

Linköpings universitet
Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling
Civilingenjörsprogrammet – Energi, Miljö & Management
Examensuppsats 30 hp
Vårterminen 2023
ISRN-nummer: LIU-IEI-TEK-A-23/04570-SE

Nyttiggörandet av intermittent energi - interna och externa lösningar vid Siemens Energy, Finspång

– Utveckling av ett systematiskt arbetssätt för utvärdering av tekniska lösningar

Usage of intermittent energy - internal and external solutions at Siemens Energy, Finspång

– Development of a systematic approach to evaluate technical solutions

Joel Ackemark

Examinator: *Mats Eklund*
Handledare: *Kristina Nyström*
Handledare på Siemens Energy: *Åsa Lyckström*

2023-05-29



Linköpings universitet
581 83 Linköping
Sverige

Förord

Detta examensarbete utgör den sista delen av mina civilingenjörstudier inom energi, miljö och management med en master inom hållbart företagande vid Linköpings universitet. Förhoppningen är att detta examensarbete kan bidra till den forskning som finns gällande beslutsfattande och energieffektivisering för att främja omställningen mot ett mer hållbart samhälle.

Först, skulle jag vilja tacka Åsa Lyckström på Siemens Energy för allt ditt stöd under arbetet. Det har varit väldigt kul och lärorikt att arbeta tillsammans med dig, stort lycka till på din nya tjänst som *Head of Sustainability*. Jag vill också tacka min handledare Kristina Nyström och examinator Mats Eklund för er vägledning under arbetets gång. Till mina opponenter Tim Ericson och Fritjof Axelsson, tack för ert stöd och reflektioner under arbetets gång. Avslutningsvis vill jag rikta ett stort tack till alla som har hjälpt till och bidragit till detta examensarbete.



Joel Ackemark

Linköping 2023-05-29

Success is not final, failure is not fatal:
it is the courage to continue that
counts.

Winston S. Churchill

Abstract

The transition to a sustainable future is one of the biggest, and most current challenges today. It's something that manifests, both political in terms of policies but also in the increasing societal awareness regarding sustainability. The Paris agreement was adopted in 2015 and aims to limit the global warming below 2 °C. Meanwhile large amounts of fossil fuels and raw materials are being consumed which furthers the issue. One way to limit its effect is to make use of the residual flows that's being created. Unfortunately, it's more common that these residual flows are being released to the surroundings, often in the form of excess heat. One of the reasons for this originates in limited system boundaries where actors solely focus on their own operation and do not explore the possibility of cooperation with other actors. Previous research demonstrates that actors lack methods to evaluate potential solutions with a systematical approach which leads to missed opportunities—especially for the utilization of underutilized resources—for energy efficiency. Thus this Master's thesis aims to investigate the potential with excess energy and different ways actors can capitalize on it. Furthermore the study aims to present decision basis by applying a Multi-criteria analysis but also identify knowledge gaps connected to decisionmaking overall and how the method can be used to reduce these.

This Master's thesis was conducted through a case study at Siemens Energy in Finspång, Sweden, where a Multi-criteria analysis was applied on their intermittent energyflow of electricity stemming from gas turbine testing. A literature study was used to determine which potential solutions that would be included in the method while a interview study with employees on the focal company gave rise to the indicators that were used to evaluate the solutions. The result showed that four solutions, hydrogen production, district heating production, battery park and Direct Air Capture all fulfilled the demands. The result further indicated that all four solutions had their individual strengths and weaknesses connected to the three sustainability aspects and therefore the best solution depends on which aspect is valued the most. From an economical standpoint, hydrogen production was the most attractive while Direct Air Capture and district heating production were most favourable in terms of ecological- and social profitability. Although battery park was not considered best in one particular area, the analysis highlighted the fact that it can facilitate a higher effectiveness from the other solutions if implemented. Therefore it is in this study recommended to investigate the possibility to implement a combination of these solutions to maximize the benefit and whether it's possible to do so in conjunction with other actors.

It can be concluded that Multi-criteria analysis can be used to foster the utilization of underutilized resources by providing a systematical method for basis decision. To achieve real change though, it's necessary that actors expand their system boundaries to include residual flows from other actors. Nevertheless, it must be underlined the importance that every actor strive individually to be the most sustainable they can be, only then can we achieve a sustainable future.

Sammanfattning

Övergången till en mer hållbar framtid är en av de största och mest aktuella utmaningarna i dagsläget. Det är något som manifesterar sig både politiskt i form av policys men även i den ökande samhällsmedvetenheten kopplat till hållbarhet. Parisavtalet antogs 2015 och har som mål att hålla den globala medeltemperatursökningen under 2 °C. Samtidigt förbrukas stora mängder fossila bränslen och råmaterial vilket ger upphov till koldioxidutsläpp som bidrar till global uppvärmning. Ett sätt att minska denna påverkan är genom att ta tillvara på de restflöden som uppstår, antingen internt eller externt. Tyvärr är det vanligare att dessa restflöden släpps ut till omgivningen, ofta i form av överskottsvärme. En av anledningarna till det grundar sig i begränsade systemgränser där företag enbart fokuserar på sin egen verksamhet och inte utforskar möjligheten till samarbete med andra aktörer. Tidigare forskning påvisar att företag saknar metoder för att systematiskt utvärdera potentiella lösningar vilket medför förlorade möjligheter—speciellt för nyttiggörandet av underutnyttjade resurser—till energieffektivisering. Således ämnar detta examensarbete att utreda potentialen med överskottsenergi och olika sätt som företag kan tillgodogöra sig den. Vidare syftar studien till att presentera beslutsunderlag i det enskilda fallet genom applicerandet av en Multi-kriterie analys men även identifiera kunskapsluckor kopplat till beslutsfattande hos företag överlag och hur metoden kan användas för att minska dessa.

Detta arbete utfördes genom en fallstudie på Siemens Energy i Finspång, Sverige, där Multi-kriterie analysen applicerades på deras intermittenta energiflöde av elektricitet kopplat till testning av gasturbiner. En litteraturstudie användes för att bestämma vilka potentiella lösningar som skulle ingå i metoden medan en intervjustudie med anställda på fallföretaget gav upphov till indikatorerna som användes för att utvärdera lösningarna. Resultatet påvisade att fyra lösningar, vätgasproduktion, fjärrvärmeproduktion, batteripark och Direct Air Capture uppfyllde kraven och ansågs som potentiella lösningar. Vidare illustrerades det att alla lösningar hade individuella styrkor och svagheter sett till de tre hållbarhetsaspekterna, och således är den bästa lösningen beroende på vilken aspekt som värderas högst. Ur en ekonomisk synvinkel var vätgasproduktion det mest attraktiva valet medan Direct Air Capture och fjärrvärmeproduktion var bäst sett till ekologisk- respektive social lönsamhet. Trots att batteriparken inte var bäst ur någon aspekt visade analysen att den kan facilitera en ökad effektivitet hos övriga lösningar. Således föreslås det att undersöka möjligheten att implementera en kombination av flera lösningar för att maximera nyttan samt om detta kan göras i konjunktion med andra aktörer.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att Multi-kriterie-analys kan bidra till att förse företag med en systematisk metod för framtagandet av faktabaserade beslutsunderlag för tillvaratagandet av underutnyttjade resurser. För att åstadkomma en mer påtaglig förändring krävs dock att företag expanderar sina systemgränser för att innefatta andra aktörers restflöden. Oavsett måste det ändå betonas vikten av att varje enskilt företag strävar efter att bli så hållbara som möjligt, endast då kan en hållbar framtid uppnås.

