



Plastmängdernas påverkan på framtidens energiåtervinning:

En analys av nationella trender och lokala förutsättningar

Hanna Kjellström
Examensarbete

Juni 2026

Miljö- och Energisystem, LTH

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
vid Lunds universitet
Institutionen för teknik och samhälle
Miljö- och energisystem
Box 118, 221 00 Lund

ISRN LUTFD2/TFEM—26/5253--SE + (1-71)

ISSN 1102-3651

Tryckt av Media-Tryck, Lunds universitet



Media-Tryck is a Nordic Swan Ecolabel
certified provider of printed material.
Read more about our environmental
work at www.mediatryck.lu.se

MADE IN SWEDEN 

Sammanfattning

Energiåtervinning från avfall utgör en central del av det svenska fjärrvärmesystemet, men står inför stora utmaningar till följd av klimatmål och cirkulär omställning. Syftet med detta examensarbete är att analysera hur plastmängden som går till förbränning kan förändras fram till år 2045, och hur det i sin tur påverkar förutsättningar för energiåtervinning. Arbetet analyserar utmaningen på två nivåer: dels ur ett nationellt systemperspektiv, där plasten utgör ett hinder för Sveriges klimatmål, dels ur ett lokalt perspektiv fokuserat på Jönköping Energi, där förändrade avfallsflöden skapar både ekonomiska och miljömässiga osäkerheter.

Resultatet från den nationella litteraturanalysen visar att nuvarande styrmedel är otillräckliga för att nå den nödvändiga reduktionen av plast i avfallsströmmar inför klimatmålet 2045. Generellt behöver ett ökat fokus läggas på produktionen och konsumtionen av plast, och kostnaden för utsläppen och avfallshanteringen bör läggas på producenterna för att skapa incitament att förbättra produkterna. Ett annat resultat är att det finns många olika åtgärder längs plastens livscykel som kan bidra till minskade fossila utsläpp vid förbränningsanläggningen. Samtidigt finns flera olika ekonomiska och systemiska hinder som har bromsat implementeringen. Den framtida utvecklingen är direkt beroende av hur väl framtida styrmedel lyckas undanröja dessa trösklar.

På lokal nivå har mängden plast i avfallet en direkt inverkan på klimatpåverkan från Jönköping Energis avfallsförbränningsanläggning genom att förbränningen av plast genererar fossila utsläpp. Samtidigt påverkar plastmängden ekonomin genom ökade kostnader för utsläppsrätter, drift, underhåll och restproduktshantering. I framtiden förväntas priset för utsläppsrätter att öka, vilket i sin tur bidrar till stora ökade kostnader för anläggningen. Om inga förbättringar görs, och de fossila utsläppen fortsätter att öka, riskerar Jönköping Energis utsläppsrättskostnader att stiga med över 800 % fram till 2045. Samtidigt medför minskade plastmängder att anläggningen behöver förbränna mer avfall för att bibehålla sin energikapacitet. För att fullt ut förstå förutsättningarna för framtida energiåtervinning är det därför avgörande att resultaten ställs i relation till en bredare systemanalys, där faktorer såsom energisystemets framtida utveckling och tillgången på avfallsströmmar vägs in.

Nyckelord: Energiåtervinning, Avfall, Avfallsförbränning, Avfallshantering, Fjärrvärme, Plast, Plastavfall

Abstract

Waste-to-energy (WtE) is a cornerstone of the Swedish district heating system, yet it faces significant challenges due to climate targets and the transition towards a circular economy. The purpose of this thesis is to analyse how the amount of plastic directed to incineration may change up until the year 2045, and how this, in turn, affects the conditions for waste-to-energy. The study analyses this challenge at two levels: a national system perspective, where plastics pose a barrier to Sweden's climate goals, and a local perspective focused on Jönköping Energi, where altered waste flows create both economic and environmental uncertainties.

Results from the literature analysis indicate that current policy instruments are insufficient to achieve the necessary reduction of plastic in waste streams required to meet the 2045 climate targets. In general, a greater focus needs to be placed on the production and consumption of plastic products, and the costs for emissions and waste management should be shifted to producers to create incentives for product improvements. Furthermore, while numerous measures along the plastic life cycle can contribute to reducing fossil emissions at the waste-to-energy plant, various economic and systemic barriers have hindered their implementation. The future development is directly dependent on the efficiency of future policy instruments in overcoming these barriers.

At the local level, the amount of plastic in the waste has a direct impact on the climate impact of Jönköping Energi's waste incineration plant, as the combustion of plastic generates fossil emissions. Simultaneously, the plastic content affects the economy through increased costs for emission allowances, operations, maintenance, and waste residue management. In the future, the price of emission allowances is expected to increase, which in turn will contribute to large cost increases for the facility. If no improvements are made and fossil emissions continue to rise, Jönköping Energi's emission allowance costs risk increasing by over 800 % by 2045. At the same time, decreasing plastic volumes results in the facility needing to incinerate higher total waste volumes to maintain its energy capacity. To fully understand the future conditions for waste-to-energy, it is essential to put these results in relation to a broader system analysis, considering factors such as the future development of the energy system and the availability of waste streams.

Keywords: Waste-to-energy, WtE, Waste, Waste incineration, Waste management, District heating, Plastic, Plastic waste

Förord

Detta examensarbete markerar avslutningen på min civilingenjörsutbildning i Ekosystemteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet omfattar 30 högskolepoäng och har genomförts i samarbete med Jönköping Energi.

Jag vill börja med att rikta ett stort tack till Jönköping Energi och de medarbetare som tagit sig tid att besvara mina frågor och bidragit med värdefull kunskap och insikter under arbetets gång. Ett särskilt tack går till min handledare på Jönköping Energi, Piroz Kristedt, för all vägledning under arbetet. Jag vill även rikta ett varmt tack till min handledare vid LTH, Mikael Lantz, för konstruktiva råd och stöd under arbetets gång. Slutligen vill jag tacka min familj och mina vänner för det fina stödet under våren, men också genom hela utbildningen.

Hanna Kjellström
Juni 2026

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Syfte och frågeställningar.....	2
1.2 Metod och avgränsningar.....	2
2. Bakgrund: Plast, nuläge och omvärldsanalys	4
2.1 Plastens livscykel och det linjära materialflödet	4
2.2 Plastanvändningen idag och i framtiden	5
2.3 Hantering av plastavfall idag och i framtiden	8
3. Styrmedel med fokus på plast.....	12
3.1 Nuvarande lagstiftning	12
3.2 Analys av styrmedlens effektivitet.....	13
3.3 Framtidens styrmedel och behov av förändrat fokus	15
4. Åtgärder som kan påverka mängden plast som går till förbränning	17
4.1 Åtgärder uppströms förbränningsanläggningen	18
4.2 Tekniska åtgärder hos förbränningsanläggningen.....	22
4.3 Åtgärder hos anläggningen kopplat till avtal och återkoppling	25
4.4 Sammanfattning och analys	28
5. Plastens påverkan på ekonomi och utsläpp hos Jönköping Energi idag	30
5.1 Utsläpp och klimatpåverkan.....	30
5.2 Generella intäkter och kostnader vid avfallsförbränning	32
5.3 Plastens påverkan på ekonomin	34
5.4 Jönköping Energis nuvarande plastreducerande åtgärder	36
6. Metod för scenariostudien.....	38
6.1 Scenarier för framtida fossila utsläpp och plastmängd	38
6.2 Scenarier för framtida ekonomiska förutsättningar.....	44
7. Scenarioanalysens resultat	47
7.1 Framtida fossila utsläpp och plastmängd	47
7.2 Framtida ekonomiska förutsättningar.....	49
7.3 Sammanfattning och analys	51
8. Diskussion	52
8.1 Nationell systemnivå.....	52
8.2 Anläggningsspecifik lokal nivå.....	55
8.3 Metoddiskussion	57
9. Slutsatser.....	59
10. Referenser	60

1. Inledning

De fossila utsläppen från avfallsförbränningen är ett växande problem, och kan utgöra ett hinder för Sverige att uppnå sitt klimatmål om nettonollutsläpp till år 2045 (Nordzell et al., 2021; Sveriges Miljömål, 2025). År 2024 stod el- och fjärrvärmesektorn för 8,5 % av Sveriges territoriella utsläpp av växthusgaser, där avfallsförbränningen stod för 80 % av sektorns utsläpp (Naturvårdsverket, 2025d). I avfallsförbränningen uppskattas över 90 % av de fossila utsläppen komma från förbränning av plast. Ungefär 8 % av den olja som produceras i världen går till den globala plasttillverkningen, och plastens livscykel är alltså starkt förknippad med växthusgaser (Lätt et al., 2019). Det är då plasten förbränns som majoriteten av det fossila kolet släpps ut (OECD, 2022) och energiåtervinningen blir därför central ur klimatsynpunkt.

Energiåtervinning utgör en viktig samhällstjänst genom att bidra till både avfallshantering och energiproduktion. Samtidigt uppstår en tydlig nationell målkonflikt. Å ena sidan fyller energiåtervinning en nödvändig funktion för avfall som inte kan materialåtervinnas på ett säkert eller effektivt sätt. Å andra sidan medför förbränning av fossilbaserad plast betydande utsläpp av koldioxid, vilket står i konflikt med klimatmålen. Det är därför intressant att undersöka hur utsläppen kan minska och hur mängden plast till förbränning kan komma att förändras.

Mot bakgrund av de nationella klimatmålen står de lokala energibolagen inför utmaningar. Restavfall som används som bränsle vid energiåtervinning varierar kraftigt i sammansättning beroende på dess ursprung och hur avfallet hanteras uppströms i avfallssystemet. Denna variation påverkar i sin tur anläggningens klimatpåverkan och ekonomiska resultat, framför allt genom kostnader för utsläppsrätter då alla svenska förbränningsanläggningar är med i EU:s utsläppshandelssystem (EU ETS). För att bibehålla sin konkurrenskraft i en ekonomi där kostnaden för koldioxidutsläpp förväntas stiga, står anläggningen inför ett nödvändigt behov av att minska mängden fossil plast i förbränningen.

I framtiden finns det stora osäkerheter i hur olika avfallsflöden kommer att förändras. För att energiföretag såsom Jönköping Energi ska kunna fatta långsiktiga beslut krävs ökad kunskap om hur mängden plast till förbränning kan ändras i framtiden samt vilka effekter det får både miljömässigt och ekonomiskt. Snarare än statiska prognoser behövs en djupare förståelse för systemets dynamik, från förändrad produktdesign till ökad materialåtervinning.

Att mängden plast som förbränns ökar är alltså både ett problem på nationell systemnivå och på lokal anläggningsnivå. Energiåtervinningens framtida roll behöver förstås i relation till hur materialåtervinningen kan öka, hur avfallsflöden förändras och hur plastens värdekedja utvecklas i sin helhet. Detta innebär att alla delar av systemet, från

produktdesign och konsumtion till insamling, sortering och behandling, behöver samverka för att minska klimatpåverkan samtidigt som energisystemets funktion upprätthålls. Det finns däremot osäkerheter i hur snabbt avfallsflödet kan förändras och vilka konsekvenser olika framtida scenarier får för energiåtervinningens roll i samhället.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta examensarbete är att analysera hur plastmängden som går till förbränning kan förändras, och hur det i sin tur påverkar förutsättningarna för energiåtervinningen. Arbetet analyserar utmaningen på två nivåer: dels ur ett nationellt systemperspektiv, där plasten utgör ett hinder för Sveriges klimatmål, och dels ur ett lokalt perspektiv fokuserat på Jönköping Energi, där förändrade avfallsflöden skapar både ekonomiska och miljömässiga osäkerheter.

Arbetet utgår från fyra frågeställningar, där de två första fokuserar på den nationella systemnivån och de två sista på en lokal anläggningsnivå:

- *Hur ser styrmedelsklimatet ut idag när det gäller plastavfall, och hur behöver fokus ändras i framtiden för att avfallsförbränningens fossila utsläpp ska fasas ut helt till år 2045?*
- *Vilka åtgärder, uppströms och vid förbränningsanläggningen, kan minska mängden fossil plast till energiåtervinning nationellt, och vilka är de främsta hindren för dessa åtgärder?*
- *Hur påverkar plastmängden som går till förbränning de fossila utsläppen och ekonomin hos Jönköping Energis anläggning idag och vilket handlingsutrymme har företaget att påverka avfallets sammansättning?*
- *Hur påverkas förutsättningar för Jönköping Energis anläggning, miljömässigt och ekonomiskt, av förändrade mängder plast i framtiden?*

Genom att integrera Jönköping Energis specifika avfallsdata med nationella framtidsscenarier undersöks hur olika åtgärder påverkar anläggningens framtida klimatpåverkan och ekonomi. Resultaten kan användas som underlag för långsiktig strategisk planering hos energibolag och bidra till den bredare kunskapsutvecklingen kring energiåtervinningens roll i ett mer cirkulärt och klimatneutralt energisystem.

1.2 Metod och avgränsningar

Studien genomförs med en mixad metodik, där en bredare litteratur- och framtidsanalys kombineras med en praktisk fallstudie hos Jönköping Energi. Metoden är utformad för

att besvara arbetets frågeställningar och rör sig, likt rapportens struktur, från en nationell systemnivå till anläggningsspecifika konsekvenser.

För att kartlägga dagens plastanvändning, avfallshantering samt för att identifiera framtida trender genomförs en bred litteraturstudie. Informationssökningen har främst skett genom vetenskapliga databaser såsom Scopus, Web of science, Google Scholar samt Lunds universitets söktjänst Finn, och sökningar har gjorts på både svenska och engelska. För att inhämta nationella och branschaktuella underlag har myndighetspublikationer från exempelvis Naturvårdsverket och Avfall Sverige använts. Sökningar har gjorts i Avfall Sveriges rapportdatabas. Fokus har varit på styrmedel och regelverk inom området samt olika åtgärder som kan påverka mängden plast, såsom förändringar av konsumtion och produktion, utveckling av sorterings- och återvinningstekniker.

I fallstudien, som görs på Jönköping Energi, studeras först nuläget hos anläggningen. Denna kartläggning baseras på en kombination av kvantitativ och kvalitativ data som erhållits från anställda på företaget. Fokus har här varit på plastens miljömässiga och ekonomiska påverkan på Jönköping energis anläggning idag.

För att utvärdera framtida utvecklingsvägar med avseende på anläggningens fossila koldioxidutsläpp och tillhörande kostnader har en scenariomodellering tillämpats. Scenariomodelleringen syftar inte till att förutsäga exakta prognoser, utan används i detta arbete för att utforska och illustrera alternativa framtidsscenarier och dess effekter. Baserat på de åtgärder som identifierades i litteraturstudien har ett antal framtidsscenarier formulerats för att illustrera hur olika åtgärder påverkar mängden fossila utsläpp och plastavfall som når energiåtervinningen. En mer ingående beskrivning av hur de olika scenarierna har operationaliserats och tagits fram redovisas i kapitel 6.

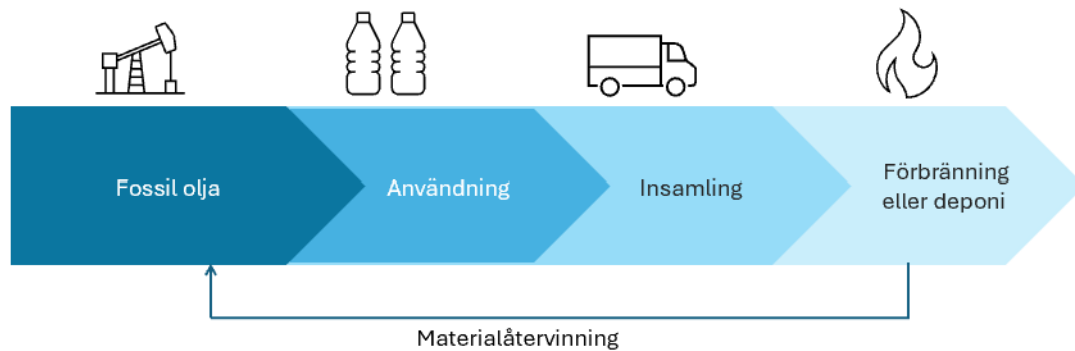
För att belysa de ekonomiska faktorerna görs scenarier för hur prisutvecklingen för utsläppsrätter inom EU ETS påverkar Jönköping Energis anläggning. Genom att sammankoppla utsläppsscenarierna med den ekonomiska modelleringen studeras effekterna av förändrade plastflöden, vilket möjliggör en analys av hur förändringar i plastflöden påverkar både anläggningens klimatpåverkan och ekonomi.

När det gäller avgränsningar så fokuserar arbetet på avfallsmängder och avfallssystemet, och behandlar alltså inte förändringar i energisystemet i stort. Konsekvensen av denna avgränsning diskuteras i arbetets metoddiskussion (se kapitel 8.3).

2. Bakgrund: Plast, nuläge och omvärldsanalys

2.1 Plastens livscykel och det linjära materialflödet

Plastens livscykel kan förenklat beskrivas som en kedja av steg, som enkelt illustreras i figur 1. Processen startar vid råvaruutvinningen, för att sedan gå via produktion, design, försäljning, användning och insamling till sortering och sedan slutlig behandling.



Figur 1: Illustration av plastens linjära livscykel från fossil råvara till sluthantering.

Källa: Brännström et al. (2022). Illustration: Hanna Kjellström

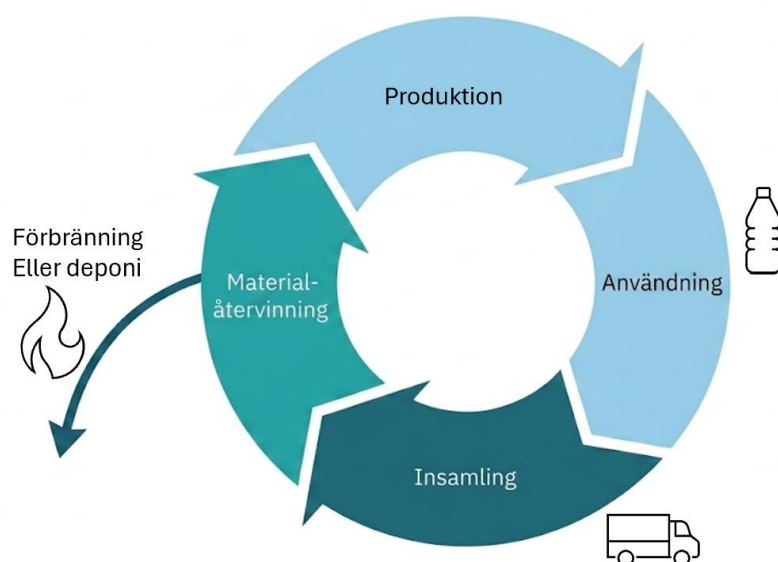
I de olika stegen i plastens livscykel är flera olika aktörer involverade, och de påverkar tillsammans vilka material som i slutändan når energiåtervinningen. Producenter fattar beslut om materialval och produktdesign, användare påverkar genom sina konsumtionsmönster och hur avfall sorteras, och avfalls- och återvinningsföretag ansvarar för insamling och sortering (Kemikalieinspektionen, 2025a). Samspelet mellan dessa aktörer avgör vilka typer och mängder av plastavfall som når energiåtervinningen. För att förstå och kunna dra slutsatser om framtida avfallsflöden krävs alltså stor kunskap om aktörerna och avfallssystemet (Ljungkvist Nordin & Ahlm, 2025).

Aktörerna är inte separata enheter utan påverkar också varandra mycket. Det är ett komplicerat nät, där konsumenternas efterfrågan formar vad producenterna väljer att utveckla och tillverka, samtidigt som tillverkarna genom design, marknadsföring och prissättning kan styra köpbeteenden. På samma sätt interagerar konsumenten och avfallsföretaget genom att konsumenter påverkar vad som blir avfall och hur det sorteras. Samtidigt kan kommuner och avfallsaktörer underlätta för individen att göra rätt genom att erbjuda tillgängliga system, vilket i sin tur höjer renhetsgraden på det insamlade materialet. Alla dessa aktörer har alltså olika möjligheter att påverka upphovet av avfall.

Den slutliga behandlingen bestämmer om livscykeln blir linjär eller cirkulär. I Europa är det fortfarande stora mängder avfall som deponeras eller energiåtervinns, och kretsloppet blir alltså linjärt då det hela tiden behövs tillsättas nytt råmaterial (Avfall Sverige, 2024).

Då kostnaden för jungfrulig plast producerad av fossila råvaror är låg är det ekonomiskt gynnsamt att bygga ekonomin på en snabb förbrukning av plast (Kemikalieinspektionen, 2025b). Detta är dock något som kommer behöva ändras i framtiden, då det inte är miljömässigt hållbart. I framtiden behöver jungfruliga material så långt det är möjligt ersättas av material som kan användas i cirkulära flöden (European Environment Agency, 2024).

Om plasten istället materialåtervinns kan materialet cirkulera i systemet, som i figur 2, vilket bidrar till att efterfrågan på nya jungfruliga råvaror minskar. För att ha ett cirkulärt system behövs dock inte bara förändringar i slutbehandling, utan även design, användning och hur avfallet sorteras behöver anpassas för materialåtervinning.

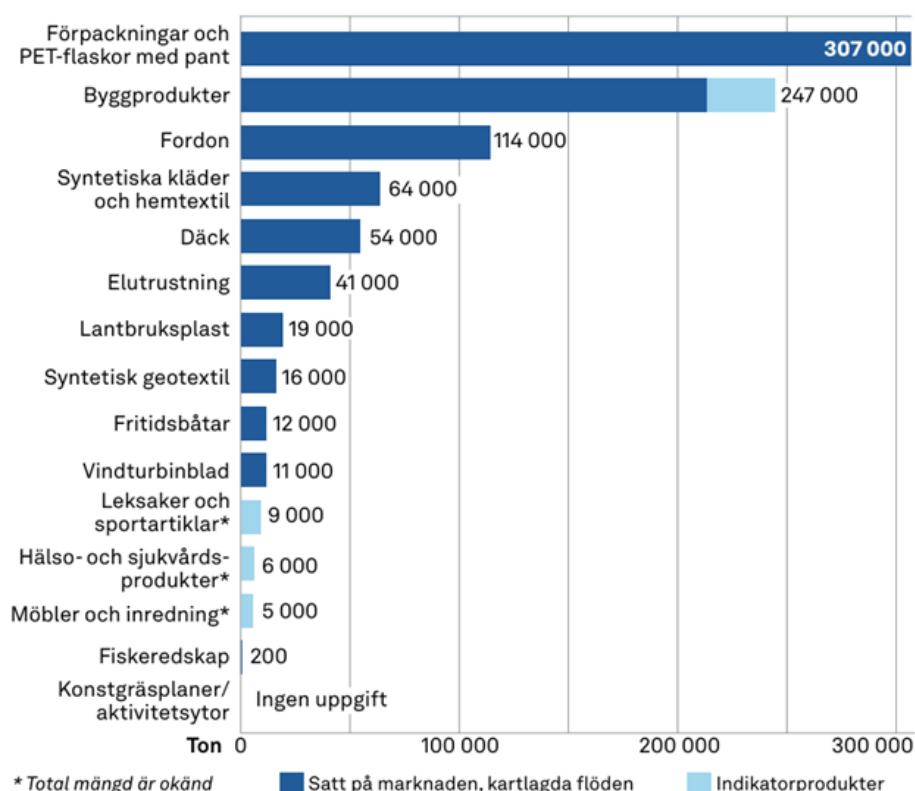


Figur 2: Schematisk bild över en cirkulär plastanvändning med minimerade materialförluster. Källa: Brännström et al. (2022). Illustration: Hanna Kjellström

2.2 Plastanvändningen idag och i framtiden

Totalt sattes knappt 1,1 miljoner ton plastråvara på den svenska marknaden under år 2023 (Ljungkvist Nordin et al., 2025). Jämfört med många andra material utmärker sig plasten genom sin fossila bas; den plast som används i dag tillverkas nästan uteslutande av råolja eller naturgas. Detta medför en betydande negativ miljöpåverkan i form av växthusgasutsläpp, förorening och marknära ozonbildning (Naturvårdsverket, 2024b). Denna miljöpåverkan är främst koncentrerad till två kritiska steg i plastens livscykel: dels vid själva tillverkningen av jungfrulig råvara, och dels vid sluthanteringen genom förbränning.

