

Åtgärder för minskad klimatpåverkan – Kostnadseffektivitet och synergieffekter

7 mars 2018





Författare: Anders Bondemark, Ulrika Isberg, Calle Malmström och Sirje Pädam
Alla bilder är © WSP Sverige AB om inget annat anges
April 2017 – mars 2018

FÖRORD

Stockholms stad har satt som mål att vara fossilbränslefria till år 2040. Just nu utreds inom stadens förvaltningar olika sätt att åstadkomma detta. Men hur vägs åtgärder för att minska fossila utsläpp inom olika områden mot varandra? Hur säkerställs att staden genomför rätt åtgärder?

Med anledning av detta gav Stadsledningskontoret WSP Analys & Strategi i uppdrag att analysera kostnads-effektiviteten av att minska utsläpp med flera olika åtgärder. I rapporten ges också en introduktion till hur den samhällsekonomiska analysen kan användas. Utredningen som presenteras i den här rapporten baseras på ett urval av åtgärder. Metodiken ska kunna användas inför prioritering av åtgärder och beslut.

Från WSP Analys & Strategi har Anders Bondemark, Ulrika Isberg, Calle Malmström och Sirje Pädam varit delaktiga i arbetet. Björn Hugosson på Stadsledningskontoret har varit kontaktperson för Stockholms stad.

Kontaktperson

Ulrika Isberg, uppdragsledare

Tel: 010-722 86 29

E-post: ulrika.isberg@wspgroup.se

WSP Analys & Strategi

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
EN MINSKAD KLIMATPÅVERKAN	9
Samhällsekonomi & Klimatarbete	11
Andra städers klimatarbete	14
ÅTGÄRDER I STOCKHOLM	17
FÖRDJUPAD ANALYS	23
Metod	24
Hållbar energianvändning	26
Miljöeffektiva transporter	35
Resurseffektiva kretslopp	43
Kolsänkor	48
SAMMANFATTANDE ANALYS	52
KÄLLFÖRTECKNING	62

Sammanfattning

Syftet med rapporten är att visa på vad olika klimatåtgärder kostar Stockholms stad i relation till deras effekt på utsläppen. Denna kostnadseffektivitet uttrycks som kronor per kilo koldioxid. Rapporten introducerar också den samhällsekonomiska metoden som ett sätt att kunna fånga synergier mellan klimatåtgärder och andra samhälleliga mål.

Vid klimattoppmötet i Paris i december 2015 enades världens länder om ett rättsligt bindande avtal som slår fast att den globala temperaturökningen ska hållas väl under 2 grader.

I Sverige har riksdagen antagit miljö kvalitetsmålet "Begränsad klimatpåverkan" som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig och att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären senast år 2045.

Samtidigt som många styrmedel införs nationellt (och i EU) behöver städer arbeta lokalt med sina utsläpp. När städernas befolkning ökar blir just städernas utsläpp allt viktigare för att uppsatta utsläppsmål ska nås. Idag släpper Stockholms stads medborgare ut 2,7 ton CO₂e per person under ett år.

Staden har i sin klimatstrategi satt målet att vara fossilbränsle fria till år 2040. På kort sikt, till år 2020, finns åtgärder inom bland annat fastigheters energianvändning, transporter och avfall. För att nå målet för 2040 kommer även kolsänkor att behövas.

När kommuner ska fatta beslut om olika handlingsalternativ genomför de investeringskalkyler. Men eftersom kommuner och andra offentliga aktörer har ett samhällsansvar kan det vara rimligt att ta hänsyn till hela samhället för att kunna göra bättre prioriteringar. Här kan den samhällsekonomiska kalkylen vara ett hjälpmedel.

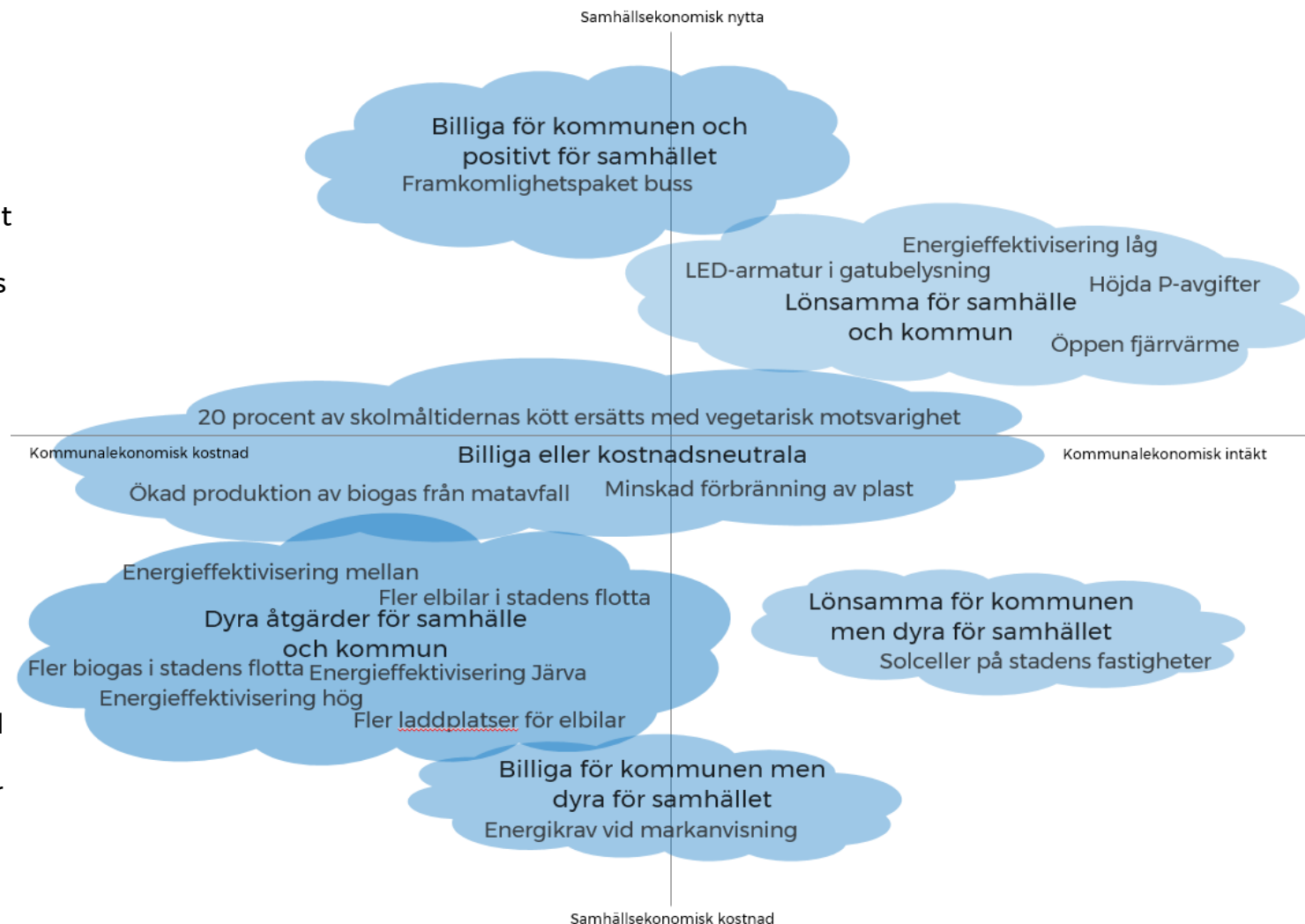
Skillnaderna mellan en kommunalekonomisk investeringskalkyl och en samhällsekonomisk kalkyl är att en kommunalekonomisk kalkyl endast tar hänsyn till de kommunala kostnaderna och intäkterna medan en samhällsekonomisk även tar hänsyn till andra aktörer och t.ex. luftföroreningar.

Åtgärderna som redovisas i rapporten utgör ett urval av åtgärder och är inte ett komplett paket. Huvuddelen av åtgärderna kan genomföras till år 2020 eller något år därefter. Några av åtgärderna som presenteras kräver teknikutveckling och kan därför genomföras först på sikt.

I denna studie har kostnadseffektiviteten studerats för ett urval av åtgärder. Åtgärder har definierats och avgränsats tillsammans med ansvariga inom stadens förvaltningar och bolag, främst Fortum Värme – som också genomfört de fjärrvärmerelaterade beräkningarna. För vissa har det inte varit möjligt att beräkna kostnadseffektiviteten, dessa har istället beskrivits kvalitativt.

Flera av åtgärder innebär såväl kommunalekonomiska nettointäkter som samhällsekonomiska nettonyttor. Det finns goda skäl att genomföra dessa åtgärder oberoende av viljan att minska utsläppen.

I de flesta fall överensstämmer dock riktningen på den kommunalekonomiska kostnadseffektiviteten med den samhällsekonomiska men i vissa fall inte. Det gäller i första hand framkomlighetspaketet för stadens bussar där det trots att det kostar staden att genomföra åtgärden finns stora samhällsekonomiska nyttor.



Det finns skäl till att inte enbart prioritera efter kostnadseffektivitet. Ett är att åtgärderna inte är oberoende av varandra, ett annat är osäkerheter i beräkningarna. Framför allt gäller det åtgärder som ligger långt fram i tiden.

Ytterligare ett motiv till prioritering kan vara att åtgärden syftar till att minska kostnaden för ny teknik. Ett exempel är elbilar. Även om kostnaden kan anses vara mycket hög leder stadens, och alla andras, köp av elbilar till att priset på elbilar sjunker. Det gör att priset för att minska utsläppen med hjälp av elbilar i framtiden kommer att bli lägre.

Det urval av åtgärder som studerats leder förvisso till stora utsläppsminskningar men räcker inte hela vägen. I transportsektorn är glappet särskilt stort. Samtidigt är vissa av åtgärderna i transportsektorn mycket effektiva och det finns goda skäl att tro att det finns fler effektiva åtgärder som staden kan genomföra.

Utmaningen för transportsektorn ska dock inte underskattas. Där är staden beroende av såväl statliga styrmedel som global teknikutveckling för att minska utsläppen.

WSP

En minskad klimatpåverkan

Vid klimattoppmötet i Paris i december 2015 enades världens länder om ett rättsligt bindande avtal som slår fast att den globala temperaturökningen ska hållas väl under 2 grader med en strävan att begränsa den till 1,5 grader.

I Sverige har riksdagen antagit miljö kvalitetsmålet "Begränsad klimatpåverkan" som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. I samband med Paristoppmötet lanserade Sveriges regering ett initiativ om att vara världens första fossilfria välfärdsland. Målet är att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären senast år 2045.

I juni 2016 lämnade Miljömålsberedningen sitt slutbetänkande (SOU 2016:21) med förslag till strategi för en samlad och långsiktig klimatpolitik mot klimatmålet 2045. Flera av de förslag som ges på åtgärder genomförs nu i svensk politik; höjd koldioxidskatt och förändrat reseavdragssystem är två exempel.

Förslagen i strategin är främst för nationella styrmedel och för hur Sverige ska påverka EU i olika sakfrågor. Samtidigt ökar städernas befolkning och just städers utsläpp kommer att bli viktigare och viktigare för att Sverige ska nå de uppsatta utsläppsmålen.



FN:s klimatpanels (IPCC) senaste rapport bedömer att jordens medeltemperatur kommer att fortsätta att stiga jämfört med förindustriell tid. De höjda temperaturerna är en följd av utsläppen av klimatgaser från mänsklig verksamhet. Vädret väntas bli mer oförutsägbart. Värmeböljor kommer att bli vanligare och längre, på samma sätt som extrema regn kommer att bli intensivare och ske mer frekvent i många regioner.

I Stockholms stads *"Strategi för fossilbränslefritt Stockholm 2040"* beskrivs olika källor till utsläpp av växthusgaser som sker inom Stockholms geografiska gräns och det specificeras åtgärdsområden för att minska utsläppen.

Idag släpper Stockholms stads invånare ut 2,7 ton CO₂e per person under ett år. Målet är att vara fossilbränslefria till år 2040. Dock görs bedömningen att en rest om 0,4 ton CO₂e per person kommer att finnas kvar år 2040. Resterna kommer exempelvis från flyg och sjötransporter vilka regleras av internationella avtal och regelverk.

På kort sikt, till år 2020, finns åtgärder specificerade i stadens miljöprogram och kommunfullmäktige har satt ett etappmål om att utsläppen får vara högst 2,2 ton CO₂e per person år 2020. De åtgärder som föreslås i miljöprogrammet beräknas minska utsläppen med 533 000 ton CO₂e jämfört med 2014.

För att minska utsläppen till år 2040 kommer åtgärder att behöva göras inom alla sektorer; fastigheters energi-användning, transporter, avfall med mera.

Syfte

Syftet med rapporten är att visa på vad olika klimatåtgärder kostar Stockholms stad i relation till deras effekt på utsläppen. Denna kostnadseffektivitet uttrycks som kronor per kilo koldioxid. Rapporten introducerar också den samhällsekonomiska metoden för att kunna fånga klimatåtgärdernas synergier och andra effekter på samhället som helhet.

Rapportens disposition

Rapporten börjar med en kortfattad beskrivning av samhällsekonomisk metod och hur den kan vara värdefull inom klimatarbetet. Därefter beskrivs inom vilka sektorer Stockholm stads utsläpp av koldioxidekvivalenter sker idag och vilka åtgärder som valts ut för analys. I avsnittet som följer, Åtgärder i Stockholm, har varje utvald åtgärd fått en sida tillägnad för beskrivning av åtgärden, klimateffekten och kostnaderna. Sist görs en sammanfattande analys där slutsatser dras kring åtgärdernas kostnadseffektivitet och hur mycket koldioxid som sparas totalt med åtgärderna.

Beräkningarna som gjorts inom ramen för den här rapporten bygger i många fall på grova antaganden om framtiden. Dessa beräkningar kan förfinas och förändras när ny information tas fram. För detaljer kring antaganden i beräkningar hänvisas till Bilaga 1 – Beräkningar och referenser.

Samhällsekonomi och klimatarbete

11

På uppdrag av Storbritanniens primärminister tog Sir Nicholas Stern fram rapporten *The Economics of Climate Change – the Stern Review* vilken publicerades år 2006. De visade med hjälp av en ekonomisk analys att snara och kraftfulla åtgärder är befogade för minskade klimatutsläpp. Bedömningen som gjordes var att klimatförändringarnas totala kostnader motsvarar minst en femprocentig förlust av världens bruttonationalprodukt nu och för all framtid om vi inte gör något. Samtidigt, bedömdes kostnaderna för att agera och undvika de värsta följderna av klimatförändringarna till cirka en procent av BNP per år. Stern listar tre politiska styrmedel som krävs för effektiva globala åtgärder:

- Prissättning av koldioxidutsläpp genom skatt, handel med utsläppsrätter eller regleringar
- Politik som stödjer utveckling och spridning av mindre koldioxidintensiv teknik
- Åtgärder för att informera, utbilda och övertyga enskilda människor om att göra vad de kan

Kommuners arbete med att minska utsläpp faller i första hand under de två senare punkterna. Stockholm genomför redan idag åtgärder som bygger på Stern-rapportens rekommendationer.