Innehåll

Förord	i
Abstract	iii
Sammanfattning	v
Figurer	ix
Tabeller	xi
Nomenklatur	xiii
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problembeskrivning	2
1.3 Syfte	3
1.3.1 Frågeställningar	3
1.4 Avgränsningar	3
2 Tidigare forskning	5
2.1 Exergi och energi	5
2.2 Underutnyttjade resurser	6
2.3 Polycys och incitament	7
2.3.1 EU-regleringar	7
2.4 Hinder och drivkrafter för energiektivisering	9
2.4.1 Barriärer mot energiektivisering	9

2.4.2	Möjligheter med och för energiektivisering	11
2.5	Industriell och urban symbios	13
2.5.1	Fördelar med IUS	14
2.6	Metoder för beslutsfattande	15
2.6.1	Multi-kriterie analys	15
3	Metod	17
3.1	Multi-kriterie analys	17
3.1.1	Utvecklandet av MKA	18
3.1.2	Tillämpning av MKA	20
3.1.3	Bedömning och viktning	22
3.2	Litteraturstudie	23
3.3	Intervjustudie	24
4	Resultat	27
4.1	Utvalda lösningar	27
4.2	Huvudområden och tillhörande indikatorer	28
4.2.1	Beskrivning av indikatorerna	30
4.2.2	Tekniska indikatorer	30
4.2.3	Ekonomiska indikatorer	30
4.2.4	Miljömässiga indikatorer	31
4.2.5	Sociala indikatorer	32
4.2.6	Sammanställning av indikatorer och skalor	32
4.3	Resultat från Multi-kriterie analysen	34
4.3.1	Eliminerade lösningar	34
4.3.2	Sammanställd matris från MKA	36
4.4	Studerade lösningar	37
4.4.1	Vätgasproduktion	37
4.4.2	Fjärrvärmeproduktion	39
4.4.3	Batteripark	41

4.4.4	Direct Air Capture	43
4.4.5	Sammanställning av lösningarna utefter huvudområdena	45
5	Analys	47
5.1	MKA som en generell metod för beslutsfattande	47
5.2	Fördjupad analys av de utvalda lösningarna	48
5.2.1	Vätgasproduktion	48
5.2.2	Fjärrvärmeproduktion	49
5.2.3	Batteripark	50
5.2.4	Direct Air Capture	51
5.3	Analys av beslutsunderlag	53
5.3.1	Ekonomisk lönsamhet	53
5.3.2	Ekologisk lönsamhet	54
5.3.3	Social lönsamhet	55
5.4	Kombination av flera lösningar	56
6	Diskussion	59
6.1	MKA som ett verktyg för effektivare beslutsfattande	59
6.2	MKA för främjad samarbetskraft	61
6.3	Förslag på beslutsunderlag	62
6.4	Metodkritik	63
6.4.1	Multi-kriterier analys	63
6.4.2	Felkällor	64
7	Slutsats	65
8	Vidare forskning	67
	Referenser	67
A	Intervjuguide	78

Figurer

2.1	Schematisk bild över hur ett nätverk inom IUS kan se ut (SWECO, 2023).	13
3.1	Schematisk bild över arbetets tillvägagångssätt	17
3.2	Schematisk bild över hur framtagandet av en MKA analys kan se ut. Figuren är inspirerad av Feiz & Ammenberg (2017).	18
3.3	Schematisk bild över hur tillämpningen av en MKA analys kan se ut. Figuren är inspirerad av Feiz & Ammenberg (2017).	20
3.4	Schematisk bild över hur processen såg ut för framtagandet av intervjuguiden baserad på Bryman (2016) modell.	24
4.1	Schematisk bild över hur elimineringsprocessen gick till för de olika lösningarna utifrån de tidigare identifierade skalorna. Den kursiva texten beskriver det elimineringskriterie som låg till grund för uteslutande.	35
4.2	Illustration av hur varje lösning presterar inom respektive huvudområde. Betygsättningen är baserad på ett medelvärde av resultatet från MKA-matrisen.	45
5.1	Kartläggning över hur de olika lösningarna presterar sett till ekonomisk lönsamhet baserat på resultatet och analysen.	54
5.2	Kartläggning över hur de olika lösningarna presterar sett till ekologisk lönsamhet baserat på resultatet och analysen.	55
5.3	Kartläggning över hur de olika lösningarna presterar sett till social lönsamhet baserat på resultatet och analysen.	56

Tabeller

2.1	Sammanställning av ett urval av marknadsbarriärer och marknadsmisslyckanden baserat från (Thollander & Ottoson, 2008; Thollander et al., 2020; Rohdin et al., 2007; Brown, 2001).	10
2.2	Beskrivning av några av de vanligaste betendemässiga barriärerna som orsakar den tröghet som finns inom organisationer mot förändring.	11
2.3	Några av de vanligaste möjligheterna som kan uppnås med energieffektivisering inom de tre hållbarhetsaspekterna.	11
3.1	Schematisk bild som illustrerar hur betygssättningen gick till för varje kriterie.	22
3.2	Ett urval av de databaser, sökord och dokumenttyper som har använts för att samla in empirisk data.	23
3.3	Beskrivning av de intervjuade personerna och deras tillhörighet. De understrukna orden indikerar vilken avdelning på SE personen tillhör.	25
4.1	Sammanställning av de potentiella lösningar som har identifierats samt en kort förklarande beskrivning.	28
4.2	Sammanställning av huvudområden och identifierade kriterier.	29
4.3	Sammanställning av de femgradiga skalor som använts för respektive indikator. n/a innebär att det inte existerar ett värde.	33
4.4	Sammanfattning av resultatet från MKA. För de indikatorer av kvantitativ karaktär har de faktiska värdena använts medan för de kvalitativa har i stället förkortningen av skalan använts. Som komplement har cellerna färgkodats utefter vilken skala de hamnade på. Lösningar som befann sig på den sistnämnda skalan uteslöts ur MKA och undersöktes inte vidare.	36

Nomenklatur

Lista över förkortningar och ordlista av begrepp som används i texten.

Förkortningar

CAPEX	Capital expenditure
CE	Cirkulär ekonomi
CO ₂ e	Koldioxidekvivalenter
DAC	Direct Air Capture
EED	Energy efficiency directive
EEÅ	Energieffektiviseringsåtgärder
EGD	Europen Green Deal
EHS	Environment Health Safety
EIP	Eco-industrial park
EK	Europeiska Kommissionen
EQS	Environment Quality Safety
ETS	Emission trading system
EU	Europeiska Unionen
GHG	Greenhouse gases
IEA	International Energy Agency
ISN	Industriell symbios nätverk
IUS	Industriell och urban symbios
kWh	Kilowattimmar
MKA	Multi-kriterie analys
MWh	Megawattimmar
n/a	Not applicable
PEM	Elektrolys med protonbytarmembran

SE	Siemens Energy
SKA	Singel-kriterie analys
STECO	Steering comitee
TBL	Triple bottom line

Ordlista

Berget	Platsen där Siemens Energy testar sina gasturbiner
Intermittent	Periodisk
Koldioxidläckage	Ökade utsläpp på annan plats till följd av att företag flyttar sin produktion för att undvika utsläppskrav
Äska	Ansöka om

Kapitel 1

Inledning

I nedanstående kapitel kommer inledningsvis bakgrunden samt problembeskrivningen till examensarbetet att presenteras. Det efterföljs av syfte och frågeställningar som avslutas med en beskrivning av det studerade systemet.