Figur 3 visar de olika produktkategorierna som använder plast. De vanligaste användningsområdena för plast är i plastförpackningar, följt av byggsektorn och fordonsindustrin (Ljungkvist Nordin et al., 2025). Utöver dessa flöden, som står för en majoritet av plastanvändningen, används plast i en mängd andra kategorier såsom textilier, elutrustning, däck samt hälso- och sjukvårdsprodukter. Bland vissa produktkategorier är det svårt att uppskatta mängden plast, till exempel på grund av att produkterna består av flera olika materialslag eller att produkter sätts på marknaden utan att det rapporteras. I dessa produktkategorier har plastmängden fått uppskattas, vilket i figur 3 nedan illustreras som indikatorprodukter.



Figur 3: Mängden plast [ton] som sattes på marknaden år 2022/2023 (Ljungkvist Nordin & Ahlm, 2025). Bilden används med tillstånd från Naturvårdsverket.

2.2.1 Framtida trender kopplat till plastanvändning

Den mängd plastråvara som sattes på den svenska marknaden under 2023 (1,1 miljoner ton) var faktiskt en minskning jämfört med 2020, då volymen låg på 1,3 miljoner ton (Fråne et al., 2022; Ljungkvist Nordin et al., 2025). En förklaring till minskningen är lågkonjunkturen, som har haft stora effekter särskilt på byggsektorn som är en betydande plastanvändare. Samtidigt finns det trender som visar att samhällets plastanvändning kommer att öka i framtiden, särskilt om inga ytterligare styrmedel införs (Naturvårdsverket, 2024b). För svensk del förutspås plastanvändningen öka med 40 % till år 2045 (Naturvårdsverket, 2022) och fördubblas till år 2060 (OECD, 2022).

En förklaring till ökningen är att en ökad global och nationell befolkningsmängd går hand i hand med ökad resursanvändning (Naturvårdsverket, 2024a). En annan viktig drivkraft bakom den förväntade ökningen är de starka ekonomiska intressen som finns inom oljeindustrin. I takt med att marknaden för fossila bränslen minskar till följd av till exempel elektrifieringen, så ser oljeindustrin plastproduktion som en möjlighet att bibehålla avkastning för fossila resurser. Oljeindustrins starka intressen tillsammans med den ökande efterfrågan på fossilbaserade produkter riskerar att leda till att dagens investeringar skapar inlåsnings effekter, där det blir svårt eller kostsamt att byta till mer hållbarare material och system (Bauer et al., 2022).

2.2.2 Målbild: En hållbar plastanvändning

En hållbar plastanvändning handlar om att använda plast på ett smart och resurseffektivt sätt, så att plastens värde tas tillvara på under dess livscykel (Naturvårdsverket, 2025e). Plasten ska användas där den verkligen behövs och där den bidrar till samhällsnytta, och onödig plastkonsumtion ska minskas. Huvudåtgärder som Naturvårdsverket presenterar för att få en mer hållbar användning är resurssmart användning, minskad plastkonsumtion, materialsubstitution, design för längre livslängd, ökad materialåtervinning både mekaniskt och kemiskt samt ökad användning av biobaserad plast (Naturvårdsverket, 2025e).

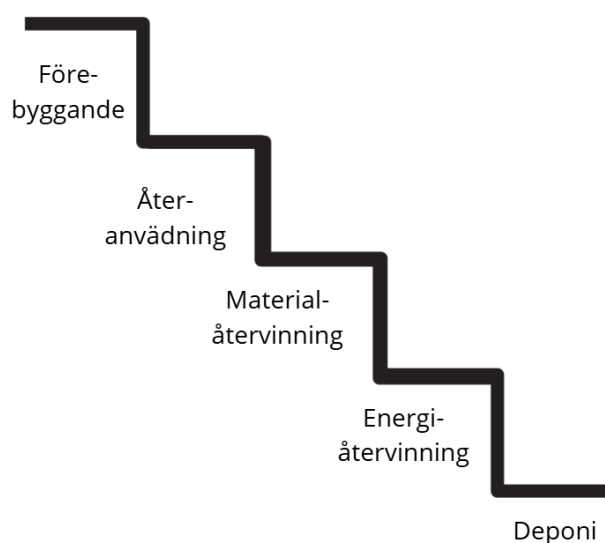
En resurssmart användning och minskad plastkonsumtion innebär att plast bör användas sparsamt och effektivt. Målet är att minska onödig användning och att använda plast där det är väl motiverat (Naturvårdsverket, 2025e). Materialsubstitution handlar om att ersätta plast med andra material som har lägre miljöpåverkan för att på så sätt minska de totala utsläppen. De plastprodukter som inte går att byta ut ska designas med så lång livslängd som möjligt, och med möjlighet till återanvändning.

Det handlar inte bara om att byta plast mot andra material, utan också att byta fossil plast mot biobaserad plast. För att definieras som biobaserad plast behöver materialet helt eller delvis vara tillverkat av förnybara råvaror, till skillnad från konventionell fossilt baserad plast som tillverkas av råolja eller naturgas (Brännström et al., 2022). Bioplast tillverkas oftast av exempelvis trä, majs eller sockerbetor, men kan också bildas från biologiskt avfall eller restprodukter (Naturvårdsverket, 2025f). Naturvårdsverket understryker att byte mot biobaserad plast bör göras där nyttan är som störst miljömässigt (Naturvårdsverket, 2025e). Det kan till exempel handla om att byta till bioplaster i produkter som i praktiken alltid går till energiåtervinning, såsom bindor, blöjor och andra engångsartiklar. För att den fossila plastens värde ska tas tillvara i högre grad behöver materialåtervinningen förbättras, vilket i sin tur kräver att plasten designas med sortering och materialåtervinning i åtanke.

Åtgärderna resurssmart användning, materialsubstitution, ökad materialåtervinning och ökad användning av biobaserad plast kommer att diskuteras mer utförligt i kapitel 4.

2.3 Hantering av plastavfall idag och i framtiden

Enligt 15 kap. 1§ i miljöbalken (SFS 1998:808) definieras avfall som det ämne eller föremål som en person måste eller vill göra sig av med. I Sverige arbetar man enligt EU:s avfallshierarki, som illustreras i figur 4. Avfallshierarkin, också kallad avfallstrappan, anger i vilken ordning avfallet ska behandlas och i första hand ska avfallet förebyggas (Naturvårdsverket, 2025b). Därefter, om avfall trots allt uppkommit, ska avfallet behandlas utefter följande prioritering: återanvändning, materialåtervinning, energiåtervinning och slutligen deponering.



Figur 4: Avfallshierarkin i Sverige. Illustration: Hanna Kjellström

Syftet med avfallshierarkin är att minimera miljöpåverkan genom att bevara resurser i samhället så länge som möjligt. Avfallshierarkin är dock inte absolut, istället ska den tillämpas när det är miljömässigt motiverat och ekonomiskt rimligt (Fråne et al., 2022).

2.3.2 Hur plastavfall behandlas i praktiken idag

I Sverige är energiåtervinning den absolut vanligaste behandlingsformen för plastavfall. Statistik från Naturvårdsverket visar att mängden plast som går till förbränning har ökat de senaste åren, trots politiska ambitioner om ökad cirkularitet. Enligt Naturvårdsverkets kartläggning från år 2020 energiåtervanns då 1,1 miljoner ton plast från inhemska avfallsflöden (Fråne et al., 2022). Vid uppföljningen år 2023 hade den siffran stigit till drygt 1,2 miljoner ton (Ljungkvist Nordin et al., 2025). Denna ökning i förbränd plastmängd skedde samtidigt som den totala mängden plastråvara som sattes på den svenska marknaden faktiskt minskade under samma period. Utöver det inhemska plastavfallet tillkommer dessutom importerat avfall som förbränns i de svenska

anläggningarna, och 2023 förbrändes 451 000 ton plast importerad plast (Ljungkvist Nordin et al., 2025).

En förklaring till varför mängden plastavfall ökar utan att plastanvändningen gör det är att det finns en tidsförskjutning mellan användning och avfallsuppkomsten. Plastens livslängd i samhället varierar beroende på användningsområde, vilket skapar en fördröjd effekt i avfallssystemet. Medan kortlivade plastflöden, såsom förpackningar, engångsartiklar och hälso- och sjukvårdsavfall, når avfallsledet nästan omedelbart efter produktion, kan plasten inom andra sektorer vara bunden i samhället under en lång tid. Exempelvis är byggsektorn och fordonsindustrin sektorer där produkternas långa livslängd bidrar till att dagens avfallsflöden i hög grad reflekterar historiska snarare än samtida materialval. Enligt OECD (2022) beräknas över 90 % av det plastavfall som uppstår inom byggindustrin fram till år 2040 komma från produkter som producerades före 2019. Detta innebär att dagens och framtidens avfallsflöden under lång tid kommer att påverkas av historiska materialval, och att dagens materialval kommer ha en påverkan långt in i framtiden. Effekterna av detta syns redan idag, då äldre byggmaterial ofta innehåller miljöfarliga ämnen som idag är förbjudna och därmed behöver förbrännas, trots att de vid installationstillfället sågs som säkra material.

Materialåtervinning utgör i jämförelse en begränsad andel av den totala behandlingen. Under 2023 materialåtervanns nästan 141 000 ton plast, vilket motsvarar cirka 8 % av de kartlagda svenska plastavfallsflödena (Ljungkvist Nordin et al., 2025). Graden av återvinning varierar mycket mellan olika produktkategorier. Flöden såsom PET-flaskor har en mycket hög återvinningsgrad tack vare etablerade pantsystem, medan andra flöden såsom plast från uttjänta fordon och hälso- och sjukvårdsprodukter i princip uteslutande går till energiåtervinning. De största volymerna för materialåtervinning återfinns inom kategorier med etablerade insamlingssystem, såsom PET-flaskor, däck, lantbruksplast och vissa byggprodukter.

Det finns flera orsaker till varför inte en större andel av plastavfallet materialåtervinns, trots att det enligt avfallshierarkin ska prioriteras över energiåtervinning. Till att börja med kräver materialåtervinning att plasten sorteras ut från andra material som det ofta blandas med i avfallssorteringen. Det är dock inte tillräckligt att endast öka graden av källsortering för att minska plastens klimatpåverkan (Ljungkvist Nordin & Ahlm, 2025). Plastprodukter och förpackningar behöver även i högre grad designas för materialåtervinning för att öka materialåtervinningsgraden. I praktiken kan materialåtervinningen begränsas av plastens sammansättning, förekomst av farliga tillsatser eller låg materialkvalitet efter användning.

2.3.3 Fördelning av ansvar för avfallet som går till energiåtervinning

Året 2024 behandlades totalt 6,6 miljoner ton avfall i svenska avfallsförbränningsanläggningar (Avfall Sverige, 2024). Av detta kom 28 % från hushåll

och verksamheter i form av hushållsavfall, och 72 % var övrigt avfall från företag och industrier. Vem som ansvarar för avfallet regleras i miljöbalken, och det påverkar i sin tur kraven på insamling och sortering.

Hushållsavfall faller under kommunens ansvar och är avfall från hushåll, samt avfall från verksamheter vars sammansättning liknar hushållsavfallet (Avfall Sverige, 2024). I kategorin exkluderas till exempel rivningsavfall från hushållen trots att det ingår i det kommunala avfallet. Kommunerna ansvarar också för att ge information kring hur avfall ska hanteras och förebyggas, och ska enligt miljöbalken 15 kap. 41§ ha en avfallsplan som följs upp över tid.

Inom flera olika produktgrupper finns det i Sverige producentansvar, vilket innebär att det finansiella ansvaret för hantering och återvinning ligger hos producenterna (Avfall Sverige, 2024). I Sverige är det producentansvar på bland annat förpackningar, elektronikavfall, däck och bilar, där ansvaret syftar till att ge incitament till att utveckla resurssnåla produkter som är lätta att återvinna och fria från farliga ämnen.

Verksamhetsutövare ansvarar för det avfall som inte omfattas av kommunalt ansvar eller producentansvar (Avfall Sverige, 2024). Huvudregeln enligt miljöbalken är att verksamheter ska hantera sitt avfall på ett miljömässigt godtagbart sätt.

Det har funnits en brist på insyn i verksamhetsavfallets sammansättning länge, vilket historiskt har gjort det svårt att dra slutsatser kring verksamhetsavfallet (Granberg & Forsgren, 2024; Malder, 2022). Det är först under de senaste åren, i takt med skärpta klimatmål och ett ökat fokus på fossilfria avfallsflöden, som intresset för att undersöka dess faktiska sammansättning har tagit fart. Förra året gjordes den första stora sammanställningen av verksamhetsavfallets sammansättning på uppdrag av Naturvårdsverket. Totalt sammanställdes 166 plockanalyser från verksamhetsavfall, mellan 2024 och 2025 (Lassesson et al., 2025a). Ett centralt resultat från sammanställningen är att det finns en stor potential för ökad utsortering (Ljungkvist Nordin & Ahlm, 2025). Ungefär en tredjedel av det studerade avfallet bestod av avfallsfraktioner som har etablerade insamlingssystem, såsom förpackningsavfall, livsmedelsavfall och returpapper.

Hushållsavfallet är generellt mer välstuderat jämfört med verksamhetsavfallet. Trots att sammansättningen har varit känd och följts upp mer än verksamhetsavfallet finns det förbättringspotential. Till exempel visade plockanalyser gjorda på villor och flerbostadshus i Göteborg 2024 att mellan en fjärdedel och en tredjedel av hushållsavfallet bestod av förpackningar, där plastförpackningar utgjorde omkring hälften av förpackningarna (Edo Giménez et al., 2023). Ett liknande resultat presenterades av Avfall Sverige, när de sammanställde nästan 400 plockanalyser gjorda runt om i Sverige mellan 2021 och 2023 (Avfall Sverige, 2025). Det är dock viktigt att understryka att plasten i

hushållsavfallet inte enbart består av förpackningsmaterial. Betydande mängder fossil plast återfinns även i produkter som blöjor, hygienartiklar samt uttjänta textilier och skor.

2.3.4 Import av avfall till energiåtervinning

Förutom hushållsavfall och verksamhetsavfall förbränns även importerat avfall i många av de svenska förbränningsanläggningarna eftersom förbränningskapaciteten är större än den inhemska tillgången på brännbart avfall (Avfall Sverige, 2024). Under 2024 behandlades totalt 2,5 miljoner ton sorterat avfall som importerats från andra europeiska länder. Störst mängd avfall importerades från Storbritannien (50 %) följt av Norge (29 %) och Italien (7 %) (Ljungkvist Nordin et al., 2025).

Den största mängden importerat avfall var av typen Brännbart avfall, följt av Annat avfall och Blandat kommunalt avfall (Ljungkvist Nordin et al., 2025). Brännbart avfall ska enligt definition vara behandlat för förbränning, men vad förbehandlingen innehåller är inte specificerat enligt lag. I praktiken kan avfallet ha genomgått väldigt enkel utsortering eller avancerad sortering och bearbetning, vilket gör att mängden plast i avfallet varierar mycket mellan olika importerade avfallsmängder.

2.3.5 Målbild: en hållbar avfallshantering av plastavfall

Den övergripande politiska och samhällseliga målbilden, förankrad i avfallslagstiftning, är att avfallshierarkin ska följas fullt ut. Detta innebär att behovet av jungfruliga råvaror minimeras och att plastmaterialen cirkulerar i slutna kretslopp så länge som möjligt. I ett cirkulärt system är ambitionen att energiåtervinning endast ska användas för de restflöden som inte kan eller bör cirkulera vidare i ett slutet kretslopp. Energiåtervinning används då endast för de plastfraktioner som varken kan eller bör materialåtervinnas, exempelvis material som är kraftigt kontaminerade eller som efter upprepad återvinning har förlorat sina materiella egenskaper.

För att uppnå en mer cirkulär avfallshantering krävs enligt Naturvårdsverket (2022) förändringar inom två områden: kraftigt ökad och högkvalitativ materialåtervinning och minskat läckage av plast till naturen. Genom att materialåtervinna blir användningen av fossilt och biobaserat material mer resurseffektivt, och minskat läckage bidrar till att värdefullt material behålls i kretsloppet samtidigt som miljöskada undviks.

3. Styrmedel med fokus på plast

Miljöpolitiska styrmedel är de verktyg, styrmetoder och instrument som staten och offentliga myndigheter använder för att påverka samhällets aktörer, såväl producenter som konsumenter, att ändra sitt beteende i riktning mot uppsatta miljö- och klimatmål (Reimerson, 2021). Styrmedlen delas ofta in i tre huvudkategorier: ekonomiska, administrativa och kommunikativa. Ekonomiska styrmedel påverkar prissättningen för att göra miljöpåverkande val dyrare vilket ger incitament för mer hållbara alternativ. Administrativa styrmedel är de lagar, regler och krav som direkt begränsar aktörernas handlingsutrymme genom förbud eller obligatoriska standarder. Slutligen syftar kommunikativa styrmedel till att genom information och kunskapsspridning påverka attityder och främja frivilliga beteendeförändringar hos aktörerna.

Detta kapitel ger en översikt över nuvarande styrmedel och lagstiftning, för att vidare analysera styrmedlens faktiska effektivitet i relation till Sveriges klimatmål. Slutligen diskuteras hur framtidens styrmedel kan komma att utformas och hur fokus behöver förändras för att bryta trenden med ökande fossila utsläpp från fjärrvärmesektorn.

3.1 Nuvarande lagstiftning

Sveriges avfalls- och plastpolitik påverkas mycket av EU:s ramverk för cirkulär ekonomi. EU sätter mål och krav som antingen blir direkt gällande via förordningar, eller som måste genomföras i svensk rätt via direktiv. Det gör att svenska styrmedel ofta är ett svar på EU-krav, samtidigt som Sverige i vissa fall kan välja en högre ambitionsnivå jämfört med EU. Plastprodukter påverkas av många olika styrmedel, från många olika områden och i många olika delar av dess livscykel, från design till avfallshantering (Naturvårdsverket, 2024b).

Det finns både breda rättsakter som påverkar flera olika områden, såsom ekodesignförordningen, avfallsdirektivet och byggproduktförordningen (Naturvårdsverket, 2024b). Det finns också mer specifika regelverk som sätter krav på en viss produktkategori, som exempelvis förpackningsdirektivet, direktivet för utjänta fordon och engångsplastdirektivet. De ovannämnda produktgrupperna har alla producentansvar. I Sverige har producentansvaret också införts på produkter såsom däck, engångsartiklar och fiskredskap i syfte att ge incitament för producenten att ta fram produkter med en miljömässigt bättre design. För att styra avfallsflödena bort från deponi har Sverige dessutom deponeringsförbud för brännbart och organiskt avfall, vilket regleras i 8 § förordningen (2001:512) om deponering av avfall.

3.1.1 Revideringar och specifika förordningar

Det pågår ständigt revidering av nuvarande EU styrmedel, till följd av att nya utmaningar och mål uppstår. Naturvårdsverket konstaterade vid en analys av befintliga plastrelaterade styrmedel att 10 av 12 rättsakter inom EU var under revidering (2024b). Det visar på att

styrmedlen är under ständig utveckling. En annan trend är att styrmedlen blir strängare över tid. Ett tydligt exempel på skärpningen av styrmedlen är förordning nr 2025/40 om förpacknings- och förpackningsavfallsförordningen som gått från att vara ett mer flexibelt direktiv (94/62/EG) till en bindande förordning med striktare krav.

Sammantaget visar detta att styrmedlen inte är statiska, utan att de ständigt utvecklas för att verka effektivt och i rätt riktning. Trots skärpningar finns dock en betydande osäkerhet kring huruvida effekterna blir tillräckliga för att nå det uppsatta klimatmålet, något som kommer diskuteras mer senare i kapitlet.

3.1.2 EU ETS

Ett av de mest utbredda ekonomiska styrmedlen som reglerar industriella utsläpp är EU:s utsläppshandelssystem, EU ETS. EU ETS systemet syftar till att begränsa koldioxidutsläppen genom att det sätts en övre gräns för de totala utsläppen från alla företag i systemet (Naturvårdsverket, 2024a). Om ett företag släpper ut mindre utsläpp än antalet utsläppsrätter som företaget äger kan rätterna antingen sparas till framtida utsläpp eller säljas till andra företag som har större utsläpp än vad deras utsläppsrätter tillåter. Mängden utsläppsrätter kommer minska i framtiden, och kostnaden för utsläppen förväntas öka i takt med ökad efterfrågan.

Det är endast tre medlemsstater, Sverige, Danmark och Litauen, vars avfallsförbränningsanläggningar i dagsläget är med i systemet, då det har varit frivilligt att gå med (Naturvårdsverket, 2024a). Obligatorisk inkludering av alla europeiska anläggningar är däremot under utredning (Thernström et al., 2025). Den Europeiska kommissionen har i uppdrag att senast den 31 juli 2026 presentera en rapport som bedömer möjligheterna att inkludera kommunal avfallsförbränning i EU ETS, med sikte på ett eventuellt införande från och med 2028.

För att motverka så kallat koldioxidläckage, där industrier flyttar sin produktion till länder utanför EU med mindre strikta klimatregler, finns ett system för kostnadsfri tilldelning av utsläppsrätter (European Commission, u.å.). Gratis tilldelning delas bland annat ut till anläggningar som producerar fjärrvärme, och mängden tilldelade utsläppsrätter baserat på fastställda referensvärden, så kallade benchmarks. För att stimulera innovation och utsläppsminskningar sänks dessa referensvärden, som ligger till grund för tilldelningen, årligen. För perioden 2026-2030 har takten i denna sänkning skärpts till mellan 0,3 % och 2,5 % per år, vilket innebär att den kostnadsfria tilldelningen kommer att minska i en snabbare takt än tidigare.