Genom Miljöbilar i Stockholm arbetar staden för att snabba på övergången till fossilfria fordon och förbättra tillgången till förnybara fordonsbränslen. Detta görs exempelvis genom samarbete med bränsleföretag och framtagande av information om miljöbilar. Staden driver en energi- och klimatrådgivning som informerar medborgare och företagare om åtgärder för att reducera energiförbrukningen. Stockholms avfallstaxa för villakunder premierar källsortering och bidrar till minskade utsläpp av växthusgaser genom mer resurseffektiva kretslopp.

Åtta år efter Sternrapporten kom *The New Climate Economy Report*. Syftet var att undersöka om långsiktig ekonomisk tillväxt går att kombinera med en kraftfull klimatpolitik. Arbetet är utfört av en global kommission där företrädare från sju länder medverkat.

Rapporten drar slutsatsen att det är möjligt för alla länder att ha ekonomisk tillväxt samtidigt som riskerna med klimatförändringarna bekämpas, men styrmedel och investeringar under de kommande 15 åren är avgörande för att detta ska ske. Ju längre vi väntar med att reducera våra utsläpp, desto mer kostsamt kommer det att bli.

Rapporten pekar ut städer som ett av tre områden där rätt investeringar måste ske för att vända utvecklingen. De andra två områdena är markanvändning (jordbruk) och våra energisystem.

Städer är viktiga då merparten av jordens befolkning bor i städer idag. Det betyder att det är där den ekonomiska tillväxten skapas, men också att det är där den största energianvändningen finns och det är där de största utsläppen av växthusgaser sker. Av vikt är att bygga täta städer med ett bra kollektivtrafikutbud.

Rapporten ger till sist en tiostegs "Action plan" för hur världen bör agera för att nå fossilfrihet. Den första punkten är att integrera klimatfrågan i alla politiska ställningstaganden. Det är precis det den här rapporten är ett försök till; att visa på hur klimateffekter kan synliggöras i kommunala beslut.

De studier som beskrivs ovan, *Sternrapporten* och *The New Climate Economy*, visar effekterna av växthuseffekten på hela samhället; hur påverkas bruttonational-produkten av att inte minska utsläppen? Sådana beslutsunderlag är viktiga för att säga något om de samlade effekterna på ekonomin. Men eftersom behoven är stora och resurserna begränsade behöver beslutsfattare inte bara information om den totala effekten utan också stöd att identifiera vilka åtgärder som ger störst klimatnytta för pengarna.



Rapporten "The New Climate Economy Report".

Källa: http://newclimateeconomy.report/2014/wp-content/uploads/sites/2/2014/08/NCE-Global-Report_web.pdf

Samhällsekonomiska bedömningar ger vägledning inför beslut om enskilda åtgärder. En åtgärds positiva och negativa effekter (nyttor och kostnader) vägs mot investeringskostnaden. Den samhällsekonomiska analysen tar med kostnader och nyttor för alla individer i samhället. Effekterna kan beskrivas i kronor, men också kvalitativt i de fall effekten inte går att prissätta.

Ett exempel på när samhällsekonomiska bedömningar används är i Trafikverkets åtgärdsplanering, där alla tänkbara objekt bedöms. Det gör att beslutsfattarna (regeringen) kan välja de åtgärder som ger mest nytta för pengarna. Angreppsättet förekommer även i andra sektorer som t.ex. miljöförbedömningar, men är mindre vanligt i Sverige.

I företag och kommuner används i första hand företagsekonomiska kalkyler vid investeringsbeslut. I dessa vägs investeringskostnaden mot intäkter som kommer företaget eller kommunen till godo om investeringen genomförs.

De största skillnaderna mellan en företagsekonomisk investeringskalkyl och en samhällsekonomisk kalkyl är :

- Vilka nyttor och kostnader som tas med i kalkylen
- Räntan i den samhällsekonomiska kalkylen ger större tyngd åt framtida nyttor och kostnader än den företagsekonomiska

Det är i synnerhet på den första punkten som kalkylerna skiljer sig åt. Där den företagsekonomiska analysen endast studerar effekterna på aktören som genomför åtgärden gör den samhällsekonomiska analysen anspråk på att ta hänsyn till alla nyttor och kostnader som uppstår till följd av åtgärden.

Vid kommunala investeringsbeslut behöver man se till investeringens effekter på den kommunala budgeten. Men en ansvarsfull användning av kommunens medel behöver också ta hänsyn till de som vistas i staden och förutsättningarna för framtida kommuninvånare.

I stadens investeringsstrategi beskrivs de stora investeringsbehov som finns i staden, men också behovet av att göra rätt investeringar. De mest prioriterade investeringarna är investeringar som gör att staden kan fortsätta växa t.ex. investeringar i bostäder och infrastruktur, men även investeringar som leder till minskad energiförbrukning och minskade utsläpp av växthusgaser lyfts fram. I vissa fall, t.ex. när det kommer till kollektivtrafik är investeringar som gör att staden kan fortsätta växa och de som gör att utsläppen minskar samma investeringar.

För att identifiera investeringar med låga kostnader i förhållande till nyttorna kan den samhällsekonomiska analysen vara ett viktigt hjälpmedel.

Andra städers klimatarbete

Idag har länder på många sätt svårt att enas om vägen framåt i klimatarbetet och istället är det världens städer som leder klimatarbetet och står för initiativen. Vancouver har som mål att all energi-användning i staden ska komma från förnybara källor senast år 2050. Melbourne strävar efter att bli klimat-neutralt redan 2020 och Köpenhamn att bli det 2025. I Oslo är målet att halvera utsläppen före 2030 och att staden ska vara helt fossilfri år 2050.

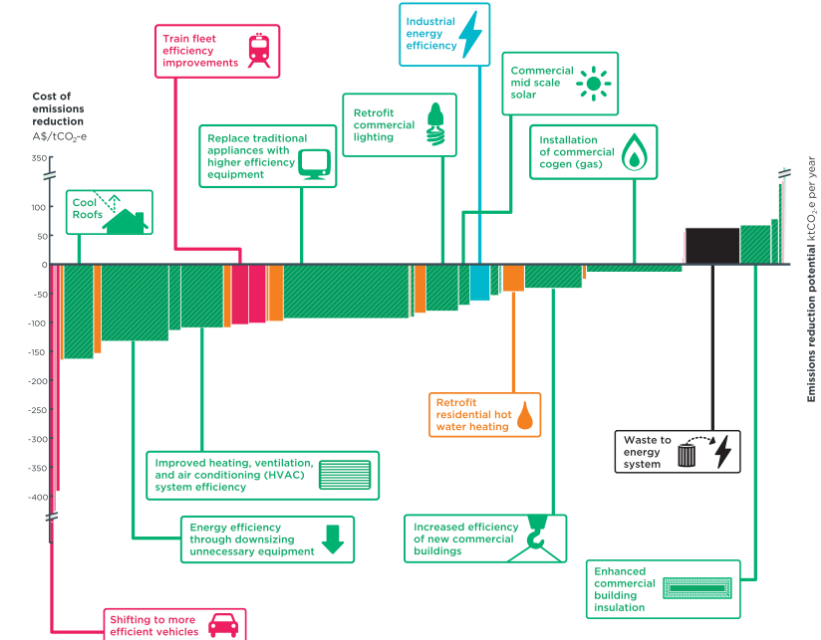
Köpenhamn har kommit längre än andra städer när det gäller ekonomiska analyser av klimatåtgärder. Ytterligare en stad som tagit fram ekonomiskt beslutsunderlag är Melbourne.

Vancouver

Vancouver antog år 2015 en strategi om att energianvändningen ska vara 100 procent förnybar före 2050. Satsning på förnybara energikällor, energieffektivisering av bebyggelsen, övergång till biodrivmedel och elektrifierade transporter är centrala delar. Staden har ännu inte tagit fram ekonomiskt underlag om vilka satsningar som ska prioriteras.

Melbourne

Melbourne instiftade Sustainable Melbourne Fund år 2002 och målet är att stadens nettobidrag till klimatutsläppen ska vara noll år 2020. Inriktningen är att utsläppsminskningarna ska ske där det kostar minst att genomföra åtgärder. För att nå målet kostnadseffektivt visar stadens beräkningar att kolsänkor kommer att bli aktuella när kostnaderna för andra åtgärder överstiger 10 australiensiska dollar per ton CO₂e.



Livscykelkostnad i australiensiska dollar per ton CO₂-e,
Källa: Zero Net Emissions by 2020 - update 2014, City of Melbourne

Köpenhamn

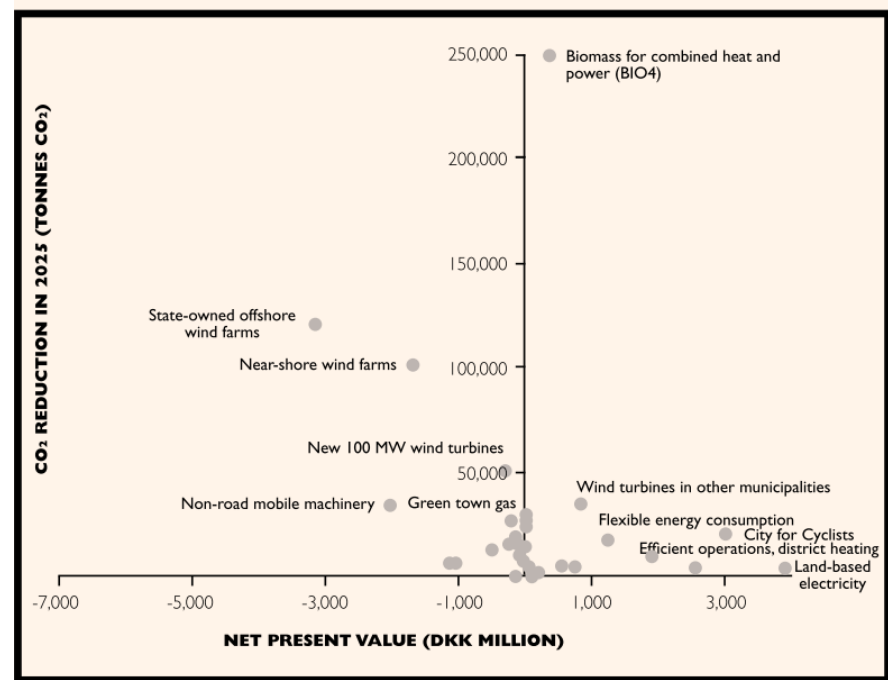
I Köpenhamn beslutades redan i augusti 2012 att staden ska vara klimatneutral år 2025. År 2015 släppte köpenhamnarna ut 2,5 ton CO₂e per person. De senaste åren har investeringar gjorts för att minska utsläppen. Till exempel genom förbättrad gatubelysning, nya cykelbanor och renoveringar av kommunala fastigheter. Totalt förutspår staden att investeringar för över 200 miljarder danska kronor behöver göras för att nå målet. Minskad energianvändning, övergång till förnybara bränslen vid energiproduktion, förändrade transportsätt och andra kommunala initiativ ska leda till minskade utsläpp.

Köpenhamn har gjort analyser av utsläppspotential och samhällsekonomi. Genom att kombinera lönsamma och icke lönsamma åtgärder, se figuren till höger, visar den samlade samhällsekonomiska kalkylen en netto-nytta på 7 miljarder danska kronor. Nyttan är beräknad under respektive åtgärds livstid.

En del åtgärder finansieras via stadens budget (cirka 2,6 miljarder danska kronor), men för att få stort genomslag arbetar staden i partnerskap privata och kommunala bolag. Övergång till biomassa i Amagerværket utgör en av hörnstenarna.

Oslo

Oslo antog en klimat- och energistrategi år 2016. Strategin förutser att Oslo är helt fossilfri senast 2050. Till 2030 ska utsläppen halveras jämfört med 1991. Åtgärderna berör transporter, byggsektor, resursanvändning och energisektor. De har delats in i kort-, medel- och långsiktiga. Oslo har inte tagit fram något ekonomiskt underlag till strategin.



Utsläppsminskning och nettonuvärde i miljoner danska kronor (DKK).
Källa: CPH 2025 Climate Plan Roadmap 2017-2020

ÅTGÄRDER I STOCKHOLM

I det här avsnittet diskuteras vilka åtgärder som kan tänkas inom Stockholms stad för att minska klimatpåverkan, och vilka som valts ut för en fördjupad analys

Var sker utsläppen idag?

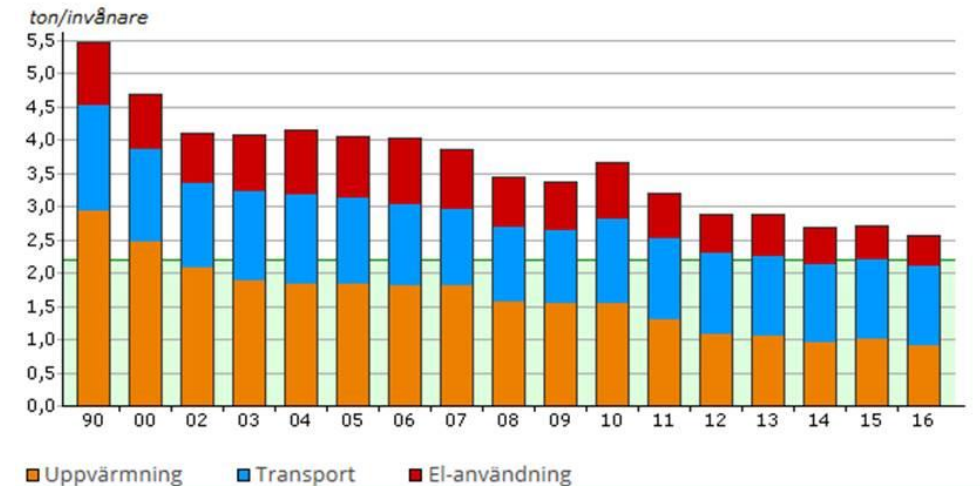
Stockholms stad har under en längre tid haft ett ambitiöst miljö- och klimatarbete. Detta har bidragit till att utsläppen sedan 1990-talet minskat från 5,4 ton CO₂e per invånare till dagens 2,7 ton CO₂e. Trots att befolkningen under samma period ökat med mer än 30 procent har utsläppen från uppvärmning av byggnader mer än halverats. Utsläppen från transporter är dock relativt oförändrade per capita under perioden.

De 533 000 ton CO₂e som det nuvarande miljöprogrammet planerar att minska utsläppen med är till största del åtgärder för klimatsmart fjärrvärme, minskad fossilanvändning i transportsektorn och minskad biltrafik.

För fjärrvärmens innebär det bland annat att kolanvändningen ska avvecklas och att fossila oljor för spetslast ska fasas ut. Sammanlagt 240 000 ton CO₂e utsläpp ska reduceras från fjärrvärmens till år 2020.

Minskad biltrafik ska stå för 80 000 ton CO₂e och minskad fossil energianvändning i vägtrafiken ska motsvara en minskning om 140 000 ton CO₂e till år 2020. Åtgärder som beskrivs för att nå målet till år 2040 är förbud mot fossilbränsleförsäljning, miljözoner med förbud mot fossildrivna fordon med mera.

I figuren nedan beskrivs utsläppen under 25 år inom tre sektorer. I de beskrivna utsläppen ingår inte de utsläpp som uppstår på grund av konsumtion av varor inom staden.



