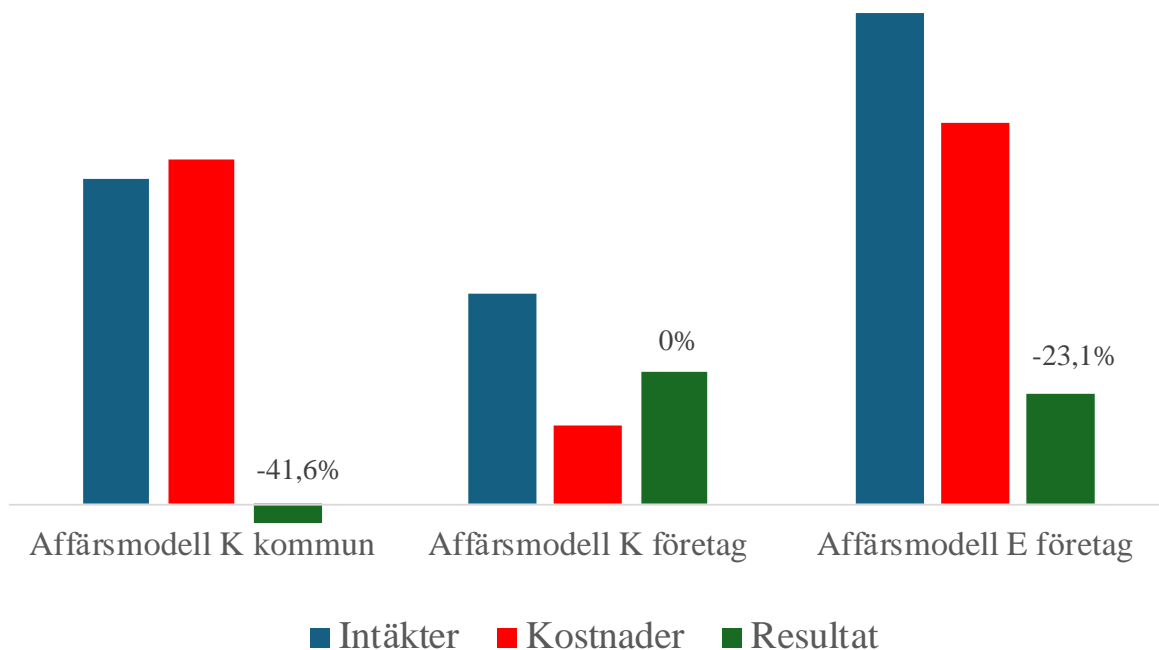
<i>Beskrivning</i>	<i>Affärsmodell K</i>		<i>Affärsmodell E</i>
	<i>Kommun</i>	<i>Företag</i>	<i>Företag</i>
<i>Intäkter</i>	5 007 031 kr	2 716 500 kr	7 165 231 kr
<i>Kostnader</i>	4 466 039 kr	1 003 194 kr	4 923 729 kr
<i>Prognostiserat resultat innan skatt</i>	540 992 kr	1 713 306 kr	2 241 502 kr
<i>Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)</i>	<b>10,8 %</b> (35,5 %)	<b>63,1 %</b> (63,1 %)	<b>31,3 %</b> (45,8 %)



Figur 7. Känslighetsanalys 2. Sänkt ersättning för avloppsslam till 600 kr per ton. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.

Tabell 21. Känslighetsanalys 3. Ingen intäkt för kolkrediter

Beskrivning	Affärsmodell K		Affärsmodell E
	Kommun	Företag	Företag
Intäkter	4 207 831 kr	2 716 500 kr	6 336 031 kr
Kostnader	4 466 039 kr	1 003 194 kr	4 923 729 kr
Prognostiserat resultat innan skatt	-258 208 kr	1 713 306 kr	1 442 302 kr
Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)	-6,1 % (35,5 %)	63,1 % (63,1 %)	22,7 % (45,8 %)

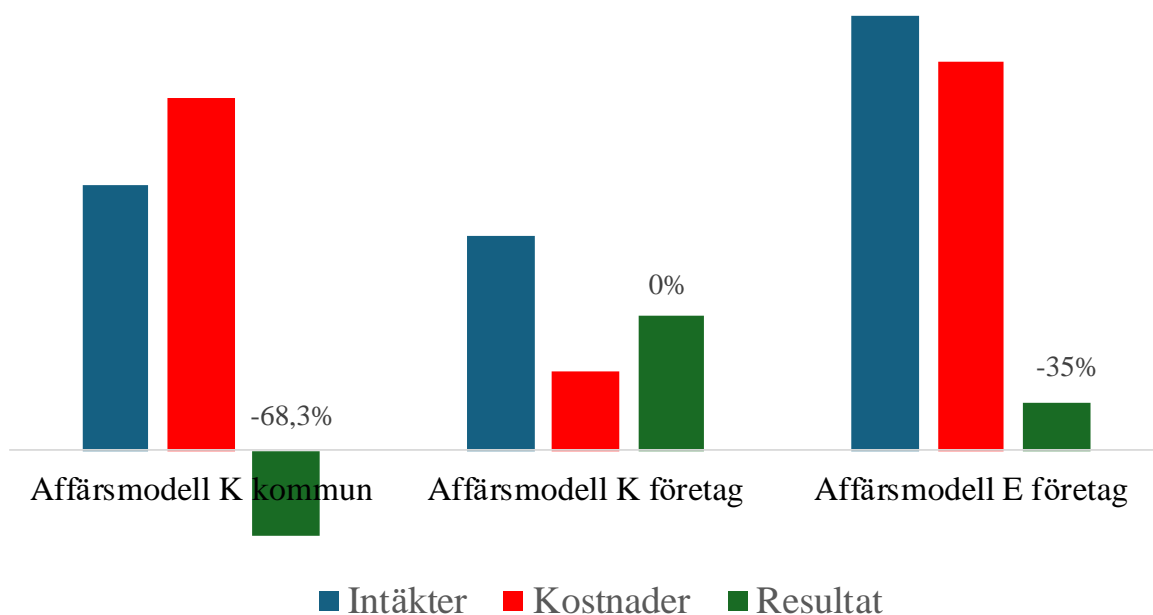


Figur 8. Känslighetsanalys 3. Ingen intäkt för kolkrediter. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.



Tabell 22. Känslighetsanalys 4. Ingen ersättning för avloppsslam.

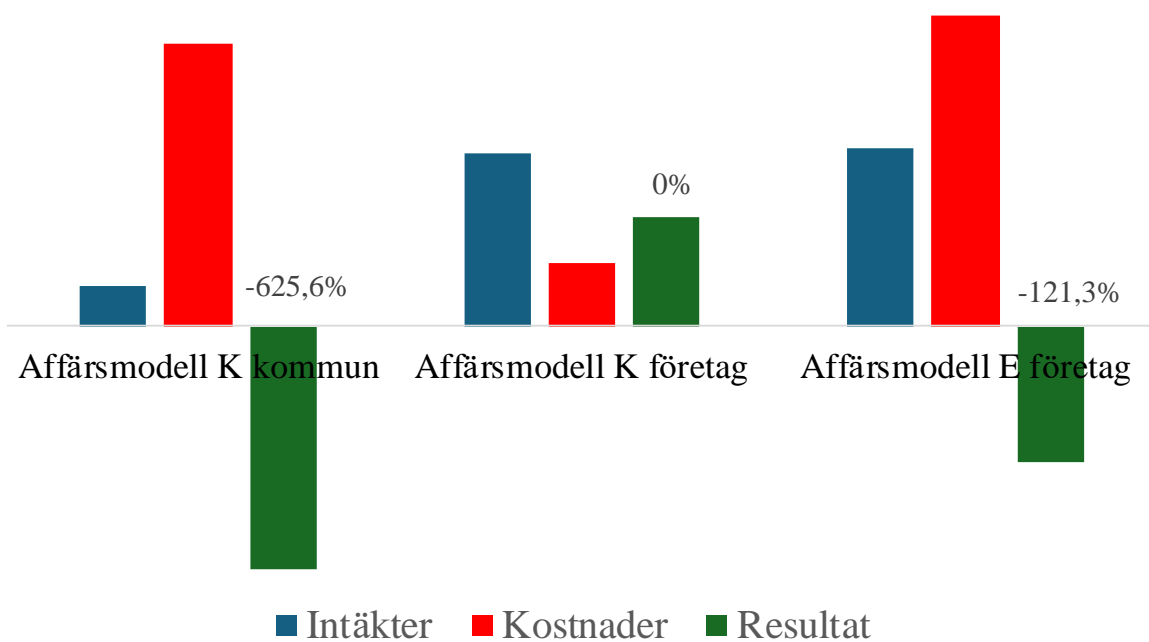
<i>Beskrivning</i>	<i>Affärsmodell K</i>		<i>Affärsmodell E</i>
	<i>Kommun</i>	<i>Företag</i>	<i>Företag</i>
<i>Intäkter</i>	3 363 631 kr	2 716 500 kr	5 521 831 kr
<i>Kostnader</i>	4 466 039 kr	1 003 194 kr	4 923 729 kr
<i>Prognostiserat resultat innan skatt</i>	-1 102 408 kr	1 713 306 kr	598 102 kr
<i>Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)</i>	-32,8 % (35,5 %)	63,1 % (63,1 %)	10,8 % (45,8 %)



Figur 9. Känslighetsanalys 4. Ingen ersättning för avloppsslam. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.

Tabell 23. Känslighetsanalys 5. Ingen intäkt/ersättning för kolkrediter och avloppsslam.