3.2 Analys av styrmedlens effektivitet

För att uppnå en hållbar plastanvändning krävs politiska styrmedel som syftar till att påverka hur plast designas, används och hanteras efter användning. Frågan är dock i

vilken utsträckning dessa styrmedel är tillräckliga för att åstadkomma den förändring som krävs när det gäller att minska de fossila utsläppen från avfallsförbränningen. I detta avsnitt analyseras hur de nuvarande styrmedlen utvecklas, vilka begränsningar som finns samt hur framtidens styrmedel behöver vara utformade för att få effekt.

3.2.1 Styrmedlens begränsningar

Trots att styrmedlen ständigt uppdateras och förstärks så visar många olika studier på att nuvarande styrning inte är tillräcklig. I Naturvårdsverkets rapport *Scenarier för minskad förbränning av fossil plast i el- och fjärrvärmesektorn* simuleras ett scenario för hur befintlig lagstiftning kan minska de fossila utsläppen från avfallsförbränningen mellan 2020 och 2045 (Unsbo et al., 2024). Scenariot tar två styrmedel i beaktning, direktivet om förpackningar och förpackningsavfall samt förordningen om producentansvar för elutrustning. Ett resultat från scenariot var att den nuvarande lagstiftningen endast ger upphov till en liten minskning av fossila utsläpp vid förbränningen av avfall, och lagstiftningen är alltså otillräcklig för att nå klimatmålet. Detta konstateras också av Naturvårdsverket, då de utvärderade nuvarande styrmedel på uppdrag av regeringen, och av Klimatpolitiska rådet i deras nyläppta rapport där de utvärderar hur väl regeringens samlade politik styr mot rätt riktning med avseende mot klimatmålen (Klimatpolitiska rådet, 2026; Naturvårdsverket, 2024b).

I teorin ska nuvarande lagstiftning leda till minskade utsläpp över tid, men den faktiska utvecklingen visar som tidigare konstaterat på en motsatt trend. Trots gällande styrmedel har både mängden plast till energiåtervinning och de tillhörande fossila utsläppen i genomsnitt ökat under de senaste åren (Naturvårdsverket, 2025c; Ljungkvist Nordin et al., 2025).

Detta pekar på att det finns två olika sorters gap:

1. Gap mellan klimatmålet och nuvarande styrmedels teoretiska effekt.
2. Gap mellan de teoretiska effekterna av nuvarande styrmedel och den faktiska utvecklingen.

Att trenden gått åt fel håll understryker att de befintliga styrmedlen saknar den kraft som behövs för att styra marknaden mot cirkularitet och minskade fossila koldioxidutsläpp. För att förstå varför dessa styrmedel inte ger önskad effekt, behöver de underliggande marknadsmisslyckanden som präglar plastens värdekedja studeras (Naturvårdsverket, 2024b).

3.2.2 Marknadsmisslyckanden

Ett grundläggande problem är marknadsmisslyckandet, där priset på nyutvunnen fossil plast inte speglar dess faktiska miljökostnader (Naturvårdsverket, 2024b). Konsekvensen blir att plast framstår som billigare än vad som är samhällsekonomiskt optimalt, vilket minskar incitamenten att minska användningen eller att ersätta den med återvunnen eller

biobaserad råvara. Naturvårdsverket pekar på att detta leder till att efterfrågan på återvunnen plast förblir låg, samtidigt som investeringar i materialåtervinning blir mindre gynnsamma. När ny plast är billig blir det dessutom mer lönsamt att producera nytt jämfört med att reparera, återanvända eller återvinna redan existerande produkter.

Ett ytterligare marknadsmisslyckande är att incitamenten är ojämnt fördelade längs med värdekedjan (Naturvårdsverket, 2024a). Kostnader för att designa produkter som är lättare att återvinna uppstår tidigt i produktionsledet, medan nyttan uppstår senare i avfallshanteringen. Detta gör att producenter saknar ekonomiska incitament att förbättra designen av produkten. Att plastens livscykel är fragmenterad, det vill säga lång och involverar många olika aktörer, förstärker detta problem ytterligare (Naturvårdsverket, 2024a). Om producenten av produkten bär kostnaden för avfallshanteringen ger det incitament för att designa bättre produkter.

3.3 Framtidens styrmedel och behov av förändrat fokus

3.3.1 Statens och företagens roll i omställningen

Givet de identifierade bristerna i nuvarande styrning, krävs en diskussion om hur framtidens styrmedel bör utformas och vilken roll olika samhällsaktörer bör spela. Statens roll i en omställning är främst att utforma ramverk och lämplig styrning, snarare än att välja specifika tekniska lösningar (Naturvårdsverket, 2024b). Det är företag själva som har bäst kännedom om sina egna verksamheter och marknader, och det är alltså de som är bäst lämpade att välja åtgärder när väl de ekonomiska förutsättningarna är på plats. Statens fokus bör istället ligga på att utforma en lämplig styrning som ger ekonomiska incitament för aktörer att välja mer hållbara alternativ.

3.3.2 Behov av förändrade styrmedel

För att stoppa de gap som identifierats och motverka de ökade utsläppen från avfallsförbränningen krävs förändringar i styrmedlens fokus. Baserat på Naturvårdsverkets regeringsuppdrag *Rätt plast på rätt plats* (2024b), krävs styrmedel som adresserar plastens värdekedja i ett tidigt skede. Detta för att bryta den linjära trenden. Ett effektivt sätt att minska plastens negativa miljöeffekter är att minska efterfrågan på plast. Enligt Naturvårdsverket (2024b) är det mest samhällsekonomiskt effektiva sättet att korrigera marknadsmisslyckandet att internalisera plastens miljökostnader i priset. Detta kan ske genom en bred miljöskatt eller avgift på all nyutvunnen fossil plastråvara, vilket i sin tur kan skapa de ekonomiska incitament som idag saknas för att minska mängden ny plast och istället främja återvunnen råvara och cirkulära affärsmodeller.

Genom att kombinera olika befintliga styrmedel kan effekten bli lik den för en koldioxidskatt. Till exempel kan producentansvar i kombination med EU ETS bidra till att kostnaderna för utsläppen läggs på producenten, under förutsättningen att kostnaden för utsläppsrätter kan föras över från förbränningsanläggningen till avfallslämnaren

(Naturvårdsverket, 2024a). I praktiken är det dock svårt att överföra prissignalerna uppströms i värdekedjan, särskilt från energiåtervinningen. Det fossila innehållet i bränslet är ofta okänt för förbränningsanläggningen vid mottagningen, och kostnaden för kostnaden för utsläppen fördelas ofta ut på den totala avfallsmängden, istället för på de laster med hög fossilandel. Om EU ETS ska ha en större styrande effekt uppströms från förbränningsanläggningen är det nödvändigt att priset för utsläppen når de aktörer som sätter plast på marknaden (Granberg & Forsgren, 2024).

3.3.3 Sammanfattning och vägen framåt

Sammanfattningsvis beror plastproblemet på ett marknadsmisslyckande där ny fossil plast är för billig eftersom dess miljökostnader inte inkluderas i priset. Dagens lagstiftning är otillräcklig för att nå klimatmålen, vilket bidrar till att stora mängder plast fortsatt kommer att hamna till energiåtervinning. För en cirkulär omställning krävs styrmedel som internaliserar miljökostnaderna och flyttar det ekonomiska ansvaret till producentledet.

Generellt understryker Naturvårdsverket att fokus behöver riktas mer till produktion och design. Nuvarande lagstiftning har generellt ett större fokus på insamling och hanteringen av avfallet jämfört med tidiga steg i plastens värdekedja, såsom design, produktion och försäljning, vilket gör det är svårt att komma till botten av problemet (Naturvårdsverket, 2024b). Styrmedel behöver alltså i större grad riktas mot producenterna.

Det konstateras också att det saknas styrmedel som påverkar vår konsumtion av plast (Naturvårdsverket, 2024b). Att internalisera miljökostnaderna i priset beskrivs som ett sätt att minska konsumtionen, och det följer principen att förorenaren betalar. Genom att ny plast blir dyrare förbättras förutsättningarna för en minskad konsumtion samtidigt som marknaden för återvunnen plast förstärks. Att styrmedel som påverkar konsumtionen saknas kan delvis förklaras av utmaningar kring politisk och social acceptans. Det är generellt lättare att få igenom åtgärder som hanterar konsekvenserna av ett problem jämfört med ingrepp som kräver förändrade konsumtionsmönster hos individen.

Det behövs många olika styrmedel och åtgärder för att målet ska uppnås. En slutsats som gjorts av Unsbo et al. (2024) är att många olika åtgärder, med fokus på många olika delar av plastens livscykel, krävs för att det svenska klimatmålet om att uppnå nettonollutsläpp senast 2045 ska uppnås. På samma sätt krävs en bred uppsättning av kompletterande styrmedel för att minska plastens miljöpåverkan (OECD, 2022). Ökat samarbete mellan aktörer är en ytterligare punkt som Naturvårdsverket (2024b) rekommenderar, eftersom plastfrågan är för komplex för en enskild aktör att lösa.

4. Åtgärder som kan påverka mängden plast som går till förbränning

De tidigare kapitlen har beskrivit dagens plastanvändning och avfallshantering, energiåtervinningens roll i energi- och avfallssystemet samt en analys av relevant lagstiftning. Detta kapitel har ett framåtblickande perspektiv, för att kunna analysera vilka åtgärder som kan påverka plastmängden som går till energiåtervinning i framtiden. För att förstå hur förutsättningarna för dessa åtgärder ser ut i framtiden kommer deras hinder och potential att studeras.

Det finns många olika rapporter som nämner olika åtgärder som påverkar mängden plast som går till förbränning. De åtgärder som analyseras i detta arbete uppfyller något av följande kriterier:

- a) Åtgärden har etablerade teoretiska potentialer från åtminstone två oberoende källor
- b) Åtgärden har en stark koppling till energiåtervinningsanläggningen

De åtgärder som uppfyller kriterierna sammanfattas i tabell 1. Tabellen ger en kort beskrivning av vad åtgärden innebär samt vart i plastens livscykel relativt energiåtervinningsanläggningen förändringen sker.

Tabell 1: Översikt över delåtgärder som analyseras i arbetet, vad de innebär samt vart i plastens livscykel de sker i relation till förbränningsanläggningen

Åtgärd	Beskrivning	Livscykel-steg i fokus
Resurssmart plastanvändning	Minskad onödig konsumtion och effektivare design	Uppströms anläggningen
Materialsstitution	Ersätta plast mot andra material med lägre klimatavtryck	Uppströms anläggningen
Biobaserad plast	Ersätta fossil plast med plast från förnybar råvara	Uppströms anläggningen
Ökad materialåtervinning	Mekanisk och kemisk återvinning av plastavfall	Uppströms anläggningen
Förbehandling	Teknisk utsortering av plast från restavfallet	I nära anslutning till anläggningen
Avskiljning och lagring av koldioxid	Uppfångning av koldioxid från rökgaser	Hos anläggningen

I kapitel 4.3 diskuteras finansiella och administrativa åtgärder hos förbränningsanläggningar mer i detalj. De åtgärder som kommer att analyseras är: striktare mottagningskriterier, differentierade avgifter samt förbättrad återkoppling och samverkan.

4.1 Åtgärder uppströms förbränningsanläggningen

4.1.1 Resurssmart plastanvändning

Åtgärden Resurssmart plastanvändning berör både produktionen och konsumtionen av plastprodukter. Enligt IVLs rapport *Var behövs plasten?*, så finns det en stor potential för att minska onödig plastanvändning (Almasi et al., 2023). Flödet med störst potential för minskad plastanvändning är förpackningar, men även bygg- och rivningsavfall. Rapporten understryker att det inte är plasten i sig som är problemet, utan samhällets konsumtionsvanor kring plasten. I forskning har det framgått att mängden genererat plastavfall minimeras som mest då en förbättrad avfallshantering kombinerades med minskad plastanvändning (Lebreton & Andrady, 2019). Både producenter och konsumenter bör därför ifrågasätta vilka produkter som faktiskt behöver konsumeras och produceras (Almasi et al., 2023).

I litteraturen lyfts det att åtgärder kopplade till resurssmart plastanvändning kan bidra till en minskning av den totala plastanvändningen på 11-25 % (Naturvårdsverket, 2022). I Naturvårdsverkets scenario-rapport konstaterar de att resurssmart plastanvändning hade kunnat ge upphov till en minskning på 14 % till 2035, och 20 % till 2045, vad gäller fossila utsläpp (Unsbo et al., 2024).

Ett genomgående hinder är att ny fossil plast förblir billig, då dess miljökostnader inte är fullt internaliserade i priset. Det betyder att producenterna saknar incitament till att minska användandet av fossil råvara. Ett annat hinder är att det kan vara svårt att förändra beteenden kopplade till konsumtion av plastvaror. Rapporten lyfter också att det finns en stor medvetenhet om att plastförpackningar har en stor potential för minskad plastanvändning, snarare än plastprodukter i sig (Almasi et al., 2023). En förklaring som presenteras är att förpackningar lättare kan ifrågasättas än själva produkterna, eftersom diskussionen då kan fokusera på förpackningens funktion och materialval snarare än på den grundläggande plastkonsumtionen.

4.1.2 Materialsubstitution

Åtgärden materialsubstitution innebär att plast ersätts med alternativa material som har en lägre total klimatpåverkan, såsom fiberbaserade material, glas eller metall. Glasförpackningar kan ha högre klimatpåverkan jämfört med plastförpackningar om de används som engångsprodukter, främst genom att de är tyngre vilken i sin tur påverkar deras energi- och transportpåverkan (Dolci et al., 2025). Om glasförpackningen däremot används flera gånger eller om materialet materialåtervinns kan miljöpåverkan bli

densamma eller lägre jämfört med för plastförpackningar. Samma slutsats gäller för metallförpackningar, ju fler gånger de återanvänds och materialåtervinns desto bättre är deras miljöprestanda jämfört med plastförpackningar.

Enligt Naturvårdsverkets uppskattningar bedöms materialsubstitution ha potentialen att minska den totala mängden plast med på 6-12 % (Naturvårdsverket, 2022). Unsbo et al. (2024) presenterar prognoser i en liknande storleksordning, där substitution förväntas bidra till en minskning med 8 % till år 2035 och 11 % till år 2045 av fossila utsläpp vid förbränning.

Trots den teoretiska potentialen finns hinder kopplade till materialens egenskaper. Plast är unik i att den har låg vikt, täthet och transparens, egenskaper som är svåra att replikera med andra material utan att kompromissa med produktens funktion eller livslängd (Almasi et al., 2023). Vanliga substitut som glas eller metall saknar plastens flexibilitet och lätta vikt, vilket kan leda till tyngre transporter och därmed ökade utsläpp. Andra substitut, såsom papper, har inte samma transparens och barriäregenskaper. Det är därför avgörande att tillämpa ett systemperspektiv vid substitution. Att ta bort plasten innebär inte automatiskt en miljömässig förbättring om det alternativa materialet kräver mer energi vid produktion eller medför ett ökat produktsvinn.

4.1.3 Ökad användning av biobaserad plast

En central åtgärd för att minska beroendet av fossila råvaror är övergången till biobaserad plast, vilket minskar fossila koldioxidutsläpp vid energiåtervinning då det kol som frigörs vid förbränning betraktas som biogent och därmed klimatneutralt. Som tidigare nämnt (se kapitel 2.2.2), bör bytet mot biobaserad plast göras där nyttan är som störst miljömässigt, vilket till exempel kan handla om att använda mer bioplast i produkter som inte går att materialåtervinna (Naturvårdsverket, 2025f).

Naturvårdsverket understryker också att det är viktigt att se på biobaserad plast som en begränsad produkt, då en för stor användning av råvarorna som krävs för biobaserad plast, exempelvis trä och majs, kan leda till negativa effekter för den biologiska mångfalden och klimatet (Naturvårdsverket, 2024b). I en översiktsartikel som jämför livscykelanalyser för plast med andra förpackningsmaterial fastslås det att bioplast är bättre än konventionell plast ur klimatsynpunkt, men inte ur några andra miljöpåverkanskategorier (Dolci et al., 2025).

Produktionen av biobaserad plast har ökat de senaste åren, men utgör fortfarande en mycket liten andel av den totala plastproduktionen (Brännström et al., 2022). Prognoser pekar på att det hade varit möjligt att 19-34 % av plasten som används 2045 kommer från biobaserad råvara (Naturvårdsverket, 2022). Enligt Unsbo et al. (2024) är potentialen för minskade fossila utsläpp hos energiåtervinningen något lägre, 15 % till år 2035 och 20 % till 2045.

Det största hindret för bioplast är att det finns begränsad tillgång på hållbar bioråvara. Det finns också målkonflikter gällande vad biomaterial och markanvändningen ska användas till, där bioplastproduktionen exempelvis kan konkurrera med livsmedelsproduktionen (Brännström et al., 2022). Även om det i nuläget inte finns tecken på att konkurrensen mellan bioplast och livsmedelsproduktionen är väsentlig (Brännström et al., 2022), är det något som behövs tas i beaktning i framtiden. Klimatnyttan av att byta bioplast mot fossil plast måste alltså vägas mot andra miljöaspekter och intressen.

Konkurrensen om växtbaserade råvaror kan öka priset på biobaserad plast, vilket i sin tur kan bli ett hinder för storskalig användning ifall kostnaden blir för stor. Utmaningen kan förstärkas av att den fossila plasten är billig, eftersom att de miljömässiga kostnaderna inte är internaliserade i dess pris. Enligt Brännström et al. påverkas takten i omställningen till biobaserad plast delvis av marknadspriset (Brännström et al., 2022). Om prisskillnaden mellan den fossila plasten och bioplasten blir alltför stor, kan alltså incitamenten för att byta ut råvaran minska.

4.1.4 Ökad mekanisk och kemisk materialåtervinning

Den vanligaste tekniken för plaståtervinning är mekanisk återvinning, då plasten smälts ner för att omformas till en ny plastprodukt (Ljungkvist Nordin & Ahlm, 2025). Vid mekanisk återvinning är det vanligt att kvaliteten försämras då plasten smälts, och användningsområdet kan bli förändrat. Plast kan också återvinnas kemiskt, då plastmaterialet bryts ner till dess mindre beståndsdelar, vilket generellt kräver mer energi jämfört med mekanisk återvinning.

För att materialet ska kunna återvinnas krävs flera processteg, såsom insamling, försortering, sönderdelning, tvätt och kvarning och granulering (Ljungkvist Nordin & Ahlm, 2025). Generellt uppstår förluster av material vid varje process steg, och andelen plast som faktiskt materialåtervinns i slutändan kan variera mycket. Exakt vilka processteg som behövs beror till exempel på plastsorten samt vilken återvinningsteknik som ska användas. I Sverige har vi en avancerad sorteringsanläggning, Site Zero, som tar emot plastförpackningar. Anläggningen klarar att sortera ut 95 % av den inkommande plasten utefter plasttyp (Svensk Plaståtervinning, 2025b).

Det finns en stor potential att styra om olika avfallsflöden och att öka mängden plast som går till materialåtervinning. Enligt Unsbo et al (2024) har en ökad mekanisk materialåtervinning i teorin kunnat minska de fossila utsläppen ifrån avfallsförbränningen med 40 % till 2035, och 59 % till 2045 (jämfört med utsläppsnivåerna 2020). Kemisk materialåtervinning har svårare att bidra till minskade utsläpp, vilket kan förklaras av att mer energi och avancerad teknik krävs. Den kemiska materialåtervinningen uppskattas därför endast kunna bidra till en utsläppsminskning på 4 % till 2035, och 5 % till 2045. Ett viktigt antagande till de teoretiska potentialerna är att de inte tar hänsyn till den plast

som sorteras ut men som sedan går tillbaka till energiåtervinningen i form av rejekt, och den utsläppsminskningen blir i praktiken antagligen mindre.

Trots avfallshierarkins tydliga prioriteringar möter materialåtervinningen av plast betydande praktiska utmaningar. Ett betydande hinder är att många plastprodukter inte är designade för materialåtervinning. Det är mycket vanligt att produkter innehållande plast består av komplexa materialkombinationer eller innehåller tillsatser som gör dem svåra att separera eller cirkulera i en sluten loop. I praktiken innebär detta att en stor del av den utsorterade plasten i slutändan blir så kallat plastrejekt, det vill säga plast som av olika anledningar inte går att materialåtervinna och som därför skickas tillbaka till energiåtervinning. År 2023 blev exempelvis mer än 60 % av de källsorterade plastförpackningar som togs emot vid eftersorteringsanläggningen i Motala (tidigare FTL, numera Svensk Plaståtervinning) till plastrejekt på grund av just denna bristande hänsyn till återvinningsdesign (Edo Giménez et al., 2023).

Andra förklaringar till varför en så liten andel av det utsorterade plastavfallet faktiskt materialåtervinns är att efterfrågan på återvunnen plast är för låg, priset på återvunnen plast är för hög i jämförelse med jungfrulig råvara, kvaliteten på den återvunna plasten är sämre jämfört med nyproducerad plast samt orsaker som tekniska hinder eller bristande styrning (Nordzell et al., 2021). För att öka materialåtervinningen behöver både efterfrågan och utbudet av återvunnen plast öka. På samma sätt som för bioplasten, kan återvunnen plast bli mer konkurrenskraftig ifall priset på den fossila plasten ökar.

Utöver designmässiga och ekonomiska barriärer utgör själva insamlingen och utsorteringen ett kritiskt hinder för att få ett system som prioriterar materialåtervinning. Som tidigare konstaterats (se avsnitt 2.2.3) består en tredjedel av verksamhetsavfallet som går till förbränning av material som har etablerade insamlingssystem och som ofta hade kunnat materialåtervinnas (Lassesson et al., 2025a). För att skapa ett cirkulärt flöde behöver insamlingen öka och sorteringen bli mer noggrann, så att material inte försvinner ur kretsloppet (Nordzell et al., 2021). Olika tidigare projekt har visat att sortering närmare källan där avfallet uppstår ger den renaste materialströmmen, vilket i sin tur underlättar materialåtervinningen (Naturvårdsverket, 2024b). Ett centralt problem är dock att det är svårt att överföra incitamenten för utsortering till kunden.

Sammanfattningsvis har ökad materialåtervinning stor potential att minska de fossila utsläppen hos energiåtervinningen, genom att mer plast samlas in och materialåtervinns. Dock behöver alla delar i värdekedjan för plast förbättras, från tillverkningen och användningen till insamling och sortering, för att materialåtervinningen i praktiken ska öka.

4.2 Tekniska åtgärder hos förbränningsanläggningen

I detta kapitel analyseras åtgärder som sker hos eller i närheten av förbränningsanläggningarna. De två teknikerna är: utökat antal förbehandlingsanläggningar och avskiljning och lagring av koldioxid.