Totalutsläpp av växthusgaser och utsläpp i ton per capita för uppkomna utsläpp inom Stockholms stads geografiska gräns.
Källa: Stockholms stad

Utvalda åtgärder

Tillsammans med den referensgrupp som kopplades till uppdraget sammanställdes till att börja med ett 40-tal olika åtgärder för att minska klimatpåverkan. För analysen i den här rapporten har 22 stycken valts ut för att säkerställa överblickbarhet och tydlighet.

För att göra en analys av olika åtgärders kostnads-effektivitet (både ur samhällsekonomisk och kommunalekonomisk synvinkel) samt dess synergieffekter krävs det att åtgärderna kan specificeras .

Urvalet har gjorts medvetet för att visa på en bredd av olika typer av åtgärder som kan bli aktuella inom stadens geografiska område. I urvalet ingår därför både åtgärder som staden har rådighet över och sådana som är svårare för staden att påverka. Dessutom ingår både föreslagna åtgärder inom det befintliga miljöprogrammet, klimatstrategin och helt nya åtgärder.

Huvuddelen är åtgärder som kan genomföras till år 2020 eller något år därefter. Några av åtgärderna som presenteras är mer framåtriktade eftersom de kräver teknikutveckling. Hit hör exempelvis BECCS som handlar om koldioxidlagring av icke-fossil koldioxid.

De utvalda åtgärderna är kategoriserade inom de områden som klimatstrategin för fossilbränslefrihet anger (*Hållbar energianvändning, Miljöeffektiva transporter, Resurseffektiva kretslopp och Kolsänkor*). Åtgärder har valts med en tyngdpunkt på området "*Miljöeffektiva transporter*", eftersom det är där de största utmaningarna finns, men även andra sektorer ingår.



Område		Åtgärd	Konkretisering
Hållbar energianvändning	1	Biobränsle i fjärrvärmen	Dagens kolkrafteldade kraftvärmeverk ersätts med verk drivna med biobränslen.
	2	Öppen fjärrvärme	Spillvärme från bl. a. industrier och datorhallar tas till vara och matas in i fjärrvärmesystemet.
	3	Sänkt returtemperatur i fjärrvärmen	Åtgärder i enskilda fastigheter sänker returtemperaturen med 5 grader.
	4	Biobränsle i fjärrvärmens spetslast	Dagens spets- och reservkraftverk, drivna med fossilolja, ersätts med biooljeeldade kraftverk.
	5	Energieffektivisering av fastigheter	Energieffektivisering av stadens fastigheter.
	6	Energikrav vid markanvisning	Högre energikrav (än vad BBR anger) vid produktion av nya byggnader.
	7	LED-armatur i gatubelysning	Äldre armaturer (kvicksilver och natrium) byts mot nya LED-armaturer i stadens gatubelysning.
	8	Solceller på stadens fastigheter	Installation av solceller på kommunägda fastigheter.
Miljöeffektiva transporter	9	Framkomlighetspaket för bussar	Ett paket av åtgärder ger högre genomsnittshastigheter för 6 busslinjer.
	10	Samlastning av gods	Fallstudie av den kommersiella samlastningen av tre postnummer i Klara.
	11	Höjda p-avgifter	Effekten av att implementera parkeringsavgifter för besökare och boende i närförort enligt parkeringsstrategin.

Område		Åtgärd	Konkretisering
Miljöeffektiva transporter	12	Fler elbilar i stadens flotta	Hälften av stadens personbilar som idag drivs av bensin och diesel byts ut mot elbilar
	13	Fler biogasbilar i stadens flotta	Hälften av stadens personbilar som idag drivs av bensin och diesel byts ut mot biogasbilar
	14	Flera laddplatser för elbilar	Staden möjliggör för fler laddplatser för elbilar
	15	Upphandla fossilbränslefria transporter	Alla transporter som sker inom stadens upphandlingar ska göras fossilbränslefritt.
	16	Inrätta en miljözon 3	Inrättande av en miljözon 3 där kraven på utsläpp av luftföroreningar från fordon är mycket höga.
Resurseffektiva kretslopp	17	Elanslutning av fartyg	Fartyg i Stockholms stora hamnar ansluter till elnät istället för att drivas av diesel för uppvärmning m.m.
	18	Ökad produktion av biogas från matavfall	Investering i anläggning för utsortering av matavfall från hushållsavfall för utökad produktion av biogas
	19	Minskad förbränning av plast	Sorteringsanläggning av hushållsavfall möjliggör ökad återvinningsgrad och minskar plastförbränning.
Kolsänkor	20	20 % av skolmåltidernas kött ersätts	Kött i stadens skolmat i för-, grund- och gymnasieskolor ersätts delvis med vegetabilier.
	21	BECCS (på längre sikt)	Framtida teknik för urskiljning av CO ₂ från biobränsleeldade kraftvärmeverk och därefter koldioxidlagring.
	22	Ökad produktion av biokol	Investering i utbyggnad av pyrolysanläggning för utökad produktion av biokol och värme. Storskalig utbyggnad först på längre sikt.

FÖRDJUPAD ANALYS

I det här avsnittet beskrivs varje åtgärd mer detaljerat utifrån investerings- och driftskostnader, koldioxidbesparingar och andra synergieffekter som uppstår vid genomförandet

Metod

En utgångspunkt är att den studerade åtgärden ska vara av relevans för stadens arbete. Med anledning av detta har varje åtgärd först definierats och avgränsats tillsammans med referensgruppen. Beräkningar har därefter tagits fram. För vissa åtgärder har WSP genomfört beräkningarna, för andra åtgärder har förvaltningar och bolag helt eller delvis tagit fram beräkningar.

Hur väl det varit möjligt att definiera åtgärderna har varierat kraftigt beroende på hur mycket staden arbetat med dem. I beräkningarna har dock den bästa tillgängliga informationen använts.

I beräkningarna antas att effekterna på utsläpp och kostnader uppkommer från och med år 2020. Detta är en förenkling som görs för att åtgärdernas effekter ska bli jämförbara. Resultaten redovisas i dagens prisnivå, räntan är 5 procent och investeringarnas livslängd varierar med åtgärd. Med hjälp av livslängd och ränta beräknas den årliga kostnaden som sedan kan ställas mot de årliga effekterna.

Vilka de årliga effekterna är skiljer sig från den kommunalekonomiska och den samhällsekonomiska kalkylen eftersom de har olika omfattning, dvs. tar hänsyn till olika effekter.

En kommunalekonomisk kalkyl tar hänsyn till en åtgärds inverkan på den kommunala ekonomin. De poster som den då tar hänsyn till är:

- Direkta investeringskostnader i form av t.ex. inköp
- Förändrade driftskostnader som t.ex. minskat energiinköp eller ökad arbetstid
- Ökade intäkter i form av t.ex. parkeringsavgifter

Eftersom kommunen är en del av samhället ingår posterna i den kommunalekonomiska analysen också i den samhällsekonomiska. Utöver detta ingår också kostnader eller nyttor för andra aktörer, dvs.:

- Andra aktörers driftskostnader, t.ex. minskad fjärrvärmekostnad
- Förändrad restid till följd av t.ex. ökad hastighet på bussar
- Påverkan på emissioner från biltrafik dvs. buller, luftföroreningar och trafiksäkerhet

Idealt sett hade man också velat ta hänsyn till andra effekter som t.ex. minskad trängsel och bättre inomhusmiljö. Dock är det mycket svårt att värdera dessa effekter. På grund av detta har dessa effekter istället beskrivits kvalitativt.

Många av åtgärderna påverkar varandra på ett eller annat sätt. Om till exempel fordonsflottan i staden blir grönare minskar den utsläppsreducerande effekten av att reducera trafiken. Detta är särskilt påtagligt för åtgärder kopplade till fjärrvärmens och uppvärmning av byggnader. För att det ska vara möjligt att beräkna kostnadseffektiviteten av åtgärderna har alla åtgärder utom Biobränsle i fjärrvärmens och Öppen fjärrvärme beräknats var för sig.

På de kommande sidorna beskrivs alla åtgärder var för sig. Generella utgångspunkter för respektive åtgärd beskrivs tillsammans med resultaten. De studerade åtgärderna är mycket olika varandra varför en beskrivning av hur enskilda beräkningar är genomförda här inte är möjlig. För mer detaljerad information om beräkningarna och enskilda överväganden hänvisas till beräknings-PM (Bilaga 1).

De kommunalekonomiska kostnadseffektivitetssiffror som presenteras i denna rapport ska tolkas som det pris staden betalar för utsläppsminskningarna.

Hållbar energianvändning



Biobränslen i fjärrvärmén

I Värtan ligger idag ett kolkraftverk, KVV6. För att det ska kunna tas ur bruk behöver dess kapacitet ersättas. Det aktuella inriktningsbeslutet från Fortum Värme är att stänga KVV6 till 2022 och att utreda hur detta ska gå till. Åtgärden kommer att vara implementerad efter 2020. I denna rapport utreds två möjliga åtgärder för att ersätta kapaciteten: att bygga kraftvärmeverk drivna med biobränsle (flisad grot) och genom åtgärden "Öppen fjärrvärme" (beskrivs på nästa sida).

KVV6 har en värmeeffekt på 320 MW. Förutom värme genereras årligen 500 GWh el. De två kombinerade åtgärderna måste ersätta denna kapacitet, men det är i dagsläget oklart hur stor effekt respektive åtgärd kan bidra med. Totalt släpper KVV6 ut 400 000 ton CO₂-e per år vilket därför är den högsta utsläppsreduktion som kan uppnås med åtgärderna.

Beräkningarna som är gjorda av Fortum Värme visar att utsläppen kan minska med 1250 ton CO₂-e per år och MW, förutsatt att biobränslet är klimatneutralt.

Fortum Värme finansierar hela kostnaden och bedömer i dagsläget åtgärden som företagsekonomiskt lönsam. Fortum Värmes kalkyl är inte offentlig varför den inte har kunnat granskas. Istället har ett försiktigt antagande gjorts om att åtgärden antas gå plus minus noll sett till den företagsekonomiska kalkylen varför kostnaden för att reducera växthusgasutsläpp blir mycket låg.

Årlig besparing av CO₂-e

Osäkert
< 400 000 ton

Kommunal kostnad

0 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

0 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Minskat utsläpp av luftföroreningar.

Öppen fjärrvärme

Den andra åtgärden som föreslås genomföras för att ersätta kolkraftverket i Värtan är att i fjärrvärmenätet utnyttja spillvärme från bland annat datorhallar och industrier. Åtgärden Öppen fjärrvärme samverkar alltså med åtgärden om Biobränslen i fjärrvärmen (föregående sida) och det är i dagsläget oklart hur stor effekt den öppna fjärrvärmen kan bidra med. Det är därför inte möjligt att säga hur stor utsläppsreduktion den öppna fjärrvärmen leder till. Det kommer däremot inte att överskrida 400 000 ton vilket är den mängd KVV6 idag släpper ut årligen. Likt Biobränsle i fjärrvärmen kommer åtgärden inte att bidra till någon klimatvinst till 2020 då KVV6 tidigast stängs 2022.

Att utnyttja spillvärme medför dock vissa komplikationer jämfört med att byta till biobränsle;

- Den öppna fjärrvärmen genererar enbart värmeenergi och ingen el
- För att spillvärmen ska kunna utnyttjas krävs värmepumpar vilka drivs på el

Att driva värmepumparna bidrar till en extra elkonsumtion om 1,03 GWh per år och MW vilket Fortum Värme planerar att kompensera med att tillföra en lika stor andel förnybar el. Däremot kommer inte den förlorade elproduktionen från KVV6 att ersättas med extra, förnybar elproduktion. Beräkningarna av Fortum Värme visar att utsläppen kan minska med 250-1250 ton CO₂-e per år och MW. Intervallet beror på vilken alternativ teknik värmekällan har och därmed hur stor tillkommande elproduktion som krävs för värmeåtervinning.

Fortum Värme betalar värmeproducenten 1,7 miljoner kronor per MW och år. Denna värme säljer Fortum Värme vidare med vinst. Även producenten gör en vinst då betalningen från Fortum Värme väger upp de ökade elkostnaderna. Producenten måste dock även betala en anslutningsavgift för att koppla in sig på fjärrvärmenätet. Denna avgift varierar från fall till fall varför datorhallarnas och industriernas nytta kan variera stort. Betalningsviljan för anslutning till fjärrvärmenätet beror på att överskottsvärmen annars behöver kylas.

Årlig besparing av CO₂-e

Osäkert

Kommunal kostnad

-2,5 till -12,6 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

-6,4 till -32 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Minskat utsläpp av luftföroreningar.

Sänkt returtemperatur i fjärrvärmen

Effektiviteten vid produktion i kraftvärmeverk och värmepumpar är starkt beroende av temperaturnivåerna i fjärrvärmenätet. I dagsläget är leveranstemperaturen i snitt 86 grader och returtemperaturen som fjärrvärme-kunder skickar tillbaka till Fortum Värme 41 grader. En sänkt returtemperatur har flera positiva effekter:

- 1) Vid kraftvärmeverk sätter returtemperaturen en nedre gräns för hur mycket energi som kan utvinna genom kondensering av rökgaser. Förenklat värms returvattnet upp av rökgaserna och ju kallare returtemperatur desto mer energi går att utvinna. Detta tillskott på energi blir en ren effektivitetshöjning då värmen annars hade gått till spillo.
- 2) Om även leveranstemperaturen sänks påverkas turbineffekten positivt vilket gör att mer el kan produceras i kraftvärmeverken.
- 3) Verkningsgraden i Fortum Värmes värmepumpar ökar med en sänkt returtemperatur vilket gör att mindre el går åt till att utvinna lika mycket värme.

En sänkning av returtemperaturen kan uppnås genom att mindre åtgärder vidtas i varje enskild fastighet. Ofta räcker det att fastighetsägaren justerar och optimerar värmesystemet, bland annat genom att frigöra eller byta ut låsta ventiler och ändra pumpflöden. Dessa enkla åtgärder bedöms kunna sänka returtemperaturen med 5 grader. Fortum Värmes beräkningar visar att en 5-gradig sänkning av returtemperaturen kan minska utsläppen av CO₂-e med 32 000 ton per år. Till 2020 kan arbetet med att anpassa de fastigheterna som är anslutna till fjärrvärme fortskrida men långt ifrån alla kommer att hinna åtgärdas.

Åtgärderna antas ta mellan 2 till 5 timmar att verkställa för varje enskild fastighet, men det ska noteras att detta är en låg uppskattning. Åtgärden är lönsam för Fortum värme som ger en rabatt till sina kunder för att uppmuntra dem att sänka sin returtemperatur. Fortum Värmes kalkyl är okänd varför det försiktiga antagandet gjorts att de går plus minus noll på åtgärden. Även fastighetsägarna antas göra ett nollresultat på åtgärden, dvs deras nytta är lika stor som kostnaden att genomföra åtgärderna. Kostnaden för att reducera koldioxid blir därför noll. Båda dessa antaganden bidrar till att överskatta kostnaden per kg CO₂-e. Med andra ord gör sannolikt Fortum Värme och fastighetsägarna en vinst för varje kilo reducerat koldioxidutsläpp.