1.1 Bakgrund

Samhället står idag inför stora utmaningar kopplat till global uppvärmning och ökade energipriser (Ahmad & Zhang, 2020). Samtidigt produceras mer varor än någonsin vilket medför ett ökat resursbehov (European Environment Agency, 2020). Detta är ett resultat av den linjära ekonomiska modell som världsekonomin i dagsläget utgår från vilket grundar sig i att producera produkter med kort livslängd som kasseras vid sitt slut (Michellini et al., 2017). Anledningen är att företag under en lång tid kunnat utnyttja subventionerade energipriser vilket gjort det mer lönsamt att producera nytt än att återvinna (Kirchherr et al., 2018). Det har således blivit uppenbart att företag måste införa energi- och materialbesparingsåtgärder för att lösa dessa problem (Granér & Johansson, 2022). Det är inte bara viktigt för att minska koldioxidutsläppen utan även för att bevara resurser för framtida behov. Historiskt sett har hållbarhetsarbete och energiektivisering inte varit särskilt prioriterat eller uppmärksammat men under de senaste åren har det skett mycket forskning och framsteg inom dessa områden (Climate Policy Watcher, 2023). Det finns idag en mycket bredare kunskap hos allmänheten om hur man kan bevara resurser och det pratas aktivt om termer som cirkulär ekonomi och förnyelsebara energikällor. Det finns även en växande konsensus i samhället om att världen måste komma tillsammans och ta handling, för att garantera framtida generationers behov (World Economic Forum, 2022). Det kan vara lätt att tro att denna nya syn på hållbarhet är till följd av något nytt påfund men så är inte fallet. Den mest kända definitionen av vad hållbarhet betyder och innebär introducerades redan 1987 av Norges dåvarande statsminister Gro Harlem Brundtland i rapporten *Our Common Future* (WCED, 1987). Definitionen löd enligt följande:

Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs

Det är således tydligt att hållbarhet är något som funnits på agendan under en längre tid. Så den stora frågan är alltså varför det tagit så lång tid innan förändring börjat ske.

Klimatfrågan har dock fått allt större uppmärksamhet under de senaste åren på regulatorisk nivå och det införs regelbundet allt strängare krav på företag att minska sina utsläpp till i form av nya miljö- och klimatmål. Europeiska Unionen ratificerade 2016 Parisavtalet vars mål är att hålla den globala temperaturökningen under 2 grader Celsius (United Nations, 2015; Europeiska Unionen, 2016). För att uppnå detta har de som mål att vara klimatneutrala till 2050 och ska till 2030 ha minskat växthusgasutsläppen med 45 %. För att uppnå detta måste det som tidigare nämnts införas både besparing och återanvändning av resurser genom exempelvis användandet av cirkulära a-årsmodeller (Europeiska Unionen, 2016).

Cirkulär ekonomi innebär att skapa slutna system där avfall förvandlas till en resurs (Bocken et al., 2014). En cirkulär a-årsmodell integrerar både den ekologiska och sociala aspekten till skillnad från en linjär a-årsmodell som fokuserar på den ekonomiska. Det medför ett systemtänk som ofta refereras till som Triple bottom line eller People planet profit (Bocken et al., 2014; Hou et al., 2019). En cirkulär a-årsmodell har förutom en positiv ekologisk påverkan en ekonomisk fördel (Geissdoerfer et al., 2018). Cirkulär ekonomi fokuserar främst på fysiska produkter och mindre på överflöd av energi som exempelvis elektricitet och värme. Själva principen om att förlänga utnyttjandelängden av en resurs för att minska nyproduktion går dock att applicera på energi genom exempelvis nyttjandet av överskottsenergi.

Överskottsenergi är en restprodukt som skapas inom flera olika industrier genom olika processer (Sundlöf et al., 2003). I dagsläget är det väldigt få företag som tar vara på denna restprodukt och omvandlar den till en resurs (Sundlöf et al., 2003). Majoriteten av företag kyler antingen bort den eller släpper ut den till luften där energin går till spillo. Samtidigt förbrukas stora mängder bränsle—ofta fossila— för att värma upp bostäder eller driva processer (IEA, 2022b). Hade denna energi i stället kunnat användas, antingen av företaget själva eller någon annan, hade företag kunnat göra stora besparingar, både ekologiska och ekonomiska (Blum & Legey, 2012).

1.2 Problembeskrivning

Siemens Energy AB (SE) är ett globalt företag med en verksamhet i Finspång, Sverige som huvudsakligen är verksamma inom design, tillverkning och service av gasturbiner. Företaget har cirka 90 000 anställda globalt varav 4000 är stationerade i Finspång. De levererar produkter till hela världen och omsätter ungefär 340 miljarder kronor per år. I Finspång tillverkas små till medelstora gasturbiner med en effekt som varierar mellan 25-62 MW. Det har därmed stor miljöpåverkan och företaget är måna om att minska den så mycket som möjligt. Till skillnad från många andra liknande företag berörs inte SE av exempelvis utsläppsrättigheter då deras testanläggning klassificeras som en forskningsanläggning. De har dock själva valt att sätta som mål att hela SE globalt ska vara koldioxidneutrala inom scope 1 och 2 till 2030 vilket innefattar direkta utsläpp och inköpt energi.

Vid R&D utveckling eller innan en turbin levereras till kund testas den ibland genom en provkörning som sker i anslutning till verkstaden där gasturbinerna monteras ihop. Vid testkörningen genereras det mellan 30–60 MW elektricitet som måste användas för att kunna fortsätta bedriva testprogrammet som löper under cirka 4–5 timmar. I dagsläget levereras 15 MW av elektriciteten ut på stamnätet medan resten skickas till lastbanker. Anledningen till att lastbanker används är på grund av att SE i dagsläget inte har tillåtelse att överföra en högre kapacitet till stamnätet då det skulle orsaka störningar. Lastbankarna

är egentligen elektriska motstånd vilket leder till att elektriciteten som leds genom dessa omvandlas till värme som sedan släpps ut till den omgivande luften. Problemet är att två av dessa lastbanker måste tas ur drift då de börjar bli gamla vilket skulle innebära en förlust på cirka 25 MW bortledningskapacitet. SE undersöker därför vilka alternativa lösningar som kan implementeras som är mer hållbara än att köpa nya lastbanker.

1.3 Syfte

Syftet med examensarbetet är att utreda potentialen med överskottsenergi och olika sätt som företag kan tillgodogöra sig den. Som en del av detta ämnar detta arbete till att studera ett restflöde av intermitterent energi genom en MKA för att utreda potentiella lösningar. Förhoppningen är att inte enbart bidra med beslutsunderlag i denna specifika fallstudie utan att även ge ökad kunskap om hur MKA kan användas för att lösa liknande problem.

För att uppfylla syftet kommer en fallstudie att utföras på SE i Finspång, Sverige. Företaget erhåller i dagsläget stora intermittenta restflöden av elektricitet som genereras i samband med provkörningar av gasturbiner och som i dagsläget inte tillvaratas.

1.3.1 Frågeställningar

För att besvara syftet formulerades följande frågeställningar:

- Hur kan olika alternativa lösningar systematiskt jämföras med avseende på aspekter som är viktiga för Siemens Energy när det gäller nyttiggörande av överskottsenergi?
- Vilka lösningar för att nyttiggöra Siemens Energy intermittenta överflöd av elektricitet uppfyller bäst de aspekter som är viktiga för företaget?