4.2.1 Utökat antal förbehandlingsanläggningar

Förbehandling, tidigare kallat eftersortering, av restavfall är ett sätt att minska förbränningen av plast som av olika anledningar inte källsorteras. I dagsläget finns endast ett fåtal förbehandlingsanläggningar för utsortering av plast från hushållens restavfall, men flera maskinella anläggningar med optisk sortering är under projektering (Granberg & Forsgren, 2024). Till exempel har Tekniska verken i Linköping nyligen invigt en högteknologisk sorteringsanläggning som automatiskt sorterar ut fem olika återvinningsbara material, däribland plast, från restavfall (Tekniska Verken, 2026). Vid sidan av maskinella lösningar förekommer ibland manuell förbehandling av avfallet som går till energiåtervinning, vilket kan vara ett bra alternativ för de flöden som inte lämpar sig för automatiserad sortering (Granberg & Forsgren, 2024). Till exempel sorterar avfallsföretagen ofta ut fraktioner som kan materialåtervinnas innan resterna skickas till förbränning.

Enligt Unsbo et al. (2024) har åtgärden ökat antal förbehandlingsanläggningar potential att påverka mängden plast i tre primära flöden; Blandat verksamhetsavfall och sorteringsrester, Plast i kommunalt restavfall samt Import av avfall som innehåller plast till energiutvinning. Det blandade verksamhetsavfallet antas kunna minska med 16 % till 2035 och 18 % till 2045, medan det kommunala restavfallet och det importerade avfallet kan minska med 21 % till 2035 och 25 % till 2045. När dessa minskningar vägs mot den totala mängden plast som går till energiåtervinning blir den samlade effekten 11 % år 2035 och 13 % år 2045, under antagandet att övriga flöden förblir oförändrade.

Den relativa låga potentialen kan dels förklaras av att endast tre av de plastflödena som går till förbränning är lämpade att förbehandlas. De tre flödena, som presenterades i stycket ovan, utgör tillsammans 60 % av det totala plastflödet till förbränning (Ljungkvist Nordin et al., 2025). Den begränsade effekten beror också på att en stor del av den plast som sorteras ut inte kan materialåtervinnas, och därför kommer tillbaka till energiåtervinningen i form av plastrejekt. I rapporten *Backcasting- Hur når Sverige fossilfri energiåtervinning från avfallsförbränning?* analyseras potentialen för olika åtgärder, och författarna antar bland annat att 50 % av all plast som går igenom en förbehandlingsanläggning kan sorteras ut, och att 40 % av den utsorterade plasten i sin tur kan materialåtervinnas (Granberg & Forsgren, 2024). Resultatet blir att 20 % av den plasten som går igenom sorteringen materialåtervinns, vilket liknar den potential som presenteras av Unsbo et al. (Unsbo et al., 2024). Potentialen hade kunnat vara ännu större,

om mer plast kan sorteras ut i anläggningen, eller om en större andel går att materialåtervinna.

Något som hade kunnat ses som ett hinder för försorteringsanläggningarna är att det kan minska motivationen för både privatpersoner och verksamheter att sortera rätt från början, om kommunikationen formuleras på fel sätt (Granberg & Forsgren, 2024). Det är viktigt att poängtera till allmänheten att förbehandling inte är ett argument för att sluta källsortera. Synen på att förbehandling är ett komplement till källsortering är till exempel en stor bidragande faktor till att Avfall Sverige förordar att processen kallas förbehandling, i stället för den tidigare benämningen eftersortering. Sorteringen ska inte ses som ett sätt att efterkorrigera dålig sortering vid källan, utan istället som en metod för att förbereda det redan källsorterade avfallet för förbränning. Att sortera rätt nära källan där avfallet uppstår är det effektivaste sättet att få rena avfallsströmmar (Naturvårdsverket, 2024b).

Ett annat hinder är att en stor del av den plast som sorteras ut i slutändan återförs till energiåtervinningen som plastrejekt. Detta beror ofta på att materialet är för smutsigt eller komplext för dagens återvinningsmetoder. I den tidigare nämnda rapporten *Backcasting- Hur når Sverige fossilfri energiåtervinning från avfallsförbränning?* studerades effekterna av åtgärden ”Annan avsättning för rejekt från utsortering av plast från hushållsavfall”, vilken bygger på antagandet att den plast som idag sorteras ut men inte kan materialåtervinnas, i framtiden kan återvinnas till en lägre kvalitet (Granberg & Forsgren, 2024). Resultatet visade att potentialen för den åtgärden var större än för förbehandlingsanläggningen i sig, vilket understryker att sorteringens klimatnytta är direkt beroende av att materialåtervinningen utvecklas parallellt.

Ett annat betydande systematiskt hinder är den otydliga ansvarsfördelningen gällande vem som bör finansiera och driva förbehandlingsanläggningar (Avfall Sverige, 2021). Enligt gällande lagstiftning har producenterna av vissa produktkategorier ett juridiskt ansvar för att deras produkter samlas in och materialåtervinns, men i praktiken hamnar en stor del av plasten ändå i restavfallet. Samtidigt landar de fysiska och ekonomiska konsekvenserna av misslyckandet hos energiåtervinningsbolagen som förbränner avfallet. Utan ett förtydligt ansvar blir det riskabelt att ta långsiktiga ekonomiska beslut för bland annat energiföretaget.

4.2.2 Avskiljning och lagring av koldioxid

Avskiljning och lagring av koldioxid, ofta förkortat CCS efter engelskans Carbon Capture and Storage, ses som en avgörande teknik för att nå målen om netto noll-utsläpp inom energiåtervinning av avfall. Till skillnad från förbehandling, som syftar till att lyfta bort materialet innan förbränning, är CCS en så kallad ”end-of-pipe”-lösning där koldioxiden fångas upp ur rökgaserna efter förbränning.

Potentialen för koldioxidavskiljning bedöms generellt vara stor. På anläggningsnivå kan tekniken reducera utsläppen ur rökgaserna med mer än 90 % (Brandl et al., 2021). På nationell nivå blir siffrorna mer dämpade, då CCS endast är kostnadseffektivt på större anläggningar. Enligt scenarier analyserade av Unsbo et al. (2024) kan tekniken reducera de totala utsläppen från sektorn med upp till 50 % till år 2035 och 64 % till år 2045. Utsläppsminskningen är beräknad med antagandet att Sveriges 10 största förbränningsanläggningar bygger ut CCS-anläggningar, och att 90 % av utsläppen ifrån dessa avskiljs. Andra prognoser är mer konservativa och uppskattar den nationella reduktionspotentialen till maximalt 45 % till år 2045 (Granberg & Forsgren, 2024).

CCS-anläggningar kan också avskilja biogen koldioxid, och kallas då Bio-CCS (Westerberg et al., 2025). Vid avfallsförbränningen släpps stora mängder av både biogen och fossil koldioxid ut, och båda fraktionerna avskiljs i processen. När de biogena utsläppen fångas upp och lagras permanent blir anläggningen en koldioxidsänka. Detta medför att anläggningens totala nettoutsläpp blir betydligt lägre än de fossila utsläppen, vilket skapar så kallade negativa utsläpp. Det pågår en diskussion om huruvida negativa utsläpp ska integreras i befintliga EU-ramverk, såsom utsläppshandeln, för att öka kostnadseffektiviteten, eller om de i stället bör regleras separat (Westerberg et al., 2025).

I dagsläget är flera svenska CCS-projekt under uppstart. Ett hinder som gjort att antalet inte är fler är att tekniken kräver mycket stora investeringar. Enligt Avfall Sverige finns tekniken, men i nuläget finns det inte bra möjligheter att finansiera investeringar i CCS (Avfall Sverige, 2021). Till viss del kommer den fossila delen att finansieras genom företagets minskade behov av utsläppsrätter från EU ETS. Dock är det oklart om kostnaden för att släppa ut ett ton koldioxid kommer bli lägre än den uppskattade kostnaden för CCS i framtiden. Ju mer kostnaden för utsläppsrätterna ökar desto större blir det ekonomiska incitamentet att investera i teknik som drastiskt minskar de fossila utsläppen.

Trots de höga investeringskostnaderna och den ekonomiska osäkerheten finns det idag statliga stöd som driver utvecklingen framåt. Ett aktuellt exempel är Energimyndighetens beslut att bevilja Öresundskraft 228 miljoner kronor i stöd för att bygga en fullskalig CCS-anläggning vid Filbornaverket i Helsingborg (Energimyndigheten, 2025b). Stockholm Exergi har också fått ekonomiskt stöd ifrån Energimyndigheten, på 20 miljarder kronor, för att företaget ska lagra över 11 miljoner ton koldioxid (Energimyndigheten, 2025a). Det finns olika stöd att få beroende på om utsläppen är fossila eller biogena, och en del finansieringslösningar funkar både för fossila och biogena utsläpp medan andra endast funkar för en av dem (Westerberg et al., 2025). Det kan bli en särskild utmaning för avfallsförbränningen, där den koldioxid som frigörs både är biogen och fossil. På kort sikt behövs antagligen en kombination av olika finansieringslösningar. På lång sikt behöver de olika finansieringsmöjligheterna utstakas, så att de planerade projekten inte förlorar tempo eller tvingas lägga ner.

Utöver den ekonomiska risken finns också tekniska och legala hinder. Ett tekniskt problem är att rökgasvolymen minskar vid koldioxidavskiljning, vilket höjer koncentrationen av kvarvarande föroreningar som kväveoxider (Lindgren et al., 2025). Detta riskerar leda till att lagstadgade utsläppsvärden överskrids, trots att de faktiska mängderna är oförändrade. Ett annat exempel på ett tekniskt hinder är EU ETS-rapporteringens strikta krav vad gäller mätprecision. När avskiljningen är i drift kommer koldioxidhalterna som släpps ut ur anläggningen vara mycket låga, men vid ett eventuellt stopp i avskiljningen stiger de snabbt, och det kan vara svårt att hitta mätsystem som hanterar båda dessa lägen, högt såsom lågt, med den noggrannhet som krävs. Det finns också osäkerheter i hur och var den insamlade koldioxiden ska slutförvaras, och energibolagen behöver kunna säkerställa att det finns aktörer som har kapacitet att ta emot, transportera och permanent slutförvara koldioxiden på ett säkert sätt.

De ekonomiska riskerna, i kombination med tekniska hinder och ett osäkert omvärldsläge, har gjort att planerna för CCS inom fjärrvärmens har saktat ner det senaste året (Profu, 2026). Ett tydligt exempel på denna avvaktande hållning är Söderenergis beslut att pausa sitt bioCCS-projekt. Enligt företagets VD är riskerna i dagsläget för stora, samtidigt som marknaden för kolkrediter fortfarande är alltför omogen för att motivera de omfattande investeringarna (Wickström, 2026). För att hindra att fler projekt pausas eller helt avbryts krävs det att de ekonomiska och tekniska hindren som finns motarbetas.

4.3 Åtgärder hos anläggningen kopplat till avtal och återkoppling

För att minska mängden återvinningsbart material som förbränns brukar energiåtervinningsföretagen, enligt Avfall Sverige, kontrollera bränslet som tas emot samt föra dialog med avfallsleverantörerna (Avfall Sverige, 2022). Ytterligare åtgärder som finns är att ställa skarpare krav på avfallet, praktisera prisdifferentiering och öka återkopplingen med avfallsleverantörerna.

Delåtgärder som kommer att diskuteras är därför:

- Striktare mottagningskriterier och avtal
- Differentierade avgifter
- Förbättrad återkoppling och samverkan

Dessa åtgärder är extra intressanta då de är inom förbränningsanläggningens handlingsutrymme. För att förstå hur anläggningen kan använda sig av åtgärden är det värdefullt att gå igenom möjliga potentialer och hinder, på samma sätt som för de tidigare åtgärderna.

4.3.1 Striktare mottagningskriterier

Mottagningskriterier är de krav som energiföretaget ställer på det inkommande avfallet. Det kan handla om innehållet, kvaliteten eller andelen önskad material. Historiskt har dessa kriterier främst syftat till att stoppa inert material och farligt avfall från att ta sig in i anläggningen, av säkerhetsskäl (Avfall Sverige, 2022). Idag finns dock en växande strategisk potential i att använda kriterierna för att begränsa specifika fraktioner, såsom återvinningsbar plast, för att minska anläggningens fossila utsläpp.

I Naturvårdsverkets sammanställning av plockanalyser på verksamhetsavfall föreslår författarna att fler studier kring sammansättningen behöver göras (Lassesson et al., 2025a). De föreslår också att fler undersökningar av förbränningsanläggningarnas mottagningskriterier och hur de kan påverka resultatet i verksamhetsavfallet ska utföras. För att kriterierna ska ge effekt behöver kraven i avtalen vara mätbara och de behöver innehålla tydliga konsekvenser, såsom viten, ifall kraven inte efterlevs.

En av de största utmaningarna med att skärpa avtal och kontroller är konkurrensen på avfallsmarknaden. Å ena sidan vill företagen minska de fossila utsläppen från anläggningen och på så vis minska kostnaden för utsläppsrätter. Å andra sidan riskerar hårda krav leda till att avfallsleverantörer väljer andra anläggningar där det är billigare att lämna avfallet (Avfall Sverige, 2021). Det kan leda till att avfallet istället transporteras längre sträckor till andra anläggningar, eller bidrar till ökad deponering ifall avfallet är importerat (Naturvårdsverket, 2025a). Effekterna är alltså både negativa på systemnivå, då utsläppen hade kunnat bli större, men också för den egna anläggningen, om bristen på bränsle leder till minskad producerad värme och el.

Frågan om konkurrens är särskilt kritisk vid import av avfall. Svenska anläggningar har länge konkurrerat med europeiska anläggningar som inte omfattas av EU ETS, vilket skapar en ojämn spelplan (Naturvårdsverket, 2025a; Thernström et al., 2025). För att tackla den ojämna spelplanen rekommenderar Thernström et al. att alla avfallsförbränningsanläggningar ska delta i ETS1, något som förhoppningsvis kommer att träda i kraft 2028. För att undvika att det importerade avfallet i ökad utsträckning går till deponi krävs kompletterande styrmedel, såsom inkludering av deponier i EU ETS-systemet (Naturvårdsverket, 2025a).

4.3.2 Differentierade avgifter

Ett sätt att skärpa kraven på det inkommande avfallet är att implementera differentierade avgifter, där priset för att lämna in avfall blir högre om plastandelen är högre. Differentierade avgifter tillämpas idag redan av flera svenska avfallsförbränningsanläggningar (Naturvårdsverket, 2025a). Genom att priset för en hög andel plast höjs förflyttas en del av kostnaden för utsläppen till avfallsavlämnaren, något som tidigare nämnts som ett viktigt steg för att ge producenten incitament att minska plasten. Enligt antaganden i projektet *Backcasting* (Granberg & Forsgren, 2024) bedöms införandet av differentierade avgifter, i kombination med återkoppling kring

klimatpåverkan, ha en effekt på avfallsströmmarna. Initialt antas åtgärden kunna minska 5 % av plastflödet i det blandade verksamhetsavfallet fem år fram i tiden. På längre sikt, 10 år framåt, beräknas denna siffra stiga till 20 %.

Trots potentialen finns det hinder som kan påverka effekten av åtgärden. Ett av de främsta problemen är svårigheten att fastställa plastinnehållet i varje enskilt last vilket i förlängningen gör det svårt att kontrollera att rätt priskategori faktiskt används. Idag sker bränslekontroller ofta i form av manuella kontroller av personal på anläggningen, i syfte att säkerställa att avfallet uppfyller de uppställda kraven. Begränsningar med mänskliga kontroller är att det är svårt att kontrollera allt avfall som kommer in till en anläggning, då mängderna ofta är för stora.

Ytterligare utmaningar vid kontrollerna uppstår till följd av att avfallsets variation är mycket stort. Många produkter består av flera sammansatta material och blir under avfallshanteringen smutsiga, vilket gör det utmanande att visuellt avgöra den totala fossila mängden i en enskild artikel (Lassesson et al., 2025b). Det är också omöjligt att uppskatta om plasten kommer från fossil, biobaserad eller återvunnen plastråvara. Teknikutveckling inom bränslekontroller är därför en förutsättning för att kontrollen i framtiden ska bli bättre (Avfall Sverige, 2021).

Ett verktyg som har tagits fram med syftet att skanna mängden plast i avfall är FossilEye, som utvecklats genom ett samarbete mellan Tekniska Verken i Linköping, Vattenfall och Umeå Energi (Lassesson et al., 2025b). FossilEye använder Near-Infrared (NIR) teknologi för att mäta plastandelen i blandat avfall. Genom att snabbt kunna ge en signal om fossilandelen i det inkommande avfallet kan ansvaret för utsläppen allokeras till den som lämnat avfallet. På sikt ska FossilEye kunna användas för att ge rörliga mottagningsavgifter, där kostnaden för det specifika avfallslasset beror på resultatet från scanningen av verktyget. Tekniker, såsom FossilEye, kommer i framtiden kunna underlätta kontrollen av fossilandelen i det inlämnade avfallet (Bäcker et al., 2023).

4.3.3 Förbättrad återkoppling och samverkan

Tekniker som FossilEye kan inte bara underlätta kontrollerna, utan också dialogen och återkopplingen mellan energiåtervinnaren och avfallsavlämnaren (Bäcker et al., 2023). Genom att fler och säkrare kontroller kan ske blir det lättare för energiföretaget att följa upp och återkoppla resultat till avfallslämnaren kontinuerligt.

Eftersom tekniken är under utveckling kommer prisdifferentieringsmodellen till en början behöva baseras på ett förtroende och samverkan mellan energiåtervinnare och avfallsavlämnare (Bäcker et al., 2023). Ett hinder med tekniken är att en bild av ett lass inte alltid ger en representativ bild av hela lasset. Samtidigt gör de stora avfallsvolymer att det blir logistiskt svårt att skanna allt inkommande avfall. Dessutom kan inte FossilEye uppskatta om plasten kommer från fossil, biobaserad eller återvunnen plastråvara.

Eftersom tekniken i dagsläget inte är heltäckande och inte kommer kunna skanna allt inkommande avfall behöver tekniken i framtiden kompletteras med andra metoder för att mäta plastandelen. Samverkan och förtroende mellan aktörerna kommer alltså fortsatt vara viktigt.

Dialog och samarbetet kan ske på många olika nivåer (Avfall Sverige, 2022). Den översta nivån är på en övergripande strategisk nivå, där det till exempel handlar om samarbeten mellan branschorganisationer eller på ledningsnivå hos företag. Det kan också ske på avtalsnivå, mellan energiåtervinnaren och avfallslämnaren, där gemensam dialog kan bidra till ökad förståelse och informationsöverföring. I det dagliga arbetet kan också samarbete ske på plats mellan mottagare och avfallslämnare. Avfall Sverige rekommenderar att energiåtervinningsföretag söker samarbeten i både nya och befintliga forum, och att de sker på olika nivåer i organisationen. De understryker också att målsättningar och samarbete på organisationsnivå är nödvändiga, då det är svårt för en ensam medarbetare att driva utveckling på egen hand. Samverkan på en övergripande nivå är därför också nödvändig.

Samverkan beskrivs ofta som ett kraftfullt verktyg när det kommer till att ta fram nya lösningar för att minska plasten till energiåtervinning och betyder i praktiken att aktörer på olika nivåer arbetar tillsammans utifrån samma utmaning (Bäcker et al., 2023). Arbetet kräver att man jobbar mot ett gemensamt mål eller syfte, och det behöver finnas en samsyn kring vem som ansvarar för vad samt vilka aktiviteter som är prioriterade. När det gäller avfallsförbränningen behövs alltså en samförståelse för varför plast behövs sorteras ut och vilka effekter plasten får hos energiåtervinningsanläggningen.

4.4 Sammanfattning och analys

För att sammanfatta så finns det flera olika åtgärder längs hela plastens livscykel som har en betydande potential att påverka mängden plast som går till förbränning i framtiden. Åtgärderna sträcker sig från designval och produktion till tekniska lösningar och avtal vid energiåtervinningsanläggningen. Det är värt att understryka att de potentialer som presenterats är teoretiska max-potentialer. I praktiken kan dessa nivåer vara svåra att uppnå på grund av de många hinder som beskrivits, och gapet mellan potential och praktisk tillämpning kvarstår. Huruvida storleken på gapet minskar i framtiden beror i slutändan på i vilken utsträckning framtida styrmedel lyckas motverka de hinder som finns idag.

Fortsättningsvis är de enskilda åtgärderna i praktiken inte isolerade eller oberoende av varandra, även om de presenterats var för sig. Tvärtom kan implementering av en åtgärd få positiva konsekvenser på en annan. Ett exempel på detta, som beskrevs i kapitel 4.2, var att potentialen för förbehandlingsanläggningar blir större om materialåtervinningen blir mer effektiv och en lägre andel av den utsorterade plasten blir plastrejekt. Ett annat

exempel är att förbättrad produktion och design kan underlätta för materialåtervinning, både genom att göra det lättare att sortera rätt (till exempel genom att material går att separera från varandra) eller genom att materialblandningen är renare och därmed är passande för högkvalitativ materialåtervinning.

Åtgärderna kan också påverka varandra genom att de förändrar de totala flödena. Om exempelvis en Resurssmart plastanvändning implementeras hade de totala plastmängderna minskat, vilket i sin tur till exempel hade lett till att det finns mindre plast att materialåtervinna. Det är därför viktigt att förstå hur åtgärderna samverkar i praktiken för att få en realistisk bild av den totala potentialen för att minska plastmängden.

På samma sätt som åtgärderna samverkar och förstärker varandra, kan ett enskilt hinder skapa fler hinder genom hela kedjan. Ett genomgående hinder är det marknadsmisslyckande som beskrivits i kapitel 3, där priset på jungfrulig fossil plast är för lågt. Detta påverkar till exempel förutsättningarna vid materialbyte, då det är svårt för andra material att konkurrera med det låga priset. Det påverkar också förutsättningarna för materialåtervinningen, då det på samma sätt blir svårt för återvunnen plast att konkurrera med jungfrulig fossil plast. Efterfrågan på återvunnen plast blir dessutom lägre om utbudet på nyutvunnen, billig plast är stort.

Det finns också hinder som inte är direkt kopplade till marknadsmisslyckandet, där hindret istället har en mer teknisk eller strukturell karaktär. Implementering av teknik, såsom CCS eller förbehandlingsanläggningar, kräver stora kapitalinvesteringar och osäkerheter i vem som ansvarar för vad samt hur projekten ska finansieras. En annan utmaning är kontrollen av det inkommande avfallet, där bristen på transparens i avfallsflödet tillsammans med bristen på tekniska verktyg som snabbt kan uppskatta mängden plast i det inkommande avfallet gör det svårt för energiåtervinningsanläggningarna att föra vidare priset för koldioxidutsläppen nedåt i ansvarsledet.