Årlig besparing av CO₂-e

32 000 ton

Kommunal kostnad

0 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

0 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Minskat utsläpp av luftföroreningar.
- Ökad elproduktion

Biobränslen i fjärr- värmens spetslast

Produktionen vid flera av Fortum Värmes reservanläggningar och ett fåtal spetsanläggningar drivs av fossila oljor. Dessa anläggningar tas enbart i bruk under ett fåtal riktigt kalla dagar varje år och vissa reservanläggningar körs inte mer än vart tjugonde år. Totalt är kapaciteten i verken 708 MW men då de används så sällan svarar de för relativt små utsläpp av koldioxid, cirka 50 000 ton per år i snitt.

Genom att ersätta verken med verk drivna på bioolja kan utsläppen sänkas ner till noll. Detta arbete sker vanligtvis kontinuerligt när verken blir för gamla och måste ersättas. Detta arbete kommer inte vara färdigt till 2020.

Fortum Värme står för hela investeringskostnaden för att ersätta fossilolja med bioolja vilken är baserad på branschens generella merkostnadsschablon som uppgår till 0,5 miljoner kronor per MW. Det täcker den extra kostnad som krävs för den mer avancerade bränslehanteringen och rökgasreningen när nya verk byggs för att ersätta befintliga vid en naturlig omsättning av anläggningar. Till skillnad från fossilolja måste bioolja hållas varm för att inte stelna. Dessa kostnader har inte uppskattats och ingår därmed ej i beräkningarna.

På grund av att verken används olika ofta är det mest kostnadseffektivt att ersätta de verk som används mest frekvent och därmed släpper ut mest koldioxid. Det har dock inte varit möjligt att differentiera verken beroende på användningsfrekvens varför samtliga har behandlats som en åtgärd.

Det är i dagsläget inte är känt hur väl bioolja lagras vilket gör det osäkert om det är ett lämpligt bränsle att använda för oförutsedda händelser och de extrema temperaturer som uppstår med mer än flera decennier emellan.

Kostnaden att ersätta fossiloljan med bioolja är relativt låg sett till storleken på de utsläppsminskningar som kan uppnås. Således är kostnaden per kilo CO₂e relativt låg.

Årlig besparing av CO₂-e

50 000 ton

Kommunal kostnad

0,23 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

0,61 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Minskat utsläpp av luftföroreningar.

Energi- effektivisering av fastigheter

Genom de kommunala fastighetsbolagen och fastighetskontoret äger och förvaltar Stockholms stad ett stort fastighetsbestånd. Genom att utföra energieffektiviserande åtgärder på de 10 miljoner kvadratmeter som fastighetsbolagen och fastighetskontoret förvaltar kan behovet av fjärrvärme minska, vilket leder till minskade utsläpp av CO₂-e.

Det finns ett stort antal åtgärder med skiftande effekt som kan vidtas, t.ex. byte av fönster och/eller tilläggsisolering. Stockholms stad har tidigare utrett tre olika scenarier som uppnår energibesparingar i de allmännyttiga bostadsbolagen på mellan 15 och 50 procent vilka utgjort utgångspunkten för beräkningarna av utsläpp och kostnader. Nedan ges exempel på typåtgärder i respektive scenario. Typåtgärder i scenario Låg ingår i scenario Mellan vilka i sin tur ingår i scenario Hög:

Låg: Tätning av fönster och dörrar, byte av radiatortermostater.

Mellan: FTX-system, byte av fönsterglas, ny styr- och reglerutrustning.

Hög: Byte av fönster, tilläggsisolering av fasad och källare/grund.

En stor del av stadens bostadsbestånd har bevarandekrav vilket både fördyrar energieffektiviseringen och begränsar hur stora energibesparingar som kan uppnås. Kostnader från redan genomförda åtgärder i Järva har använts för att uppskatta de högre kostnader som orsakas av bevarandekrav (scenario: "Järva") där 40% av bostäderna i stadens bestånd energieffektiviseras som i Järva och resterande 60% enligt scenario "Hög". Till 2020 kan arbetet med att anpassa stadens fastigheter påbörjas, men långt ifrån alla kommer hinna åtgärdas.

De kommunala fastighetsbolagen antas här finansiera hela åtgärdskostnaden. Energieffektiviseringen innebär även en kostnadsbesparing för bolagen då mindre värme behöver köpas in. I scenariot med den lägsta energibesparingen täcker kostnadsbesparingen investeringskostnaden vilket gör att staden gör en intäkt för varje reducerat kilo CO₂-e. I övriga scenarier innebär det dock en kostnad att reducera utsläppen. Värt att notera är dock att åtgärder motsvarande scenario låg har genomförts de senaste åren.

Årlig besparing av CO₂-e

19 700 – 45 100 ton

Kommunal kostnad

Scenario låg: -7,7 kr / kg CO₂-e
Scenario mellan: 7,2 kr / kg CO₂-e
Scenario hög: 16,7 kr / kg CO₂-e
Järva: 21,6 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

Scenario låg: -10,1 kr / kg CO₂-e
Scenario mellan: 9,3 kr / kg CO₂-e
Scenario hög: 21,7 kr / kg CO₂-e
Järva: 28,1 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Reducerad fjärrvärmeförbränning ger lägre luftföroreningar.
- Lägre driftskostnader
- Bättre inomhusklimat

Energikrav vid mark- anvisning

Staden har satt ett ambitiöst bostadsmål om att bygga 140 000 bostäder mellan 2010 och 2030.

Dessa nya bostäder kommer att kräva stora mängder energi för uppvärmning. Staden har dock möjlighet att reglera hur mycket energi de nya husen ska komma att använda för uppvärmning och fastighetsel när staden markanvisar.

Enligt nuvarande byggnormer ska nya byggnader ha en energiprestanda motsvarande 80 kWh/m² och år. Stockholms stad ställer i regel krav på en energiprestanda om 55 kWh/m² och år. Det är alltså ungefär 30 procent lägre än byggnormerna vilket medför ett lägre utsläpp från fjärrvärmerna och minskade driftskostnader för byggnaderna.

Kraven i samband med markanvisningarna leder alltså till besparingar i driftskostnader men också till ökade bygg- och administrationskostnader. Entreprenörerna blir ständigt bättre på att bygga energieffektivt och idag är kostnadsskillnaden mellan att bygga enligt byggnormerna och att bygga energieffektivt små. De kostnader som ändå finns består främst i ökad materialåtgång. Det är svårt att uppskatta exakt hur stor byggkostnadsökningen är, men en skattning är 1 till 5 procent där 2 procent bedöms vara mest troligt.

De ökade kraven innebär också ökade kostnader för kommunen när kraven ska administreras och följas upp. Detta är ingen stor kostnad utan antas vara i storleksordningen 20 procent av en heltidstjänst. Eventuella minskade intäkter från markanvisning har inte beaktats.

Kostnaderna för kommunen är totalt sett små vilket leder till en mycket hög kostnadseffektivitet ur ett kommunalekonomiskt perspektiv. I ett samhällsekonomiskt perspektiv ingår även den minskade driftskostnaderna och de ökade byggkostnaderna, förutom de kommunala kostnaderna. De ökade byggkostnaderna gör att kostnaden är högre ur ett samhällsekonomiskt perspektiv och vilka antaganden som görs om byggkostnaderna har stor påverkan på de samhällsekonomiska kostnaderna. Givet en byggkostnadsökning på 2 procent blir den samhällsekonomiska kostnaden cirka 15,4 kronor per kg CO₂-e.

Årlig besparing av CO₂-e

2 000 ton

Kommunal kostnad

0,12 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

15,4 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Minskade driftskostnader för de nybyggda husen

LED armatur i gatu- belysning

I staden idag finns cirka 10 500 kvicksilverarmaturer. Det är från år 2015 förbjudet att sälja kvicksilverlampor, så dessa armaturer behöver bytas ut. Idag byts dessa mot LED-armaturer då tekniken för dessa blivit både effektiv och billig. Förutom att det miljöfarliga kvicksilvret fasas ut och energiåtgången minskar, ger LED-tekniken även positiva effekter för drift och service. Kvicksilverlamporna behöver bytas var fjärde år, medan LED-dioderna har en livstid på 25 år. Samtidigt kan ljuset regleras bättre och ytterligare energibesparingar kan göras med så kallad nattsänkning.

Åtgärden genomförs i två steg.

1. Under 2016 beslutade trafiknämnden om utbyte av 7 100 kvicksilverarmaturer. Bytet sker under 2017-2018 och åtgärden förväntas spara 160 ton CO₂-e per år då energiförbrukningen minskar.
2. Under 2017 beslutade trafiknämnden om att fortsätta utbytet av äldre armaturer till LED. Man planerar för att ytterligare 7 100 armaturer ska kunna bytas under 2019-2020. Av dessa är cirka hälften kvicksilverarmaturer och cirka hälften högtrycksnatriumarmaturer. I och med bytet kommer samtliga kvicksilverarmaturer på stadens lokal- och parkgator vara utfasade. Den andra etappen förväntas spara 200 ton CO₂-e per år.

I beräkningarna ingår investeringskostnad för nya armaturer, arbetskostnad för att installera armaturer och en minskad driftskostnad i form av för energibesparingar och bättre reglerkapacitet. Kostnaderna för hela åtgärden bärs av staden.

Årlig besparing av CO₂-e

360 ton

Kommunal kostnad

-2,4 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

-3,13 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Minskade transporter när de inbyggda dioderna i armaturerna inte behöver bytas lika ofta
- Utfasning av stadens alla kvicksilverarmaturer

Solceller på stadens fastigheter

Stockholms stad har i klimatstrategin som målsättning att år 2040 producera 10 procent av den kommunala verksamhetens elbehov med solceller. Utbyggnaden är tänkt att ske från idag fram till och med 2039 vilket kräver en utbyggd kapacitet för att generera 2 900 MWh per år. Totalt kommer kapacitet att installeras som bidrar med 67 000 MWh/år. Beräkningarna är baserade på att installerad kapacitet bidrar med 2 900 MWh år 2020.

Utbyggnaden av solcellsanläggningar görs enbart på stadens fastigheter och takarean bedöms räcka till för att uppnå målet. Kostnaden för solceller varierar och två kostnadsuppskattningar har använts, en från Stockholms stad och en från internationella energirådet (IEA) vilket presenteras i två scenarier. Kostnaderna på solceller bedöms även kunna minska till 2020 varför ytterligare ett scenario tagits fram med än lägre kostnader. Åtgärden antas till 30 procent vara bekostad av statliga investeringsstöd vilket gör den kommunalekonomiska kostnaden betydligt lägre än den samhällsekonomiska.

Genom att producera egen el minskar behovet av att köpa in el. Det genomsnittliga elpriset för staden har använts för beräkningarna. Det är dock svårt att matcha anläggningarnas produktion till de enskilda fastigheternas konsumtion, mycket på grund av att större delen av elen produceras på sommaren då fastigheter som skolor och idrottshallar används i begränsad utsträckning. Beräkningarna antar en överproduktion om 25 procent som säljs vilket ger staden intäkter som dock inte är lika stora som de besparingar som gjorts om elen använts av staden.

När ny elproduktion introduceras på marknaden ersätter den annan elproduktion. Här ersätts den nordiska elmixen. Eftersom denna till stor del består av vattenkraft och kärnkraft blir utsläppsreduktionen begränsad och motsvarar en minskning med 62 ton CO₂-e per år.

Åtgärden är i samtliga scenarier kommunalekonomiskt lönsam men enbart i scenario 2020 samhällsekonomiskt lönsam.

Årlig besparing av CO₂-e

62 ton

Kommunal kostnad

Scenario Stockholm: -3,4 kr / kg CO₂-e
Scenario IEA: -8,4 kr / kg CO₂-e
Scenario 2020: -14,3 kr / kg CO₂-e

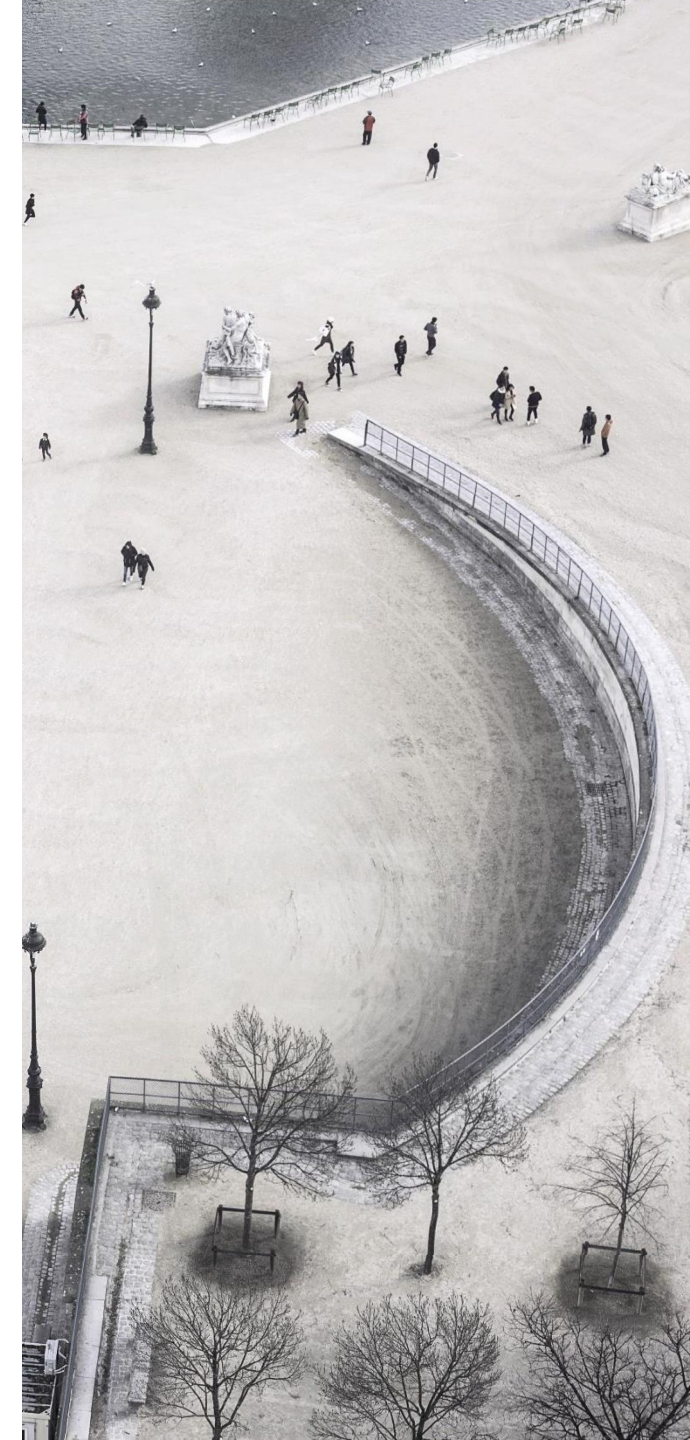
Samhällsekonomisk kostnad

Scenario Stockholm: 19,2 kr / kg CO₂-e
Scenario IEA: 9,9 kr / kg CO₂-e
Scenario 2020: -1 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Åtgärd möter det ökade elbehovet
- Åtgärd viktig för att synliggöra vad som kan göras i klimatarbetet

Miljöeffektiva transporter



Framkomlighetspaket för stadens bussar

Stockholms stad har under åren 2012-2016 arbetat med åtgärder för att skapa bättre framkomlighet för stombussarna nummer 1-4 samt nya stombuss nummer 6. Staden ska arbeta vidare med framkomlighetsåtgärder för buss 178 och 179, samt ytterligare två paket: linje 172 och 173 samt 176 och 177, vilka kan vara implementerade till 2020. Det är dessa kommande åtgärder som studeras här. Dessa busslinjer beräknas svara för ca 4 procent av samtliga utbudskilometer i Stockholms län.