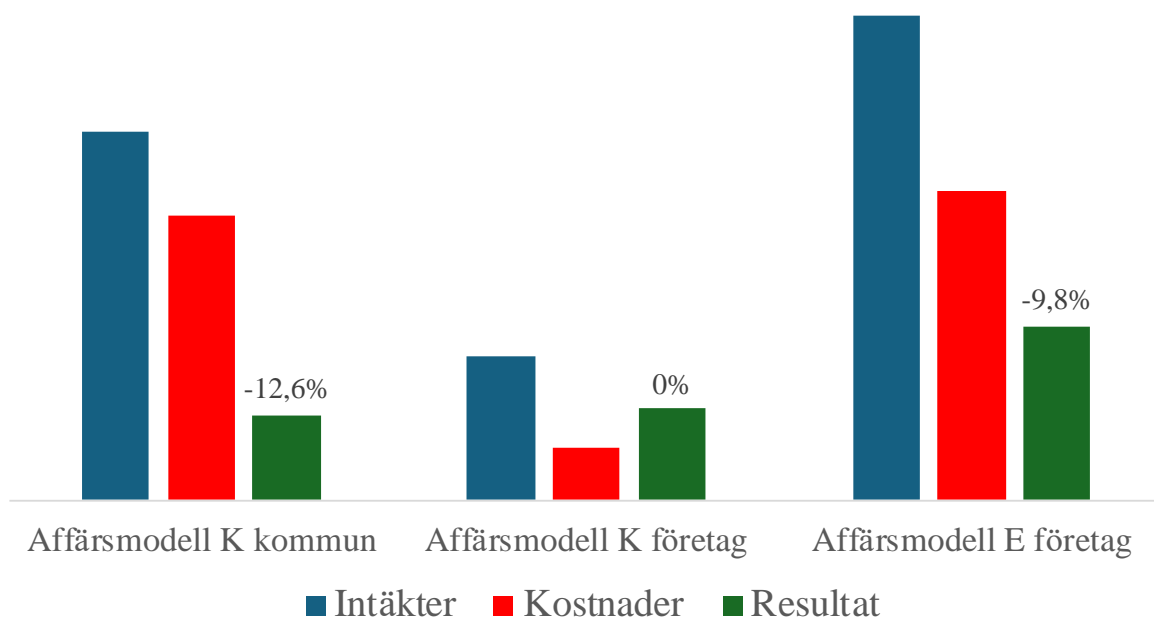
Beskrivning	Affärsmodell K		Affärsmodell E
	Kommun	Företag	Företag
Intäkter	647 131 kr	2 716 500 kr	2 805 331 kr
Kostnader	4 466 039 kr	1 003 194 kr	4 923 729 kr
Prognostiserat resultat innan skatt	-3 818 908 kr	1 713 306 kr	-2 118 398 kr
Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)	-590,1 % (35,5 %)	63,1 % (63,1 %)	-75,5 % (45,8 %)



Figur 10. Känslighetsanalys 5. Ingen intäkt/ersättning för kolkrediter och avloppsslam. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.

Tabell 24. Känslighetsanalys 6. Höjd ränta till 12 %

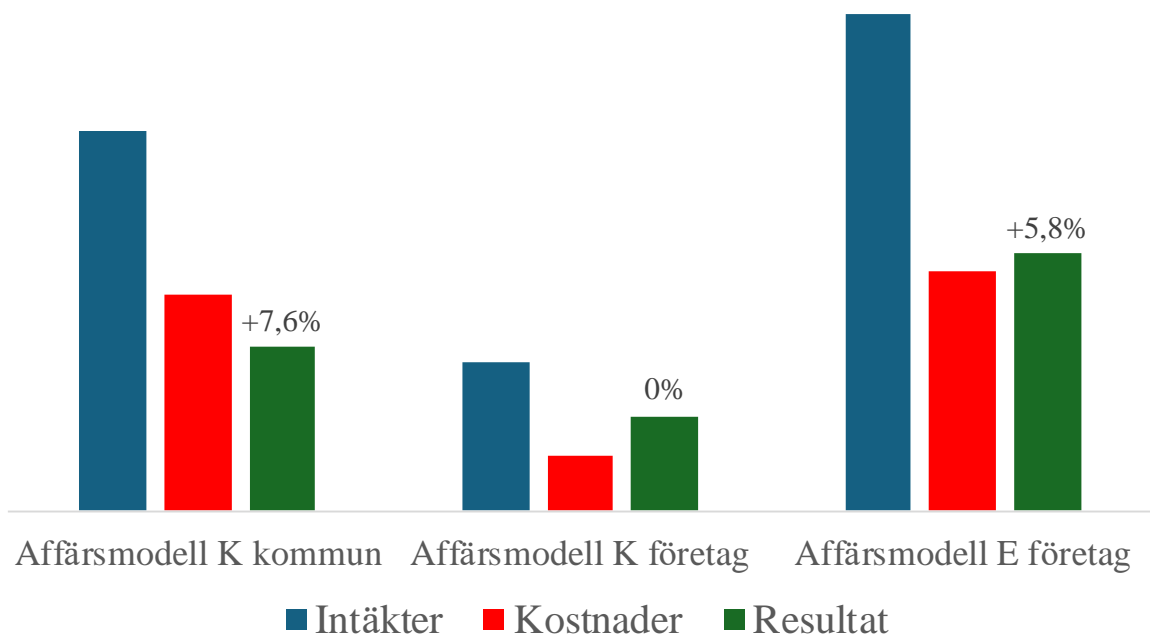
Beskrivning	Affärsmodell K		Affärsmodell E
	Kommun	Företag	Företag
Intäkter	6 924 331 kr	2 716 500 kr	9 082 531 kr
Kostnader	5 339 274 kr	1 003 194 kr	5 810 411 kr
Prognostiserat resultat innan skatt	1 585 057 kr	1 713 306 kr	3 272 120 kr
Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)	22,9 % (35,5 %)	63,1 % (63,1 %)	36,0 % (45,8 %)



Figur 11. Känslighetsanalys 6. Höjd ränta till 12 %. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.

Tabell 25. Känslighetsanalys 6. Sänkt ränta till 4 %

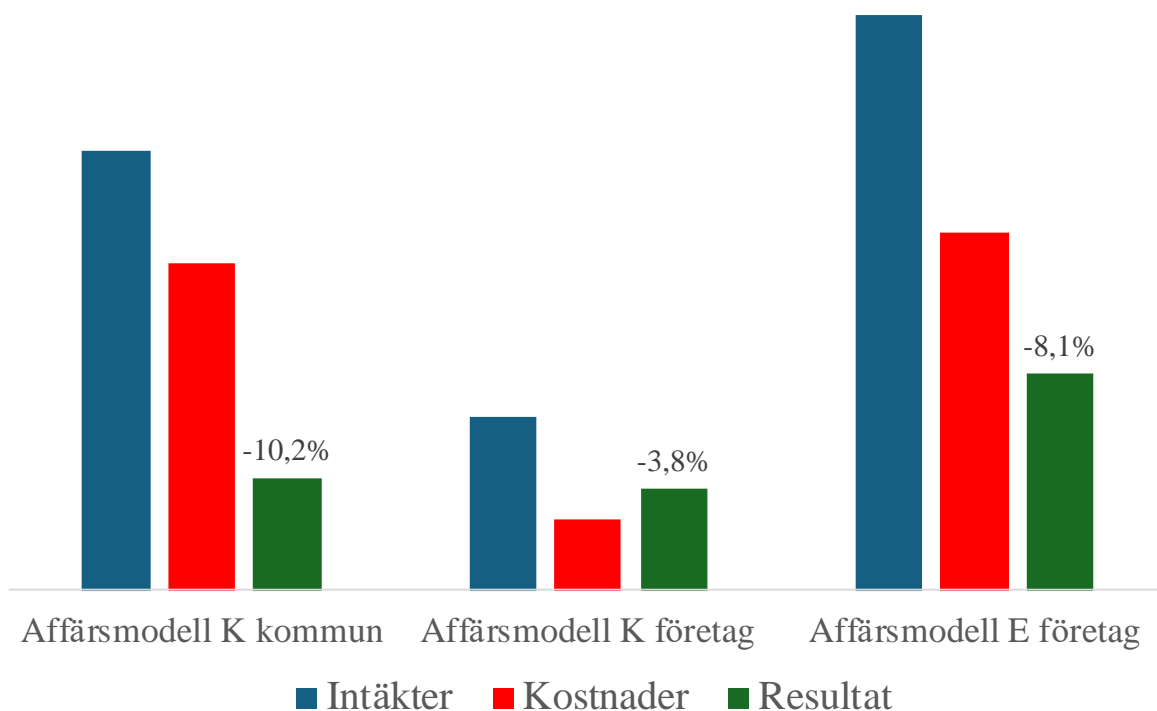
<i>Beskrivning</i>	<i>Affärsmodell K</i>		<i>Affärsmodell E</i>
	<i>Kommun</i>	<i>Företag</i>	<i>Företag</i>
<i>Intäkter</i>	6 924 331 kr	2 716 500 kr	9 082 531 kr
<i>Kostnader</i>	3 942 098 kr	1 003 194 kr	4 391 720 kr
<i>Prognostiserat resultat innan skatt</i>	2 982 233 kr	1 713 306 kr	4 690 811 kr
<i>Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)</i>	<b>43,1 %</b> (35,5 %)	<b>63,1 %</b> (63,1 %)	<b>51,6 %</b> (45,8 %)



Figur 12. Känslighetsanalys 6. Sänkt ränta till 4 %. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.

Tabell 26. Känslighetsanalys 7. Höjda driftpåslag till 20 % och investeringspåslag till 30 %.

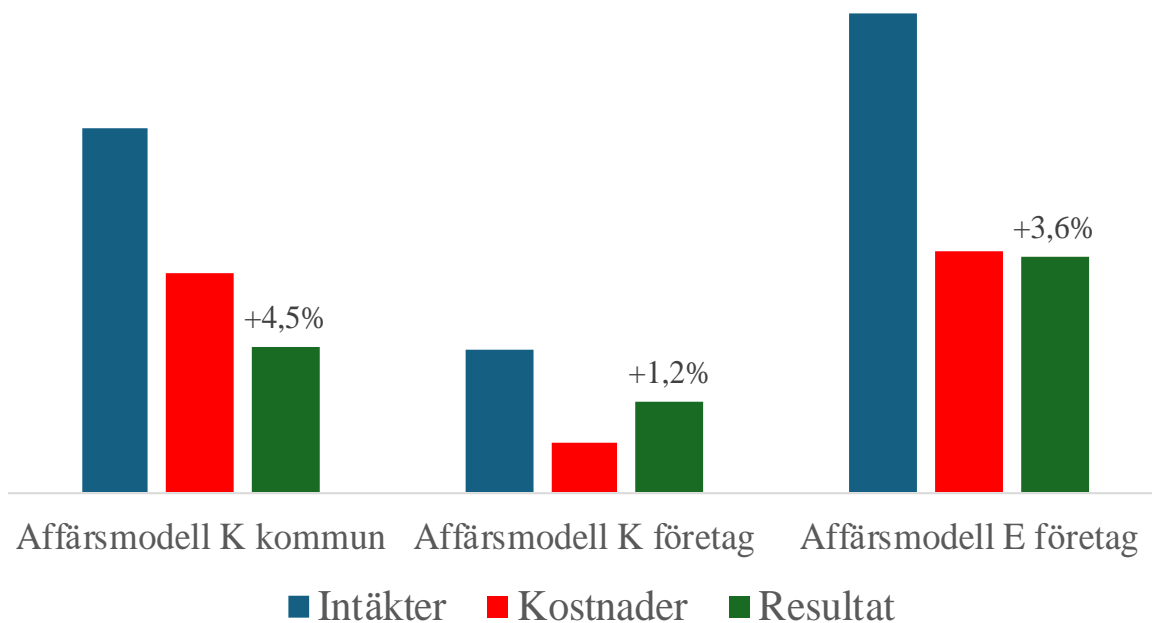
<b>Beskrivning</b>	<b>Affärsmodell K</b>		<b>Affärsmodell E</b>
	<b>Kommun</b>	<b>Företag</b>	<b>Företag</b>
<i>Intäkter</i>	6 924 331 kr	2 716 500 kr	9 082 531 kr
<i>Kostnader</i>	5 169 220 kr	1 104 885 kr	5 655 039 kr
<i>Prognostiserat resultat innan skatt</i>	1 755 111 kr	1 611 615 kr	3 427 492 kr
<b>Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)</b>	<b>25,3 % (35,5 %)</b>	<b>59,3 % (63,1 %)</b>	<b>37,7 % (45,8 %)</b>



Figur 13. Känslighetsanalys 7. Höjda driftpåslag till 20 % och investeringspåslag till 30 %.