5. Plastens påverkan på ekonomi och utsläpp hos Jönköping Energi idag

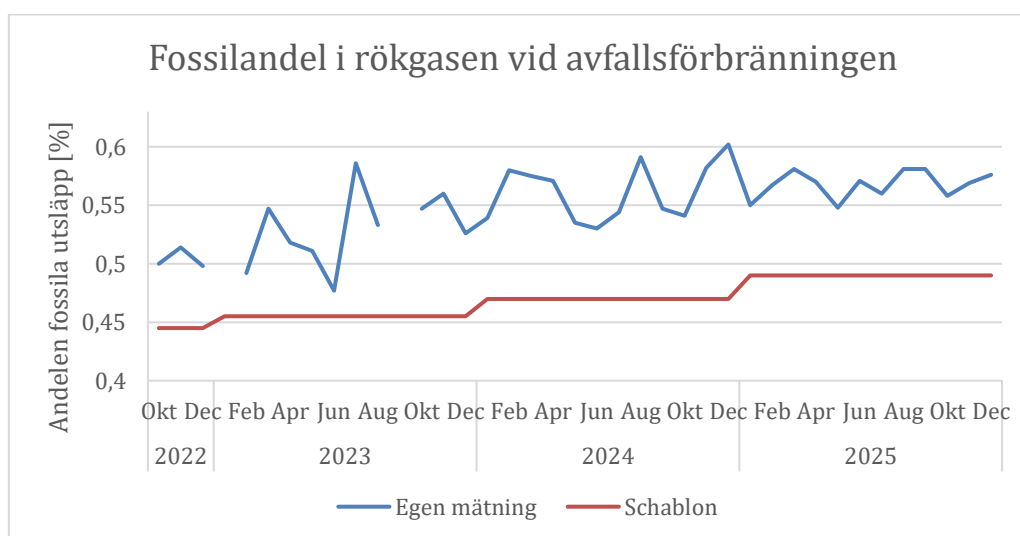
Detta kapitel redogör för den nuvarande situationen vid Jönköping Energis energiåtervinningsanläggning på Torsvik. Syftet är att undersöka hur plastmängden i det behandlade avfallet påverkar anläggningens fossila utsläpp och ekonomi idag. All information i kapitlet baseras på interna underlag och data från Jönköping Energi, om inget annat anges.

Energiåtervinningsanläggningen på Torsvik utanför Jönköping producerar både el, värme och kyla. Anläggningen behandlar 25 % hushållsavfall och 75 % verksamhetsavfall. År 2025 behandlade anläggningen totalt 145 000 ton avfall, och de senaste sex åren har den behandlade mängden varierat mellan 140 000 och 160 000 ton. Under 2025 producerade anläggningen nästan 420 000 MWh fjärrvärme och 74 000 MWh el.

5.1 Utsläpp och klimatpåverkan

5.1.1 Fossilandel i rökgasen

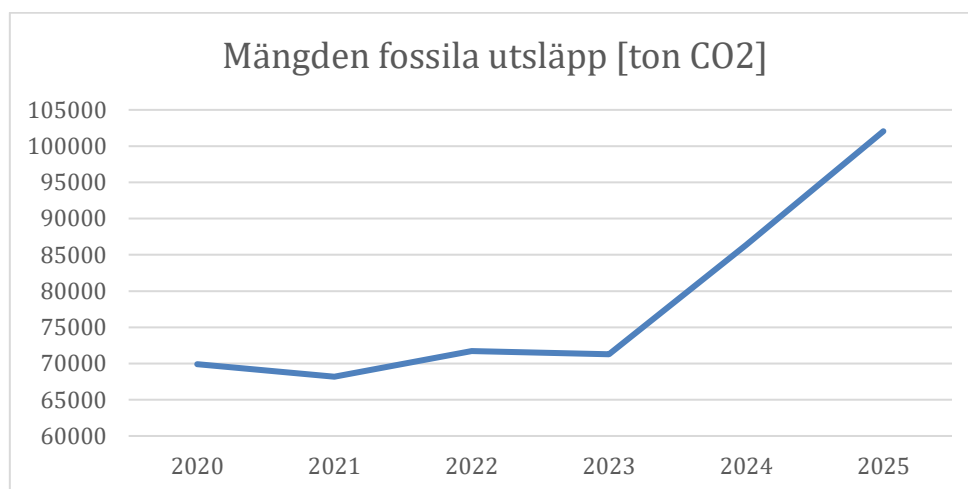
De senaste åren kan en svag ökande trend av andel fossil koldioxid från avfallsförbränningen hos Jönköping Energi observeras. Fram till november 2022 saknade anläggningen egna mätningar av fossilandelen och förlitade sig istället på Naturvårdsverkets nationella schablonvärden för att beräkna utsläppen. I figur 5 illustreras skillnaden mellan anläggningens faktiska mätvärden och Naturvårdsverkets schablon. Det framgår tydligt i figur 5 att den faktiska fossilandelen i Torsvik är högre än schablonvärdet, trots att Naturvårdsverket har justerat sina schabloner uppåt över tid. Att de lokala mätvärdena är högre än det nationella genomsnittet indikerar att bränslemixen som förbränns i Jönköping har mer plast jämfört med många andra anläggningar.



Figur 5. Andelen fossilt kol vid förbränningsanläggningen i Torsvik i relation till Naturvårdsverkets schablonvärde. Baserad på data från Jönköping Energi.

5.1.2 Mängden fossila utsläpp

I takt med den ökande andelen fossila utsläpp, har också den totala utsläppsmängden ökat något hos Jönköping Energi. Utsläppsmängderna mellan år 2020 och 2025 illustreras i figur 6 nedan. År 2025 var utsläppen som störst, och de mättes till 101 700 ton koldioxid. Utsläppen har ökat i genomsnitt 8 % per år mellan 2020 och 2025, med en särskild ökning de senaste två åren där ökningen var närmare 20 % per år. Den stora ökningen som syns hos Jönköping Energi mellan 2023 och 2025 beror på förändringen av mätmetod, där man gick från att använda Naturvårdsverkets schablonvärden till att göra egna mätningar.



Figur 6: Den årliga mängden fossila utsläpp från förbränningsanläggning i Torsvik mellan 2020-2025. Baserad på data från Jönköping Energi.

Den generella trenden med ökade fossila utsläpp är inte unik för anläggningen i Torsvik. På nationell nivå ökade utsläppen från el- och fjärrvärmeproduktion med 6 % mellan år 2023 och 2024, framför allt på grund av ökade utsläpp från avfallsförbränning (Naturvårdsverket, 2025c).

För att beräkna hur stor mängd plast som krävs för att ge upphov till utsläpp i den storlek används emissionsfaktorer som beskriver hur mycket ton koldioxid som släpps ut per ton plast. Naturvårdsverket använder ofta emissionsfaktorn 2,16 ton koldioxid per ton plast, en siffra som först publicerats i SMED-rapporten *Hållbar plastanvändning: Olika åtgärders potentialer för att minska växthusgasutsläppen från förbränning av fossilbaserad plast* (Lätt et al., 2020). Denna siffra representerar ett genomsnitt för det plastavfall som förekommer i blandat restavfall. 101 700 ton koldioxid motsvarar en förbränning av 47 000 ton plast. Eftersom den totala volymen avfall som förbrändes 2025 var 145 000 ton bestod plasten därför för ungefär 32 viktprocent av den totala förbrända mängden.

5.2 Generella intäkter och kostnader vid avfallsförbränning

För att kunna analysera hur ekonomin hos anläggningen påverkas av ökade mängder fossil plast behöver de viktigaste intäkterna och utgifterna presenteras. Dessa presenteras i tabell 2. I detta arbete kommer analysen fokusera på de intäkter och kostnader som direkt påverkas av bränslevalet och bränslets sammansättning, och intäkter och kostnader kopplade till fjärrvärme- och elförsörjningen är alltså exkluderade.

Kortfattat är den viktigaste inkomsten behandlingsavgiften, även kallat gatefee, vilket är den avgift som avfallslämnaren betalar för att lämna avfallet. De främsta kostnaderna är kostnader för utsläppsrätter, drift- och underhåll, restproduktshantering och kapitalkostnader. Kostnaderna för utsläppsrätter kan variera beroende på vilken sorts avfall som förbränns, medan resterande kostnader är mer fasta.

Tabell 2: De främsta intäkterna och kostnader vid förbränning av avfall

Intäkter	Beskrivning
+ Behandlingsavgift	Den avgift avfallslämnaren betalar för att anläggningen ska hantera och energiåtervinna avfallet
Kostnader	Beskrivning
- Kostnad för utsläppsrätter	Utsläppsrätter för att täcka de fossila koldioxidutsläppen
- Drifts- och underhållningskostnader	Personal och tekniskt underhåll av anläggningen
- Kostnad för restproduktshantering	För att hantera och deponera bottenaska och flygaska
- Kapitalkostnader	Avskrivningar och räntekostnader kopplade till investeringar

I praktiken interagerar anläggningens kostnader och intäkter, särskilt kostnaden för utsläppsrätter och behandlingsavgiften. Eftersom behandlingsavgiften sätts på en nivå som ska täcka anläggningens rörliga och fasta kostnader innebär ökade utgifter för EU ETS i förlängningen att behandlingsavgiften i sin tur behöver öka för att kompensera för de ökade kostnaderna. Det är genom denna mekanism som kostnaden för koldioxidutsläppen överförs nedåt i livscykeln till avfallslämnaren. I dagsläget är dock behandlingsavgiften densamma för alla avfallslämnare. Om enskilda aktörer är dåliga på att sortera ut plast delas kostnaden kollektivt snarare än att belasta den som faktiskt förorenar, vilket kan bidra till att incitamentet för att faktiskt sortera ut plast kan minska.

5.2.1 Storleksordning för kostnader och intäkter

För att möjliggöra en ekonomisk analys av scenarierna har uppskattade värden tagits fram för att representera de olika ekonomiska delarna per ton behandlat avfall.

Behandlingsavgifter varierar från anläggning till anläggning. Till exempel beroende på geografiskt läge och mottagningsvillkor. Som referens kostar energiåtervinningsbehandling hos SYSAV i Malmö 1080 kronor per ton avfall, med en plastandel på maximalt 30 % (Sysav, 2026). Jönköping Energi har ett lägre krav på plastandel (25 %), och kostnader för att behandla avfall där antas vara något lägre. I detta arbete antas dagens behandlingsavgift ligga på 950 kronor per ton avfall.

Kostnaden för hantering av flygaska var år 2023 1200 kronor per ton aska vid deponering på Langöya (Jacobsson, 2023). Det produceras 300 000 ton flygaska då 7 miljoner ton avfall förbränns (Ragn-sells, u.å.), och kostnaden för hanteringen av flygaskan blir därmed cirka 50 kronor per ton förbränt avfall. Det finns inga publicerade siffror på kostnaden för hantering av bottenaskan, men generellt är bottenaskan större till mängden men mindre miljöfarlig jämfört med flygaskan. Därmed antas kostnaden per ton avfall vara densamma som för flygaskan, och den totala kostnaden för restproduktshanteringen uppskattas därför till 100 kronor per ton avfall.

Kostnaden för utsläppsrätter är generellt mer rörlig, till skillnad från restprodukts- och driftkostnaden. Hos Jönköping Energi var nettokostnaden för utsläppsrätter 57 miljoner kronor 2025. Det motsvarar ett pris på 390 kronor per ton behandlat avfall då den behandlade mängden 2025 var 145 000 ton. Om inte de utsläppsrätterna som företaget tilldelades gratis hade funnits hade Jönköping Energi behövt betala för ungefär 35 000 extra utsläppsrätter, och den totala kostnaden för utsläppsrätterna hade då blivit cirka 86 miljoner kronor vilket motsvarar ett pris på 593 kronor per ton avfall.

Kostnaderna för drift, underhåll och kapitalinvesteringar är svåra att isolera, då anläggningsspecifik data sällan är offentlig och standardiserade värden inte finns publicerade. Då avfallsförbränning ofta beskrivs som en nettonoll-affär, genom att behandlingsavgiften läggs på en nivå där kostnaderna täcks, kan en uppskattad siffra räknas fram genom att de andra intäkterna och kostnaderna är kända. Kostnaderna för drift, underhåll och kapitalinvesteringar blir alltså det belopp som kvarstår av behandlingsavgiften efter att kostnaderna för utsläppsrätter och restproduktshanteringen dragits av. Denna kostnaden representerar kategorin Övrigt i tabell 3 nedan, och hamnar på 460 kronor per ton avfall. Tabell 3 sammanfattar de antagna värdena för vardera post för att ge en tydlig bild på storleksordningen relativt varandra.

Tabell 3: Nuvarande storlekar på intäkter och kostnader per ton avfall

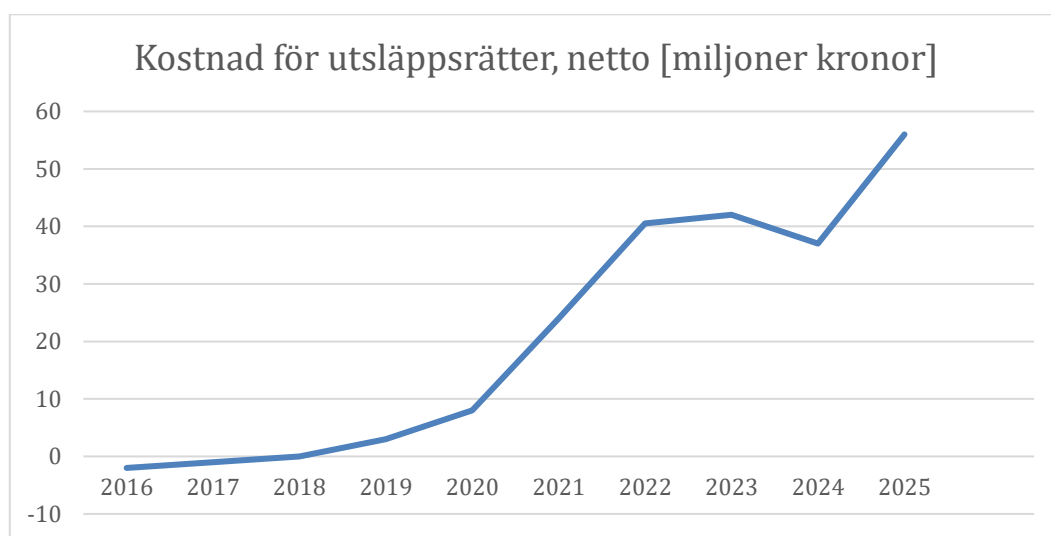
	Intäkt (kronor/ton avfall)	Kostnad (kronor/ton avfall)
Behandlingsavgift	950	-
Utsläppsrätter	-	390
Hantering av restprodukt	-	100
Övrigt	-	460

I dagsläget utgör kategorin Övrigt den största utgiftsposten per ton behandlat avfall, följt av kostnaden för utsläppsrätter. Det är värt att notera att om inte anläggningen hade fått utsläppsrätter tilldelade gratis, så hade kostnaden för utsläppsrätter varit störst.

5.3 Plastens påverkan på ekonomin

5.3.1 EU ETS

Plasten påverkar kostnaden för utsläppsrätter i EU ETS direkt, genom att ökad förbränning av plast bidrar till ökade fossila utsläpp vilket i sin tur leder till ökade kostnader för utsläppsrätter, då varje ton utsläppt fossil koldioxid kräver en utsläppsrätt. Priset på utsläppsrätter har stigit de senaste åren och förväntas fortsätta öka i takt med att utbudet minskar. Figur 7 visar vad utsläppsrätterna har kostat Jönköping Energi de senaste tio åren. Året 2016 tjänade företaget på utsläppshandeln, genom att de blev tilldelade ett större antal utsläppsrätter än vad de behövde. Företag tilldelas utsläppsrätter för att minimera koldioxidläckage.



Figur 7: Kostnaden (miljoner kronor) för utsläppsrätter hos Jönköping Energi mellan 2016 och 2025. Baserad på data från Jönköping Energi.

Mängden tilldelade utsläppsrätter har dock minskat över tid. År 2016 blev företaget tilldelade mer än 100 000 utsläppsrätter, en siffra som har minskat till ungefär 35 000 år 2025. Samtidigt har de fossila utsläppen ökat, tillsammans med priset för utsläppsrätterna, och den totala kostnaden har således stigit.

5.3.2 Drift och underhåll

Avfallets bränseleegenskaper, såsom fukthalt, askhalt och värmevärde, påverkar förbränningsprocessen. En ökad plastandel innebär ett högre energiinnehåll i bränslet, vilket kan leda till högre temperaturer i pannan. Jönköping Energi har observerat att temperaturerna har ökat i takt med att det fossila innehållet i avfallet har stigit.

Allt för höga temperaturer i pannan kan ha negativa effekter, såsom ökat slitage, till exempel genom att saltsyra bildas, vilket i sin tur leder till ökade kostnader för underhåll. Klorhaltiga plaster, såsom polyvinylklorid, kan vid höga förbränningstemperaturer bilda saltsyra vilket kan bidra till korrosion i pannan (Belleza & Youhanan, 2017; Nordzell et al., 2021).

Lägre andel plast i bränslet leder till ett lägre energiinnehåll (Malder, 2022), vilket både kan vara positivt och negativt. Ett högre värmevärde innebär att mer energi kan utvinnas per ton avfall. Detta är bra generellt, men kan också bidra till förlorade intäkter om andelen plast är för stor, genom att en mindre mängd avfall krävs för att producera samma energimängd. Eftersom anläggningens effekt är begränsad innebär ett högre energiinnehåll i bränslet att en mindre mängd avfall kan tillföras per tidsenhet. Det leder till att den totala mängden behandlat avfall minskar. Eftersom intäkterna till stor del baseras på mottagen avfallsmängd kan det påverka intäkterna negativt. Samtidigt medför en hög plastandel ökade fossila utsläpp, vilket innebär högre kostnader för utsläppsrätter. Plastens påverkan på ekonomin är därmed dubbel, både genom ökade kostnader för utsläppen och minskade intäkter från mottagning av avfall.

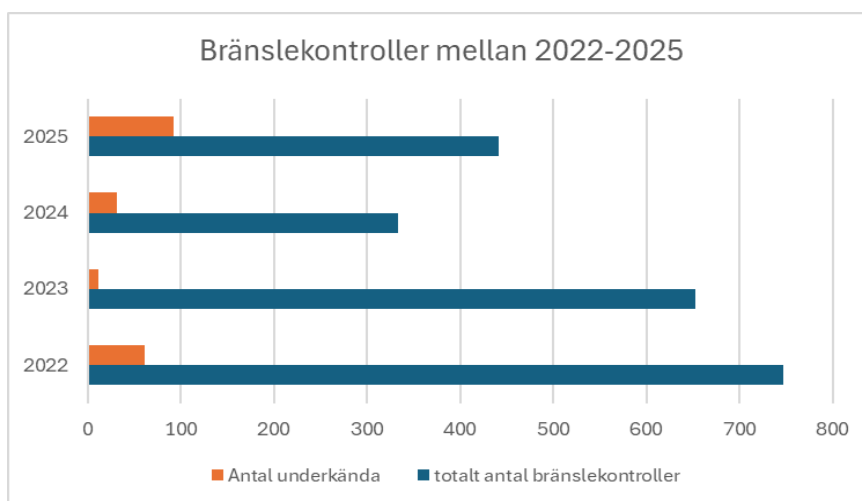
5.3.3 Slutbehandling av restprodukter

Förbränning av avfall genererar två huvudsakliga restprodukter: rökgasreningsavfall (flygaska) och slagg (bottenaska). Plastens kemiska sammansättning påverkar främst flygaskan, både i mängden och sammansättningen. Plast kan innehålla klor och andra tillsatssämnen som vid förbränning ger upphov till skadliga ämnen. Vid förbränning av avfall blir flygaskan farligt avfall, då den ofta är förorenad på olika sätt. Avfall som räknas som farligt avfall är generellt mer kostsamt att göra sig av med.

5.4 Jönköping Energis nuvarande plastreducerande åtgärder

Som beskrevs i kapitel 4 finns det flera åtgärder som Jönköping Energi kan arbeta med som i förlängningen kan bidra till att mindre plast kommer till anläggningen i Torsvik. Det kan till exempel handla om hur man arbetar med mottagningskriterier, avtal, bränslekontroller, återkoppling och samverkan.

Avfallssammansättningen hos avfallet som förbränns i anläggningen hos Jönköping Energi analyseras regelbundet i form av bränslekontroller. Kontroller sker med jämna mellanrum, och i form av mänskliga kontroller. De senaste åren har antalet kontroller minskat samtidigt som antalet underkända kontroller ökat, vilket illustreras i figur 8. En förklaring till den högre andelen underkända kontroller 2025 är att företaget arbetat med att öka kvalitetsmedvetenheten hos personalen på anläggningen. De har också ökat personalantalet och haft ett ökat fokus på kontrollverksamheten generellt. Även om det totala antalet kontroller har minskat, har alltså kvaliteten på kontrollerna blivit bättre, vilket speglas i att flera underkända lass hittas.



Figur 8: Antalet genomförda bränslekontroller samt antalet underkända bränslekontroller hos Jönköping Energi mellan 2022 och 2025. Baserad på data från Jönköping Energi.

När det gäller avtal och mottagningskriterier så har Jönköping Energi krav gentemot leverantören i alla avtal. Jönköping Energi ställer till exempel krav på en maximal plastandel i det inkommande avfallet, men också vad gäller en för stor andel inert material och monofraktioner, där ett helt lass består av en och samma produkt. Eftersom det är svårt att övervaka alla transporter över tid så ska kravet uppfyllas vid varje leverans av avfall. Varje enskild leverans med avfall får max innehålla 25 % plast, och om de inte uppfyller kraven i avtalet delas en bestraffningsbot ut. I början av året 2026 infördes en prisdifferentieringsmodell hos Jönköping Energi, där avfall med högre andel fossil plast medför en högre mottagningsavgift.

När det gäller återkoppling och dialog arbetar Jönköping Energi löpande med att samtala med sina leverantörer gällande krav kring sammansättningen på det inkommande avfallet. Företaget har deltagit i större samverkansprojekt, bland annat genom Klimatdialogen, vilket är ett nationellt projekt för dialog mellan fjärrvärmeproducenter och fjärrvärmekunder. Klimatdialogen är ett samarbete mellan branschorganisationerna Energiföretagen, Riksbyggen, Fastighetsägarna och Sveriges Allmännytt. Jönköping Energi har deltagit i projektet sedan 2019, där syftet är att skapa en gemensam grund för diskussion kring fjärrvärmens klimatpåverkan och att möjliggöra lokala samarbeten mellan producenter och kunder för att minska klimatavtrycket i hela kedjan. Även om fokuset på samverkansprojektet har varit mer riktat till energidelen i anläggningen, kan lärdomar från det vara berikande och användbara för samverkansprojekt tillsammans med avfallsleverantörerna.

6. Metod för scenariostudien

6.1 Scenarier för framtida fossila utsläpp och plastmängd

I detta avsnitt definieras de framtidsscenarier som ligger till grund för analysen av hur mängden fossil plast till energiåtervinning kan förändras. Syftet är i sin tur att studera effekterna på Jönköping Energis avfallsförbränningsanläggning.