För innerstadsbussarna ökade genomsnittshastigheten med i snitt 7 procent, exklusive hållplatstid. Denna hastighetsökning har antagits vara tillämpbar på 170-bussarna. Högre hastigheter ger en kortare restid vilket gör att fler väljer att resa med buss. Av de nytillkomna resenärerna antas hälften vara före detta bilister. Då tillskottet av resenärer är relativt litet har antagandet gjorts att inga extra bussturer behövs. Det minskade antalet fordonskilometer med bil ger en utsläppsminskning om 360 ton CO₂-e per år.

Enligt stadens preliminära kostnadsuppskattning kostar åtgärden sammanlagt 15 miljoner kronor. Den samfinansieras av fyra aktörer: Trafikkontoret, Trafikförvaltningen (Landstinget), Trafikverket och bussoperatören. Den slutgiltiga fördelningen av finansieringen är inte beslutat men utifrån det preliminära förslaget har WSP gjort en fördelning av kostnaderna.

Åtgärden ger upphov till stora nyttor för medborgare och bussoperatörer. Den största nyttan är bussresenärernas restidsvinster. Andra nyttor som uppstår är minskade utsläpp av luftföroreningar, lägre olyckskostnader, lägre driftskostnader och minskat buller. Nyttorna väger med råge upp investeringskostnaden vilket gör åtgärden samhällsekonomisk lönsam. Det gör att samhället gör en vinst av att reducera koldioxidutsläppen. Flera nyttor har inte kunnat kvantifieras och är därför uteslutna ur beräkningarna, däribland högre regularitet och jämnare hastigheter. De kvantifierade nyttorna ingår enbart i den samhällsekonomiska beräkningen eftersom de inte ger upphov till några intäkter för staden. Att minska koldioxidutsläppen innebär istället en kostnad för staden.

Årlig besparing av CO₂-e

360 ton

Kommunal kostnad

2,1 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

-68,7 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Minskade luftemissioner
- Mindre buller
- Färre trafikolyckor
- Kortare restid

Sam- lastning av goods

Affärer och verksamheter i Stockholm är beroende av olika varor. Detta behov ger upphov till en stor mängd transporter, både i och utanför staden. Dessa transporter ger inte bara upphov till utsläpp av växthusgaser utan luftföroreningar, buller och trängsel. Trängseln i innerstaden påverkar inte bara trafiken i innerstaden utan också leveranserna vars kvalitet blir lidande.

En åtgärd som kan leda till att inte bara minska utsläppen av växthusgaser utan också luftföroreningar, buller och trängsel är samlastning. Idag har i stort sett alla butiker i staden olika sätt att sköta sina leveranser. Ett alternativt sätt att sköta leveranserna vore att samordna dem. Detta innebär t.ex. att alla leveranser till ett kvarter eller liknande levereras till samma plats inom kvarteret (eller i anslutning till) för att sedan levereras till respektive butik eller kontor. Det kan också innebära att alla varor till ett kvarter lastas i samma transport utanför staden och därefter skickas till samlastningscentralen i staden. Då kan transporterna potentiellt minska än mer.

Ett exempel på detta är Stockholms stads arbete med att möjliggöra arbetet med "Älskade stad" och etablerandet av den kommersiella samlastningscentral som nu finns i Klara. Samlastningen omfattar sex postnummer i centrala Stockholm och innefattar Brings leveranser till området och insamling av avfall i de berörda fastigheterna. Upplägget är att Bring levererar sina paket till en central varifrån ett mindre elfordon kör ut dem till respektive mottagare. När elfordonen är hos mottagaren samlar de också in avfall som de kör tillbaka till centralen där en sopbil sedan samlar upp avfallet. På så sätt ersätts lastbilstrafik i innerstaden med ett mindre elfordon.

Åtgärden drivs på helt kommersiella grunder samtidigt som den leder till att trafikarbetet med fossildrivna färdmedel minskar. Det innebär att åtgärden både har företagsekonomiska nyttor och minskade utsläpp. Det gör att det är möjligt att dra slutsatsen att utsläppen sker till negativa samhällsekonomiska kostnader, alltså att samhället får betalt för utsläppsminskningar. Staden har emellertid bidragit med projektledningsstöd varför åtgärden inte skett utan kommunala kostnader.

Utmaningen med denna typ av åtgärd är att det är ganska specifika förutsättningar som ska till för att den ska komma till stånd. En avgörande framgångsfaktor är sannolikt att det är relativt sett få och välmotiverade aktörer inblandade vilket håller nere samordningskostnaderna samtidigt som det varit möjligt att nå en kritisk volym.

Synergieffekter

- Minskad trängsel
- Minskat buller
- Minskade luftföroreningar

Höjda p-avgifter

Stockholms stad förvaltar ett stort antal parkeringsplatser i staden. Både på gator och i parkeringshus genom stadens parkeringsbolag. Sedan länge har parkering på gator i innerstaden varit belagda med avgifter medan motsvarande parkeringsplatser i närförort och ytterstad varit avgiftsfria. Staden inför nu parkeringsavgifter i stora delar av närförort, vilket bidrar till att minska utsläppen. Dessa kommer att innebära att besökare i närförorten får betala 5-10 kronor i timmen och boende får betala 550 kronor i månaden för att parkera på gatorna.

Flera studier har visat att kostnaden för gratis parkering ger upphov till stora samhällsliga kostnader, något som gäller även i Stockholm genom att bilismen subventioneras vilket skapar en för stor efterfrågan på bilresor. Av denna anledning är en mer korrekt prissättning av parkering ett effektivt sätt att styra färdmedelsval.

Införandet av parkeringsavgifter är svårt att bedöma men förväntas minska trafikarbetet i staden med 1-10 procent där en rimlig minskning bedöms vara ungefär 3 procent. Det motsvarar 84 miljoner fordonskilometer per år. Med utsläpp på 218 g CO₂ per fordonskilometer motsvarar det en besparing på nära 18 400 ton koldioxidekvivalenter per år.

Införandet av parkeringsavgifter i närförorten innebär ökade intäkter för staden. Dessa parkeringsavgifter betalas av bilisterna. De bilister som undviker parkeringsavgifterna genom att t.ex. byta färdmedel eller avstå från att resa får tillgänglighetsförluster som i sammanhanget får anses ganska små. Trafikarbetsminskningen leder emellertid till en minskning av lokala emissioner och trafikolyckor. Den samhällsekonomiska kostnaden för att minska utsläppen med parkeringsavgifter är ca -3,6 kr/kg CO₂ men då är inte effekterna av minskad trängsel inräknade. Trängseleffekterna är antagligen betydande och kommer att öka den samhällsekonomiska nyttan per kilo minskade utsläpp av växthusgaser.

Parkeringsavgifterna minskar alltså utsläppen från biltrafiken samtidigt som de ger intäkter till staden. Staden har förvisso kostnader för att driva systemet, men de är i förhållande till intäkterna ganska blygsamma. Sammantaget innebär åtgärden en negativ kostnad, alltså en nytta för såväl samhället som för kommunen.

Årlig besparing av CO₂-e

18 400 ton

Kommunal kostnad

-17,4 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

-3,6 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Minskad trängsel
- Minskat buller
- Minskade luftföroreningar

Fler biogas- och elbilar i stadens flotta

Stockholms stads verksamhet kräver olika typer av fordon, bland annat många personbilar. De bilar som staden använder skiljer sig åt, både vad gäller drivmedel och storlek. En stor andel av bilarna drivs med förnyelsebara drivmedel men det finns vissa som helt eller delvis drivs av fossila drivmedel. Denna åtgärd syftar till att byta ut de av stadens personbilar som drivs på diesel och bensin mot el- och gasbilar.

Totalt använder staden idag 215 bilar som helt eller delvis drivs av fossila drivmedel. Dessa förbrukar tillsammans ca 30 000 liter diesel och 120 000 liter bensin per år. Genom att byta ut dessa kan staden alltså minska utsläppen av koldioxid. Bytet leder inte bara till minskade utsläpp av koldioxid utan också till minskade utsläpp av luftföroreningar. De bilar som ersätts med elbilar leder också till minskat buller eftersom de saknar förbränningsmotor.

Hälften av de 215 bilarna antas bytas ut mot elbilar och hälften antas bytas mot biogasbilar. Bytet av bilarna leder till en total utsläppsminskning om 370 ton CO₂e per år. Utöver utsläppsminskningen leder bytet till minskade utsläpp av luftföroreningar och i elbilarnas fall även minskat buller. De nya bilarna innebär emellertid ökade kostnader för kommunen. Både gas- och elbilarna är dyrare i inköp och för gasbilarna är dessutom drivmedlet dyrare än för de fossildrivna motsvarigheterna.

Trots att elbilarna är dyrare i inköp än biogasbilarna, är det mer kostnadseffektivt att minska utsläppen genom att övergå till elbilar. Detta gäller både i ett kommunalekonomiskt och samhällsekonomiskt perspektiv. I det samhällsekonomiska perspektivet är dock skillnaden mindre. Det sker dock en kraftig prisminskning på elbilar till följd av att kostnaden för batterier sjunker. Detta förväntas leda till att skillnaden mellan el- och biogasbilar på ett par års sikt kommer vara ännu större.

Årlig besparing av CO₂-e

EL: 210 ton
Biogas: 160 ton

Kommunal kostnad

EL: 7,8 kr / kg CO₂-e
Biogas: 8,32 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

EL: 5,3 kr / kg CO₂-e
Biogas: 5,4 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Minskat buller
- Minskade luftföroreningar

Flera laddplatser för elbilar

Staden har satt ett kortsiktigt mål för utbyggnad av laddplatser för elbilar. Det kortsiktiga målet är att 1 000 publika laddpunkter ska etableras till år 2020. Av dessa ska 500 sättas upp av privata aktörer på gatumark och 500 av det kommunala bolaget Stockholm Parkering i deras garage och på andra parkeringsytor.

En omfattande publik laddinfrastruktur är ett medel för att nå stadens mål om en fossiloberoende fordonsflotta till år 2030. Beräkningar i denna rapport utgår endast från publika laddplatser, då det är där staden primärt har en roll att fylla.

Det kortsiktiga målet kommer delvis att uppfyllas genom så kallade "laddgator" där flera laddpunkter sätts upp. Laddpunkterna har en dubbel funktion, dels som destinationsladdare dagtid och laddare för boende nattetid. Detta kommer dock att kräva styrmedel så icke-laddande fordon ej tar upp p-platserna.

För publika laddplatser tecknar staden nyttjanderättsavtal med aktörer som vill sätta upp och driva snabb- respektive normalladdare. Det innebär att staden kan vara med och avgöra om en plats är lämplig för laddinfrastruktur, men aktören avgör om de vill etablera den eller inte. Etablering sker därmed beroende på vad marknaden efterfrågar vilket förmodligen leder till att laddpunkterna hamnar där de gör störst nytta. Nyttjanderättsavtal är i sig avgiftsfria, men staden står för skyltning och avstår parkeringsintäkter genom att erbjuda 30 min avgiftsfri snabbladdning på attraktiva platser.

Genom att erbjuda 500 privat drivna och 500 kommunalt drivna laddpunkter antas totalt 4,7 miljoner fordonskilometer som tidigare tillryggalades med dieselfordon genomföras med elfordon. Detta leder inte bara till minskade utsläpp av växthusgaser utan också till minskade utsläpp av luftföroreningar, minskat buller, lägre driftskostnader och högre kostnader för bilarna. För kommunen är det mindre kostsamt om det privata tillhandahåller laddpunkterna eftersom investeringskostnaden bärs av det privata. För samhället är det emellertid mindre kostsamt med de kommunala laddpunkterna eftersom kostnaden per laddpunkt är lägre till följd av att det inte är några snabbladdningspunkter.

Årlig besparing av CO₂-e

Privata: 405 ton
Kommunala: 255 ton

Kommunal kostnad

Privata: 2,2 kr / kg CO₂-e
Kommunala: 10,2 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

Privata: 6,3 kr / kg CO₂-e
Kommunala: 4,2 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Övergång till eldrift minskar utsläpp av luftföroreningar
- Övergång till eldrift minskar buller
- Åtgärd viktig för att synliggöra vad som kan göras för minskad påverkan

Upphandla fossil-bränslefria transporter

41

Staden har sedan 1990-talet ställt miljökrav i upphandlingar av transporter. Till att börja med inom entreprenadupphandlingar, och nu på senare tid inom upphandlingar av transporttjänster och i varuupphandlingar.

Transporter sker inom i stort sett alla upphandlingar som görs av Stockholms stad. Staden handlar upp, dels rena transporttjänster i form av exempelvis skolskjuts eller kontorsflytt, dels varor som behöver transport för leverans. Men även tjänster som handlas upp kräver transport (av personal och verktyg). Det kan röra sig om olika servicetjänster till exempel service av video-utrustning.

Att säga exakt hur många kilometer transporter som handlas upp per år av Stockholms stad är inte möjligt eftersom transporter i stort sett ingår i varenda avtalsområde. Av den anledningen går det inte heller att räkna på kostnadseffektiviteten i att ställa om fordonsflottan så att alla transporter sker fossilbränslefritt. Det går varken att beräkna besparing av koldioxidutsläpp eller de samhällsekonomiska kostnaderna.

Enligt Lagen om offentlig upphandling (LOU) finns stora möjligheter att ställa krav vid upphandlingar av transporttjänster, även om det är varor som transporteras, men bara om transporten är dedikerad den köpande myndigheten. När leverans av varor till fler kunder sker från samma fordon, får man alltså inte ställa miljökrav. Det går också bara att ställa krav på det sista ledet i transportkedjan, dvs det led där kunden nås. För varor kan detta resultera i att merparten av transportkedjan ändå görs med fossila drivmedel.

Staden har utifrån sin erfarenhet hittat ett sätt att arbeta med miljökrav på transporter som är flexibla och inte ställer krav på att transportör ska byta hela sin flotta omgående. Exempelvis höjs krav inom samma avtalsområde successivt (mellan upphandlingar) och krav sätts som medelvärde på fordonsflotta snarare än maxutsläpp per fordon. Krav som ställs är också specifika för avtalsområdet då olika sektorer har olika omställningstid på sina flottor. Kraven får inte bli för höga så att för få anbud kommer in, samtidigt som de inte får vara verkningslösa.

Den uppföljning som gjorts på avtal som har höga miljökrav indikerar att dessa inte leder till högre kostnader för staden. Leverantörer uppger att de antingen står för den högre transportkostnaden, eller att de inte upplever någon ökad kostnad. Det uppstår dock kommunala kostnader för merarbete vid upphandling och uppföljning.