Tabell 27. Känslighetsanalys 7. Sänkta driftpåslag till 0 % och investeringspåslag till 0 %

Beskrivning	Affärsmodell K		Affärsmodell E
	Kommun	Företag	Företag
Intäkter	6 924 331 kr	2 716 500 kr	9 082 531 kr
Kostnader	4 152 260 kr	969 297 kr	4 599 352 kr
Prognostiserat resultat innan skatt	2 772 071 kr	1 747 204 kr	4 483 179 kr
Prognostiserade resultatets lönsamhet i procent innan skatt (basutfall i parentes)	40,0 % (35,5 %)	64,3 % (63,1 %)	49,4 % (45,8 %)



Figur 14. Känslighetsanalys 7. Sänkta driftpåslag till 0 % och investeringspåslag till 0 %. Procentenheter illustrerar känslighetsanalysens förändring från resultatets basutfall.

## 4.6 Resultatsammanfattning

Genom utförda ekonomiska kalkyler samt känslighetsanalyser har affärsmodellernas löpande årsvisa teoretiska lönsamhet kunnat fastställas, därtill hur kritiska variabler påverkar affärsmodellernas lönsamhet och stabilitet. Utifrån dessa har ett antal slutsatser kunnat fastställas:

- Båda affärsmodellerna är lönsamma för företaget. Affärsmodell K (den enda där kommunen är involverad) är lönsam för kommunen.
- Affärsmodell E där företaget själva investerar och ansvarar för biokolsproduktionen har en högre lönsamhet i absoluta tal (kronor och ören) i jämförelse med affärsmodell K. Affärsmodell K har dock en högre lönsamhet i procent i jämförelse med affärsmodell E för företaget.
- Affärsmodell K har en lägre finansiell risk än affärsmodell E på grund av färre kostnadsposter och totalt lägre kostnader för företaget.
- Effekterna i känslighetsanalyser har större genomslag i affärsmodell E än i affärsmodell K för företaget. Det innebär att vid ökade intäkter och/eller minskade kostnader så är det positiva genomslaget i affärsmodell E större än i affärsmodell K för företaget. Vid ökade kostnader och/eller minskade intäkter är det negativa genomslaget i affärsmodell E större än i affärsmodell K för företaget.

Utöver slutsatser av det löpande årsvisa resultatet har även slutsatser kring investering i biokolsproduktionen gjorts. Följande slutsatser har dragits avseende återbetalningstid, nuvärde, nuvärdekvot och internränta.

- Affärsmodell E har kortare återbetalningstid än affärsmodell K med cirka tre år.
- Affärsmodell E har substantiellt högre nuvärde, nuvärdekvot och internränta än affärsmodell K.

## 5. Diskussion och slutsatser

En stor bidragande orsak till att de ekonomiska kalkylerna visar på lönsamhet i båda affärsmodellerna är på grund av intäkterna från kolkrediter och avloppsslamhantering. Om intäkterna enbart hade utgjorts av försäljningen till användande slutkund (exempelvis som markförbättring) hade ingen av affärsmodellerna varit lönsamma. På så vis krävs en upprättad betalningsförmåga för både kolkrediter och avloppsslamhantering för en långsiktigt lönsam investering. Betalningsförmågan för dessa produkter och tjänster i framtiden är givetvis omöjligt att med säkerhet helt kunna bedöma. Det finns dock en del som talar för att det är rimligt att marknadsvärdet kommer vara intakt, eller stigande.

För kolkrediter beror det i synnerhet på skärpt utsläppshandel i EU samt starkare konkurrenskraft för företag som investerar i att aktivt minska klimatförändringarna (Naturvårdsverket 2022; França et al. 2023). Avseende intäkten för avloppsslamhantering finns sedan 2020 ett förslag från statens offentliga utredningar om ”förbud mot spridning av avloppsslam på eller i mark genom (1) totalt spridningsförbud med mycket begränsade undantag, eller (2) spridningsförbud med utgångspunkt i att eventuella risker kan hanteras och åtgärdas – undantag medges enligt detta alternativ för hygieniserat och kvalitetssäkrat avloppsslam på produktiv jordbruksmark” (Larsson et al. 2020). I samma utredning föreslås även krav på återvinning av fosfor på minst 60 % av den fosfor som finns i avloppsslammet (Larsson et al. 2020).

Införlivandet av dessa förslag hade resulterat i en mycket kraftig minskning av mängden avloppsslam som sprids på åkermark. Med ett krav på återföring av fosfor hade därtill mycket få alternativ för direkt användning av avloppsslam funnits kvar, vilket troligen resulterat i ett högre pris för att bli av med avloppsslammet. Med ett sådant lagkrav hade troligen också stora investeringar i processer påbörjats som säkerställer ett tillräckligt detoxifierat avloppsslam samtidigt som majoriteten av fosfor blir kvar. Pyrolisering är ett alternativ för detta, men inte det enda. Askåtervinning efter förbränning av avloppsslam är också ett möjligt sätt att återföra fosfor. (EasyMining uå). En av fördelarna med denna process är att enbart avloppsslam förbränns och sedan återvinns. (EasyMining uå). Vid produktion av blandbiokol som undersöks i detta arbete används 2/3 träflis och 1/3 avvattnat avloppsslam. Ur ett perspektiv med fokus på fosforåtervinning bidrar därför bara en mindre del av det totala materialet till fosforåtervinning. Detta då avloppsslam innehåller cirka 6 % TS medan träflis beroende på träart, ålder och del på trädet uppgår till cirka 0,035 % av TS (M Manyuchi & Sukdeo 2022; L E Christianson et al. 2022). Å andra sidan ger



mängden träflis möjlighet att använda driftsäkra och välbeprövad teknik, jämfört med teknik där enbart avloppsslam pyrolyseras som ännu är mer oprövad. Dessutom minskar fosforinnehållet när avloppsslam blandas med träflis vilket förenklar användning i odling då det endast får spridas 22 kg fosfor per ha och år i Sverige (SNFS 1994:2).

En utmaning med träbaserat träflis som substrat för biokolsproduktion är beroendet av träflis, i synnerhet om en organisation som inte har tillgång till egen träråvara ska köpa in detta externt från marknaden. Utmaningen består främst i att det finns en stor efterfrågan på träflis från flertalet aktörer. Med ett ökat intresse har också priset på skogsträflis från industrin ökat vilket kan leda till perioder med svårigheter att få tag på råvara (Energimyndighetens Statistikdatabas 2023)

En annan övergripande utmaning är att det dagsläget ofta anses vara för dyrt för lantbruk att köpa in biokol (Söderqvist et al. 2021). Dessutom råder det delade meningar om nyttan både i forskning och bland yrkesfolk (Söderqvist et al. 2021). En förklaring är att biokolets egenskaper skiljer sig avsevärt beroende på vilka substrat som används för framställning, samt hur pyrolyprocessen har gått till (Fransson et al. 2023). På så vis finns en stor variation av biokol som har olika egenskaper och som passar till olika ändamål. Bland annat kan det vara stor skillnad på askhalten i träflis. Träflis från GROT (grenar och toppar) innehåller ofta mer sten och grus, vilket leder till en högre askhalt (som blir biokol) jämfört med träflis från stammen som leder till lägre askhalt och i stället mer brännbara gaser och tjäror (Pers. kommunikation Gunnar Thelin, EkoBalans Fenix AB). På så vis påverkar vilken typ av träflis som används även blandbiokolet egenskaper och det ekonomiska resultatet.

Användning av blandbiokol från träflis och avloppsslam på åkermark begränsas även av innehållet av tungmetaller. Främst har halterna av koppar och zink vid beräkningar visat sig vara förhöjda i jämförelse med den årliga mängd metaller som högst får tillföras åkermark vid användning av avloppsslam (SNFS 1994:2). Detta gör att mängden blandbiokol som får tillföras åkermark främst begränsas av dessa metaller. Koppar är det ämne som vid beräkningar antas ha högst medelvärde på 339 gram per ton TS blandbiokol (Pers. kommunikation Gunnar Thelin, EkoBalans Fenix AB). Max dos (g/ha och år) av koppar som får tillföras åkermark är 300 (SNFS 1994:2). Ett blandbiokol med 100 % TS kan därmed tillföras upp till cirka 885 kg per hektar och år ( $300 \text{ g/ha/år} / 339 \text{ g/ton} = 0,8849 \text{ ton/ha/år}$ ). Även fosforhalten är relativt hög, men dock bara cirka en tredjedel av fosforhalten i ett rent avloppsslambiol där enbart pyroly av avloppsslam används (Thelin et al. 2021). Hur markkolshalten förändras efter tillskott på upp till 885 kg blandbiokol per hektar och år varierar beroende på jordens utgångsläge

(Kätterer & Bolinder 2022). Dock är det troligt att många jordars markkolshalten ökar, framför allt om blandbiokolet sprids flera år i rad.

Med tanke på tidigare nämnda faktorer, och inte minst kostnaden för biokol försvinner de flesta lantbruk som potentiella kunder. Detta gör att avsättningen idag, och ett antal år framåt i tiden troligen snarare kommer finnas i urbana miljöer, i anläggningsjordar samt eventuellt i trädgårdsproduktion där högvärdesgrödor som exempelvis frukt, bär och grönsaker odlas (Söderqvist et al. 2021). Ur ett biokolsproducents perspektiv hade en stor efterfrågan från lantbruket varit mycket önskvärt på grund av de stora volymer som branschen i så fall behövt, vilket hade ökat efterfrågan. Å andra sidan finns det allt fler branscher som har börjat intressera sig för användning av biokol. Torvbranschen letar efter substitut till torv, där biokol är ett alternativ som redan börjat lanseras i produkter (Hasselfors uå). Även byggbranschen har redan idag produkter som innehåller biokol, bland annat betong, murblock och puts- och murbruk (Finja uå). Anledningen till detta är i första hand för att biokolet minskar dessa produkters klimatpåverkan. Studier där biokol används i biofilter för att rena organiska och oorganiska miljögifter har visat på goda resultat i flera studier (Enell et al. 2019; Norberg 2019). På så vis finns det troligen en bibehållen efterfrågan på biokol även i framtiden, även om avsättningen i lantbruket inte accelererar.