6.1.1 Metod för framtagning av scenarier

Först etableras ett Business as usual-scenario, vilket speglar en utveckling där inga nya åtgärder implementeras utöver dagens styrmedel. Utöver detta definieras tre förändringsscenarier baserade på åtgärderna i kapitel 4. Åtgärderna har i detta kapitel grupperats ihop baserat på var i plastens värdekedja de implementeras:

1. **Cirkulär design:** delåtgärder som berör design, produktion och konsumtion av plastvaror.
2. **Ökad materialåtervinning:** delåtgärder som berör avfallshanteringen av plast med särskilt fokus på materialåtervinning.
3. **Teknik hos anläggningen:** delåtgärder med teknik som byggs ut hos eller i närhet av energiåtervinningsanläggningen.

Scenariernas konstruktion är inspirerade av scenarierna från rapporten *Scenarier för minskad förbränning av fossil plast i el- och fjärrvärmesektorn* (Unsbo et al., 2024). Det är även från den rapporten, i kombination med Granberg & Forsgren (2024), som de teoretiska potentialerna är tagna. Eftersom åtgärdernas innebörd, hinder och potential diskuterats i detalj i kapitel 4 innehåller detta kapitel endast en kortfattad förklaring av vad åtgärderna innebär.

För att analysera framtida utvecklingsvägar används en 'What-if-metodik, i linje med tidigare forskning inom området (Malder, 2022; Sahlin et al., 2019). Det innebär att scenarierna inte ska betraktas som exakta prognoser för framtiden, utan som utforskande modeller för att förstå systemets struktur och olika åtgärders relativa betydelse. Genom att exempelvis ställa frågan "vad händer om den teoretiska potentialen för materialsubstitution nås", eller "vad händer om dagens trender fortsätter utan nya styrmedel" kan de olika åtgärdernas relativa betydelse och effekt på systemet och anläggningen identifieras. Scenarierna tar inte hänsyn till hur målen i fråga uppnås eller hur troligt det är.

6.1.2 Översikt över scenarierna

För att analysera hur olika utvecklingsvägar påverkar mängden fossil plast har fyra huvudscenarion identifierats. Dessa sammanfattas i tabell 4, och representerar förändringar i olika delar av värdekedjan, från produktion till slutbehandling.

Tabell 4. Översikt över de fyra olika scenarierna som används för att simulera hur de fossila utsläppen kan förändras i framtiden, tillsammans med scenariots fokusområde och innehållande delåtgärder.

Scenario	Fokusområde	Delåtgärd
1: Business as usual	Nuvarande trend fortsätter	Inga radikala systemförändringar sker för att minska mängden fossil plast till förbränning
2: Cirkulär design	Design, produktion och konsumtion	Resurssmart plastanvändning, Materialsubstitution och Biobaserad plast
3: Ökad materialåtervinning	Avfallshanteringen	Ökad mekanisk materialåtervinning och Ökad kemisk materialåtervinning
4: Teknik hos anläggningen	Teknik och kontroll	Eftersortering och CCS

Som basår för jämförelse används statistik från Jönköping Energi från år 2025. De teoretiska potentialerna i de underliggande rapporterna bygger på data från 2020 och 2021. I detta arbete antas minskningarna i fossila utsläpp vara applicerbara även på 2025 års nivå, och potentialen antas vara densamma trots att åtgärderna har en kortare tid att växa fram. Eftersom de nationella plastmängderna som går till förbränning har ökat sedan 2020 bör potentialen för minskade utsläpp också ha ökat då det finns mer plast att flytta bort. Samtidigt hade en kortare tid för åtgärderna att implementeras kunnat leda till att potentialen blir lägre. Dessa effekter antas alltså ta ut varandra.

6.1.3 Scenario 1: Business as usual

Scenario 1 beskriver en framtid där inga radikala systemförändringar eller nya styrmedel införs för att bryta plastens nuvarande tillväxtkurva. I detta scenario löses inte det nuvarande marknadsmisslyckandet för plast, och jungfrulig fossil plast fortsätter att vara billigare än återvunnen vilket leder till att det saknas incitamenten för både bättre plastanvändning och bättre hantering av plastavfallet.

I rapporten Backcasting definieras ett Business as usual scenario där författarna resonerar att en ökad plastanvändning i samhället kompenseras av en motsvarande ökning i materialåtervinning och andel förnybar råvara (Granberg & Forsgren, 2024). I rapporten antas nettoinflödet av fossil plast till förbränning vara konstant, då ökningen balanseras ut av cirkulära åtgärder som redan är planerade eller påbörjade.

Detta arbete har dock ett annat angreppssätt för Business as usual scenariot. För att illustrera vikten av åtgärder för att minska den fossila plasten som förbränns och för att skapa ett tydligt "worst case"-scenario kommer en kompensation av framtida åtgärder inte räknas med. Istället antas den historiska trenden av ökad plastförbrukning fortsätta linjärt utan att balanseras av ökad cirkularitet. Detta val bygger på slutsatserna från kapitel 3, där det nuvarande styrmedelsklimatet analyserades. En slutsats i kapitel 3 var att de nuvarande styrmedlen inte är tillräckligt styrande för att motverka det nuvarande marknadsmisslyckandet för jungfrulig plast. Trots skarpare styrmedel har utsläppen från avfallsförbränningen fortsatt att öka, och det är därför högst relevant att illustrera vad som händer om ökningen inte lyckas motverkas. Genom att tydliggöra konsekvenserna av uteblivna framtida insatser blir behovet av de åtgärder som presenteras i Scenario 2, 3 och 4 ännu tydligare.

Rent konkret bygger scenariot "Business as usual" på antagandet att framtida utsläpp från avfallsförbränningen fortsätter öka likt nivåerna de senaste åren. Statistik från Naturvårdsverket visar att de fossila utsläppen i genomsnitt har ökat 3,8 % mellan 2020 och 2025 (Naturvårdsverket, 2025c). I detta scenario antas en konservativ årlig ökning av 3 % per år. Över 12 respektive 22 år blir den totala ökningen 36 respektive 66 %.

Notera att det i tabell 5 handlar om ökning av fossila utsläpp, medan det i resterande av scenarierna sker en minskning.

Tabell 5: Delåtgärder och total reduktionspotential för Scenario 1 fram till år 2035 och 2045. Framräknat med antagandet att de fossila utsläppen ökar 3 % per år.

Delåtgärd	Ökning av fossila utsläpp till 2035 [%]	Ökning av fossila utsläpp till 2045 [%]
Total potential för scenario 1	30	60

6.1.4 Scenario 2: Cirkulär design

Detta scenario fokuserar på de förändringar som sker tidigt i plastens värdekedja, långt innan materialet når energiåtervinningsanläggningen. Grundtanken i scenariot är att minska det fossila avtrycket genom att förändra hur plastvaror designas, produceras och

konsumeras. Genom att minska den totala mängden fossil plast som sätts på marknaden minskar det fossila inflödet till förbränning vid källan.

Scenariot bygger på tre delåtgärder:

- Resurssmart plastanvändning
- Materialsubstitution
- Ökad användning av biobaserad plast

I tabell 6 nedan presenteras de teoretiska potentialerna för scenariots delåtgärder tillsammans med den totala potentialen. Potentialerna uttrycks som en procentuell minskning av de fossila växthusgasutsläppen från plastförbränning jämfört med basåret 2023. Delåtgärder i scenario 2 kan tillsammans bidra till en total minskning av de fossila utsläppen med 33 % till 2035 och med 43 % till 2045.

Den totala potentialen är beräknad med hänsyn till hur de olika åtgärder påverkar varandra. Den åtgärd som införs först, och som står högst upp i tabellen, minskar den totala plastvolymen, vilket i sin tur påverkar basen för nästa åtgärd. Den totala potentialen för scenariot representerar därmed den kumulativa effekten av åtgärder efter varandra, snarare än en enkel summering av deras individuella potentialer. Detta för att undvika dubbelräkning av reduktioner och för att ge en mer realistisk bild av den totala systemeffekten. Samma metod används också för beräkning av den totala potentialen för scenario 3 och 4 nedan.

Tabell 6: Delåtgärder och total reduktionspotential för Scenario 2 fram till år 2035 och 2045. De teoretiska potentialerna kommer från (Unsbo et al., 2024)

Delåtgärd	Minskning av fossila utsläpp till 2035 [%]	Minskning av fossila utsläpp till 2045 [%]
Resurssmart plastanvändning	14	20
Materialsubstitution	8	11
Biobaserad plast	15	20
Total potential för scenario 2	33	43

6.1.5 Scenario 3: Ökad materialåtervinning

Scenario 3 fokuserar på en genomgripande effektivisering av avfallshanteringen där plasten betraktas som en värdefull resurs snarare än ett bränsle. Målet är att cirkulera materialet så många gånger som möjligt genom att radikalt öka utsorteringsgraden hos både hushåll och verksamheter.

Scenariot bygger på två delåtgärder:

- Ökad mekanisk materialåtervinning
- Ökad kemisk materialåtervinning

I tabell 7 nedan visar att delåtgärderna i scenario 3 tillsammans kan bidra till en total minskning av de fossila utsläppen med 42 respektive 61 % till år 2035 och 2045. Den mekaniska materialåtervinningen står för den största delen av potentialen. I potentialen är den plast som inte går att materialåtervinna och som därmed blir plastrejekt inte medräknat, och i praktiken är alltså utsläppsminskningen på anläggningsnivå mindre än vad tabell 7 visar. Eftersom syftet med scenarierna inte är att göra en exakt prognos, utan att utforska åtgärdernas relativa betydelse och effekt på systemet, fungerar den teoretiska maxpotentialen ändå som en värdefull indikator.

Tabell 7: Delåtgärder och total reduktionspotential för Scenario 3 fram till år 2035 och 2045. De teoretiska potentialerna kommer från (Unsbo et al., 2024)

Delåtgärd	Minskning av fossila utsläpp till 2035 [%]	Minskning av fossila utsläpp till 2045 [%]
Ökad mekanisk materialåtervinning	40	59
Ökad kemisk materialåtervinning	4	5
Total potential för scenario 3	42	61

6.1.6 Scenario 4: Teknik hos anläggningen

I Scenario 4 antas inga betydande förändringar ske tidigare i plastens livscykel. Mängden fossil plast som når energiåtervinningen förblir hög, vilket innebär att ansvaret för att nå klimatmålen landar direkt på förbränningsanläggningen. Fokus ligger här på tekniska "end-of-pipe"-lösningar där det fossila kolet antingen sorteras ut mekaniskt innan förbränning eller fångas in i rökgaserna efteråt.

Scenariot bygger på följande delåtgärder:

- Utökat antal eftersorteringsanläggningar
- Avskiljning och lagring av koldioxid (CCS)

Potentialerna för Scenario 4 presenteras i tabell 8, och visar att tekniska lösningar vid anläggningen kan kompensera för bristen på uppströmsåtgärder. Beräkningen är även här kumulativ: först sorteras plast bort (förbehandling), därefter lämnas avfallet av Jönköping Energis anläggning som i detta scenario har byggt CCS-anläggning vid kraftverket. På

anläggningsnivå kan CCS minska utsläppen med 90 % (Brandl et al., 2021), och CCS-anläggningen antas vara färdigbyggd 2045. Den totala potentialen för scenario 4 är därmed 11 % till 2035 och 91 % till 2045.

Tabell 8: Delåtgärder och total reduktionspotential för Scenario 4 fram till år 2035 och 2045. De teoretiska potentialerna kommer från (Unsbo et al., 2024; Brandl et al., 2021)

Delåtgärd	Minskning av fossila utsläpp till 2035 [%]	Minskning av fossila utsläpp till 2045 [%]
Eftersortering	11	13
CCS	0	90
Total potential för scenario 4	11	91

6.1.7 Beräkning av mängden plast till förbränning i scenarierna

Eftersom det finns en korrelation mellan mängden fossila utsläpp och mängden förbränd plast, kan utsläppsminskningen i respektive scenario användas för att beräkna motsvarande minskning i plastmängd. För att räkna om till plastmängd användes emissionsfaktorn 2,16 ton koldioxid per ton avfall (Lätt et al., 2020).

De olika åtgärderna antas påverka plastmängderna på olika sätt. Resurssmart plastanvändning och materialsubstitution antas minska plastmängderna proportionellt mot minskningarna i fossila utsläpp, vilket minskar bränslets totala energiinnehåll minskar. Samma sak gäller för mekanisk- och kemisk materialåtervinning samt för förbehandlingsanläggningar. Till skillnad från de tidigare delåtgärderna antas ökad användning av biobaserad plast leda till att plastmängderna är oförändrade, där den stora skillnaden är att utsläppen blir biogena istället för fossila. Denna delåtgärd bidrar alltså inte till att energiinnehållet i avfallsbränslet minskar. Detsamma gäller för CCS. Effekterna på plastmängden till förbränning för de olika åtgärderna presenteras i tabell 9.

Tabell 9: Antaganden för hur åtgärderna påverkar plastmängden till energiåtervinning

Delåtgärd	Påverkan på plastmängden till energiåtervinning
Resurssmart plastanvändning	Minskning
Materialsstitution	Minskning
Biobaserad plast	Oförändrad
Ökad mekanisk materialåtervinning	Minskning
Ökad kemisk materialåtervinning	Minskning
Eftersortering	Minskning
CCS	Oförändrad

Ett antagande som görs i denna beräkning är att den totala massan avfall som energiåtervinns hålls konstant. I praktiken bidrar en minskning av plastmängden till att bränslemixens genomsnittliga värmevärde från bränslet i sin tur minskar (Malder, 2022). För att upprätthålla samma energi- och fjärrvärmeproduktion uppstår då ett behov av att öka den totala genomströmningen av avfall i ton. Omvänt skulle en ökad plastandel höja värmevärdet, och det totala bränslebehovet hade minskat. Att anta en konstant total avfallsmängd innebär således en förenkling av de faktiska driftförutsättningarna.

Det kan kännas logiskt att den totala mängden avfall som förbränns minskar i de scenarier där plastmängden minskar. Valet att istället hålla den totala avfallsmängden konstant har dock gjorts för att, åtminstone delvis, fånga dynamiken i att ett lägre värmevärde kräver större bränslevolymer. Antagandet innebär därmed att när plastmängden minskar, ökar istället andelen av andra avfallsfraktioner för att kompensera för energiförlusten.

6.2 Scenarier för framtida ekonomiska förutsättningar

6.2.1 Framtida kostnader

I detta arbete fokuserar de framtida kostnadsscenarierna endast på prisutvecklingen för utsläppsrätter. Även om samtliga kostnadsposter kan komma att påverkas av marknadsförändringar förväntas priset på utsläppsrätterna göra den mest betydande förändringen fram till 2045. Övriga kostnader antas förbli konstanta till dagens prisnivå.

I framtiden förväntas priset på utsläppsrätter öka. Exakt hur stor prisökningen blir beror på många komplexa faktorer såsom politiska beslut inom EU, teknikutveckling och

marknadens efterfrågan, vilket gör det svårt att göra exakta prognoser. Syftet med att inkludera dessa prognoser i studien är därför inte att genomföra exakta ekonomiska beräkningar, utan att skapa en förståelse för storleksordningen på framtida kostnader och hur dessa förhåller sig till övriga ekonomiska poster.

Tabell 10: Prognoser för framtida kostnader för utsläppsrätter

År	Kostnaden (Euro/ton koldioxidekvivalenter)	Kostnaden (Kronor/ton koldioxidekvivalenter)
Dagens nivå	75	850
2035	177	2000
2045	279	3150

De antagna framtida kostnaderna för utsläppsrätterna presenteras i tabell 10. Prisnivån för år 2035 är hämtad från BloombergNEF (BloombergNEF, 2024), och har räknas om till enheten svenska kronor per ton koldioxidekvivalent med växelkursen 11,3 kronor per euro. Priset för år 2045 uppskattas med hjälp av värdet för 2035, där prisökningen per år mellan 2035 och 2045 antas vara densamma som förväntas mellan 2025 och 2035. Denna uppskattning görs på grund av att det saknas publicerade marknadsprognoser som sträcker sig fram till 2045, då osäkerheten ökar i takt med tidshorisonten.

Utöver utvecklingen av själva marknadspriset har även antaganden gjorts gällande den framtida kostnadsfria tilldelningen av utsläppsrätter för anläggningen. I framtidsscenarierna för åren 2035 och 2045 har antagandet gjorts att gratistilldelningen har upphört helt och därmed uppgår till 0 %. Det har tidigare konstaterats att antalet kostnadsfria utsläppsrätter antagligen kommer att minska i framtiden. Mellan 2024 och 2025 minskade den totala mängden tilldelade utsläppsrätter med 5 % (European Environment Agency, 2025), och om takten på minskningen hade fortsatt på samma nivå (minskat 5 % per år) hade tilldelningen halverats till år 2035 och nått noll först till år 2045. Eftersom takten i utfasningen inom EU ETS förväntas skärpas och accelerera ytterligare i närtid, bedöms det dock som mest realistiskt att räkna med att gratistilldelningen har upphört helt redan till år 2035.

6.2.2 Metod för den ekonomiska analysen

För att beräkna anläggningens totala framtida kostnader för EU ETS har de prognosticerade koldioxidpriserna från tabell 10 kombinerats med de beräknade fossila utsläppsmängderna från de olika scenarierna för framtida fossila utsläpp.

Den totala årliga kostnaden har beräknats genom att multiplicera det specifika årets förväntade utsläppsmängd (ton koldioxid) med det prognostiserade priset per utsläppsrätt (kronor per ton koldioxid) för samma år. Resultatet illustrerar därmed hur den

ekonomiska belastningen förändras i de olika scenarierna beroende på anläggningens förmåga att reducera mängden fossil plast i det inkommande avfallsflödet.

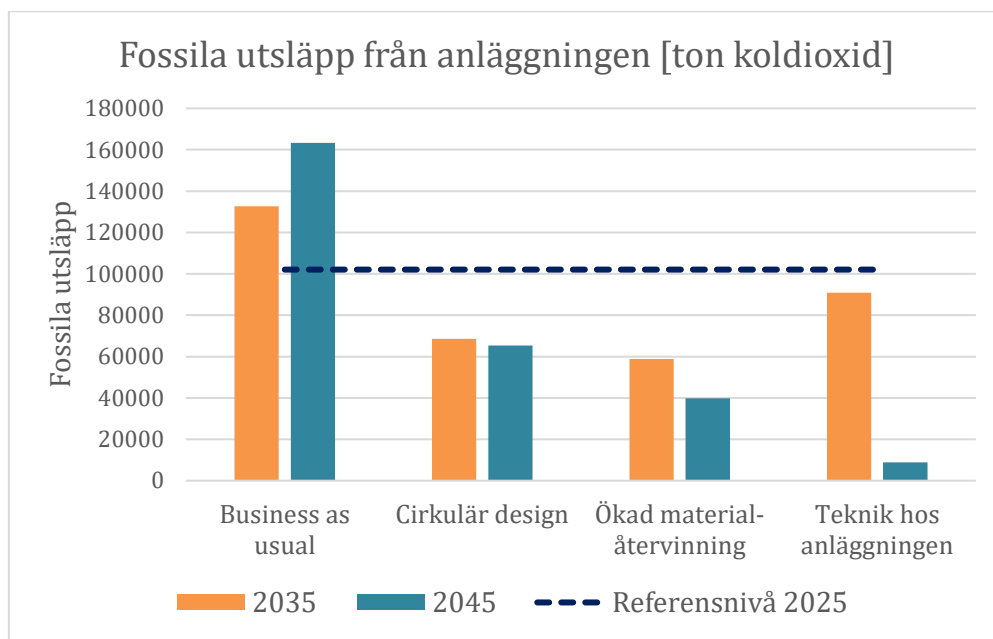
För att sätta de framtida koldioxidkostnaderna i perspektiv till dagens ekonomiska nivåer har även den specifika kostnaden per ton behandlat avfall. Dessa beräkningar utgår från antagandet att den totala mängden förbränt avfall vid anläggningen förblir konstant i framtiden, vilket möjliggör en direkt jämförelse av hur enbart de förändrade koldioxidpriserna och plastflödena påverkar kostnaden per ton.

7. Scenarioanalysens resultat

I detta kapitel presenteras och analyseras resultaten från scenariomodelleringen för att undersöka hur plasten påverkar ekonomi och utsläpp hos Jönköping Energi i framtiden. Scenarierna visar hur olika strategiska vägval påverkar anläggningen fram till åren 2035 och 2045.

7.1 Framtida fossila utsläpp och plastmängd

I figur 9 illustreras hur de fyra åtgärdsscenarierna påverkar de årliga fossila koldioxidutsläppen från anläggningen fram till år 2035 och 2045. Scenariot Business as usual skiljer sig markant från de övriga scenarierna och innebär en betydande utsläppsökning. Jämfört med referensnivån för år 2025 leder Business as usual till en ökning av de fossila utsläppen med 30 % till år 2035, och med 60 % till år 2045. I fossila utsläpp hos Jönköping Energi motsvarar det en ökning på 35 respektive 82 tusen ton fossil koldioxid.



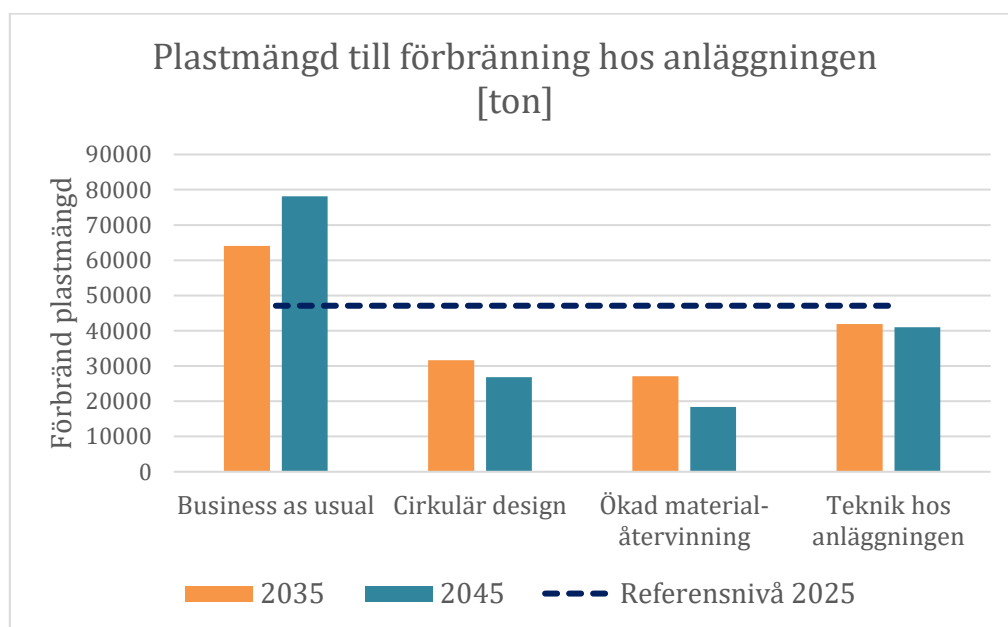
Figur 9: Prognostiserade årliga fossila koldioxidutsläpp från anläggningen i Torsvik för åren 2035 och 2045 i de fyra olika åtgärdsscenarierna. Den streckade linjen markerar anläggningens referensnivå för fossila utsläpp år 2025.