1.4 Avgränsningar

Studien utförs åt SE som för tillfället är inne i en process för att utvärdera lösningar för nyttiggörandet av överskottsenergi. I det arbetet undersöks möjligheten att kombinera restflöden med andra aktörer i närheten och således hitta gemensamma lösningar. Till följd av examensarbetets omfattning har det dock valts att utesluta övriga aktörer och endast fokusera på SE restflöden. Däremot utesluts inte samarbete med andra aktörer och således kommer arbetet innefatta lösningar som både kan genomföras internt men även externt till viss omfattning. Störst fokus kommer ligga på att utforska vilka möjliga alternativ som finns och mindre på den tekniska genomförbarheten, däremot kommer inte alternativ som är uppenbart omöjliga att implementera att tas i beaktning. Avslutningsvis kommer detta arbete av samma anledning som tidigare beskrivet att utgå från en företagssynvinkel. Med andra ord kommer inte andra aktörers intresse beaktas vid framtagandet av kriterier för att utvärdera de olika lösningarna. Däremot kommer andra aktörers åsikter att vävas in i diskussionen om det visar sig att det har en stor påverkan, både positivt och negativt. Men framtagandet av de bästa lösningarna kommer alltså att enbart ske ur ett företagsperspektiv.

Kapitel 2

Tidigare forskning

2.1 Exergi och energi

Exergi är per definition mängden arbete ett system kan utföra i en termodynamisk process innan systemet hamnar i jämvikt (Jørgensen & Svirezhev, 2004). Begreppet blandas ofta ihop med ordet energi vilket är felaktigt. Likt energi kan exergi varken skapas eller förstöras, utan endast omvandlas mellan olika former (Naturskyddsföreningen, 2023b). Den stora skillnaden är att exergi kan förbrukas vilket är varför man använder begreppet energinnehåll. Varje gång energi omvandlas minskar mängden exergi eftersom en viss mängd omvandlas till värme (Jørgensen & Svirezhev, 2004). Det är således viktigt att inte bara veta kvantiteten på en resurs utan även kvaliteten. De energiformer som har högst energinnehåll är mekanisk energi och elektrisk energi som båda har en faktor på 1 vilket innebär att i teorin kan all energi omvandlas till arbete (Burden, 2003). Värme däremot har generellt låg exergi som minskar med låga temperaturer (Burden, 2003). Det är därför av högsta prioritet att ta tillvara på den exergi som finns tillgängligt och använda energiresurser med så högt energinnehåll som möjligt.

2.2 Underutnyttjade resurser

Ett vanligt fel många gör kopplat till energiektivisering är att enbart fokusera på vad och hur mycket energi som stoppas in i ett system och inte vad som kommer ut (Posch et al., 2011). Det är också vanligt att aktörer endast fokuserar på sin egen verksamhet vilket medför att så fort en produkt inte längre tillför något till den enskilda verksamheten anses den inte ha något värde (Posch et al., 2011). Det medför att det skapas en stor mängd underutnyttjade resurser som hade kunnat användas både internt och externt (D. R. Lombardi et al., 2012). Underutnyttjade resurser definieras i detta arbete som resurser vars totala värde inte utnyttjas vilket leder till ekonomiska förluster (Gehrels, 1991). Anledningen till att det är just ekonomisk förlust och inte social eller miljömässig har att göra med att begreppet underutnyttjade resurser har sitt ursprung i ekonomisk teori (Schatz, 1959). När det kommer till hållbarhet och energiektivisering ses dock underutnyttjade resurser snarare som något som kan nyttjas för att bidra till miljön (Lee et al., 2021). En bidragande anledning till det ligger i att energi i sig endast betraktas som värdefullt under en begränsad tid och då för att tillföra värde till en annan produkt (Dincer & Rosen, 1998). När den processen är klar anses energin förbrukad och betraktas som avfall fast den i verkligheten—som förklaras i kapitel 2.1—endast har omvandlats. För att utnyttja dessa resurser på bästa sätt krävs det att företag både förändrar synen på avfall samt är öppna för möjligheten att samarbeta med andra (Lawal et al., 2021). Det senare har under åren utvecklats till vad som idag kallas för industriell och urban symbios (IUS) vilket bygger på utnyttjandet av varandras restströmmar för att minska både resurs- och energianvändningen (Chertow, 2000a). Mer om IUS diskuteras senare i kapitel 2.5. Tillgodogörandet av dessa underutnyttjade resurser är inte enbart positivt för miljön utan kan medföra kostnadsbesparingar eller ökad produktivitet (Deutz, 2014).

Som tidigare forskning påvisat kommer både energibehovet att öka markant i framtiden och mängden förnyelsebara energikällor kommer inte vara tillräckliga för att förse det behovet. Samtidigt sker en omställning i samhället mot mer cirkulära flöden vilket skulle innebära mindre avfall som kan användas för el- och värmeproduktion. Det kommer således bli ännu viktigare att ta tillvara på de resurser som faktiskt existerar och dessa i dagläget underutnyttjade resurser kan spela en viktig roll när det kommer till att möta det framtida energibehovet (Schatz, 1959). Detta är även något som uppmärksammas i samhället och det sker flera aktiva initiativ till att facilitera möjligheterna med energiektivisering och överkomma barriärerna. Ett sätt att främja energiektivisering och öka tillvaratagandet av underutnyttjade resurser är genom politiska styrmedel. Politiska styrmedel har fördelen att de kan påskynda förändringar genom att införa olika policys och incitament som antingen tvingar eller uppmanar företag att anpassa sig.

2.3 Policys och incitament

För att främja användningen av mer förnyelsebara energikällor samt implementationen av energibesparande åtgärder har det införts många policys och incitament. Dessa behandlar väldigt många olika områden men det de har gemensamt är att de ämnar att bidra till uppfyllelsen av Parisavtalet. Det har medfört ökade kostnader med syftet att motivera företag att nyttja underutnyttjade resurser på ett bättre sätt. I detta avsnitt kommer de mest betydelsefulla för en transition mot en mer hållbar energianvändning att diskuteras.

2.3.1 EU-regleringar

EU EED introducerades första gången 2012 som ett verktyg för att öka energieffektiviteten (Europeiska Kommissionen, 2012). Direktivet består av flera olika delar men det huvudsakliga målet är att minska energianvändningen med 20 % vilket innebär att inte mer än 1312 Mtoe primäre energi får förbrukas (Europeiska Kommissionen, 2023). Direktivet inkluderar hela energins livscykel från generation till slutanvändning (Europeiska Kommissionen, 2012). Den ursprungliga tidsramen sträckte sig till 2020 men förlängdes 2018 till 2030 och framåt. Med det uppdaterades även målen till en besparing på 32 % vilket korrelerar till en maxanvändning på 1128 Mtoe (Europeiska Kommissionen, 2023). Vidare lägger det reviderade direktivet mer vikt på varje enskilt medlemsland att införa skärpta åtgärder som exempelvis obligatoriska granskningar, krav på teknisk kompetens och så vidare (Europeiska Kommissionen, 2012). Andra ändringar är exempelvis en utökning av påverkade aktörer där det reviderade direktivet försöker fånga upp mindre företag men även konsumenter för att sprida medvetenhet. I och med att direktivet förlängdes till 2030 blev energieffektivisering även en del av European Green Deal (EGD). EGD har som huvudmål att göra EU klimatneutralt till 2050 och som delmål att minska koldioxidutsläppen med 55 % till 2030 (Europeiska Kommissionen, 2019). För att nå dit lanserades det så kallade *Fit for 55-package* vilket är en samling med förslag för att emendera den nuvarande EU-lagstiftning (Europeiska rådet, 2023). Målet är att dessa ändringar ska skapa en ritning för den gröna transitionen (Europeiska Kommissionen, 2021a).