Synergieffekter

- Övergång till eldrift minskar utsläpp av luftföroreningar och buller
- Åtgärd skulle troligen sätta press på omställning av fordonsflottan i stort

Inrätta en miljözon 3

Miljözon 3 är en åtgärd som innebär att endast fordon med utsläppsklass el eller vätgas och för tunga fordon elhybrid, får framföras i området. I grund och botten är detta en luftkvalitetsåtgärd, men på grund av att de drivlinor som klarar utsläppskraven också har låga klimatutsläpp kan detta betraktas som en klimatåtgärd. Som klimatåtgärd verkar åtgärden på två sätt.

Det ena sättet som åtgärden verkar på är att fordon som inte får köras i zonen tvingas till omvägar. Detta leder till att resor med dessa fordon blir mindre konkurrenskraftiga jämfört med andra färdmedel vilket i sin tur leder till att trafikarbetet med de fordon som inte klarar kraven i zonen minskar. Det andra sättet åtgärden verkar på är att den ger ökade incitament att köpa bilar som får trafikera zonen. Dessa ökade incitament att byta till bilar som får trafikera zonen leder även de till utsläppsminskningar.

Placeringen och utformningen av zonen är emellertid helt avgörande för att zonen ska få önskad effekt. Om zonen placeras där de som i utgångsläget trafikerar zonen inte har möjlighet att välja ett annat färdmedel riskerar zonen att leda till att deras trafikarbete ökar. En annan risk är att införandet av zonen får oönskade fördelningseffekter när vissa människor tar stora kostnader för att anpassa sig, antingen i form av tillgänglighetsförluster eller i form av kostnader för ny teknik. Även detta ställer stora krav på utformandet av zonen.

Transportstyrelsens utredning visar att denna kostnad är mycket stor och staden menar i sitt remissvar att åtgärden behöver utredas ytterligare. Det är möjligt att en mer flexibel utformning av kraven för zonen, i kombination med en selektiv tillämpning av zonen gör det möjligt att hitta en balans mellan teknikspridning, utsläppsminskningar och luftkvalitet å ena sidan och tillgänglighet och anpassningskostnader å andra sidan.

Synergieffekter

- Minskade luftföroreningar
- Ev. minskad trängsel och en attraktivare stadsmiljö

El- anslutning av fartyg

Fartyg i hamn behöver elektricitet till bland annat uppvärmning, drift av pumpar och kranar samt belysning. I dagsläget används fartygens diesel-drivna hjälpmotorer för att driva dessa interna funktioner. Resultatet blir utsläpp av koldioxid, metan och lustgas samt hälsovådliga luftföroreningar som kväveoxider, svaveldioxid och partiklar. Ett sätt att reducera dessa utsläpp är att ansluta fartyget till landström för att på så vis minska behovet av att köra dieselmotorerna. Att kunna realisera denna åtgärd till 2020 är mycket osannolikt och åtgärden ska ses som en vision för staden.

I denna rapport har effekterna av att elansluta passagerarfärjor och kryssningsfartyg i Stockholms fyra största hamnar beräknats vilket sammantaget skulle ge en utsläpps-minskning om cirka 13 500 ton CO₂-e per år.

Den totala kostnaden för att möjliggöra anslutning till landström kan delas upp i tre grupper:

- *Kostnader för hamnen.* Här används 15-20 miljoner kronor per kajplats baserat på tidigare kostnadsuppskattningar för Skeppsbron-Stadsgården
- *Kostnader för fartygen* varierar mellan 4-15 miljoner kronor per fartyg
- Då fartygen konsumerar stora mängder energi kan *elnätet behöva effektförstärkas*

Det har inte varit möjligt att uppskatta kostnaden för att effektförstärka elnätet, vilket är nödvändigt då dagens kapacitet inte är tillräcklig för att ansluta fartygen till landström. Enligt uppgifter från Ellevio kan det röra sig om flera miljarder kronor vilket skulle flerdubbla kostnaden per kilo CO₂-e.

Även utan utbyggnadskostnaden för elnätet är åtgärden dyr och den samhällsekonomiska kostnaden uppgår till 6,0 kr/kg CO₂-e. Kommunen har enbart rådighet över åtgärder i hamn och ifall dessa bärs till fullo av kommunen uppgår den kommunalekonomiska kostnaden till 0,66 kr/kg CO₂e. Den stora skillnaden beror på att ett stort antal fartyg behöver anpassas. Kommunen och hamnen har dock små möjligheter att påverka en anpassning av fartygen.

Årlig besparing av CO₂-e

13 500 ton

Kommunal kostnad

Osäkert

Samhällsekonomisk kostnad

Osäkert

Synergieffekter

- Minskade utsläpp av luftföroreningar

Resurseffektiva kretslopp



Ökad produktion av biogas från mat- avfall

Staden har som mål att 70 procent av allt matavfall ska samlas in för att bli biogas. För att uppnå målet har det beslutats om att en ny sorteringsanläggning för hushållsavfall ska byggas i Högdalen. Det finns idag flera olika sätt att samla in matavfall från hushåll, men den nya anläggningen behövs för att nå målet om 70 procent. Under hösten 2017 beslutade Stockholm Vatten och Avfall att bygga en sorteringsanläggning baserad på så kallad NIR-teknik.

Det insamlade matavfallet ska sedan rötas för att bli till biogas. Tanken är att CO₂-e utsläppen minskar då fordonsgas får en högre andel biogas och en mindre andel naturgas.

Stockholm Vatten och Avfall behöver betala dem som producerar biogasen för att bli av med det utsorterade matavfallet. De som producerar biogasen har alltså två intäktskällor; vid mottagande av matavfall och vid försäljning av biogasen. Dock är inte produktion av biogas speciellt lönsamt. Det är inte troligt att biogasproducenterna kommer att tjäna pengar på att Stockholms stad börjar samla in mer avfall. När fordonsgasen blir renare kan det eventuellt leda till prishöjningar för de som tankar biogas. Eftersom prispåverkan är osäker har den inte tagits med i den samhällsekonomiska kostnaden.

Eftersom kommunen finansierar och driver sorteringsanläggningen så ingår investerings- och driftskostnader i de samhällsekonomiska- såväl som i de kommunalekonomiska kostnaderna.

Årlig besparing av CO₂-e

30 000 ton

Kommunal kostnad

3,7 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

4,8 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Återföring av näringsämnen som gödsel

Minskad förbränning av plast

Den nya sorteringsanläggningen för hushållsavfall som ska byggas i Högdalen med det primära syftet att öka matavfallsinsamlingen utformas även så att andra avfallsfraktioner kan sorteras. Det betyder att även plast och metall kan särskiljas. Sådana anläggningar finns redan eller är på väg att byggas runt om i Norden, exempelvis i Oslo.

Ett sådant utbyggt system har flera fördelar som att hushållsavfallet inte förbränns i fjärrvärmeverken och att återvinningsgraden kan öka; dels för att mer hushållsavfall sorteras, dels för att det utsorterade materialet får en högre renhet och därför går att materialåtervinna. Idag får exempelvis mycket av den sorterade plasten från återvinningstationerna gå till förbränning då plasten inte håller rätt kvalitet för materialåtervinning. För att fjärrvärmens ska kunna bli fossilfri till år 2040 måste den fossila plasten försvinna ur avfallet och ett sätt att åstadkomma detta är att öka utsorteringen av plast.

För att förbränning av plast ska minska genom en bättre utsortering, är grunden för den sorteringsanläggning som beskrivs i åtgärden "Ökad produktion av biogas från matavfall". Beräkningen av kostnadseffektiviteten för den här åtgärden har utgått från merkostnaden av att anlägga en sorteringsanläggning som även sorterar ut andra fraktioner. Den minskade CO₂-e besparingen utgörs av att plasten återvinns istället för att den förbränns. Hänsyn har dock tagits till att all utsorterad plast inte återvinns.

Till skillnad från matavfallet, kan de sorterade fraktionerna säljas till de privata aktörer som återvinner material. Det betyder att staden får en intäkt för att bli av med avfallet. Dessa intäkter är dock mindre än åtgärdens kostnader vilka utgörs av investerings- och driftskostnaden. Eftersom kommunen finansierar och driver sorteringsanläggningen så ingår investerings- och driftskostnader i de samhällsekonomiska- såväl som de kommunalekonomiska kostnaderna.

Årlig besparing av CO₂-e

42 700 ton

Kommunal kostnad

0,37 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

0,48 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

- Minskade utsläpp av luftföroreningar

20 % av skolmål-tidernas kött ersätts

Köttkonsumtion är en stor källa till utsläpp av växthusgaser och den genomsnittlige svenskens köttätande ger upphov till 0,8 ton CO₂-e per år. Att öka inslaget av vegetabilier i skolmaten i förskola, grundskola och gymnasiet kan därmed minska utsläppen av växthusgaser. I detta scenario har effekten av en 20-procentig minskning av skolornas köttkonsumtion beräknats. Köttet ersätts med vegetarisk motsvarighet. Åtgärden kan implementeras till 2020.

Från Stockholms stads upphandlingsenhet har uppgifter erhållits över den totala köttkonsumtionen 2016 i stadens kommunala grund- och förskolor, samt de växthusgasutsläpp detta gett upphov till. Utifrån uppgifterna har den totala köttkonsumtionen bland samtliga elever i staden beräknats. Gymnasieelevernas konsumtion har uppskattats. Antal elever i Stockholm år 2020 har uppskattats utifrån stadens befolkningsprognos. Elevernas köttkonsumtion 2020 beräknas ge upphov till nästan 75 000 ton CO₂-e per år.

Köttet i skolmaten måste ersättas med vegetabiliska grödor. Beräkningarna är utformade så att all protein ersätts. Olika sorters vegetariska proteinkällor ger upphov till olika stora utsläpp av växthusgaser. Därför har två olika kombinationer av ägg, hårdost, gula ärtor, röda bönor och gröna linser använts. I scenario 1 har varje ingrediens ersatt lika mycket protein var, vilket ger en utsläppsreduktion om 12 000 ton CO₂-e per år. Scenario 2 har ett större inslag av hårdost (40%) och mindre baljväxter, vilket ger en mindre klimatnytta med en reduktion på 10 800 ton CO₂-e per år.

Att ersätta köträtter med vegetariska eller att minska mängden kött i rätterna innebär inte någon extra kostnad. Oavsett om maten lagas i skolan eller köps av ett storkök är kostnaden densamma. Kostnaden beror givetvis på vilka ingredienser som ersätter köttet vilket gör att det till och med vore möjligt att minska matutgifterna. Här räknas dock att skolorna inte ändrar sin matbudget.

Årlig besparing av CO₂-e

10 800-12 000 ton

Kommunal kostnad

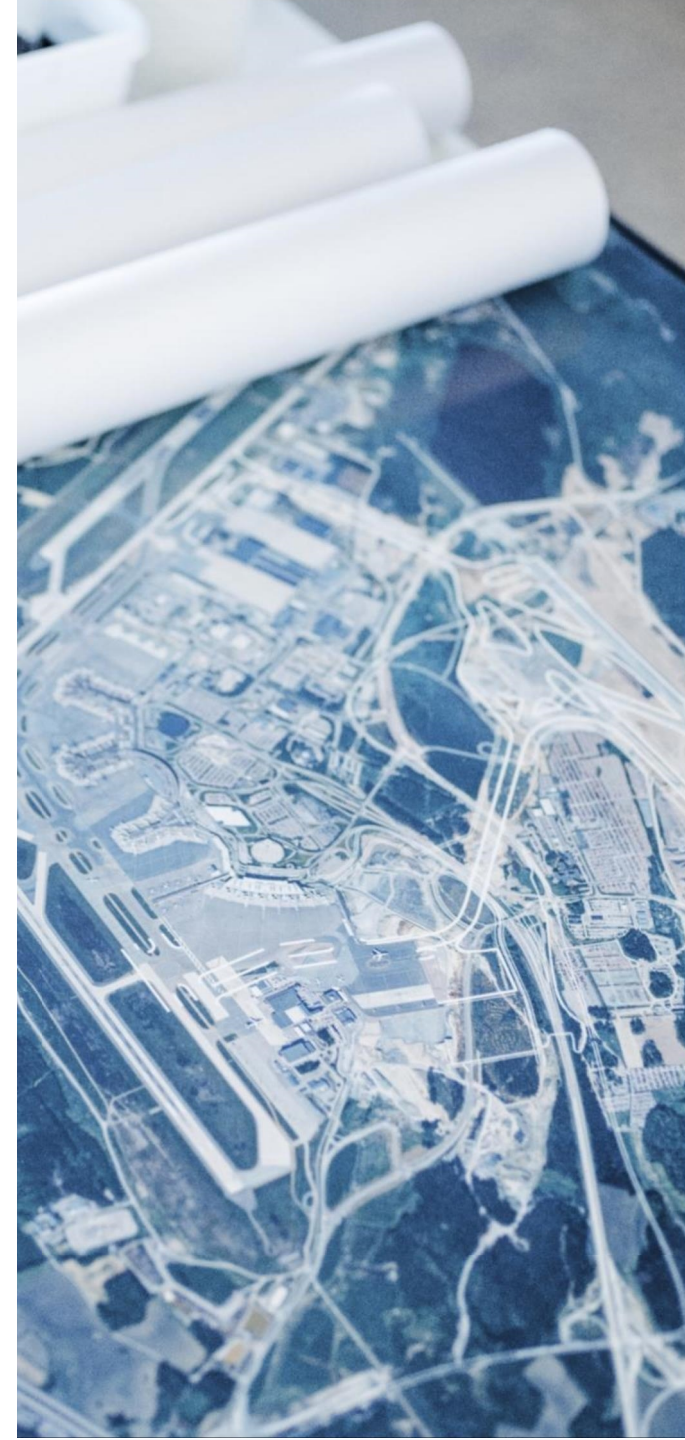
0 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

0 kr / kg CO₂-e

Synergieffekter

Kolsänkor



BECCS

Bio energy carbon capture and storage (BECCS) är en teknik för att separera CO₂ från övriga rökgaser i kraftvärmeverk. Koldioxiden kan sedan lagras i marken. Det kan bland annat ske Sleipnerfältet i Norge som används för lagring av koldioxid sedan 1992. När biobränsle förbränns i vanliga kraftvärmeverk är utsläppen i princip klimatneutrala då annan växtlighet kommer att ta upp koldioxidutsläppen. Om koldioxiden istället lagras och förhindras att nå atmosfären skapas en kolsänka.

Avskiljning och lagring av koldioxid har tillämpats i Norge. Sedan 1992 har man lagrat totalt 15 000 000 ton CO₂e. Det finns möjligheter att lagra koldioxiden i Östersjön men på kort sikt är det mer realistiskt att utnyttja den redan utbyggda infrastrukturen i Norge med lagring i Sleipnerfältet.

Planer finns att inleda försöksverksamhet med att avskilja koldioxid ur rökgaser från ett kraftvärmeverk i Oslo. Beslut om pilotverksamhet tas tidigast 2020. Denna åtgärd kommer inte att kunna implementeras inom en snar framtid utan ska ses som en framtida vision och inte något som i realiteten kan vara i bruk till 2020.

Beräkningar från Fortum Värme visar att kapaciteten i Stockholmsregionen att reducera utsläppen uppgår till 2 300 000 ton CO₂e per år. Den totala kostnaden för åtgärden är uppskattad till max 2,3 miljarder kronor per år. Halva kostnaden utgörs av transport- och lagringskostnader och andra hälften av investeringskostnaden samt kostnaden för att ersätta den elproduktion som krävs för att driva avskiljningsanläggningen.