Även om detta arbete inte specifikt har uppskattat klimatvinster med blandbiokol från träflis och avloppsslam finns ett antal poster som starkt bidrar till en hög samlad klimatnytta. Genom att avloppsslamlager minskar så undviks emissioner av metan och lustgas, även kolinlagring samt ersättning av konstgödsel är mycket viktiga poster som bidrar till produktens stora klimatnytta (Larsson et al. 2020; Fransson et al. 2023). Skulle en övergripande miljö och klimatanalys genomföras är det troligt att miljö- och klimat-potentialen inte begränsas av mängden träflis, utan snarare av mängden avloppsslam. Oavsett vad som begränsar den miljö- och klimatomfattiga potentialen finns det möjlighet att bättre kommunicera samhällsvinsterna när biokol produceras med avloppsslaminnehåll. På grund av de stora klimatvinster som blandbiokolet bidrar till är det även troligt att en biokolsanläggning kan delfinansieras av klimatklivet (Energiföretagen 2022). I detta arbete valdes att inte räkna med några statliga subventioner, för att se bärkraften i affärsmodellerna utan bidrag. Med finansiering från klimatklivet hade dock lönsamheten stärkts ytterligare.

Med finansiering från klimatklivet hade troligen också riskperspektivet förändrats. I resultatdelen framgår att den finansiella risken är som högst för företaget i affärsmodell E, där företaget själv står för produktionen. Med delfinansiering från klimatklivet hade den finansiella risken minskat, då företaget hade kunnat minska

de egna ekonomiska insatserna och/eller belåningen. Även med klimatklivets bidrag, hade troligen den finansiella risken varit högst i affärsmodell E på grund av de mycket få investeringar som krävs för företaget i affärsmodell K. Dock hade klimatklivets delfinansiering haft en positiv påverkan i form av de lägre finansiella riskerna i affärsmodell E. Om affärsmodell K även hade delfinansierats genom klimatklivet hade dessa medel tilldelats kommunen, då det är de som står för produktionen. Kanske hade en lägre finansieringskostnad för kommunen också kunnat påverka företaget positivt, som köper och säljer biokol i nästa led. Dock är det ett mycket svårt att avgöra hur ett sådant scenario hade fallit ut för företaget.

Det som däremot är mycket intressant att väga mot den finansiella risken är den tidsmässiga risken. Den finansiella risken är relativt enkel att mäta, då investeringen av pengar är högre för företaget i affärsmodell E än i affärsmodell K. Den tidsmässiga risken är svårare att med tydlighet säga något om. Ett rimligt antagande är dock att den tidsmässiga risken, det vill säga tiden det tar att komma i gång med positiva ekonomiska årsresultat för biokolsproduktionen, är större i affärsmodell K än i affärsmodell E för företaget. Anledningen till detta är att företaget gör sig beroende av en tredje aktör för produktionen. Kommuner har generellt också ett brett uppdrag, och är sällan nischade på specifika produkter eller tjänster vilket gör att prioriteringar kan förändras. På så vis finns det argument för att den tidsmässiga risken är lägre i affärsmodell E, där företaget själva investerar i produktionskapacitet. I begreppet tidsmässig risk finns även en underförstådd risk med att förlora marknadsandelar på grund av att konkurrerande snabbare kommer i gång med produktion, distribution och försäljning.

En mycket viktig diskussion utifrån utförda känslighetsanalyser är att analysera följd effekterna av dessa. I synnerhet när det kommer till effekten för företaget i affärsmodell K. I stort sett samtliga känslighetsanalyser som har bestått av ett negativt scenario, med andra ord minskade intäkter eller ökade kostnader har företaget varit mer eller mindre opåverkad i affärsmodell K. Anledningen till detta är huvudsakligen att förändringar på intäktssidan i form av avloppsslam och kolkrediter inte berör företaget i affärsmodell K då dessa intäktsposter tillfaller kommunen. Parallellt belastar även ökade kostnader primärt kommunen, då mycket få kostnadsposter ligger på företaget i affärsmodell K då kommun ansvarar för produktion. Om exempelvis höjda driftskostnader och/eller intäktsposter som kolkrediter helt eller delvis försvinner är det dock sannolikt att kommunen kommer skjuta över dessa kostnader/minskade intäkter till företaget i form av ett högre pris på blandbiokolet, såvida inte ett tidsbindande prisavtal finns. Om företaget som säljer och marknadsför blandbiokolet i sin tur kan skjuta

över förhöjda priser mot slutkund, är starkt beroende på rådande marknadssituation.

Avslutningsvis finns ett par andra studier som har undersökt biokolets lönsamhet. Utmaningen med dessa är att de har utgått från andra förutsättningar än de som undersökts i detta arbete. Bland annat finns en studie som utgick från italienska förhållande där organiska material som avloppsslam, alger och restprodukter från lantbruk användes för biokolsproduktion. Studien kom fram till en återbetalningstid på cirka 10 år (Lucian et al. 2017), publikation är dock sju år gammal. En mer nylig publikation från 2023 undersökte lönsamheten för biokolsproduktion av kokosnötter i asiatiska länder. De kom fram till en återbetalningstid på cirka 4–5 år (Pongsa et al. 2023). Vid en ekonomisk analys av lönsamheten för biokol i norra Afrika och Mellanöstern gjord av dadlar var återbetalningstiden cirka 6 år (Al-Rumaihi et al. 2022). Även om det med all tydlighet ska poängteras om studiernas olikheter av bland annat substrat för biokolsproduktion samt att förutsättningar för intäkter och kostnader skiljer sig beroende på geografisk plats och marknad, finns likheter i beräknad återbetalningstid med denna studie. I affärsmodell K beräknas i basutfallet återbetalningstiden vara 5,7 år för kommunen medan det i basutfallet för affärsmodell E beräknas vara 3,6 år för företaget.

## 5.1 Arbetets bidrag

Rapportens stora bidrag består nog primärt inte av det exakta ekonomiska resultatet som beräknats i respektive affärsmodell. Snarare finns troligen det stora bidraget i att en helhetsbild har presenterats över vilka intäkts- och kostnadsposter samt antaganden och beräkningar som kan göras avseende investering i biokolsproduktion bestående av träflis och avloppsslam. På så vis kan aktörer som är intresserade av liknande biokolsproduktion utgå från arbetet och anpassa sina affärsmodeller utifrån egna förutsättningar. Det faktiska ekonomiska resultatet anses vara det sekundära bidraget då andra aktörer kan göra andra antaganden än de som har gjorts i detta arbete, och därmed komma fram till andra ekonomiska resultat och slutsatser.

Även om det ekonomiska resultatet i respektive affärsmodell anses sekundärt finns det trots allt betydande värde med att få fram ett ekonomiskt resultat. Först och främst för att det visar att båda affärsmodellerna har potential att vara lönsamma. Ännu viktigare är troligen att arbetet illustrerat hur avgörande intäktsposterna från kolkrediter och avloppsslam är för affärsmodellernas lönsamhet. Känslighetsanalys 5 visade med all tydlighet att resultatet blir kraftigt negativt om både intäkter för kolkrediter och ersättning för avloppsslam

försvinner. Slutsatsen från känslighetsanalyserna 3 och 4 som analyserade förlorade intäkter för kolkrediter respektive ingen ersättning för avloppsslam, visade att avloppsslamersättningen har enskilt större betydelse än kolkrediterna, i båda affärsmodellerna. Därtill har dessa två intäktsposters varaktighet diskuterats, vilket är av största vikt om organisationer ska våga investera mångmiljonbelopp i biokolsframställning från träflis och avloppsslam. Vidare har arbetet bidragit till att illustrera att det finns olika affärsmodeller som kan implementeras avseende blandbiokolsproduktion. Inte minst har det visat att det finns möjlighet att bli en lönsam biokolsaktör utan speciellt stora investeringar, om det finns möjlighet att samverka med en aktör som står för blandbiokolsproduktionen.

## 5.2 Förslag på framtida studier

I framtiden är förhoppningen att allt fler ekonomiska studier görs med fokus på processer och produkter som har verkligt stora miljö- och klimatmässiga vinster. Avseende biokol har ett antal tankar om framtida studier tillkommit under arbetets gång.

Dels hade det varit mycket intressant att närmre undersöka skillnaden mellan utbudet oladdat biokol utan växtnäring kontra laddat biokol med växtnäring i Sverige och/eller Europa. Detta då det bidragit till en ökad förståelse för hur utbudet av oladdat kontra laddat biokol är fördelat, vilket förenklar biokolsproducenters beslut om de ska producera oladdat och/eller laddat biokol.

Dessutom hade det varit mycket intressant med kostnadsanalyser som jämför om det är lägst kostnad att blanda oladdat biokol med kompost för att ladda biokolet med näringsämnen, eller om det är billigare att ladda biokolet med näringsämnen redan vid biokolsframställningen med tanke på att hanteringskostnaden då bör minska.

## Referenser

- Al-Rumaihi, A., Alherbawi, M., Parthasarathy, P., Mackey, H.R., McKay, G. & Al-Ansari, T. (2022). A techno-economic assessment of biochar production from date pits in the MENA region. I: *Computer Aided Chemical Engineering*. Elsevier. 805–810. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95879-0.50135-1>
- Boraah, N., Chakma, S. & Kaushal, P. (2023). Optimum features of wood-based biochars: A characterization study. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11 (3), 109976. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109976>
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P.W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W.W.L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., Jotzo, F., Krug, T., Lasco, R., Lee, Y.-Y., Masson-Delmotte, V., Meinshausen, M., Mintenbeck, K., Mokssit, A., Otto, F.E.L., Pathak, M., Pirani, A., Poloczanska, E., Pörtner, H.-O., Revi, A., Roberts, D.C., Roy, J., Ruane, A.C., Skea, J., Shukla, P.R., Slade, R., Slangen, A., Sokona, Y., Sörensson, A.A., Tignor, M., Van Vuuren, D., Wei, Y.-M., Winkler, H., Zhai, P., Zommers, Z., Hourcade, J.-C., Johnson, F.X., Pachauri, S., Simpson, N.P., Singh, C., Thomas, A., Totin, E., Arias, P., Bustamante, M., Elgizouli, I., Flato, G., Howden, M., Méndez-Vallejo, C., Pereira, J.J., Pichs-Madruga, R., Rose, S.K., Saheb, Y., Sánchez Rodríguez, R., Ürge-Vorsatz, D., Xiao, C., Yassaa, N., Alegría, A., Armour, K., Bednar-Friedl, B., Blok, K., Cissé, G., Dentener, F., Eriksen, S., Fischer, E., Garner, G., Guivarch, C., Haasnoot, M., Hansen, G., Hauser, M., Hawkins, E., Hermans, T., Kopp, R., Leprince-Ringuet, N., Lewis, J., Ley, D., Ludden, C., Niamir, L., Nicholls, Z., Some, S., Szopa, S., Trewin, B., Van Der Wijst, K.-I., Winter, G., Witting, M., Birt, A., Ha, M., Romero, J., Kim, J., Haites, E.F., Jung, Y., Stavins, R., Birt, A., Ha, M., Orendain, D.J.A., Ignon, L., Park, S., Park, Y., Reisinger, A., Cammaramo, D., Fischlin, A., Fuglestvedt, J.S., Hansen, G., Ludden, C., Masson-Delmotte, V., Matthews, J.B.R., Mintenbeck, K., Pirani, A., Poloczanska, E., Leprince-Ringuet, N. & Péan, C. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).* <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