Ett annat direktiv som fått mycket uppmärksamhet de senaste åren är EU ETS vilket är en marknad för handel med utsläppsrättigheter (Europeiska Kommissionen, 2022a). Anledningen till att direktivet upprättades var för att kunna uppfylla Kyoto-protokollet som 1997 blev världens första legala bindande dokument för minskning av utsläpp (Förenta Nationerna, 2023). Systemet fungerar så att företag som är verksamma inom ETS-sektorer är skyldiga att köpa lika många utsläppsrättigheter som ton CO₂ de släpper ut (Europeiska Kommissionen, 2021b). Antalet utsläppsrättigheter är dock begränsade och minskar varje år linjärt med 2.2 % (Europeiska Kommissionen, 2020a). Det innebär att det 2023 fanns cirka 1.5 miljarder utsläppsrättigheter varav 57 % auktionerades medan resten delades ut gratis (Europeiska Kommissionen, 2021d). Anledningen till att denna uppdelning existerar är för att skydda marknaden från koldioxidläckage (Europeiska Kommissionen, 2021d). Sedan EU ETS introducerades 2005 har det skett en minskning med 43 % inom huvudsektorerna kraft- och värmeproduktion samt energiintensiv industri (Europeiska Kommissionen, 2021e). En bidragande faktor är de konstant ökande priserna på utsläppsrättigheter som i februari uppgick till 105 € per ton vilket är ett nytt rekord (Trading Economics, 2023).

Förordning (EU) 2020/852 eller förordningen om EU:s taxonomi som den trivialt är mer känd som trädde i kraft 12 juli 2020 (Europeiska Kommissionen, 2020b). Taxonomins

syfte är precis som tidigare direktiv att bidra till den gröna omställningen och uppnå klimatneutralitet inom EU 2050. Mer konkret är det ett verktyg för att etablera praxis för vad som anses som en hållbar investering som grundar sig i vetenskaplig fakta och därmed är svår att ifrågasätta (Europeiska Kommissionen, 2021c). Taxonomin innehåller 6 klimat- och miljömål och för att en investering ska räknas som hållbar måste den uppfylla fyra övergripande krav (Europeiska Kommissionen, 2022b; Finansdepartementet, 2022).

2.4 Hinder och drivkrafter för energieffektivisering

Det finns olika sätt att nyttiggöra överskottsenergi och ett sådant är genom energieffektivisering. Alternativa lösningar till de nuvarande lastbankarna är ett exempel på energieffektiviseringsåtgärder (EEÅ) som företag kan genomföra. Dessa aktiviteter är sådana som normalt sett inte ingår i företags huvudverksamhet och enligt tidigare forskning finns det både hinder och möjligheter som påverkar företags beslutsfattande. I takt med att hållbarhetsfrågor som energieffektivisering blir allt viktigare och fler företag samt personer implementerar åtgärder för detta blir det allt tydligare vilka hinder och möjligheter som finns. I detta kapitel kommer några av de mest förekommande barriärerna och möjligheterna som finns kopplat till EEÅ att diskuteras. I detta arbete har en barriär valts att definieras som ett hinder mot en EEÅ som försvårar kostnadseffektiva åtgärder. En möjlighet har i stället definierats på det motsatta viset, alltså något som bidrar till implementationen av kostnadseffektiva åtgärder.

2.4.1 Barriärer mot energieffektivisering

För att möjliggöra en grön omställning och underlätta för företag att energieffektivisera är det viktigt att förstå vilka barriärer som försvårar. Det arbetet börjar med att kvantifiera hur stort av ett problem dessa barriärer utgör. Enligt Rohdin et al. (2007) studie av svenska smältverk uppgav hela 93 % att kostnadseffektiva åtgärder existerade men inte åtgärdades. Detta ligger i linje med Thollander & Ottoson (2008) studie som även den identifierar att kostnadseffektiva åtgärder existerar. Trots att den ekonomiska och miljömässiga fördelen finns väljer företag att bortse från dessa åtgärder vilket bekräftar att barriärer mot energieffektivisering är ett stort och utbrett problem (Thollander et al., 2020; Brown & Hirst, 1990). Det har gett upphov till begreppet *Energy Efficiency Gap (EEG)* vilket är skillnaden mellan potentialen och det faktiska resultat. Barriärer kan särskiljas i olika kategorier men en vanlig uppdelning är organisatoriska och beteendemässiga (Thollander & Ottoson, 2008) vilka är de som kommer användas i detta arbete. Med det sagt innebär inte uppdelningen att dem inte kan påverka varandra utan är ett sätt att samla barriärer av samma karaktär under samma paraply.

2.4.1.1 Organisatoriska barriärer

Med organisatoriska barriärer menas i detta arbete barriärer som är kopplade till företag eller institut och inte personer. Det finns två huvudsakliga underkategorier inom detta område, marknadsbarriärer och marknadsmisslyckande (Thollander & Ottoson, 2008). Anledningen till att dessa barriärer existerar går att koppla till klassisk nationalekonomisk teori där aktörer antas vara rationella och tar beslut som optimerar ekonomisk vinst (Whittington et al., 2020). På grund av många olika faktorer är detta sällan fallet och därför uppstår dessa barriärer. Marknadsbarriärer går inte att eliminera, utan endast minimeras till följd av att vad som uppfattas som en barriär kan skilja sig mellan olika företag (Brown & Hirst, 1990). Velthuisen (1995) menar även att vad som klassas som en barriär kan skilja sig väldigt mycket beroende på företagets storlek. Utöver storlek har tidigare forskning även visat att typ av industri eller sektor också har en stor påverkan (Sorrell et al., 2000).

Marknadsmisslyckande däremot är när resurser och tjänster är fördelade på ett ineffektivt eller felaktigt sätt. (Brown, 2001). Till skillnad från en ideal marknad där tillgång och efterfrågan balanserar ut varandra skapar en misslyckad marknad en situation där varje

individ gör vad som är bäst för dem vilket leder till negativa konsekvenser för kollektivet (Brown, 2001; DeCanio, 1998). Marknadsmislyckande är enligt klassisk ekonomisk teori ett tecken på att statlig marknadsintervention i form av policys och lagar är nödvändigt (Rohdin et al., 2007; Brown, 2001; Thollander et al., 2020). Anledningen till att marknadsmislyckanden uppstår och i sin tur förhindrar energiektiva investeringar grundar sig enligt Brown (2001) i principal-agent problemet. Principal-agent problemet beskriver hur intresse- och prioriteringskonflikter uppstår till följd av att en person (agent) tar beslut för en annan person eller grupp (principal) (Whittington et al., 2020). Gruppen måste förlita sig på att agenten tar beslut utifrån deras bästa intresse och inte utifrån sig själv. Ett klassiskt exempel är att den utsedda styrelsen tar beslut som gynnar dem ekonomiskt på bekostnad av aktieägarna. Nedan i tabell 2.1 presenteras ett urval av de vanligaste marknadsbarriärerna samt faktorer som kan leda till marknadsmislyckande.

Tabell 2.1: Sammanställning av ett urval av marknadsbarriärer och marknadsmislyckanden baserat från (Thollander & Ottoson, 2008; Thollander et al., 2020; Rohdin et al., 2007; Brown, 2001).