Detta innebär en kommunalekonomisk kostnad på cirka 0,25-0,5 kr/kg CO₂ och en samhällsekonomisk kostnad på cirka 0,6-1,2 kr/kg CO₂. Beräkningarna är baseras på att Fortum Värme finansierar hela åtgärden. Med tanke på den höga investeringskostnaden är det dock orealistiskt att anläggningen finansieras enbart av Fortum Värme. Ett mer realistiskt scenario skulle inkludera stöd från staten.

Den redovisade lägre kostnaden per kg CO₂e är kostnaden vid en storskalig implementering av tekniken. Den högre kostnaden representerar kostnaderna i ett pilotskede, som relativt andra åtgärder reducerar CO₂e till en låg kostnad.

Ökad produktion av biokol

I en pilotanläggning i Högdalen produceras idag biokol i ett samarbetsprojekt mellan trafikkontoret, Stockholm Vatten och Avfall och Fortum Värme. Biokolet produceras från trädgårdsavfall och används som jordförbättrare i stadens planteringar.

Biokolet produceras genom en pyrolysisprocess där avfall hettas upp utan tillförsel av luft till 700°C i 30 minuter. Vid processen bildas en gas som förbränns och blir till värme i fjärrvärmenätet. Det betyder att ett förnybart bränsle som bundit kol från atmosfären används för att skapa en jordförbättrare som binder kolet i jorden, samtidigt som värme produceras.

Produktion av biokol är i sin linda, och alla beräkningar som görs kräver i dagsläget antaganden om exempelvis försäljningspris på biokol och värme.

Småskaligt scenario

Om pilotprojektet faller väl ut kommer ytterligare 4 små anläggningar att uppföras bredvid den befintliga. Det skulle i så fall täcka Stockholm Vatten och Avfalls behov för att ta hand om trädgårdsavfall inom staden. I det scenariot är det Stockholm Vatten och Avfall som gör en investering, men som genom försäljning av biokol och värme (via Fortum Värme) gör en intäkt. En sådan utbyggnad skulle ge utsläppsminskningar på ca 2300 ton CO₂-e per år.

Storskaligt scenario

Det finns en vision om att uppföra två anläggningar om 100 MW för att ta hand om flera restströmmar i samhället, t. ex. avloppsslam, halm och hästgödsel. Så stora anläggningar finns idag inte utan behöver utvecklas. För att detta ska bli verklighet krävs utveckling och forskning kring en storskalig process samt användning av biokol i bland annat byggnadsmaterial. Anläggningarna skulle kunna uppföras av Fortum Värme för att skapa synergier med befintliga kraftvärmeverk och återvinna värmen. En sådan utbyggnad skulle leda till utsläppsminskningar på potentiellt sett 250 000 ton CO₂-e per år.

Årlig besparing av CO₂-e

2 300 ton

Kommunal kostnad

-0.2 kr / kg CO₂-e

Samhällsekonomisk kostnad

Synergieffekter

- Minskat behov av ändliga resurser som torv, sand, lera
- Ökad inbindning av CO₂ i biomassa
- Bättre produktegenskaper hos betong, t.ex. i form av ljud- och värmeisolering-

SAMMANFATTANDE ANALYS

I det här avsnittet sammanfattas de fördjupade analyserna och slutsatser kring vilka åtgärder som är mest kostnadseffektiva beskrivs

Hur kostnadseffektiva är åtgärderna?

I den här rapporten analyseras ett urval av åtgärder för att minska utsläppen av koldioxid. Dessa åtgärder kan delas in i tre kategorier, *Hållbar energianvändning*, *Miljöeffektiva transporter* och *Resurseffektiva kretslopp och Kolsänkor*.

De studerade åtgärderna skiljer sig åt både vad gäller storlek på utsläppsminskningen och kostnadseffektiviteten. Vad gäller kostnadseffektiviteten är det viktigt att tolka de åtgärder som ger upphov till en kostnad separat från de åtgärder som innebär nettointäkter eller nettonyttor.

För de åtgärder som innebär kostnader för kommunen eller samhället är kostnadseffektiviteten ett verktyg för att välja de åtgärder som innebär lägst kostnader vilket gör det möjligt att maximera utsläppsminskningen för en given budget. När det kommer till åtgärder som innebär en nettointäkt eller en nettonytta ser tolkningen annorlunda ut.

Om målet är att maximera utsläppsminskningen bör alla åtgärder med en negativ kostnad, alltså en nettonytta, genomföras. Bland dessa åtgärder kan inte kostnadseffektivitetstalet användas för att prioritera, givet att målet är att maximera utsläppsminskningen.

Att de åtgärder som innebär nettointäkter eller nettonyttor ska genomföras oavsett är också en förklaring till varför det är relativt få av de åtgärder som studerats i denna studie är förknippade med såväl kommunala intäkter som samhällsekonomiska nyttor. De är helt enkelt redan genomförda.

Det är däremot viktigt att komma ihåg att alla åtgärderna har olika förutsättningar för att genomföras. Vissa av åtgärderna har staden full rådgighet över medan andra endast kommer till stånd om de är lönsamma investeringar för den genomförande aktören. Vissa av åtgärderna kan genomföras direkt (vissa pågår till och med redan) medan andra kräver forskning och teknikutveckling för att kunna bli av.



Hållbar energianvändning

I tabellen till höger presenteras de beräknade åtgärderna i kategorin Hållbar energianvändning. I denna kategori återfinns fjärrvärmeåtgärderna som har relativt stora utsläppsreduktioner. Dessa åtgärder planerar Fortum Värme redan för att genomföra eftersom de är företagsekonomiskt lönsamma, något som avspeglas i den beräknade kostnadseffektiviteten.

Två övriga åtgärder, LED-armatur och Energieffektivisering av fastigheter innebär nyttor för såväl kommunen som samhället i övrigt och kan därför med fördel genomföras.

Såväl Biobränsle i spetslast som Energikrav vid markanvisning innebär kostnader för såväl kommun som samhälle. Båda åtgärderna är förenade med små kommunala kostnader men markanvisningarna innebär ganska höga samhällsekonomiska kostnader. Deras effekt på utsläppen, och därigenom effektivitet blir dock lägre när fjärrvärmens klimatprestanda blir bättre till följd av de två kraftfullaste åtgärderna.

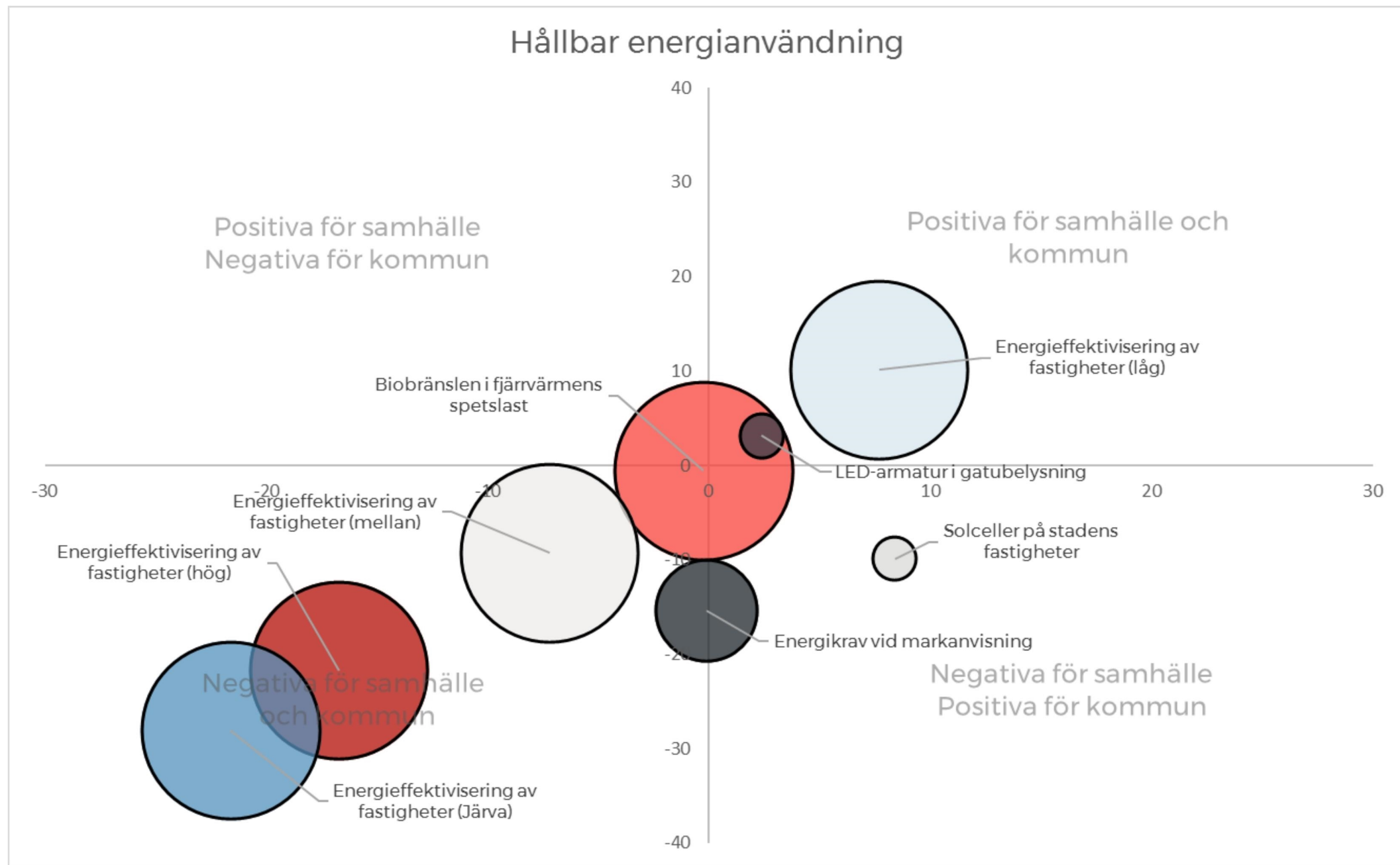
För den sista åtgärden, som innebär solceller på stadens tak är det stor skillnad på den kommunalekonomiska effektiviteten och den samhällsekonomiska. Detta till följd av att åtgärden till stor del finansieras av statliga stöd som belastar samhället men inte kommunen.

Åtgärd	Ton CO2e	KEK/kg	SEK/kg
Biobränslen i fjärrvärmes*	200000	-	-
Öppen fjärrvärme*	200000	-2,5	-6,4
Biobränslen i fjärrvärmens spetslast	50000	0,23	0,61
Energieffektivisering av fastigheter (låg)	19700	-7,7	-10,1
Energikrav vid markanvisning	1975	0,12	15,4
LED-armatur i gatubelysning	358	-2,4	-3,13
Solceller på stadens fastigheter	62	-8,4	9,9

*Inbördes beroende

På nästa sida uttrycks tabellen i ett diagram. Bubblornas storlek beskriver åtgärdernas reduktion. En liten bubbla innebär en potential på mindre än 1000 ton/år, en mellanstor bubbla en potential på 1000-10000 ton/år och en stor bubbla en effekt på över 10000 ton per år. Bubblans placering i diagrammet beskriver kostnadseffektiviteten.

De två kraftfulla fjärrvärmeåtgärderna presenteras inte till följd av deras starka inbördes beroende.



X-axeln är effekterna på kommunen, Y-axeln är effekterna på samhället. Positivt innebär en nytta, negativt en kostnad. En negativ kostnad i föregående tabell blir alltså en nytta i denna figur.

Miljöeffektiva transporter

I tabellen till höger presenteras de beräknade åtgärderna i kategorin Miljöeffektiva transporter. Bland urvalet i denna kategori finns det inte åtgärder med samma stora potential som i kategorin hållbar energianvändning, detta har dels att göra med hur dessa åtgärder är avgränsade men också för att staden inte har samma rådighet.

Åtgärderna i denna kategori kan grovt delas in i två underkategorier, tillgänglighetsåtgärder (framkomlighetspaket och p-avgifter) och teknikspridningsåtgärder (elbilar, biogasbilar och laddplatser).

Något som tillgänglighetsåtgärderna har gemensamt är att de båda innebär samhällsekonomiska netto nyttor. En av dem, p-avgifter innebär dessutom kommunalekonomiska intäkter.

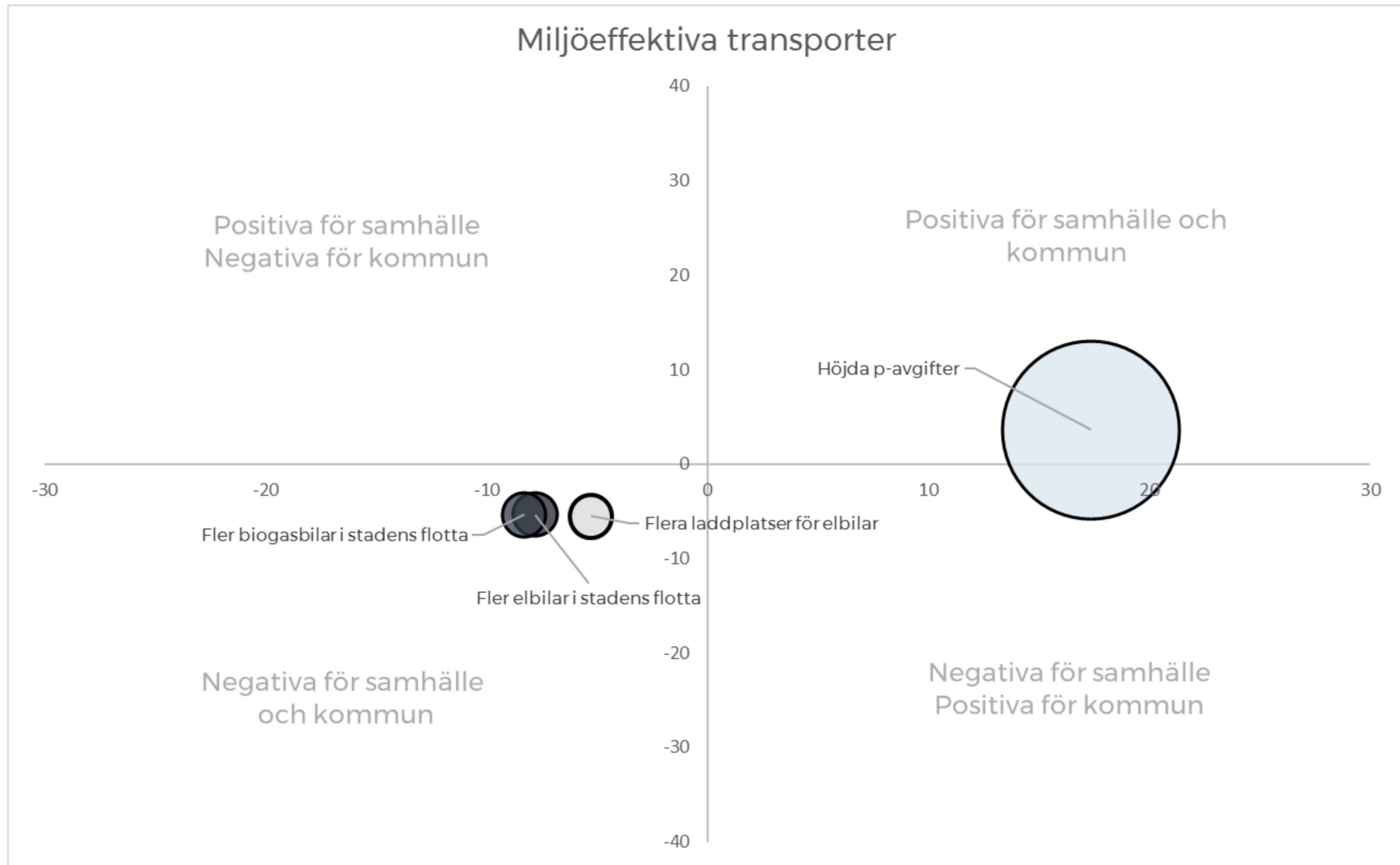
Framkomlighetspaketet innebär inte motsvarande intäkter för kommunen utan istället är det här kommunen som står för kostnaderna och andra aktörer som får nyttorna av åtgärden. De samhällsekonomiska vinsterna är i gengäld mycket stora. Värt att notera är att även om utsläppspotentialen i det aktuella framkomlighetspaketet är begränsat är det möjligt att skala upp åtgärden genom att inkludera fler busslinjer.