- Cheng, D., Ngo, H.H., Guo, W., Pandey, A., Varjani, S., Zhang, Z. & Awasthi, M.K. (2023). Sustainability considerations of biochar production in biowaste management. I: *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier. 41–62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91873-2.00002-9>
- Christianson, L.E. (2022). Phosphorus removal in denitrifying woodchip bioreactors varies by wood type and water chemistry. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (5), 6733–6743. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15835-w>
- Cordell, D., Drangert, J.-O. & White, S. (2009). The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 19 (2), 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009>
- Droste, N., May, W., Clough, Y., Börjesson, G., Brady, M.V. & Hedlund, K. (2020). Soil carbon insures arable crop production against increasing adverse weather due to climate change. *Environmental Research Letters*,. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc5e3>
- Dwivedi, S.K., Pandey, V.C., Divyasree, D. & Bajpai, O. (2022). Biochar-based land development. *Land Degradation & Development*, 33 (8), 1139–1158. <https://doi.org/10.1002/ldr.4185>
- Elnour, A.Y., Alghyamah, A.A., Shaikh, H.M., Poulouse, A.M., Al-Zahrani, S.M., Anis, A. & Al-Wabel, M.I. (2019). Effect of Pyrolysis Temperature on Biochar Microstructural Evolution, Physicochemical Characteristics, and Its Influence on Biochar/Polypropylene Composites. *Applied Sciences*, 9 (6), 1149. <https://doi.org/10.3390/app9061149>
- Enell, A., Tiberg, C., Larsson, M. & Berggren Kleja, D. (2019). *Förädling av biokol för en effektivare användning som jordförbättrare i urban förorenad mark*
- Energiföretagen (2022). Klimatklivet vill se mer biokol i Sverige – sök medel. <https://www.energiforetagen.se/medlemsportalen/medlemsnyheter/2022/april-22/klimatklivet-vill-se-mer-biokol-i-sverige--sok-medel/>
- Energimyndigheten. (2022). Energimyndigheten stöttar forskning om biokolsproduktion integrerat i befintliga kraft- och fjärrvärmepannor. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/energimyndigheten-stottar-forskning-om-biokolproduktion-integrerat-i-befintliga-kraft--och-fjarrvarmepannor/>
- Energimyndigheten Statistikdatabas (2023). Priser skogsträflis industri 1993 – 2023. [https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Energimyndighetens\\_statistikdatabas/Energimyndighetens\\_statistikdatabas\\_\\_Officiell\\_energistatistik\\_\\_Tradbr](https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Energimyndighetens_statistikdatabas/Energimyndighetens_statistikdatabas__Officiell_energistatistik__Tradbr)

ansle\_och\_torvpriser/2\_EN0307\_2.px/table/tableViewLayout1/

- França, A., López-Manuel, L., Sartal, A. & Vázquez, X.H. (2023). Adapting corporations to climate change: How decarbonization impacts the business strategy–performance nexus. *Business Strategy and the Environment*, 32 (8), 5615–5632. <https://doi.org/10.1002/bse.3439>
- Fransson, AM., Gustavsson, M., Malmberg, J., Paulsson, M. (2020). Biokolhandboken – för användare. 7–21.
- Fransson AM., Jönsson Belyazid, U., Gustavsson, M., Paulsson, M. (2023). Biokolhandboken – för restproduktägare och producenter. 5–28.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G. & Zech, W. (2001). The ”Terra Preta” phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88 (1), 37–41. <https://doi.org/10.1007/s001140000193>
- Hasselfors (uå). Ansvarsfull+ Plantjord med biokol. <https://www.hasselforsgarden.se/produkter/ansvarsfull-plantjord-med-biokol/>
- Häggström, G., Hannl, T., Skoglund, N., Öhman, M (2021). Återvinning av fosfor från avloppsslam genom samförbränning. Svenskt Vatten <https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/wp-content/uploads/2021/04/svu-rapport-2021-01.pdf>
- Joshi, S., Ramola, S., Singh, B., Anerao, P. & Singh, L. (2022). Waste to Wealth: Types of Raw Materials for Preparation of Biochar and Their Characteristics. I: Ramola, S., Mohan, D., Masek, O., Méndez, A., & Tsubota, T. (red.) *Engineered Biochar: Fundamentals, Preparation, Characterization and Applications*. Springer Nature. 21–33. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-2488-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-19-2488-0_2)
- Knulst (2021). *Metaller och organiska miljögifter i avloppsslam - Stockholms län 2009-2019*. Länsstyrelsen i Stockholms län.
- Kundu, S.K., Savankumar Patel, Pobitra, H. & Patel, T. (2021). Outstanding Reviewers for *Environmental Science: Water Research & Technology* in 2023. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 10.1039.D4EW90019G. <https://doi.org/10.1039/D4EW90019G>
- Kätterer T. & Bolinder M.A. (2022). Agriculture practices to improve soil carbon storage in upland soil. Chapter 15 in: Rumpel C. (Ed.) *Understanding and fostering soil carbon sequestration*. Burleigh Dodds Scientific Publishing, 1, 453–488. <https://doi.org/10.19103/as.2022.0106.15>



- Lambers, H. & Oliveira, R.S. (2019). Role in Ecosystem and Global Processes: Decomposition. I: *Plant Physiological Ecology*. Springer International Publishing. 665–676. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29639-1\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29639-1_18)
- Larsson, F K., Johansson, M H., Lindblad Hammar., I. (2020). Hållbar avloppsslamhantering. SOU 2020:3. <https://www.regeringen.se/contentassets/3d68880d2e6942f3a1dcc158e46beb7/hallbar-avloppsslamhantering-sou-20203/>
- Lucian, M ., F, Merzari., Fiori, L. (2017). Biochar production through hydrothermal carbonization: Energy efficiency and cost analysis of an industrial-scale plant.
- Mnthambala, F., Tilley, E., Tyrrel, S. & Sakrabani, R. (2022). Effect of Various Organic Fertilisers on Phosphorus Mineralisation, Use Efficiency and Maize Yield. *Resources*, 11 (10), 86. <https://doi.org/10.3390/resources11100086>
- Manyuchi, M & Sukdeo, N. (2022). Phosphate Recovery from Sewage Sludge for Application as a Substitute to Phosphate Rock. *Proceedings of The IMEOM 2022 Dhaka Conference, Bangladesh, Dhaka, Bangladesh, december 26 2022*. IEOM Society International. <https://doi.org/10.46254/BD05.20220069>
- Naturvårdsverket (2022). *Förslag för ökade kolsänkor i skogs- och jordbrukssektorn: underlagsrapport om LULUCF inom regeringsuppdraget om näringslivets klimatomställning*. [reviderad]. Naturvårdsverket.
- 2050 (2022). Nya förutsättningar för klimatkompensation? <https://2050.se/2050-belyser/nya-forutsattningar-for-klimatkompensation/>
- Norberg (2019). *Effekten av olika typer av biokol på metallers löslighet i förorenad urban jord*. Sveriges lantbruksuniversitet. [2024-03-27]
- Puro earth (uå). Certify your carbon removal. <https://puro.earth/>
- Pongsa, U., Lumsakul, P., Jamesang, O., P, Saengkhiao., P, Sangrayub., W, Pumchan. (2023). Feasibility study of coconut shell biochar production using community-scale biochar kiln. *Journal of metals, materials and minerals*, 33(2), 128-138. 10.55713/jmmm.v33i2.1699
- Ravenni, G., Thomsen, T.P., Smith, A.M., Ambye-Jensen, M., Rohde-Nielsen, K.T. & Henriksen, U.B. (2023). Integration of a drying and pyrolysis system in a green biorefinery: biochar product quality and impacts on the overall energy balance and climate footprint. *Biomass Conversion and Biorefinery*,.

<https://doi.org/10.1007/s13399-023-04877-4>

- RISE (2023). Debatten om avloppsslam fortsätter – men med samma aktörer.  
<https://www.ri.se/sv/svenskanaringsplattformen/nyheter/debatten-om-avloppsslam-fortsatter-men-med-samma-aktorer>
- Schmidt, H.-P., Abiven, S., Kammann, C., Glaser, B., Bucheli, T., Leifeld, J. & Shackley, S. (2013). European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. *European Biochar Foundation*,
- Singh, C., Pathak, P., Chaudhary, N. & Vyas, D. (2022). Production of Biochar Using Top-Lit Updraft and Its Application in Horticulture. I: Bandh, S.A. (red.) *Sustainable Agriculture*. Springer International Publishing. 159–172.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-83066-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-83066-3_9)
- Smith, P. (2016). Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*, 22 (3), 1315–1324.  
<https://doi.org/10.1111/gcb.13178>
- SNFS 1994:2. Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket.
- Svenskt Vatten (2015). Frågan som världen glömde – En rapport om fosfor. Svenskt Vatten. <https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/wp-content/uploads/2018/10/fragan-som-varlden-glomde-m140.pdf>
- Söderqvist., Norberg., Turnstedt (2021). *Marknaden för biokol i Öresundsregionen*. [2024-04-08]
- Theelin, G., Fransson, A-M., Syrén, B. (2021). Biokolsanalyser. Sammanfattande slutrapport för projektet Rest till Bäst (steg 2). Vinnova.  
<https://biokol.org/publikationer/pdf/sammanfattande-slutrapport-steg-2>
- Theelin, G & Gustavsson, D. (2023). EkoBalansmodellen för svårhanterliga råmaterial. Vinnova. <https://biokol.org/rapporter/pdf/ekobalansmodellen-foer-svarhanterligaramaterial>
- Volter (uå). Walter Powerplant. <https://volter.fi/en/products/walter-powerplant/>
- Weisberg, P., Delaney, M., Hawkes, J., Catchcart, J (2010). Carbom Market Investment Criteria for Biochar projects. The Climate Trust.