Barriär	Beskrivning
Marknadsmislyckande	
Ej prissatta kostnader & fördelar	Aspekter som är svåra att översätta till monetära värden som exempelvis kunskap eller utsläpp
Bristfällig och felaktig information	Skapar osäkra eller felaktiga förutsättningar vilket avskräcker investeringar
Delade incitament	När en part inte kan ta del av fördelarna vilket leder till nedprioritering av investeringen
Marknadsbarriärer	
Imperfekt information	Alla har inte samma information vilket leder till missade möjligheter
Dolda kostnader	Kostnader som inte är tydliga från början eller svåra att kvantifiera som insamling av information eller längre ledtider
Tillgång till kapital	Brist på rörligt kapital för att finansiera den initiala investeringen vilket medför förlorade möjligheter till långsiktiga fördelar
Heterogenitet	När en åtgärd som är kostnadsektiv i allmänhet inte är det i det enskilda fallet

2.4.1.2 Betendemässiga barriärer

Betendemässiga barriärer är sådana som härstammar hos personerna som verkar inom en organisation och inte organisationen i sig (Rohdin & Thollander, 2006). Det innebär alltså att åtgärder såsom omstrukturering och policyintervention inte är en garanti för att problemet löser sig (Brown, 2001). Enligt Carlander & Thollander (2023) finns det ett naturligt motstånd hos människor mot förändring då viljan att göra som man tidigare

gjort är väldigt stark. Velthuisen (1995) menar att detta problem grundar sig i rädslan av att överge något bekant för något okänt och är en fundamental mänsklig instinkt som alltid kommer finnas. Denna tröghet som det kallas är ofta en produkt orsakad av flera biprodukter. Nedan beskrivs några av de vanligare samt vad som orsakar dem.

Tabell 2.2: Beskrivning av några av de vanligaste betendemässiga barriärerna som orsakar den tröghet som finns inom organisationer mot förändring.

Barriär	Beskrivning
Kunskapsbrist	Brist på kompetens eller kunskap om energiektiviseringsmöjligheter hindrar genomförandet på grund av att osäkerheten är för hög
Rädsla	Rädslan för att misslyckas eller att åtgärden inte visar sig vara lönsam förhindrar implementationen. En bidragande faktor till rädsla är som ovan beskrivet kunskapsbrist
Tillit	Beroende på hur informationen förmedlas och av vem skapas olika stor tillit och trovärdighet. Låg trovärdighet och tillit medför att rädslan ökar vilket förhindrar implementation

2.4.2 Möjligheter med och för energieffektivisering

Trots de till synes relativt stora och komplexa barriärer som existerar mot energiektivisering finns det stora möjligheter med att implementera EEÅ. Dessa möjligheter kan innebära förbättringar inom alla tre hållbarhetsaspekter och kan i många fall kombinera dem med varandra (IEA, 2014). Nedan i tabell 2.3 presenteras några av de möjligheter som kan uppnås med EEÅ inom respektive område.

Tabell 2.3: Några av de vanligaste möjligheterna som kan uppnås med energiektivisering inom de tre hållbarhetsaspekterna.

Område	Möjlighet
Ekonomiska möjligheter	Kostnadsbesparingar
	Subventioner och skattereduktioner
	Ökad produktivitet
Miljömässiga möjligheter	GHG besparingar
	Minskad mängd avfall
	Minskad användning av råmaterial
Sociala möjligheter	Ökad energisäkerhet
	Minskad energifattigdom
	Förbättrad hälsa och komfort

I synerhet kombinationen av ekonomisk lönsamhet och antingen social- eller miljömässig

hållbarhet medför att företag får incitament att energiektivera (IEA, 2014). Dessa fördelar är inte heller enbart avgränsade till den enskilda aktör som implementerar EEÅ utan skapar i sin tur ringar på vattnet som leder till en större nytta som kan tillskrivas samhället i stort. Trots att ett företag endast genomför en EEÅ ur ett ekonomiskt syfte skapar det positiva effekter för samhället i stort, både miljömässigt i form av minskad energiproduktion som sedan manifesterar social nytta genom ökad energisäkerhet. Genom att belysa dessa synergier kan man hjälpa till att ändra uppfattningen om att hållbarhetsarbete endast är något som kostar tid och pengar och i stället är en konkurrensfördel (Johnson et al., 2014). Som tidigare nämnt är hållbarhet något som blir allt viktigare i dagens samhälle och allt högre krav ställs på företag att ta ansvar för sin verksamhet och bidra till ett mer hållbart samhälle. Som tidigare diskuterat i kapitel 2.4.1 finns det omständigheter som leder till att den så kallade win-win situationen inte uppstår. Det är således minst lika viktigt att arbeta med att överkomma barriärerna som att utforska möjligheterna (Kleanthis et al., 2022).

Det finns flera olika sätt för företag att påverka dessa barriärer och överkomma det motstånd som existerar. Flera studier har visat att den primära drivkraften för förändring generellt, oavsett område är engagerade medarbetare (Rohdin & Thollander, 2006; Thollander et al., 2020; Brown, 2001). Engagerade medarbetare med en långsiktig strategi kan bidra till att få fler personer involverade vilket i sin tur driver på implementeringen av EEÅ. Ytterligare en viktig aspekt som kan påverka motivationen hos medarbetarna är hur informationen kommuniceras (Bagaini et al., 2020). Genom att bryta ner informationen och göra den mer lättbearbetlig ökar chansen att mottagaren tar åt sig kunskapen och sedan omvandlar den till fysiska åtgärder (Ebrahimigharehbaghi et al., 2019). Det är också självklart viktigt att informationen som förmedlas är trovärdig. Enligt Howarth & Anderson (1993) uppfattas informationen oftast mer trovärdig om den kommer från antingen statliga institutioner eller personer mottagaren har en personlig relation till. Gillingham & Tsvetanov (2018) argumenterar även för att information som berör på ett personligt plan har större påverkan än sådana som är kopplade till monetära termer. Genom att använda sådan information kan osäkerheter kopplat till risker och fördelar förmildras (Directorate general for internal policies, 2016). En aspekt som blivit allt mer förekommande den senaste tiden är samarbetet mellan olika aktörer för att gemensamt ta tillvara på möjligheterna och överkomma barriärerna (Paramonova et al., 2021). Författaren påvisar i sin artikel att bortsett från byggnader är enskilda EEÅ inte alls lika effektiva som gemensamma. Anledningen till det menar författarna bland annat beror på att många företag ingår i större industriella energisystem vilket medför att deras systemgränisar ofta överlappar varandra.