Till skillnad från Business as usual leder scenarierna Cirkulär design, Ökad materialåtervinning och Teknik hos anläggningen till reducerade utsläppsnivåer i jämförelse med referensnivån. Det är scenariot Teknik hos anläggningen som uppvisar störst reduktionspotential, vilket främst beror på delåtgärden CCS. I modelleringen antogs CCS-anläggningen vara i drift först 2045, vilket förklarar varför scenariot Teknik hos anläggningen visar ett väldigt stort hopp i utsläppsminskning mellan år 2035 och 2045.

Vidare visar resultatet att Ökad materialåtervinning är mer effektivt i att minska de fossila utsläppen jämfört med scenariot Cirkulär design.

Baserat på resultaten i figur 9 kan det dock konstateras att inget av scenarierna fullt ut uppnår målsättningen om nettonollutsläpp till år 2045 baserat på enbart de fossila flödena. Det bör dock understrykas att eftersom en betydande andel av bränslemixen utgörs av biogent avfall, kan en storskalig CCS-anläggning i praktiken även fånga in biogena koldioxidutsläpp. Genom att kombinera den fossila avskiljningen med Bio-CCS skapas en kolsänka som möjliggör för anläggningen att uppnå nettonegativa utsläpp totalt sett till år 2045.

Det är också intressant hur de olika åtgärderna bidrar till minskade utsläpp. I figur 10 visas hur scenarierna påverkar plastmängden som går till energiåtervinning.



Figur 10: Mängd plastavfall till energiåtervinning till 2035 respektive 2045 hos Jönköping Energi för de fyra olika åtgärdsscenarierna. Den streckade linjen representerar den uppskattade plastmängden vid basåret 2025.

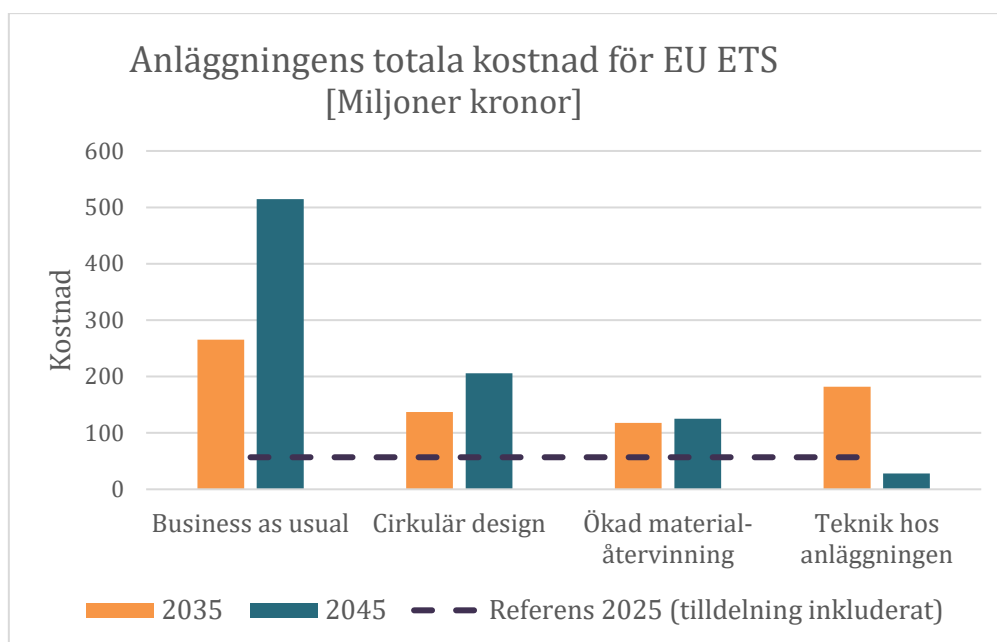
Åtgärder inom scenarierna Cirkulär design och Ökad materialåtervinning fokuserar på att fysiskt styra undan plasten från förbränning, antingen genom en generellt minskad plastkonsumtion i samhället eller genom en mer effektiv utsortering till materialåtervinning. En direkt konsekvens av detta är att de faktiska plastmängderna i avfallspannan minskar, vilket i sin tur sänker det inkommande avfallsets totala energiinnehåll.

Att exempelvis öka användningen av bioplast eller att implementera en CCS-anläggning förändrar inte de inkommande plastvolymerna eller avfallsets energiinnehåll. Istället

förändras koldioxidens ursprung eller hantering; bioplaster reducerar andelen fossil koldioxid genom utbyte mot biogena utsläpp, medan CCS fångar in koldioxiden vid skorstenen. Detta förklarar varför scenariot Teknik hos anläggningen bidrar till stora minskningar av koldioxidutsläpp utan att minska mängderna plast till förbränning.

7.2 Framtida ekonomiska förutsättningar

Genom att kombinera de kalkylerade utsläppsmängderna med pris-prognoserna för EU ETS erhålls de totala årliga kostnadsscenarierna som presenteras i figur 11. Resultatet bygger på antagandet att koldioxidpriset ökar till 2 000 kr per ton koldioxid år 2035 och 3 150 kr per ton koldioxid år 2045, jämfört med dagens kostnad på 850 kronor per ton koldioxid.



Figur 11: Beräknad total årlig kostnad för utsläppsrätter åren 2035 och 2045 baserat på utsläppsmängderna i de fyra åtgärdsscenarierna. Den streckade linjen representerar nettokostnaden för utsläppsrätter vid basåret 2025.

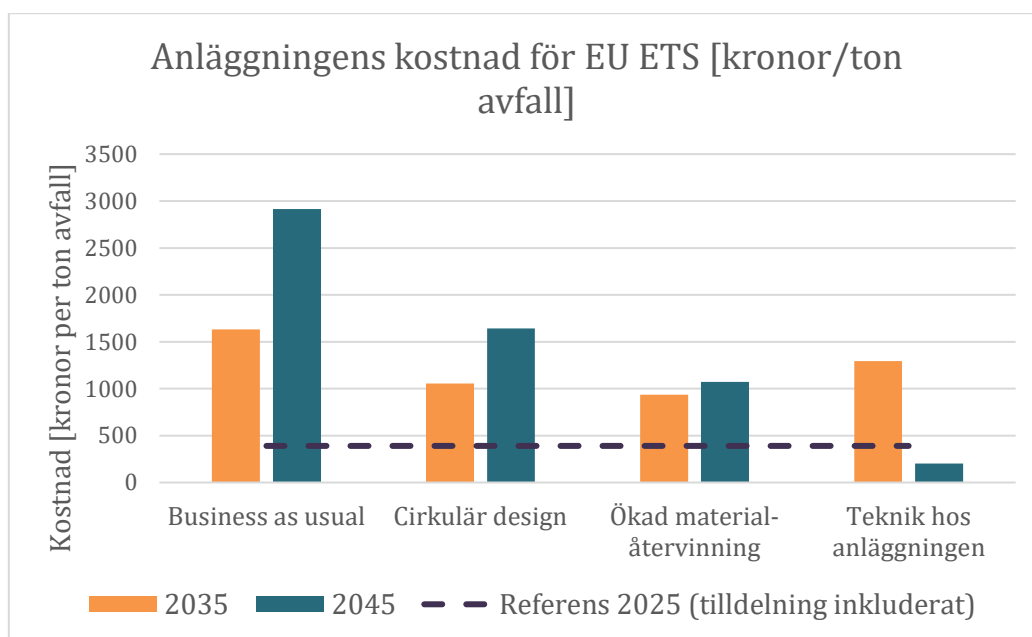
Figur 11 visar på en stor kostnadsökning för Jönköping Energis anläggning om inga åtgärder för att minska mängden plast till förbränning vidtas. Inom Business as usual-scenariot stiger de årliga utgifterna för utsläppsrätter från under 60 miljoner kronor till över 500 miljoner kronor år 2045. Det motsvarar en ökning på mer än 800 %.

Även bland de andra scenarierna kommer kostnaden öka. Trots att koldioxidutsläppen minskar mellan åren 2035 och 2045 stiger anläggningens totala kostnader för utsläppsrätter under samma period. Detta förklaras av att marknadspriset på utsläppsrätter förväntas stiga i en snabbare takt än vad utsläppen hinner minska. De ekonomiska vinsterna av minskade utsläpp "äts därmed upp" av det högre koldioxidpriset, vilket

belyser att omfattande och kontinuerliga åtgärder krävs om kostnaden för att förbränna avfallet ska vara kvar på samma nivå som idag.

Figur 11 visar också att Teknik hos anläggningen är det enda scenario som faktiskt lyckas sänka anläggningens kostnader för utsläppsrätter till år 2045 jämfört med referensnivån. Det bör dock understrykas att denna reduktion inte automatiskt innebär att de totala kostnaderna minskar. Implementeringen av storskalig koldioxidavskiljning medför omfattande investeringar som till exempel ökar anläggningens kapital- och driftskostnader. Även om utgifterna från EU ETS halveras i scenariot, kommer alltså verksamhetens totala kostnader med hög sannolikhet att stiga på grund av de höga kostnaderna kopplade till CCS-anläggningen.

För att belysa hur denna utveckling påverkar anläggningens faktiska affärsmodell redovisas den specifika utsläppskostnaden per ton behandlat avfall i figur 12. I samtliga scenarier ökar kostnaden per ton förbränt avfall i jämförelse med dagens referensnivå. Figuren visar att kostnaden för utsläppsrätter i Business as usual-scenariot stiger till närmare 3 000 kronor per ton förbränt avfall år 2045, vilket överskrider dagens behandlingsavgift på 950 kronor med mer än det tredubbla.



Figur 12: Beräknad kostnad per ton avfall för utsläppsrätter åren 2035 och 2045 baserat på utsläppsmängderna i de fyra åtgärdsscenarierna. Den streckade linjen representerar kostnaden vid basåret 2025.

7.3 Sammanfattning och analys

Ifrån resultatet framgår det att inget av de studerade scenarierna isolerat har kapacitet att reducera Jönköping Energis fossila koldioxidutsläpp till noll fram till år 2045. För att anläggningen i Torsvik ska kunna närma sig nettonollutsläpp krävs det att flera av scenarierna och deras respektive delåtgärder implementeras samtidigt. Scenariot Teknik hos anläggningen öppnar upp för att verksamheten totalt sett kan nå nettonegativa utsläpp, ifall CCS-anläggningen fångar upp både fossil och biogen koldioxid.

Åtgärder inom scenarierna Cirkulär design och Ökad materialåtervinning kan leda till minskningar i de fossila utsläppen på mellan 40-60 % till 2045, och Teknik hos anläggningen kan minska utsläppen med 91% till 2045. Scenariet Business as usual leder istället till ökade utsläpp, 30 % till 2035 och 60 % till 2045. Hur de minskade utsläppen blir till skiljer sig åt mellan olika delåtgärder, och scenariot Cirkulär design och Ökad materialåtervinning minskar utsläppen genom att minska mängden plast till förbränning (med undantag för bioplast-åtgärden i scenariot Cirkulär design). Scenariot Teknik hos anläggningen minskar däremot utsläppen främst genom att de samlas upp i samband med förbränningen via CCS.

Den ekonomiska analysen visar att anläggningens utgifter för utsläppsrätter förväntas stiga även i de scenarier där utsläppsvolymer minskar. Det förklaras av att priset på utsläppsrätterna antas öka mer än vad utsläppen antas minska. Scenariot Teknik hos anläggningen är ett undantag, och kan bidra till minskade utsläppsrättskostnader till år 2045. Samtidigt leder scenariot inte nödvändigtvis till att anläggningens totala kostnader minskar. Implementeringen och driften av en storskalig CCS-anläggning medför till exempel ökade kapital- och driftskostnader, och den totala kostnaden för verksamheten kommer antagligen öka trots minskade kostnader för utsläppsrätter. I fallet Business as usual, där utsläppen ökat, kombinerat med prisökningar i EU ETS, kommer kostnaden för utsläppsrätterna öka med mer än 800 %. Om kostnaden för förbränningen av avfallet ska stanna kvar på samma nivå som den ligger på idag, behöver den fossila andelen som förbränns alltså minska markant.

8. Diskussion

Sammanfattningsvis är plast problematisk både på nationell nivå, genom att den försvårar måluppfyllelsen för klimatmålen, och på lokal nivå, där kan påverka förutsättningarna för enskilda energiåtervinningsanläggningar. Tidigare i rapporten har de unika förutsättningarna för båda dessa nivåer analyserats, och nedan följer en fördjupad diskussion baserad på studiens resultat. Diskussionen är strukturerad utifrån rapportens centrala frågeställningar.

8.1 Nationell systemnivå

8.1.1 Dagens styrmedelsklimat och hur det behöver förändras i framtiden

Studiens huvudsakliga resultat visar att det nuvarande styrmedelsklimatet har begränsad effektivitet för att styra utvecklingen mot det uppsatta klimatmålet. Resultatet tyder på en diskrepans, både mellan politiska ambitioner och faktiskt utfall, men också mellan styrmedlens teoretiska potential och deras faktiska genomslag. Detta ligger i linje med internationell forskning på klimatpolitiska styrmedel som belyser att ett gap mellan länders långsiktiga klimatambitioner och konkreta policyeffekter är ett återkommande globalt problem (Nascimento et al., 2022). I litteraturen har också ett genomförandegap identifierats, där styrmedlen som antagits av olika anledningar inte fungerar eller ger den avsedda effekten i praktiken (Lecocq et al., 2022).

En möjlig tolkning är att diskrepansen mellan förväntade och faktiska resultat är en konsekvens av det rådande marknadsmisslyckandet inom plastindustrin, där jungfrulig plast inte bär kostnaden för dess miljökonsekvenser. Detta misslyckande underhålls av starka ekonomiska intressen från oljeindustrin, som ser på plastindustrin som en ersättningsmarknad för bränslemarknaden (Granberg & Forsgren, 2024). Så länge det råder ekonomisk obalans där nyproducerad plast är billigare jämfört med återvunnet material eller förnybara alternativ, kommer isolerade styrmedel i slutet av kedjan inte att kunna lösa problemet. Enligt forskning är det priset på nyproducerad plast som i största utsträckning styr marknaden (Peragin, 2026). Då olika plasttyper lätt kan ersätta varandra, blir det den nyproducerade plastens prisnivå som sätter agendan för hela materialflödet. Så länge ny plast tillåts hålla ett lågt pris, kommer det att styra marknaden bort från återvunna alternativ, oavsett hur andra råvarupriser förändras.

En annan förklaring till gapet mellan uppsatta mål och den faktiska utvecklingen kan vara att styrmedelsklimatet i för hög grad har fokuserat på avfallshanteringen snarare än produktionen, designen och konsumtionen. Detta ligger i linje med tidigare forskning om cirkulär ekonomi, som betonar vikten av förbättrad produktion (Ellen MacArthur Foundation, 2013). En förklaring till fokuset på avfallshanteringen kan vara att avfallet uppstår i Sverige, medan produktionen och designen ofta sker i andra länder och därmed är svårare att påverka. Även om det är behandlingsmetoden i avfallshanteringen som i

praktiken bestämmer om livscykeln blir linjär eller cirkulär, så börjar processen redan vid tillverkningen eftersom det är där som de materiella förutsättningarna för hela livscykeln låses fast. Samtidigt lyser styrmedel som påverkar konsumtionen med sin frånvaro, trots att den främst sker inom de nationella gränserna, vilket främst kan förklaras av utmaningar kring politisk och social acceptans.

Vidare är en förklaring till diskrepansen mellan de förväntade och observerade styrmedels-effekterna att avfallssystemet präglas av tidsfördröjningar, där avfallet som förbränns vid en anläggning vid en tidpunkt inte speglar vad som produceras i samhället just då, utan istället är ett resultat av historisk produktion och konsumtion. Även om designen på nya produkter förbättras uppströms, kan det alltså ta lång tid innan det ger genomslag i avfallsledet, särskilt för produkter med lång livslängd. Det innebär att det kommer att finnas en ”miljöskuld” kvar i samhället i form av gamla fossila material under en längre tid, även om vi lyckas minska användningen av jungfrulig plast (Granberg & Forsgren, 2024). Denna effekt behöver tas i beaktande när effekten av nya styrmedel analyseras och sätts i bruk. Detta understryker också att förändring i produktionsledet behöver ske så snart som möjligt för att effekterna i avfallsledet ska kunna realiseras i den takt som krävs för att möta de uppsatta klimatmålen.

Den största konsekvensen av det befintliga styrmedelsklimatet är att det ekonomiska ansvaret för hanteringen av plastförpackningarna läggs på energiåtervinningsanläggningarna. När plastförpackningar och produkter inte designas för cirkularitet får det som konsekvens att mer avfall i slutändan hamnar i förbränningsugnar. Det blir därmed anläggningarna som får bära de ekonomiska konsekvenserna av nuvarande incitamentsstrukturer i den linjära ekonomin, i form av skärpta krav och ökade kostnader för utsläppsrätter, trots att de saknar kontroll över bränslets ursprungliga sammansättning och design.

8.1.2 Åtgärder som kan påverka mängden plast till förbränning

Denna studie har visat att det finns ett brett spektrum av potentiella åtgärder för att minska mängden plast som går till förbränning. De åtgärder som analyserats i detta arbete är resurssmart plastanvändning, materialsubstitution, ökad användning av biobaserad plast, ökad materialåtervinning, förbehandling av avfall och CCS, och flera av åtgärderna har en betydande potential för att minska utsläppen. Samtidigt är den framtida implementeringen av dessa åtgärder i hög grad beroende av hur olika strukturella hinder hanteras. Ett centralt hinder som framträder är förekomsten av marknadsmisslyckandet kopplat till nyproducerad plast, men det finns också tekniska och strategiska hinder.

En slutsats från analysen i kapitel 4 var att de olika åtgärderna ofta påverkar varandras potentialer, liksom de hinder som finns utmed värdekedjan. En förändring av incitamentsstrukturen, genom att producenten står för avfallshanteringskostnaden, kan därmed i sin tur påverka förutsättningarna för både materialåtervinning och substitution

till förnybara alternativ. Till exempel kan ökad materialåtervinning i sin tur öka potentialen hos förbehandlingsanläggningar. Att lösa marknadsmisslyckandet kan alltså leda till kedjereaktioner, där andra hinder upphör och positiva konsekvenser leder till fler. Ett konkret förslag för att inkludera miljökostnaderna i priset för nyproducerad plast är att kombinera producentansvar med EU ETS (Naturvårdsverket, 2024a). För att styrmedelskombinationen ska vara effektiv behöver kostnaderna för utsläppen förflyttas uppströms i aktörskedjan (Granberg & Forsgren, 2024), något som tidigare i rapporten lyfts som en svårighet. Här finns en stor framtida potential för åtgärder såsom prisdifferentierade avgifter, eller helt rörliga avgifter i kombination med av teknik som FossilEye. Även om tekniken för mätning av fossilandelen i det inkommande avfallet fortfarande är under utveckling, hade en lyckad internalisering av utsläppskostnader hos producenten kunnat radikalt förbättra förutsättningarna för hela produktionssystemet. Incitamentsstrukturen genom hela livscykeln hade förändrats från grunden och förutsättningarna för en hållbar avfallshantering hade förbättrats.

Fortsättningsvis finns, inom energiföretagets handlingsutrymme, en stor outnyttjad potential i förbättrad återkoppling och samverkan med avfallslämnare utöver avtalsmässiga och ekonomiska åtgärder. Det finns en särskild potential i samarbetet med verksamheter, dels då en stor andel av avfallet som går till förbränning nationellt är just verksamhetsavfall och dels då resultat från nyare plockanalyser indikerar att det finns betydande potential för ökad utsortering (Lassesson et al., 2025a). Till skillnad från hushållsavfallet, har verksamhetsavfall länge varit relativt ostuderat, vilket försvårat både uppföljning och målinriktade förbättringar över tid. Detta innebär att det finns en outnyttjad möjlighet till ökad utsortering. Genom att systematiskt öka kunskapen om verksamhetsavfallens sammansättning och öka incitamenten för förbättrad utsortering kan stora kliv tas mot minskade fossila utsläpp.

Det nuvarande systemet för avfallshantering är inte utformat för att konsekvent premiera förbättrad utsortering, och det finns förbättringspotential för att öka incitamenten för bättre utsortering. Då kostnaderna för utsläppen idag fördelas jämnt över samtliga avfallslämnare, och utsortering vid källan ofta medför ökade kostnader för den enskilda verksamheten, skapas ett ekonomiskt incitament att snarare prioritera volym framför sorteringskvalitet. Hos Jönköping Energi finns exempelvis en maxgräns på 25 viktprocent fossilt innehåll, men en omräkning av de faktiska utsläppsmängderna visar att det fossila innehållet i avfallet i praktiken uppgår till 32 %. En central förklaring till den höga andelen felaktigt sorterat verksamhetsavfall är därmed att de ekonomiska faktorerna i nuvarande system premierar kostnadseffektivitet framför miljömässig hållbarhet.

Ett sätt att överbrygga detta gap hade kunnat vara att komplettera det förtroendebaserade systemet med en mer objektiv och realtidsbaserad kontroll, exempelvis med hjälp av tekniker såsom FossilEye. Med hjälp av tekniken kan inkommande laster scannas och kontrolleras, vilket hade kunnat leda till att avfallslämnarens faktiska sorteringsbeteende

synliggörs. När klimatpåverkan presenteras svart på vitt blir avvikelser från mottagningskriterierna synliga. En kombination av denna objektiva kontroll med direkta ekonomiska konsekvenser hade kunnat öka incitamenten för avfallslämnare att förbättra sina interna rutiner och minska plastandelen vid källan.

8.2 Anläggningsspecifik lokal nivå

8.2.1 Plastens påverkan, idag och i framtiden

Ett centralt resultat från scenarioanalysen är att inget enskilt scenario ensamt kan reducera de fossila koldioxidutsläppen till absolut noll fram till år 2045 baserat på enbart de fossila flödena. Det är i enighet med slutsatser från Naturvårdsverket och OECD som båda har understrukt att en bred uppsättning med flera olika styrmedel riktade till många olika delar av plastens livscykel krävs för att miljöpåverkan från plasten ska minska (OECD, 2022; Unsbo et al., 2024).

Implementering av CCS inom scenariot Teknik hos anläggningen visar samtidigt att anläggningens totala klimatavtryck kan bli nettonegativt, om även biogen koldioxid avskiljs och lagras. Koldioxidsänkor är ett kraftfullt verktyg för att motverka den globala uppvärmningen och kan förbättra Sveriges förutsättningar att nå det nationella klimatmålet om nettonollutsläpp till år 2045. Samtidigt löser denna tekniska lösning inte det grundläggande problemet med dagens linjära materialflöde, och hade kunnat minska incitamenten att genomföra andra cirkulära åtgärder uppströms som exempelvis ökad materialåtervinning och hållbarare design. Dessutom är storskaliga CCS-anläggningar dyra projekt, och tekniken möter fortfarande betydande hinder, både vad gäller ekonomisk lönsamhet och regulatoriska ramverk kring exempelvis transport och slutförvaring. För att bryta plastens linjära materialflöde och för att uppnå en långsiktigt hållbar restavfallshantering krävs det därför att anläggningsspecifika tekniska åtgärder integreras med förbättringar högre upp i värdekedjan.