# Bilagor

## Bilaga 1. Beräkningar och antaganden

# Tabellförteckning Bilaga 1

Tabell 28. Total årlig volym .....	69
Tabell 29. Träflisfördelning.....	69
Tabell 30. Årlig produktion av träbiokol .....	70
Tabell 31. Årlig produktion av avloppsslambiol .....	70
Tabell 32. Total årlig produktion av blandbiokol.....	71
Tabell 33. Energiöverskott efter interna processer .....	72
Tabell 34. Beräkning energibehov tork per år .....	72
Tabell 35. Beräkning energibehov/år torkning av träflis.....	72
Tabell 36. Beräkning energibehov/år torkning av avloppsslam .....	73
Tabell 37. Totalt årligt energibehov tork.....	73
Tabell 38. Totalt årligt energibehov pyrolysisprocess.....	73
Tabell 39. Volymkapacitet i lager .....	74
Tabell 40. Affärmodell K lagerstorlek utifrån volymkapacitet .....	74
Tabell 41. Affärmodell E lagerstorlek utifrån volymkapacitet .....	75
Tabell 42. Markbehov affärmodell K.....	75
Tabell 43. Markbehov affärmodell E.....	76
Tabell 44. Flistork.....	76
Tabell 45. Förpackningar/säckar.....	77
Tabell 46. Transport affärmodell K.....	78
Tabell 47. Transport affärmodell E .....	78
Tabell 48. Intäkter affärmodell K för kommun .....	79
Tabell 49. Årsvisa kostnader affärmodell K för kommun.....	80
Tabell 50. Investeringskostnader affärmodell K (engångs) för kommun.....	81
Tabell 51. Intäkter affärmodell K för företag .....	82
Tabell 52. Årsvisa kostnader affärmodell K för företag .....	82
Tabell 53. Intäkter affärmodell E för företag.....	83
Tabell 54. Årsvisa kostnader affärmodell E för företag .....	83
Tabell 55. Investeringskostnader affärmodell E (engångs) för företag .....	85
Tabell 56. Beräkningsparametrar för nuvärdemetod .....	87

## Beräkningar och antaganden

I denna Bilaga redovisas de beräkningar och antaganden som ligger till grund för resultatet som arbetet undersöker.

### Produktion

Den totala årliga volymen material före torkning och pyrolys är beräknad till totalt 8 300 m<sup>3</sup>/år. Andelen träflis och avloppsslam antas fördelas enligt tabell 28.

Tabell 28. Total årlig volym

<i>Komponent</i>	<i>Volym (m<sup>3</sup>/år)</i>	<i>Andel (%)</i>
<i>Träflis</i>	<i>5 561</i>	<i>67 %</i>
<i>Avloppsslam</i>	<i>2 739</i>	<i>33 %</i>
<i>Totalt</i>	<i>8 300</i>	<i>100 %</i>

Tillgodogörandet av träflis skiljer sig i affärsmodell K och E. Affärsmodell K får en del träflis från kommunens eget park- och trädgårdsavfall (internt) medan resterande köps in utifrån (externt) (tabell 29).

Tabell 29. Träflisfördelning

<i>Affärsmodell</i>	<i>Extern träflis</i>	<i>Intern träflis</i>
<i>Affärsmodell K</i>	<i>70 %</i>	<i>30 %</i>
<i>Affärsmodell E</i>	<i>100 %</i>	<i>0 %</i>

För att komma fram till den slutgiltiga totala mängden blandbiokol redovisas separata beräkningar för träflis och avloppsslambiokol. I tabell 30 klargörs vilka antaganden och omvandlingsfaktorer som använts för träbiokol.

Tabell 30. Årlig produktion av träbiokol

<b>Parameter</b>	<b>Värde</b>	<b>Beräkning/Antagande</b>
Träflisvolym/år	5 561 m <sup>3</sup> (1 668 ton)	Total årlig volym (8 300 m <sup>3</sup> ) * träflisandel (67 %)
TS halt träflis	55 %	Antagen faktor
TS träflis	917 ton	Träflisvolym/år * omvandlingsfaktor
Omvandlingsfaktor från TS träflis till TS träbiokol	0,30	Erfarenhetstal (Pers. kommunikation Gunnar Thelin, EkoBalans Fenix AB).
Ton träbiokol/år	275,2 ton	TS träbiokol/år * Omvandlingsfaktor från TS träflis till TS träbiokol
Densitet träbiokol	200 kg/m <sup>3</sup>	Antagen densitet
Volym träbiokol/år	1 376 m <sup>3</sup>	275,2/200 * 1 000 (1 ton = 1 000 kg)

För att komma fram till den slutgiltiga totala mängden blandbiokol redovisas separata beräkningar för träflis och avloppsslambiokol. I tabell 31 klargörs vilka antaganden och omvandlingsfaktorer som använts för avloppsslambiokol.

Tabell 31. Årlig produktion av avloppsslambiokol

<b>Parameter</b>	<b>Värde</b>	<b>Beräkning/Antagande</b>
Avloppsslamvolym/år	2 739 m <sup>3</sup> (2 739 ton)	Total årlig volym (8 300 m <sup>3</sup> ) * avloppsslamandel (33 %) (densitet antas vara 1 ton/m <sup>3</sup> )
TS halt avloppsslam	22,2 %	
TS avloppsslam	609 ton	2 739 * 22,2 % = 609 ton

<i>Omvandlingsfaktor från TS avloppsslam till TS avloppsslambiol</i>	<i>0,50</i>	<i>Erfarenhetstal (Pers. kommunikation Gunnar Thelin, EkoBalans Fenix AB).</i>
<i>Ton avloppsslambiol/år</i>	<i>304,5 ton</i>	<i>TS avloppsslambiol/år* Omvandlingsfaktor från TS avloppsslam till TS avloppsslambiol</i>
<i>Densitet avloppsslambiol</i>	<i>700 kg/m<sup>3</sup></i>	<i>Antagen densitet</i>
<i>Volym avloppsslambiol/år</i>	<i>435 m<sup>3</sup></i>	<i>304,5/700 * 1 000 (1 ton = 1 000 kg)</i>

Sammantaget beräknas därav totalt 1 811 m<sup>3</sup> blandbiokol produceras årligen (tabell 32).

Tabell 32. Total årlig produktion av blandbiokol

<b><i>Biokol</i></b>	<b><i>Volym</i></b>
<i>Träbiokol</i>	<i>1 376 m<sup>3</sup></i>
<i>Avloppsslambiol</i>	<i>435 m<sup>3</sup></i>
<b><i>Blandbiokol</i></b>	<b><i>1 376 + 435 = 1 811 m<sup>3</sup></i></b>

För att producera blandbiokolet antas en 400 kW panna från Biomacon användas. Denna antas vara i drift 350 dagar per år, 24 timmar om dygnet och med en temperatur på runt 800 °C vid pyrolysning.

En Biomacon panna med 400 kW uteffekt har vid faktiskt användning visat sig kunna leverera 500 kW om den matas med 25 m<sup>3</sup> träflis/dag (Pers. kommunikation Gunnar Thelin, EkoBalans Fenix AB). För den tänkta träflis/avloppsslamblandningen, med något lägre energiinnehåll än i ren träflis, antas därför en uteffekt på 450 kW. Detta leder till en total årlig produktion på 3 780 000 kWh/år.

Energien från biokolsproduktionen används för att driva torknings- och pyrolysisprocessen. Följande antaganden av dessa processers energibehov har gjorts (tabell 33).

Tabell 33. Energiöverskott efter interna processer

<b>Parameter</b>	<b>Energiproduktion/Energibehov per år</b>
Total energiproduktion per år	3 780 000 kWh/år
Energibehov tork per år	3 124 169 kWh/år
Energibehov pyrolysisprocess per år	567 000 kWh/år
<b>Årligt energiöverskott per år</b>	<b>88 831 kWh/år</b>

Nedan illustreras beräkningen av energibehovet för tork och pyrolysisprocess per år (tabeller 34 – 38).

Tabell 34. Beräkning energibehov tork per år

<b>Antaganden</b>	<b>Träflis</b>	<b>Avloppsslam</b>
Total mängd	5 561 m <sup>3</sup>	2 739 m <sup>3</sup>
Fukthalt	30 %	77 %
Torrsubstans efter torkning	90 %	90 %

Tabell 35. Beräkning energibehov/år torkning av träflis

<b>Beskrivning</b>	<b>Uträkning</b>
Total mängd vatten i träflis före torkning	$5\,561 * 30\% = 1\,668,3\text{ m}^3$
Tillåten mängd vatten i träflis (100 % - önskad TS)	$5\,561 * 10\% = 556,1\text{ m}^3$
Mängd vatten för tork att avdriva/år	$1\,668,3 - 556,1 = 1\,112,2$



Tabell 36. Beräkning energibehov/år torkning av avloppsslam

<b>Beskrivning</b>	<b>Uträkning</b>
Total mängd vatten i avloppsslam före torkning	$2\,739 * 77 \% = 2\,109\ m^3$
Tillåten mängd vatten i avloppsslam (100 % - önskad TS)	$2\,739 * 10 \% = 274\ m^3$
Mängd vatten för tork att avdriva/år	$2\,109 - 274 = 1\,835\ m^3$

Tabell 37. Totalt årligt energibehov tork

<b>Beskrivning</b>	<b>Uträkning</b>
Mängd vatten som ska avdrivas från träflis	$1\,112\ m^3$
Mängd vatten som ska avdrivas från avloppsslam	$1\,835\ m^3$
Total mängd vatten att avdriva	$1\,112 + 1\,835 = 2\,947\ m^3$
Energibehov per $m^3$ avdrivet vatten (antagning)	$1\,060\ kWh/m^3$ vatten
<b>Totalt årligt energibehov för torkning</b>	<b><math>2\,947,33 * 1\,060 = 3\,124\,169\ MWh/år</math></b>

Tabell 38. Totalt årligt energibehov pyrolysisprocess

<b>Antagning</b>	<b>Beräkning</b>
Av totalt energiinnehåll från pyrolysisprocess beräknas 15 % gå till drift av processen	$3\,780\,000 * 15 \% = 567\,000\ kWh/år$

För att producera blandbiokolet krävs därtill separata inomhuslager för träflis och avloppsslam samt ett mellanlager (inomhus) där blandningen av träflis och avloppsslam hamnar efter torkningsprocessen. Vid färdigställandet av blandbiokolet krävs även ett utomhuslager där den färdiga biokolen förvaras i säckar (slut-lager). Följande antaganden har gjorts avseende lagerkapaciteten för respektive lager.

Tabell 39. Volymkapacitet i lager

<i>Lagertyp</i>	<i>Kapacitet</i>	<i>Värde</i>
<i>Träflislager</i>	<i>Två månaders förbrukning</i>	$(5\,561/12) * 2 = 927\,m^3$
<i>Avloppsslamlager</i>	<i>Två veckors förbrukning</i>	$(2\,739/52) * 2 = 105\,m^3$
<i>Mellanlager</i>	<i>En veckas förbrukning</i>	$(5\,561 * 55\% + 2\,739 * 50\%) / 52 = 85\,m^3$
<i>Slut-lager</i>	<i>Sex månaders produktion</i>	$1\,811/2 = 906\,m^3$

Tabell 40. Affärsmodell K lagerstorlek utifrån volymkapacitet

<i>Lager/byggnad</i>	<i>Beräknat ytbehov (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Tillägg på 20 % för enkel hantering (m<sup>2</sup>)</i>
<i>Byggnad för pyrolysanläggning</i>	50,00	60,00
<i>Byggnad för träflistork</i>	54,00	64,80
<i>Träflislager*</i>	231,71	278,05
<i>Avloppsslamlager*</i>	26,34	31,60
<i>Mellanlager*</i>	21,29	25,55
<b>Totalt</b>	<b>383,33</b>	<b>460,0</b>

\*För samtliga lagerbyggnader bygger uträkning av kvadratmeter på mängden volym som önskas lagras i respektive lager (se ovan under lagerhållning). Höjden på samtliga lagerbyggnader beräknas vara 4 meter. Därmed har önskad volym i lagret/höjden legat till grund för beräknat ytbehov.