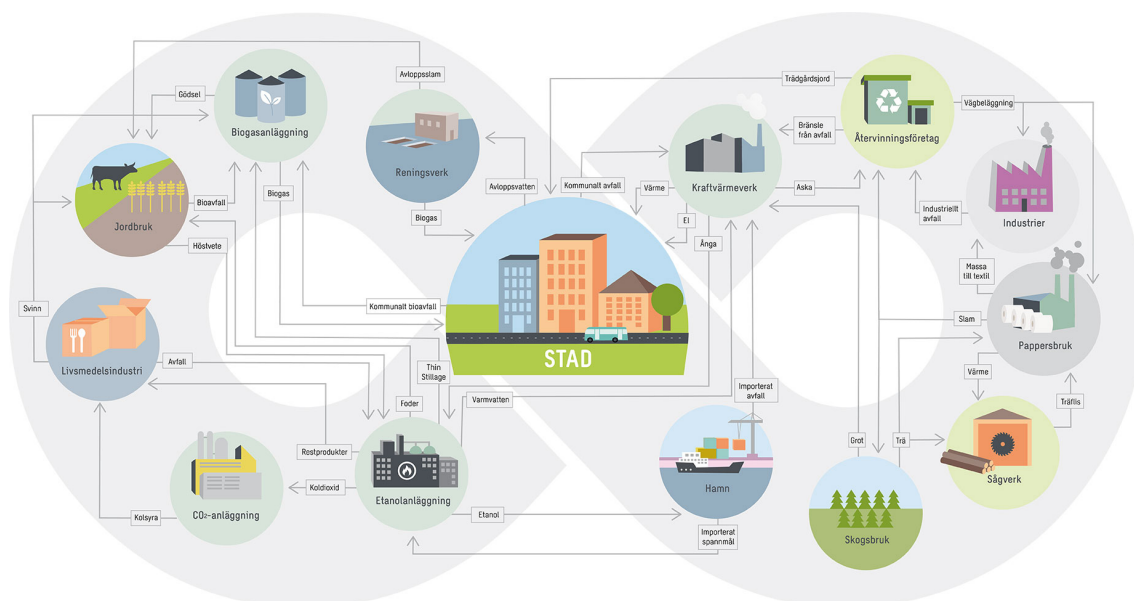
2.5 Industriell och urban symbios

Ordet symbios härstammar från biologin och är enligt Hedayat & Lapraz (2019) sättet organismerna lever tillsammans för deras gemensamma nytta. På samma sätt strävar IS att sammanföra verksamheter som kan leva på varandras överskottsresurser. IS är alltså ett av många sätt att arbeta med IE för att uppnå slutna flöden (Lybæk et al., 2021). IS kan definieras på många olika sätt, Europeiska Unionen förklarar det som:

Industriell symbios är den process där avfall eller bi-produkter från en industri eller industriell process blir till råmaterial för en annan. Applicering av detta koncept tillåter material att bli använda på ett mer hållbart sätt och bidra till skapandet av en cirkulär ekonomi. (Europeiska Unionen, 2018)

Chertow (2008) menar att IS även kan vara utbytet av andra resurser än material som exempelvis maskiner eller infrastruktur för nyttiggörandet av överskottsenergi. En vanlig missuppfattning är att IS är ett statiskt utbyte av materiella flöden medan det i verkligheten är en komplex process som hela tiden utvecklas (Uusikartano et al., 2022). Det har även skett en utveckling i vad som utbyts mellan företag och det är inte längre bara materiella flöden utan även immateriella såsom kunskap och arbetsyta (R. Lombardi & Laybourn, 2012).

Ett annat begrepp som används ofta är urban symbios vilket är utbytet av flöden mellan stad och industri. Urban symbios kan antingen ske självständigt inom staden eller sammankopplas med kringliggande industri. I Östergötland, Sverige finns konceptet Gröna påsen som uppmuntrar invånarna att sortera ut sitt matavfall och kasta det i gröna påsar som tillhandahålls av kommunen. Matavfallet skickas sedan till Tekniska verken där det omvandlas till biogas som driver stadens kollektivtrafik (Tekniska Verken, 2023). Denna process kan utvidgas genom att ta in spannmålsrester från närliggande lantbruk som i utbyte får biogödsel som kan användas på deras åkermark. I figuren nedan illustreras en schematisk bild över hur ett nätverk som ingår i IS och US kan se ut.



Figur 2.1: Schematisk bild över hur ett nätverk inom IUS kan se ut (SWECO, 2023).

2.5.1 Fördelar med IUS

I grund och botten bygger IUS på samarbete mellan olika aktörer och utan dessa kommer inget utbyte av resurser att ske (Chertow, 2000a). Författarna Sonel et al. (2022) lyfter i sin artikel vikten av just relationer mellan aktörer som byggstenen för att utveckla IUS. Samarbete inom industriella nätverk (INS) är särskilt viktiga eftersom a ärsiden bygger på att utnyttja varandras avfall. En annan viktig aspekt att förstå är varför företag väljer att börja samarbeta med varandra. Sonel et al. (2022) resultat indikerar att miljömedvetenhet är den största drivkraften för aktörer att engagera sig i INS. Det är dock viktigt att inte glömma den a ärmässiga delen eftersom IUS inte kan överleva om de involverade företagen inte kan fortsätta vara verksamma. Ett sätt att stärka samarbetet mellan aktörer är genom formella kontrakt. Vid formulering av sådana kontrakt är det dock viktigt att ha ett systemperspektiv och ta i beaktning hur kontraktet påverkar andra företag i nätverket men även miljön i sin helhet. Albino et al. (2016) framhåver två punkter som extra viktiga viktiga vid upprättandet av ett kontrakt mellan två företag i ett ISN. Den första punkten är att kontraktet ska bidra till ett stabilt ISN på systemnivå och den andra är att kontraktet uppfyller win-win kriteriet. Författarna menar att den andra punkten är särskilt viktig för att säkerställa framkomsten av spontana symbiotiska relationer.

Precis som i naturen har aktörer som ingår i ett INS olika roller att fylla. De två vanligaste typerna är ankare/mästare och möjliggörare/koordinator (Baumgarten & Nillson, 2014). Ett ankare är ofta en väldigt stor aktör, exempelvis kraftvärmeverk, som kan ta tillvara på många olika inflöden samt producera många utflöden i hög kapacitet. Utan dessa skulle INS sakna utbudet av resurser för att skapa ett nätverk samt kvantiteten för att göra det ekonomiskt hållbart (Costa & Ferrão, 2010; Valentine, 2016). Även om den sociala delen visade sig vara väldigt viktigt rent teoretiskt för uppkomsten av IUS måste det även vara tekniskt och ekonomiskt genomförbart. Teknik och infrastruktur som krävs för att implementera IUS kostar ofta miljontals kronor vilket är en kostnad många företag inte är villiga att betala. Tittar man historiskt har kostnaden för råmaterial och energi varit så låga att det inte rättfärdigar investeringen trots att den miljömässiga vinningen alltid funnits (He et al., 2020). En annan utmaning är att IUS kräver att aktörer från olika sektorer kommer överens och samarbetar mot ett gemensamt mål. Precis som IUS måste ta hänsyn till sociala, ekonomiska och miljömässiga faktorer måste även de olika sektorerna vara representerade för att skapa balans i systemet (Uusikartano et al., 2022). Södergren & Palm (2021) menar att här har kommunen en viktig roll att spela och kan underlätta implementeringen av IUS genom att bland annat erbjuda både ekonomiskt och administrativt stöd.

IUS innebär inte bara utmaningar utan även många möjligheter för aktörer som väljer att involvera sig. Den mest uppenbara fördelen är minskad klimatpåverkan som i sin tur ger upphov till både ekonomiska och sociala fördelar. Enligt Yuan & Shi (2009) kan aktörer som använder sig av IUS erhålla konkurrensfördelar i form av minskade produktionskostnader. Dessa fördelar är inte heller begränsade till den enskilda aktören utan samhället i stort (Chertow, 2000b). Neves et al. (2020) menar att samtidigt som den enskilda aktören går med vinst genom att utnyttja IUS skapas även samhällsnytta i form av fler arbetstillfällen och förbättrat klimat. Det ligger alltså i allas intressen att skapa förutsättningar sådana att IUS kan frodas och utvecklas (Guo et al., 2016).