Resultatet visade också att EU ETS kan bli en mycket stor utgift för Jönköping Energis anläggning i framtiden, ifall inga nya åtgärder för att minska mängden plast till förbränning införs. Även bland scenarierna där utsläppen minskar förväntas kostnaderna att öka, då prisökningen för utsläppsrätter har ökat snabbare än utsläppen i scenarierna har minskat. Eftersom behandlingsavgiften och kostnaderna för förbränningen påverkar varandra, kommer de ökade kostnaderna antagligen gå hand i hand med stigande behandlingsavgifter. Ur ett nationellt perspektiv är detta i grunden positivt, då högre kostnader för energiåtervinning skapar starkare ekonomiska incitament för avfallslämnare att sortera ut material uppströms och styra det mot materialåtervinning. Däremot finns det en risk att avfallet flyttas nedåt i avfallshierarkin, ifall priset för deponering av avfall inte ökar i motsvarande grad. Att mer avfall skickas till deponi istället för till förbränning är inte ett problem i Sverige, då det är förbjudet att deponera brännbart avfall, men det kan hända bland det avfall som importeras till Sverige idag. För

att motverka att deponering av avfall blir mer attraktivt i länderna utanför Sverige behöver alltså kostnaden för den öka proportionerligt med avfallsförbränningen. Vikten av kompletterande styrmedel, exempelvis en inkludering av deponier i EU ETS, har tidigare identifierats som en kritisk åtgärd för att undvika oönskade skiftningar i avfallsströmmarna (Naturvårdsverket, 2025a).

För Jönköping Energi innebär den kraftiga kostnadsutvecklingen för EU ETS en betydande ekonomisk risk, men konkurrensshotet är i första hand internationellt snarare än inhemskt. Eftersom det ökade kostnadstrycket drabbar alla svenska aktörer likartat, påverkas inte konkurrenskraften på den svenska marknaden i någon större utsträckning. Risken är i stället bunden till importledet. Europeiska förbränningsanläggningar har länge verkat under en ojämn spelplan då de inte omfattats av samma EU ETS-krav som de svenska (Thernström et al., 2025). Om Jönköping Energi tvingas höja sina mottagningsavgifter för att täcka de prognostiserade kostnadsökningarna, försvagas deras position gentemot andra utländska aktörer. Att jämna ut spelplanen inom EU blir därmed mer kritiskt än någonsin i takt med att koldioxidkostnaderna eskalerar, då anläggningen annars riskerar att förlora internationella avfallsvolymer genom att behandlingsavgiften är för dyr.

Vidare är miljövinster av en minskad andel plast i avfallet inte garanterade, då det uppstår en målkonflikt mellan samhällets strävan efter minskat fossilinnehåll och anläggningens behov av energi för att möta fjärrvärmeleveranser. Analysen visar att flera av de undersökta scenarierna leder till minskade mängder fossil plast, vilket sänker avfallets värmevärde. För att bibehålla en konstant energiproduktion krävs därför större volymer avfall som kompensation. Om anläggningen i Torsvik behöver kompensera för det förlorade energiinnehållet genom att införskaffa ytterligare avfall, blir sammansättningen av detta ersättningsavfall helt avgörande för den totala klimateffekten. Om det tillförda avfallet i sin tur innehåller en hög andel fossila material riskerar de miljömässiga vinsterna från utsorteringen att neutraliseras.

Att Jönköping Energi behöver anskaffa en större mängd avfall kan också vara en utmaning i framtiden. Generellt interagerar det importerade avfallet och det svenska avfallet genom att en minskning av det ena flödet kräver en ökning av det andra (Granberg & Forsgren, 2024). Om det svenska restavfallet minskar till följd av cirkulära åtgärder, eller om energiinnehållet i avfallet minskar, samtidigt som energibehovet kvarstår, kommer importen behöva öka för att fylla kapacitetsluckan. Då den svenska förbränningskapaciteten är beroende av hur länder som Norge och Storbritannien hanterar sitt avfall uppstår en osäkerhet. Om dessa länder i framtiden utvecklar egen behandlingskapacitet och minskar sitt exportbehov, riskerar anläggningar som den i Torsvik att stå inför en bränslebrist. Hur efterfrågan på avfall kan komma att förändras i framtiden kan alltså få stor betydelse för anläggningarnas framtida förutsättningar.

8.3 Metoddiskussion

För att kritiskt utvärdera studiens resultat krävs en granskning av de metodologiska valen och de avgränsningar som gjorts. En styrka med det här arbetet är dess tvådelade ansats, med en nationell systemnivå i kombination med en anläggningsspecifik fallstudie. Detta har sammantaget bidragit till en bredd såväl som ett djup. Att data till viss del har saknats på lokalnivå har kompensats av utförlig kunskap på nationell nivå.

På den nationella nivån har studien i huvudsak vilat på en kvalitativ litteraturanlys av befintliga rapporter, policydokument och tidigare forskning. En möjlig förbättring skulle kunna vara att göra en mer systematisk litteraturoversikt över befintlig forskning utifrån vetenskapliga riktlinjer, till exempel PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) för att ytterligare stärka transparensen och reproducerbarheten (Page et al., 2021). Samtidigt var syftet med litteraturstudien inte att genomföra en heltäckande kartläggning av nationella avfallsströmmar och trender, utan istället att sätta den lokala fallstudien i sitt större systemmässiga sammanhang vilket motiverar den valda ansatsen.

Den största utvecklingspotentialen i studien ligger i analysen av Jönköping Energis anläggningsspecifika förutsättningar. En central begränsning är att studien huvudsakligen utgår från nationella trender och sekundärdata, vilket påverkar hur väl resultaten kan tillämpas i den lokala kontexten. Att nationella potentialer appliceras direkt på en lokal anläggning innebär en förenkling, då olika anläggningar har olika förutsättningar, till exempel beroende på vilket sorts avfall som tas emot. Samtidigt hade mer robusta anläggningsspecifika scenarier krävt en större mängd anläggningsspecifik data, exempelvis detaljerade plockanalyser över tid, data som i dagsläget saknas.

En generell utmaning i sektorn är den bristande spårbarheten i avfallskedjan vilket har bidragit till att det är svårt för de enskilda anläggningarna att veta vad som kommer in i anläggningen. Eftersom det saknas detaljerad data om avfallssammansättningen har det inte varit möjligt att genomföra en kvantitativ kartläggning baserad på egna plockanalyser. Därför har studien istället fått en mer utforskande och kvalitativ ansats, där fokus ligger på att förstå de underliggande mekanismerna och utmaningarna.

Vidare avgränsades studien till att inte inkludera framtida förändringar i energisystemet. Detta val gjordes för att möjliggöra en djupgående analys av energiåtervinningens roll i avfallssystemet. Förutsättningarna för framtida avfallsförbränning är dock i praktiken djupt sammanflätade med hela energisystemets utveckling. För att kunna nå en komplett bild av energiåtervinningens roll i en cirkulär ekonomi krävs det att även framtidens fjärrvärmebehov och elmarknadsdynamik tas i beaktning.

I linje med denna systemavgränsning inkluderades inte heller energiaffärens övriga delar i den ekonomiska analysen. Inkomster från försäljning av el och värme, samt underhållskostnader för distributionsnät, har därför lämnats utanför. För att säkerställa fjärrvärmens framtida konkurrenskraft och optimera en anläggnings totala ekonomi krävs i praktiken en minimering av både produktions- och distributionskostnader. I denna studie har fokus dock avsiktligt riktats mot de ekonomiska drivkrafterna kopplade strikt till avfallsflödet, vilket innebär att resultaten bör tolkas som en isolerad analys av bränslets direkta ekonomiska påverkan snarare än en fullständig affärsanalys.

9. Slutsatser

Detta examensarbete har identifierat hur plastmängden som går till förbränning kan förändras i framtiden, och hur det i sin tur påverkar förutsättningarna för energiåtervinningen. Ett centralt resultat är att nuvarande styrmedel är otillräckliga för att reducera plastmängderna i energiåtervinningen i den takt som krävs för klimatmålet 2045. Det största hindret för en cirkulär omställning är det rådande marknadsmisslyckandet, där nyproducerad plast inte bär sina faktiska miljökostnader. Generellt behöver styrmedlens fokus förflyttas uppströms till designen, produktionen och konsumtionen av plastprodukter.

Trots att det finns en bred palett av åtgärder för att minska mängden fossil plast som når förbränningsanläggningar, visar resultaten att ingen enskild åtgärd är tillräcklig för att på egen hand uppnå en fullständig utfasning av de fossila utsläppen. Istället krävs en kombination av åtgärder riktade mot samtliga delar av plastens livscykel. krävs de kombinerade, cirkulära åtgärderna för att bryta plastens linjära flöde och ställa om systemet från grunden.

På lokal nivå finns det en fundamental målkonflikt. Plastinnehållet är en energirik fraktion som är väsentlig för anläggningens driftsekonomi, men samtidigt dess främsta källa till fossila utsläpp. Detta skapar påtagliga framtida ekonomiska risker i takt med att priset på utsläppsrätter inom EU ETS förväntas stiga dramatiskt. Om inga förbättringar görs, och de fossila utsläppen fortsätter att öka, kommer kostnaderna som Jönköping Energi lägger på utsläppsrätterna kunna stiga med över 800 % fram till 2045. Samtidigt medför minskade plastmängder en operativ utmaning, då anläggningen kan behöva öka den totala avfallsvolymen för att bibehålla sin energikapacitet.

För att fullt ut förstå förutsättningarna för framtida energiåtervinning är det därför avgörande att resultaten ställs i relation till en bredare systemanalys, där faktorer såsom energisystemets framtida utveckling och tillgången på avfallsströmmar vägs in.

10. Referenser

- Almasi, A. M., Lundgren, E., & Ahlm, M. (2023). *Var behövs plasten?* (C 752). IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Avfall Sverige. (2021). *Backcasting: Hur når Sverige fossilfri energiåtervinning från avfallsförbränning?* (Rapport 2021:09). Avfall Sverige.
- Avfall Sverige. (2022). *Vägar till mindre mängder återvinningsbart avfall till energiåtervinning: Breddade mottagningskriterier och andra insatser* (Rapport 2022:19). Avfall Sverige.
- Avfall Sverige. (2024). *Svensk Avfallshantering: rapport 2024*. Avfall Sverige.
<https://www.avfallsverige.se/media/xtbi3gst/svensk-avfallshantering-2024.pdf>
- Avfall Sverige. (2025). *Sammanställning av plockanalysresultat i Avfall Web 2021-2023*. Avfall Sverige.
- Bauer, F., Nielsen, T. D., Nilsson, L. J., Palm, E., Ericsson, K., Fråne, A., & Cullen, J. (2022). Plastics and climate change: Breaking carbon lock-ins through three mitigation pathways. *One Earth*, 5(4), 361-376.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.03.007>
- Belleza, E., & Youhanan, L. (2017). *Rätt sak till rätt behandling - materialåtervinning, avfallsförbränning och detoxifiering av samhället* (B 2278). IVL Svenska Miljöinstitutet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-2893>
- BloombergNEF. (2024). *Forecast European Union Emissions Trading System (EU-ETS) average carbon allowance prices from 2024 to 2035 [Graf]*. Statista. Hämtad 20/5 från <https://www.statista.com/statistics/1401657/forecast-average-carbon-price-eu-emissions-trading-system/?srsltid=AfmBOooEl7nFgScSFQnDjMbKuZaXnma2daI7c7ZBE2y4UK6FJIoWTRR1>
- Brandl, P., Bui, M., Hallett, J. P., & Mac Dowell, N. (2021). Beyond 90% capture: Possible, but at what cost? *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 105, 103239. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2020.103239>
- Brännström, S., Grahn Lydig, S., Lidfeldt, M., Mawdsley, I., Strömberg, E., & Rydberg, T. (2022). *Bioråvara till plast: nuläge och trender* (C 653). IVL Svenska Miljöinstitutet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-3943>

- Bäcker, A., Orsholm, L., & Midhamre, A. (2023). *Förstudie för att minska verksamheters plastavfall till energiåtervinning* (Rapport 2023:02). Avfall Sverige.
- Dolci, G., Puricelli, S., Cecere, G., Tua, C., Fava, F., Rigamonti, L., & Grosso, M. (2025). How does plastic compare with alternative materials in the packaging sector? A systematic review of LCA studies. *Waste Manag Res*, 43(3), 339-357. <https://doi.org/10.1177/0734242x241241606>
- Edo Giménez, M., Henriksson, G., & Jensen, C. (2023). *Fördjupad analys av plast i hushållens restavfall och dess potential till ökad materialåtervinning och minskad klimatpåverkan* (2023:123). RI.SE. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-71544>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*.
- Energimyndigheten. (2025a). *Energimyndigheten ger 20 miljarder i stöd för att lagra över 11 miljoner ton koldioxid*. Hämtad 11/6 från <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2025/energimyndigheten-ger-20-miljarder-i-stod-for-att-lagra-over-11-miljoner-ton-koldioxid/>
- Energimyndigheten. (2025b). *228 miljoner till Öresundskraft – stor satsning på CCS i Helsingborg*. Hämtad 17/4 från <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2025/228-miljoner-till-oresundskraft--stor-satsning-pa-ccs-i-helsingborg/>
- European Commission. (u.å.). *About free allocation*. European Commission. Hämtad 15/5 från https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-markets/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation/about-free-allocation_en
- European Environment Agency. (2024). *Plastics*. Hämtad 28/1 från <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/plastics>
- European Environment Agency. (2025). *EU Emissions Trading System (ETS) freely allocated allowances for stationary installations from 2005 to 2024 [Graf]*. Statista. Hämtad 20/5 från <https://www.statista.com/statistics/1315710/eu-emissions-trading-system-ets-freely-allocated-allowances/>
- Fråne, A., Anderson, S., Andersson, C., Boberg, N., Dahlbom, M., Miliute-Plepiene, J.,...George, M. (2022). *Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020* (Rapport 7038). Naturvårdsverket.

- Granberg, A., & Forsgren, M. (2024). *Backcasting: Hur når Sverige fossilfri energiåtervinning från avfallsförbränning? En uppdatering av rapport 2021:09* (Rapport 2024:04). Avfall Sverige.
- Jacobsson, L. (2023). *Kommersiella metoder för behandling av flygaska* (2023:18). Avfall Sverige.
- Kemikalieinspektionen. (2025a). *Vanliga plastsorter*. Hämtad 28/1 från <https://www.kemi.se/hallbarhet/amnen-och-material/plast/vanliga-plastsorter>
- Kemikalieinspektionen. (2025b). *Ämnen som kan försvåra återvinning av plast*. Hämtad 29/1 från <https://www.kemi.se/hallbarhet/kemikalier-i-en-cirkular-ekonomi/sakra-och-hallbara-plaster-i-en-cirkular-ekonomi/amnen-som-kan-forsvara-atervinning-av-plast>
- Klimatpolitiska rådet. (2026). *2026 Klimatpolitiska rådets rapport*.
- Lassesson, H., Due, L., Miliute-Plepiene, J., Hultén, J., & Johansson, J. (2025a). *Sammansättning av verksamhetsavfall som går till förbränning: En plockanalysstudie på inhemskt verksamhetsavfall levererat till elva svenska avfallsförbränningsanläggningar*. Naturvårdsverket.
- Lassesson, H., Unsbo, H., & Fallgren, H. (2025b). *Metod för verifiering av avfallsskannande system: Med en inblick i hur FossilEye fungerade under dess utveckling* (Rapport 2025:02). Avfall Sverige.
- Lebreton, L., & Andrady, A. (2019). Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 5(1), 6. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7>
- Lecocq, F., Winkler, H., Daka, J. P., Fu, S., Gerber, J. S., Kartha, S., Zhou, N. (2022). Mitigation and Development Pathways in the Near- to Mid-term. In *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.006>
- Lindgren, M., Marklund, P., Eskilsson, A., & Meijer, N. (2025). *Koldioxidavskiljning och utsläppskrav vid avfallsförbränningsanläggning: CCUS* (2025:11). Avfall Sverige.

- Ljungkvist Nordin, H., & Ahlm, M. (2025). *Plast i Sverige: sammanfattning av rapporten*. Naturvårdsverket.
- Ljungkvist Nordin, H., Unsbo, H., Ahlm, M., Due, L., Stenmark, C., Emilsson, E.,...Lundmark von Essen, A. (2025). *Kartläggning av plastflöden i Sverige 2023* (7191). Naturvårdsverket.
- Lätt, A., Johannesson, C., Nellström, M., Hallberg, L., Guban, P., Ortiz, C.,...Mawdsley, I. (2020). *Hållbar plastanvändning: Olika åtgärders potentialer för att minska växthusgasutsläppen från förbränning av fossilbaserad plast* (05 2020). Naturvårdsverket.
- Lätt, A., Sundqvist, J.-O., Maria Almasi, A., Matschke Ekholm, H., Gode, J., Berglund, R.,...Fråne, A. (2019). *Avfallets roll i framtidens energisystem* (B2349). Energiforsk. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-2838>
- Malder, C. (2022). *Konsekvenser för energiåtervinning när materialåtervinning av avfall ökar* [Masteruppsats, Lunds universitet, LTH]. LUP Student Papers. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9082728>
- Nascimento, L., Kuramochi, T., Iacobuta, G., den Elzen, M., Fekete, H., Weishaupt, M.,...Höhne, N. (2022). Twenty years of climate policy: G20 coverage and gaps. *Climate Policy*, 22(2), 158-174. <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1993776>
- Naturvårdsverket. (2022). *Förutsättningar för hållbar plastanvändning* (7056). Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2024a). Rätt plast på rätt plats bilaga 2. Styrmedelsanalys.
- Naturvårdsverket. (2024b). *Rätt plast på rätt plats: redovisning av regeringsuppdrag*.
- Naturvårdsverket. (2025a). *Avfallsförbränning och deponering i EU:s utsläppshandelssystem: Fördelar och nackdelar* (Skrivelse, Ärendenummer: NV-01705-24).
- Naturvårdsverket. (2025b). *Avfallshierarkin visar stegen vi behöver ta*. Hämtad 19/2 från <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avfall/pagaende-arbeten/avfallshierarkin-visar-stegen-vi-behoover-ta>

- Naturvårdsverket. (2025c). *El och fjärrvärme, utsläpp av växthusgaser*. Hämtad 18/3 från <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-el-och-fjarrvarme/>
- Naturvårdsverket. (2025d). *Förbränning av fossilbaserad plast behöver minska för att Sverige ska nå sina klimatmål*. Hämtad 28/1 från <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/plast/om-plast/plast-och-klimatpaverkan/>
- Naturvårdsverket. (2025e). *Så kan vi nå en cirkulär och hållbar plastanvändning*. Hämtad 12/2 från <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/plast/sa-kan-vi-na-en-cirkular-och-hallbar-plastanvandning/>
- Naturvårdsverket. (2025f). *Vad är biobaserad plast?* Hämtad 19/2 från <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/plast/vanliga-begrepp-inom-plast/vad-ar-biobaserad-plast/>
- Nordzell, H., Soutukorva Swanberg, Å., Gustavsson, N., Rönnblom, A., Adriaan de Bruijne, E., Nilsson, S., Jansson, A. (2021). *Styrmedel för ökad återvinning av plast*. Ramboll. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-11136>
- OECD. (2022). *Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/aa1edf33-en>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D.,...Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Peragin, L. (2026). Recycled and Virgin Plastics Prices Dynamics: Towards Substitution Effects? *Environmental Modeling & Assessment*, 31(2), 289-316. <https://doi.org/10.1007/s10666-025-10089-z>
- Profu. (2026). *Hur går utvecklingen i värmesektorn? Uppföljning av Färdplan för fossilfri konkurrenskraft*. Profu.
- Ragn-sells. (u.å.). *Ash2™Salt omvandlar flygaska till nya resurser*. Hämtad 15/5 från <https://www.ragnsells.se/om-oss/foretagsfakta/affarsomraden/treatment-detox/ash2salt-anlaggning/>
- Reimerson, E. (2021). *Styrmedel som verktyg för förändring*. Studieförbundet.

- Sahlin, J., Solis, M., Bisailon, M., Edo Giménez, M., Jensen, C., & Johansson, I. (2019). *Bränslekvalitet: Nuläge och scenarier för sammansättningen av restavfall till år 2025* (1103-4092). Avfall Sverige.
- SFS 1998:808. *Miljöbalk*. Klimat- och näringslivsdepartementet.
- SFS 2001:512. *Förordning om deponering av avfall*. Miljödepartementet.
- Svensk Plaståtervinning. (2025a). *Om plaståtervinning*. Hämtad 15/4 från <https://www.svenskplastatervinning.se/om-plastatervinning/>
- Svensk Plaståtervinning. (2025b). *Site Zero*. Hämtad 15/4 från <https://www.svenskplastatervinning.se/site-zero/>
- Sveriges Miljömål. (2025). *Utsläpp av växthusgaser till år 2045*. Sveriges Miljömål. Hämtad 27/1 från <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/utslapp-av-vaxthusgaser-till-ar-2045/>
- Sysav. (2026). *Prislistor*. Sysav. Hämtad 2026 från <https://www.sysav.se/foretag/priser-betalning/prislistor/>
- Tekniska Verken. (2026). *Framtidens sorteringsanläggning är startklar*. Hämtad 15/4 från <https://www.tekniskaverken.se/om-oss/hallbarhet/miljo/sorteringsanlaggning/>
- Thernström, T., Henry Nylén, J., & Nilsson, M. (2025). *Vart ska plasten ta vägen? Avfallsförbränning i EU ETS under 2030-talet* (2025:05).
- Unsbo, H., Strömberg, E., Geidenmark Olofsson, K., Anderson, S., Gustafsson, T., & Bolinius, D. J. (2024). *Scenarier för minskad förbränning av fossil plast i el- och fjärrvärmesektorn: Olika åtgärders potentialer att bidra till att nå Sveriges klimatmål 2045*. Naturvårdsverket.
- Westerberg, J., Sköldberg, H., Renström, J., Nyholm, E., Sahlin, J., Haag Johansson, C., Åström, K. (2025). *Bio-CCS i fjärrvärmesektorn: Möjligheter och utmaningar för utsläppsminskning och negativa utsläpp genom CCS* (2025:1127).
- Wickström, J. (2026). *Söderenergi pausar projekt med koldioxidinfångning*. Tidningen Energi. Hämtad 2026 från <https://www.energi.se/artiklar/2026/februari-2026/soderenergi-pausar-projekt-med-koldioxidinfangning/>