Tabell 41. Affärsmodell E lagerstorlek utifrån volymkapacitet

<i>Lager/byggnad</i>	<i>Beräknat ytbehov (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Tillägg på 20 % för enkel hantering (m<sup>2</sup>)</i>
<i>Byggnad för pyrolysanläggning</i>	50,00	60,00
<i>Byggnad för träflistork</i>	54,00	64,80
<i>Träflislager*</i>	231,71	278,05
<i>Avloppsslamlager*</i>	26,34	31,60
<i>Mellanlager*</i>	21,29	25,55
<i>Slut-lager*</i>	226,38	271,65
<b><i>Totalt</i></b>	<b>609,71</b>	<b>731,65</b>

\*För samtliga lagerbyggnader bygges uträkning av kvadratmeter på mängden volym som önskas lagras i respektive lager (se ovan under lagerhållning). Höjden på samtliga lagerbyggnader beräknas vara 4 meter. Därmed har önskad volym i lagret/höjden legat till grund för beräknat ytbehov.

Tabell 42. Markbehov affärsmodell K

<i>Lager/byggnad*</i>	<i>Beräknat ytbehov inkl. tillägg 20 % (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Totalt markbehov 50 % mer än lager/byggnadernas markbehov (m<sup>2</sup>)</i>
<i>Byggnad för pyrolysanläggning</i>	60,00	90,00
<i>Byggnad för träflistork</i>	64,80	97,20
<i>Träflislager</i>	278,05	417,08
<i>Avloppsslamlager</i>	31,60	47,41
<i>Mellanlager</i>	25,55	38,32
<b><i>Totalt</i></b>	<b>460,00</b>	<b>690,00</b>

\*Slut-lager räknas inte med här då detta antas transporteras till en hyrd lagerlokal som företaget och inte kommunen betalar för.

Tabell 43. Markbehov affärsmodell E

<i>Lager/byggnad</i>	<i>Beräknat ytbehov inkl. tillägg 20 % (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Totalt markbehov 50 % mer än lager/byggnadernas markbehov (m<sup>2</sup>)</i>
<i>Byggnad för pyrolysanläggning</i>	60,00	90,00
<i>Byggnad för träflistork</i>	64,80	97,20
<i>Träflislager</i>	278,05	417,08
<i>Avloppsslamlager</i>	31,60	47,41
<i>Mellanlager</i>	25,55	38,32
<i>Slut-lager</i>	271,65	407,48
<b><i>Totalt</i></b>	<b><i>731,65</i></b>	<b><i>1 097,48</i></b>

För att blanda träflis och avloppsslam används en mixervagn med kapacitet på 30 m<sup>3</sup> per blandning och en blandningstid på cirka 20 minuter.

Efter att träflis och avloppsslam blandats går processen vidare torkning. Följande antaganden och beräkningar har gjorts avseende torkningsprocessen (tabell 44).

Tabell 44. Flistork

<i>Beskrivning</i>	<i>Antaganden/beräkningar</i>
<i>Totalt antal driftsdagar/år</i>	300 dagar
<i>Driftstimmar per dag</i>	24 h
<i>Torkens vattenreduktion i m<sup>3</sup> per h</i>	0,53 m <sup>3</sup> /h
<b><i>Total torkkapacitet</i></b>	<b><i>7 200 h/år * 0,53 m<sup>3</sup>/h = 3 816 m<sup>3</sup>/år</i></b>

För att lagerhålla och färdigställa blandbiokolet förpackas biokolet i säckar. Följande antaganden och beräkningar har gjorts avseende förpackningar/säckar (tabell 45).

Tabell 45. Förpackningar/säckar

<i>Total årlig volym blandbiokol</i>	<i>1 811 m<sup>3</sup></i>
<i>Volym per förpackning</i>	<i>1,25 m<sup>3</sup></i>
<b><i>Total årlig förbrukning av säckar</i></b>	<b><i>1 811/1,25 = 1 449 säckar</i></b>

Vid förbränning av pyrolysgaserna avsätts små mängder med partiklar i rörsystemet där slutprodukten blir aska. Askan hanteras som farligt avfall. Bedömningar har gjorts att utgående rökgaser troligen kommer ha så låga halter föroreningar att rökgasrening inte kommer att krävas. Det har antagits att 10 kg farligt avfall produceras årligen.

Båda affärsmodellerna kräver flertalet transporter. Både för att få dit material i form av träflis och avloppsslam, men även för att transportera det färdiga biokolet för lagerhållning. I affärsmodell K beräknas även den undvikna transportkostnad som alternativet till pyrolys av avloppsslammet hade resulterat i. Följande antaganden har gjorts avseende transport för respektive affärsmodell K (tabell 46) respektive affärsmodell E (tabell 47).

Tabell 46. Transport affärsmodell K

<b>Transport</b>	<b>Transporterad mängd per år (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mängd per transport (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mil till platsen</b>
Undvikna transportkostnader	2 739 m <sup>3</sup>	110 m <sup>3</sup>	5
Avloppsslam till anläggning	2 739 m <sup>3</sup>	110 m <sup>3</sup>	5
Träflis internt i kommunen till anläggning	5 561 * 30 % = 1 668,3 m <sup>3</sup>	110 m <sup>3</sup>	2
Träflis externt till anläggning	5 561 – 1 668 = 3 893 m <sup>3</sup>	110 m <sup>3</sup>	5
Anläggning till lager	1 811 m <sup>3</sup>	46 m <sup>3</sup> (36 säckar)*	2

\*Vid transport från anläggning till lager är blandbiokolet förpackat i säckar vilket gör att uträkningen för mängden volym skiljer sig jämfört med övriga transporter. Antalet säckar har beräknats fram på följande vis: Totalt lastutrymme = Total längd × Total bredd × Total höjd. Totalt lastutrymme = 19,2 m × 2,4 m × 1 m = 46,08 m<sup>3</sup>. Antal säckar 46,08 m<sup>3</sup>/1,25 m<sup>3</sup> (volym per säck) = 36, 86 säckar.

Tabell 47. Transport affärsmodell E

<b>Transport</b>	<b>Transporterad mängd per år (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mängd per transport (m<sup>3</sup>/ton)</b>	<b>Mil till platsen</b>
Avloppsslam till anläggning	2 739	110 m <sup>3</sup>	5
Träflis externt till anläggning	5 561	110 m <sup>3</sup>	5
Anläggning till lager	1 811 m <sup>3</sup>	46 m <sup>3</sup> (36 säckar) *	2

\*Vid transport från anläggning till lager är blandbiokolet förpackat i säckar vilket gör att uträkningen för mängden volym skiljer sig jämfört med övriga transporter. Antalet säckar har beräknats fram på följande vis: Totalt lastutrymme = Total längd × Total bredd × Total höjd. Totalt lastutrymme = 19,2 m × 2,4 m × 1 m = 46,08 m<sup>3</sup>. Antal säckar 46,08 m<sup>3</sup>/1,25 m<sup>3</sup> (volym per säck) = 36, 86 säckar.

I affärsmodell K beräknas det enbart finnas behov av personal som sköter drift och administration då kommunen säljer biokolet till ett företag som ansvarar för försäljningsprocessen. Denna tid har uppskattats till att omfatta 50 % av en heltidstjänst.

I affärsmodell E beräknas både drift och administration samt sälj och marknadsföring krävas då företaget ansvarar för både produktion och försäljning. Denna tid uppskattas till att omfatta 50 % av en heltidstjänst var för a) drift och administration och b) försäljning och marknadsföring.

## Ekonomiska antagningar och beräkningar

### Affärsmodell K

Tabell 48. Intäkter affärsmodell K för kommun

<i>Intäktspost</i>	<i>Pris per enhet</i>	<i>Enhet</i>	<i>Kommentar</i>
<i>Blandbiokol</i>	300	<i>kr/m<sup>3</sup></i>	<i>Säljer för ett lägre pris än marknadsvärdet på grund av att kommun undviker alternativkostnader för avloppsslammet.</i>
<i>Kolkredit</i>	1 500	<i>kr/m<sup>3</sup></i>	<i>Priset sätts på den europeiska marknaden och bedöms vara runt 130 euro</i>
<i>Energiöverskott</i>	1	<i>kr/kWh</i>	
<i>Undviken förbränning</i>	1 300	<i>kr/m<sup>3</sup></i>	<i>Alternativkostnaden för att göra sig av med avloppsslammet</i>
<i>Undviken transport</i>	120	<i>kr/mil</i>	<i>Undviken kostnad av transport till förbränningsplats av avloppsslam</i>

Tabell 49. Årsvisa kostnader affärsmodell K för kommun

<b>Kostnadspost</b>	<b>Pris per enhet</b>	<b>Enhet</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Driftskostnader</b>			
<i>Diesel</i>	20	kr/L	
<i>El</i>	1	kr/kWh	
<i>Förpackningar/säckar</i>	40	kr/st.	
<i>Farligt avfall</i>	700	kr/kg	
<i>Träflis internt</i>	100	kr/m <sup>3</sup>	
<i>Träflis externt</i>	180	kr/m <sup>3</sup>	
<i>Transport träflis</i>	120	kr/mil	
<i>Underhåll</i>	4	%	4 % i underhåll av investeringskostnaderna inklusive påslaget på 10 % för oförutsedda utgifter, men exklusive entreprenörpåslag och markkostnad.
<i>Oförutsett påslag årsvisa kostnader</i>	5	%	Räknar med 5 % i oförutsett påslag för driftskostnaderna ovan.
<b>Kapitalkostnader</b>			
<i>Ränta</i>	7	%	7 % ränta på investeringskostnader
<i>Avskrivning investeringar</i>	10	År	Investeringarna skrivs av på 10 år och restvärdet efter avskrivningstidens slut beräknas till 20 % av totala investeringskostnaden. Investering i mark avskrivs inte.
<b>Personalkostnader</b>			
<i>Lön drift och administration (halvtidstjänst)</i>	17 500	kr/månad	17 500 kr beräknas vara månadslönen för halvtidstjänsten.  Därtill betalar företaget följande för sin anställda:  Semesterlön 0,43 % per semesterdag (25 dagars semester).