Åtgärd	Ton CO2e	KEK/kg	SEK/kg
Framkomlighetspaket för stadens bussar	560	2,1	-68,7
Höjda p-avgifter	18400	-17,36	-3,59
Fler elbilar i stadens flotta	210	7,8	5,34
Fler biogasbilar i stadens flotta	158	8,32	5,39
Flera laddplatser för elbilar	660	5,28	5,54

De tre resterande åtgärderna, som kan klassas som teknikspridningsåtgärder är klart dyrare, både för samhället och kommunen. Att det är så är naturligt eftersom åtgärderna går ut på att byta mogen teknik mot mindre beprövad, dyrare teknik. Förhoppningen är snarast att dessa åtgärder ska göra det möjligt för andra att få tillgång till tekniken till ett lägre pris.

För de åtgärder som riktar sig mot elbilar ska också sägas att tekniken snabbt blir billigare varför kostnadseffektiviteten kan förbättras avsevärt på några års sikt.

På nästa sida presenteras motsvarande diagram som för åtgärderna i Hållbar energianvändning.



X-axeln är effekterna på kommunen, Y-axeln är effekterna på samhället. Positivt innebär en nytta, negativt en kostnad. En negativ kostnad i föregående tabell blir alltså en nytta i denna figur. Framkomlighetspaket buss visas här inte eftersom åtgärden hamnar utanför diagrammet



Resurseffektiva kretslopp och Kolsänkor

I tabellen till höger presenteras de beräknade åtgärderna i kategorierna Resurseffektiva kretslopp och Kolsänkor. De tre översta åtgärderna tillhör den första kategorin och de två nedersta den senare.

Åtgärderna i kategorin Resurseffektiva kretslopp är alla relativt kraftfulla. De har heller inte samma stora spridning i kostnadseffektivitet som de andra kategorierna. Detta är dels en effekt av att de är ganska kraftfulla och dels av att de påverkar fåtal andra aktörer, dvs. kommunens kostnader är i många fall de samma som samhällets kostnader.

Den åtgärd som sticker ut genom att inte innebära några kostnader, och därför borde genomföras om syftet är att minska koldioxidutsläppen är att ersätta 20 procent av skolmåltidernas kött med vegetarisk motsvarighet.

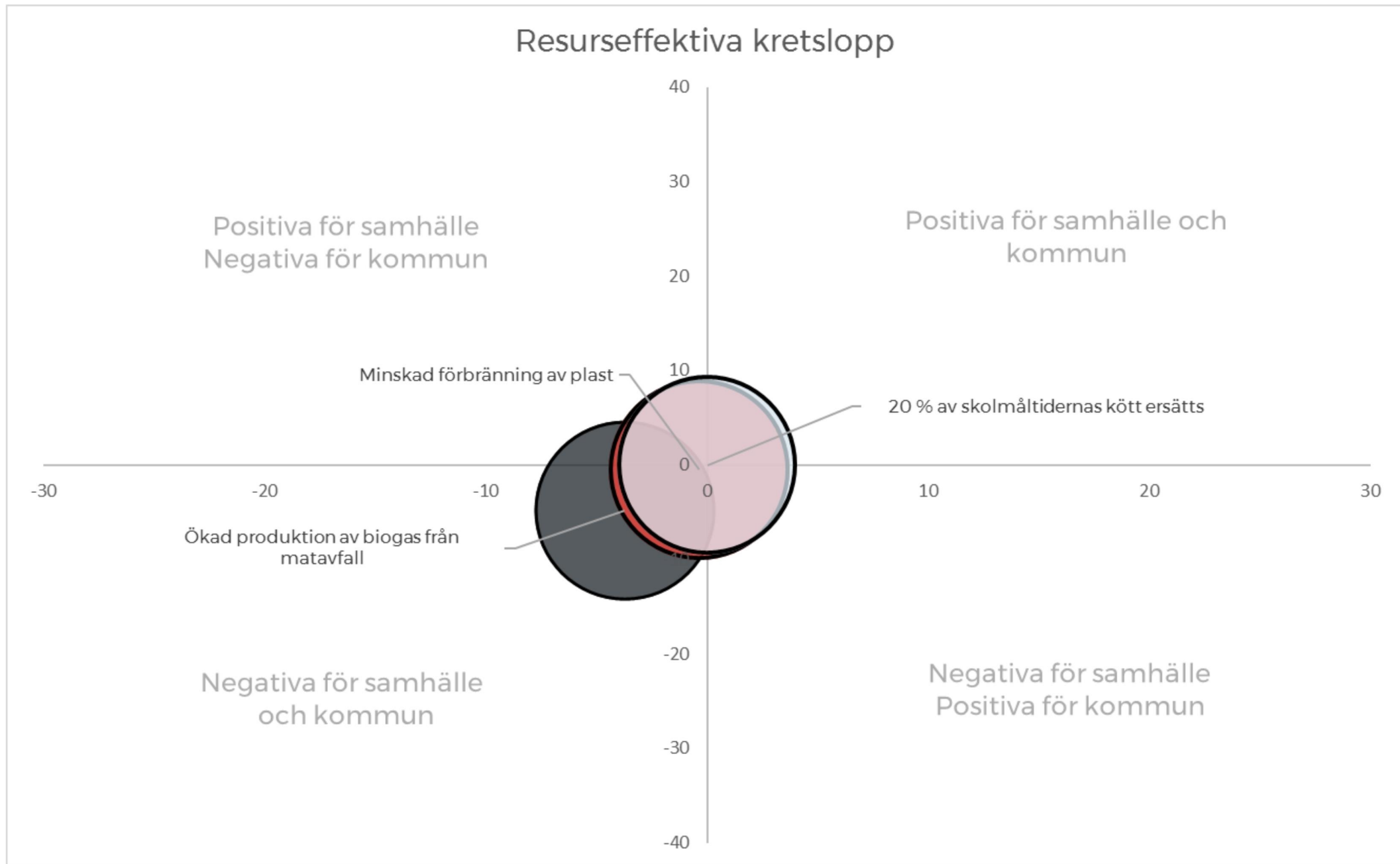
De två Kolsänkeåtgärderna, BECCS och ökad produktion av biokol är unika på det sättet att de inte minskar några utsläpp utan tar bort dem. Dessa åtgärders effekt och kostnadseffektivitet beror av i vilken skala man tänker sig att åtgärden ska införas.

Staden bedömer inte att BECCS kan införas på kort sikt varför ingen potential kan redovisas. Fortum Värme har däremot beräknat att kostnadseffektiviteten är relativt hög.

Åtgärd	Ton CO2e	KEK/kg	SEK/kg
Ökad produktion av biogas från matavfall [^]	30000	3,73	4,86
Minskad förbränning av plast [']	42676	0,37	0,48
20 % av skolmåltidernas kött ersätts	10800	0	0
BECCS		0,25	0,58
Ökad produktion av biokol	2300	-0,2	

[']beror av [^]
En ökad produktion av biokol innebär att stadens nuvarande pilotprojekt skalas upp. Åtgärden innebär en nettointäkt till följd av att stadens kostnader för inköp av gödsel minskar. Samtidigt är det såklart svårt att göra kostnadsbedömningar av tekniker som befinner sig i pilotstadiet.

På nästa sida presenteras motsvarande diagram som för åtgärderna i Hållbar energianvändning och Miljöeffektiva transporter. Diagrammet redovisas bara åtgärderna i kategorin Resurseffektiva kretslopp.



Hur stor effekt har åtgärderna?

I denna utredning har stora utsläppsminskningar identifierats, framförallt inom områdena Hållbar energianvändning och Resurseffektiva kretslopp.

Borträknat kolsänkorna så har utredningen identifierat utsläppsminskningar motsvarande 580 000 ton för de utvalda åtgärderna. Av dessa kommer ungefär 500 000 ton från åtgärder som på ett eller annat sätt minskar utsläppen från fjärrvärmerna. Vissa av åtgärderna är dessutom riktade mot samma utsläpp varför den maximala effekten av dessa åtgärder snarare är ca 450 000 ton. Detta är en betydande del av fjärrvärmens totala utsläpp.

Fjärrvärmeåtgärderna är i de flesta fall relativt billiga att genomföra och innebär i vissa fall att samhället och kommunen tjänar pengar samtidigt som utsläppen minskas.

När man tolkar resultaten är det viktigt att komma ihåg att åtgärdernas effektivitet är beräknad var för sig. I vissa fall riktar sig åtgärderna mot samma utsläpp vilket innebär att en åtgärds genomförande påverkar en annans potential och effektivitet.

Det område där de utvalda åtgärderna har lägst potential i förhållande till de totala utsläppen är transportsektorn. De åtgärder som utvärderats i den kategorin leder till minskningar på 20 000 ton, att jämföra med de över 1 000 000 ton som trafiken totalt sett står för. Detta är en stor utmaning men det saknas inte lösningar.

Vissa av åtgärderna i transportsektorn, som dessutom är mycket effektiva, och till och med innebär nyttor för samhället, kan skalas upp för att åstadkomma större minskningar, till exempel framkomlighetsåtgärder för bussar. Det finns också åtgärder som inte utvärderats i denna rapport som har goda förutsättningar att vara effektiva i Stockholm, till exempel utbyggnad av cykelbanor.

Cykelbanor och bussfiler kommer emellertid inte ensamma leda till tillräckligt stora utsläppsminskningar. Staden är beroende av såväl statliga styrmedel som global teknikutveckling. Flera av åtgärderna är just teknikutvecklingsåtgärder som tillsammans bidrar till att öka kostnadseffektiviteten av framtida klimatåtgärder.

Vad är dyrt och vad billigt?

Ett verktyg för att välja bland flera åtgärder är kostnadseffektiviteten. Den här analysen har studerat de kommunalekonomiska och samhällsekonomiska kostnaderna relativt utsläppsminskningarna. En åtgärd kan vara effektiv för en kommun men ineffektiv ut samhällets synvinkel, att ha båda perspektiven med sig är därför viktigt när det kommer till att välja åtgärder.

Flera av de åtgärder studerats i denna rapport innebär intäkter eller nyttor för kommun och samhälle. I dessa fall kan man inte använda kostnadseffektiviteten för att prioritera bland åtgärder för att maximera utsläppsminskningen. Det ska istället tolkas som att dessa åtgärder har starka synergieffekter och att det finns goda skäl att genomföra åtgärder, givet att budgeten tillåter.

Men vad är då en hög respektive låg kostnad, vad är dyrt och vad är billigt? Vad som är dyrt respektive billigt är ytterst upp till "köparen" av utsläppsminskningen, i detta fall kommunen att avgöra men en hjälpsam jämförelse kan vara koldioxidskatten eller utsläppsrätter.

Koldioxidskatten speglar riksdagens, och därför i någon mån Sveriges sammantagna värdering av koldioxid och är cirka 1,15 kr/kg. Utsläppsrätter motsvarar marginalkostnaden för att minska de utsläpp som omfattas av EU:s emissionshandlings-system och motsvarar ungefär 0,07 kr/kg. Priset på utsläppsrätter påverkas dock av många saker och kan därför sägas vara en sämre beskrivning av Sveriges kollektiva värdering av koldioxid än den vi själva satt genom koldioxidskatten.

Det finns dock flera skäl till att inte enbart prioritera efter kostnadseffektiviteten. Ett sådant skäl har redovisats tidigare och bygger på att genomförandet av vissa åtgärder påverkar kostnadseffektiviteten hos andra åtgärder.

Ett annat motiv kan vara att åtgärden syftar till att minska kostnaden för ny teknik. Ett bra sådant exempel är elbilar. Även om kostnaden för att minska utsläpp med hjälp av elbilar idag kan anses vara mycket hög leder stadens, och alla andras, köp av elbilar till att priset på elbilar sjunker. Det gör att priset för att minska utsläppen med hjälp av elbilar i framtiden kommer att bli lägre.

Åtgärdernas synergieffekter

Åtgärderna för en Hållbar energianvändning ger huvudsakligen upphov till lägre utsläpp av luftföroreningar när förbränning av kol och avfall minskar. Energieffektiviserande åtgärder bidrar även till att minska fastigheternas driftskostnader och ger positiva effekter på inomhusmiljön.

Även åtgärderna inom Miljöeffektiva transporter reducerar emissionerna av luftföroreningar men bidrar också till mindre buller och trängsel.

Få direkta synergieffekter av åtgärder för att öka resurseffektiviteten har identifierats. Det är dock möjligt att det finns indirekta synergieffekter.

Biokolet har bland de kompenserande åtgärderna ett stort antal användningsområden men dessa är enbart aktuella i en relativt liten skala.

Den vanligaste synergieffekten är minskade luftföroreningar vilket bidrar till främst det nationella miljömålet Frisk luft men också, tillsammans med bullerreduktionen, till en God bebyggd miljö.



KÄLLFÖRTECKNING

IPCC (2014). Climate change 2014. Synthesis Report. Summary for Policy makers.

Naturvårdsverket (2007). Sternrapporten – en genomgripande analys av klimatförändringens ekonomi. Rapport 5711.

SMHI (utan årtal). SMHI:s kunskapsbank om klimat: Klimatscenarier [18 april 2017]

<https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarier?area=lan&var=t&sc=rcp85&seas=ar&dnr=0&sp=sv&sx=0&sy=665.5999755859375#dnr=1>

SMHI (2017). SMHI:s kunskapsbank om Klimat: Ny generation scenarier för klimatpåverkan – RCP (senast uppdaterad 20 mars 2017) [18 april 2017] <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/rcp-er-den-nya-generationen-klimatscenarier-1.32914>

Stockholms stad (2016). Strategi för fossilbränslefritt Stockholm 2040, beslutad 28 november 2016.

The global commission on the economy and climate (2014). Better growth better climate. The new climate economy report. The synthesis report.

WSP (2017). Bilaga 1 – Beräkningar och referenser.

WSP