			<p>Arbetsgivaravgift 31,42 % av totala lönesumman</p> <p>Försäkring 5 % av totala lönesumman</p> <p>Särskild löneskatt och tjänstepension på 24,26 % av tjänstepensionen som är 4,5 %</p> <p>Detta resulterar i total kostnad för företaget på 24 280 kr/månad. Vilket innebär ett påslag på 38,74 % för företaget. <math>(24\ 280 - 17\ 500 = 6\ 780\ \text{kr. } 6\ 780/17\ 500 = 38,74\ \%)</math>.</p>
--	--	--	--

Tabell 50. Investeringskostnader affärsmodell K (engångs) för kommun

<b>Investering</b>	<b>Pris per enhet i SEK</b>	<b>Enhet</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Investeringskostnader med entreprenörspåslag</b>			
Träflislager	1 820 000	kr/st.	
Avloppsslamlager	1 220 000	kr/st.	
Träflistork	855 000	kr/st.	
Mellanlager	900 000	kr/st.	
Pyrolysanläggning inklusive biokolsutmatning	4 100 000	kr/st.	
Rördragning etc.	1 000 000	kr/anläggning	
<b>Entreprenörspåslag</b>	<b>Procent</b>	<b>Enhet</b>	<b>Kommentar</b>
Entreprenörspåslag	40	%	Räknar med 40 % för kostnad av entreprenörer
<b>Investeringskostnader utan entreprenörspåslag</b>			
<b>Investering</b>	<b>Pris per enhet i SEK</b>	<b>Enhet</b>	<b>Kommentar</b>
Hjullastare	400 000	kr/st.	
Mixervagn	1 210 000	kr/st.	

<i>Markkostnad (förvärv)</i>	600	kr/m <sup>2</sup>	
<i>Oförutsett påslag investeringar</i>	10	%	<i>Räknar med 10 % i oförutsett påslag för samtliga investeringskostnader</i>

Tabell 51. Intäkter affärsmodell K för företag

<b>Intäktspost</b>	<b>Pris per enhet</b>	<b>Enhet</b>	<b>Kommentar</b>
<i>Blandbiokol</i>	1 500	kr/m <sup>3</sup>	<i>50 % av nuvarande marknadspris för träbiokol</i>

Tabell 52. Årsvisa kostnader affärsmodell K för företag

<b>Kostnadspost</b>	<b>Pris per enhet</b>	<b>Enhet</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Produktrelaterade kostnader</b>			
<i>Biokol återköp</i>	300	kr/m <sup>3</sup>	
<i>Transport av blandbiokol från kommunens lager till företagslager</i>	200	kr/mil	
<i>Slut-lager blandbiokol utomhus (hyra)</i>	300	kr/m <sup>2</sup>	
<b>Kostnadspost</b>	<b>Värde</b>	<b>Enhet</b>	<b>Kommentar</b>
<i>Oförutsett påslag årsvisa kostnader</i>	5	%	<i>Räknar med 5 % i oförutsett påslag för driftskostnaderna ovan.</i>
<b>Personalkostnader</b>	<b>Pris per enhet</b>	<b>Enhet</b>	<b>Kommentar</b>
<i>Lön sälj och marknadsföring (halvtidstjänst)</i>	17 500	kr/månad	<p><i>17 500 kr beräknas vara månadslönen för halvtidstjänsten.</i></p> <p><i>Därtill betalar företaget följande för sin anställda:</i></p> <p><i>Semesterlön 0,43 % per semesterdag (25 dagars semester).</i></p> <p><i>Arbetsgivaravgift 31,42 % av totala lönesumman</i></p>

			<p>Försäkring 5 % av totala lönesumman</p> <p>Särskild löneskatt och tjänstepension på 24,26 % av tjänstepensionen som är 4,5 %</p> <p>Detta resulterar i total kostnad för företaget på 24 280 kr/månad. Vilket innebär ett påslag på 38,74 % för företaget. <math>(24\ 280 - 17\ 500 = 6\ 780\ \text{kr}.</math>  <math>6\ 780/17\ 500 = 38,74\ %).</math></p>
--	--	--	--

## Affärsmodell E

Tabell 53. Intäkter affärsmodell E för företag

<i>Intäktspost</i>	<i>Pris per enhet</i>	<i>Enhet</i>	<i>Kommentar</i>
<i>Blandbiokol</i>	<i>1 500</i>	<i>kr/m<sup>3</sup></i>	<i>50 % av nuvarande marknadspris för träbiokol</i>
<i>Kolkredit</i>	<i>1 500</i>	<i>kr/m<sup>3</sup></i>	<i>Priset sätts på den europeiska marknaden och bedöms vara runt 130 euro</i>
<i>Energiöverskott</i>	<i>1</i>	<i>kr/kWh</i>	
<i>Avloppsslam</i>	<i>1 300</i>	<i>kr/m<sup>3</sup></i>	

Tabell 54. Årsvisa kostnader affärsmodell E för företag

<i>Kostnadspost</i>	<i>Pris per enhet</i>	<i>Enhet</i>	<i>Kommentar</i>
<i>Driftkostnader</i>			
<i>Diesel</i>	<i>20</i>	<i>kr/L</i>	
<i>El</i>	<i>1</i>	<i>kr/kWh</i>	
<i>Förpackningar/säckar</i>	<i>40</i>	<i>kr/st.</i>	
<i>Farligt avfall</i>	<i>700</i>	<i>kr/kg</i>	
<i>Träflis externt</i>	<i>180</i>	<i>kr/m<sup>3</sup></i>	

<i>Transport träflis externt</i>	<i>120</i>	<i>kr/mil</i>	
<i>Transport avloppsslam</i>	<i>120</i>	<i>kr/mil</i>	
<i>Underhåll</i>	<i>4</i>	<i>%</i>	<i>4 % i underhåll av investeringskostnaderna inklusive påslaget på 10 % för oförutsedda utgifter, men exklusive entreprenörspåslag och markkostnad.</i>
<i>Oförutsett påslag</i>	<i>5</i>	<i>%</i>	<i>Räknar med 5 % i oförutsett påslag för driftskostnaderna ovan.</i>
<b><i>Kapitalkostnader</i></b>	<b><i>Värde</i></b>	<b><i>Enhet</i></b>	<b><i>Kommentar</i></b>
<i>Ränta</i>	<i>7</i>	<i>%</i>	<i>7 % ränta på investeringskostnad</i>
<i>Avskrivning investeringar</i>	<i>10</i>	<i>År</i>	<i>Investeringarna skrivs av på 10 år och restvärdet efter avskrivningstidens slut beräknas till 20 % av totala investeringskostnaden. Investering i mark avskrivs inte.</i>
<b><i>Personalkostnader</i></b>	<b><i>Pris per enhet</i></b>	<b><i>Enhet</i></b>	<b><i>Kommentar</i></b>
<i>Lön drift och administration (halvtidstjänst)</i>	<i>17 500</i>	<i>kr/månad</i>	<p><i>17 500 kr beräknas vara månadslönen för halvtidstjänsten.</i></p> <p><i>Därtill betalar företaget följande för sin anställda:</i></p> <p><i>Semesterlön 0,43 % per semesterdag (25 dagars semester).</i></p> <p><i>Arbetsgivaravgift 31,42 % av totala lönesumman</i></p> <p><i>Försäkring 5 % av totala lönesumman</i></p> <p><i>Särskild löneskatt och tjänstepension på 24,26 % av tjänstepensionen som är 4,5 %</i></p> <p><i>Detta resulterar i total kostnad för företaget på 24 280 kr/månad. Vilket innebär ett påslag på 38,74 % för företaget. (24 280 – 17 500 = 6 780 kr. 6 780/17 500 = 38,74 %).</i></p>

Lön sälj och marknadsföring (halvtidstjänst)	17 500	kr/månad	<p>17 500 kr beräknas vara månadslönen för halvtidstjänsten.</p> <p>Därtill betalar företaget följande för sin anställda:</p> <p>Semesterlön 0,43 % per semesterdag (25 dagars semester).</p> <p>Arbetsgivaravgift 31,42 % av totala lönesumman</p> <p>Försäkring 5 % av totala lönesumman</p> <p>Särskild löneskatt och tjänstepension på 24,26 % av tjänstepensionen som är 4,5 %</p> <p>Detta resulterar i total kostnad för företaget på 24 280 kr/månad. Vilket innebär ett påslag på 38,74 % för företaget. <math>(24\ 280 - 17\ 500 = 6\ 780\ \text{kr}.</math> <math>6\ 780/17\ 500 = 38,74\ %).</math></p>
--	--------	----------	---

Tabell 55. Investeringskostnader affärsmodell E (engångs) för företag

<b>Investering</b>	<b>Pris per enhet</b>	<b>Enhet</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Investeringskostnader med entreprenörspåslag</b>			
Träflislager	1 820 000	kr/st.	
Avloppsslamlager	1 220 000	kr/st.	
Träflistork	855 000	kr/st.	
Mellanlager	900 000	kr/st.	
Pyrolysanläggning inklusive biokolsutmatning	4 100 000	kr/st.	
Rördragning etc.	1 000 000	kr/anläggning	
<b>Entreprenörspåslag</b>	<b>Procent</b>	<b>Enhet</b>	<b>Kommentar</b>
Entreprenörspåslag	40	%	Räknar med 40 % för kostnad av entreprenörer

<i>Investeringskostnader utan entreprenörpåslag</i>			
<i>Investering</i>	<i>Pris per enhet</i>	<i>Enhet</i>	<i>Kommentar</i>
<i>Hjullastare</i>	<i>400 000</i>	<i>kr/st.</i>	
<i>Mixervagn</i>	<i>1 210 000</i>	<i>kr/st.</i>	
<i>Markkostnad (förvärv)</i>	<i>600</i>	<i>kr/m<sup>2</sup></i>	
<i>Oförutsett påslag investeringar</i>	<i>10</i>	<i>%</i>	<i>Räknar med 10 % i oförutsett påslag för samtliga investeringskostnader</i>

Som en del i resultatet redovisas nyckeltal för att illustrera respektive affärsmodellens lönsamhet. Nuvärdemetoden är en del i denna illustration. Därmed presenteras de parametrar som ligger till grund för nuvärdemetoden i tabell 56.

Tabell 56. Beräkningsparametrar för nuvärdemetod

<b>Beskrivning</b>	<b>Parameter</b>
<i>Avskrivningstid</i>	<i>10 år</i>
<i>Kalkylränta</i>	<i>7 %</i>
<i>Restvärde</i>	<i>Restvärdet efter avskrivningstidens slut beräknas till 20 % av totala investeringskostnaden. Investering i mark avskrivs inte utan beräknas ha samma värde som vid förvärv.</i>
<i>Diskontering år 0–10</i>	<i>År 0: 1,0000</i> <i>År 1: 0,93458</i> <i>År 2: 0,87344</i> <i>År 3: 0,81630</i> <i>År 4: 0,76290</i> <i>År 5: 0,71299</i> <i>År 6: 0,66634</i> <i>År 7: 0,62275</i> <i>År 8: 0,58201</i> <i>År 9: 0,54393</i> <i>År 10: 0,50835</i>