2.6 Metoder för beslutsfattande

En stor utmaning för företag—oavsett vilka möjligheter, barriärer eller samarbetspartners—är att välja det bästa beslutet. Problematiken kopplat till det är att det bästa beslutet inte är samma för alla företag. Som illustrerat i kapitel 2.4.1.1 finns det interna- och externa faktorer som kan påverka hur effektiv en åtgärd är för det enskilda företaget. Företag måste också göra en avvägning av hur mycket hänsyn som ska tas för interna kontra externa aspekter samt vilka av dessa som är viktigast (Smet et al., 2017). Vidare menar Klaassen & van Eeghen (2009) att de klassiska beslutsmodellerna som är baserade på rent monetära värden som exempelvis Cost-Benefit Analysis inte längre är gångbara till följd av en allt mer dynamisk marknad. Carroll (2023) menar att beslutsfattare måste ta hänsyn till flera aspekter såsom flera konkurrerande alternativ, begränsad information, specificerad tidsram och en viss nivå av osäkerhet. Det finns således ett behov av mer nyanserade modeller som kan ta hänsyn till mer än bara en aspekt. Kim et al. (2003) föreslår vad de kallar för informationssystem som ett hjälpmedel för företag att underlätta beslutsprocessen och öka ledningseffektiviteten. I praktiken är det ett verktyg för att specificera vilken information som är nödvändig och vilka alternativ som ska utvärderas. Författarna menar att informationssystem underlättar beslutsprocessen genom att göra den linjär vilket tillåter olika lösningar som normalt sett inte går att jämföra jämförbara (Kim et al., 2003). En sådan metod är Multi-kriterie analys vilket exakt som namnet indikerar tillåter användaren att väga in fler aspekter än bara ekonomiska och således ger en mer komplett grund för beslutsfattande till skillnad från Singel-kriterie analys (SKA) (Feiz & Ammenberg, 2017). I nästa stycke beskrivs det i generella drag hur en MKA fungerar medan det i kapitel 3.1 beskrivs hur MKA utvecklades specifikt för just det här arbetet.

2.6.1 Multi-kriterie analys

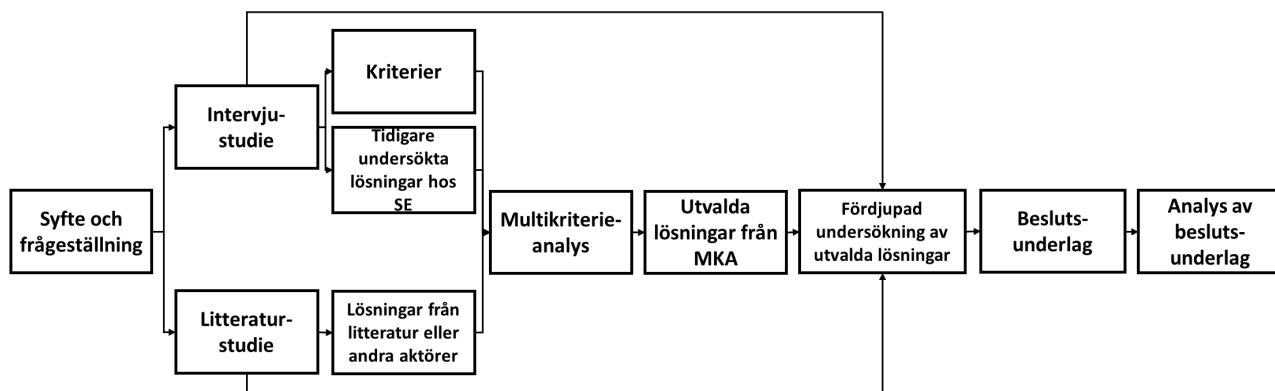
Multi-kriterie analys är en metod för att utvärdera, ranka och välja bland olika alternativ (Talukder et al., 2017). MKA lämpar sig för problem som är komplexa och ofta inte har ett korrekt svar (Feiz & Ammenberg, 2017). Dessa problem är ofta av dynamisk karaktär till följd av att de påverkas av sin omvärld vilket innebär att om förutsättningarna förändras ändras uppfattningen kring problemet. Fördelen med MKA är även att metoden tar hänsyn till flera kriterier vilket tillåter användaren att studera olika alternativ utifrån flera synvinklar (Feiz & Ammenberg, 2017). Används i stället en SKA som Cost-benefit där allting tolkas i monetära termer finns det en stor risk att viktiga kriterier misstolkas eller utelämnas (Beria et al., 2012). Det beror dels på att vissa saker är svåra att beräkna i pengar, exempelvis skada på natur och djur, men också att ingen hänsyn tas till tidsaspekten och att pengars värde förändras över tid (Beria et al., 2012). Enligt Feiz & Ammenberg (2017) är en annan styrka med MKA just det att både kvalitativ och kvantitativ data kan användas. Detta är speciellt användbart när flera aktörer från olika organisationer är involverade då de ofta har olika krav och definierar dessa på olika sätt (Dixit & McGray, 2012).

Kapitel 3

Metod

I detta kapitel presenteras de olika delarna som utgjorde metoden i detta arbete. Först förklaras det generellt hur MKA utformades och sedan presenteras de ingående delarna mer i detalj.

För att besvara frågeställningarna och uppfylla syftet med studien utfördes en litteraturstudie samt en intervjustudie för att sammanställa empirisk data. Huvudsyftet med litteraturstudien som presenteras senare i kapitel 3.2 var att undersöka vilka potentiella lösningar till överskott av intermitterent elektricitet som existerar samt fastställa en skala för varje kriterie. Intervjustudien som presenteras senare i kapitel 3.3 låg i stället till grund för att fastställa kriterierna till MKA baserat på vilka aspekter SE ansåg viktigast samt utreda tidigare undersökta lösningar. Hur MKA framtoogs och utfördes presenteras i mer detalj i avsnitt 3.1. Nedan i figur 3.1 illustreras en schematisk bild över arbetets tillvägagångssätt.



Figur 3.1: Schematisk bild över arbetets tillvägagångssätt

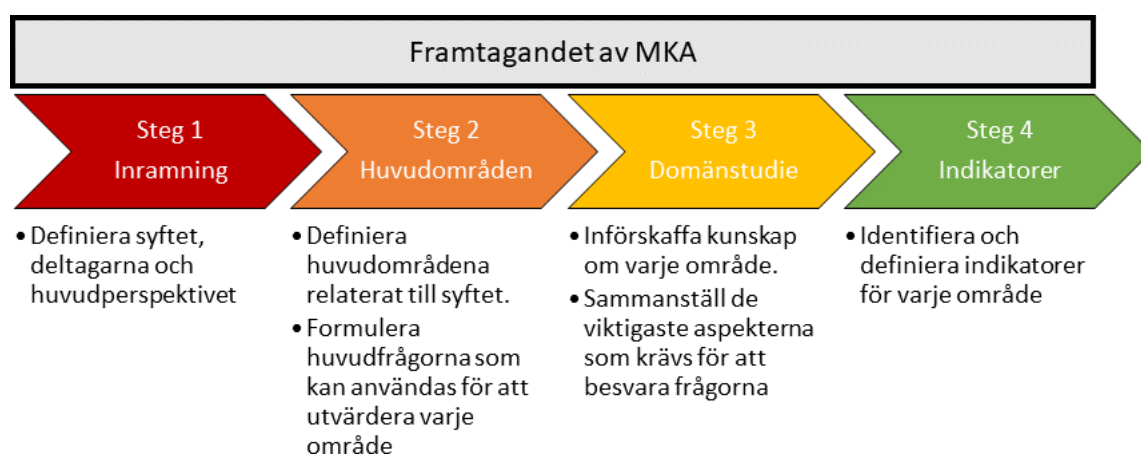
3.1 Multi-kriterie analys

Det finns många olika sätt att utföra en MKA på men överlag finns det några generella delar som ofta ingår. Dessa består av inramning av problemet, identifiering av huvudområden och aktörer, identifiering av kriterier och skala, utvärdering och slutligen rekommendation för beslutsfattande (Feiz & Ammenberg, 2017; Dixit & McGray, 2012). Ammenberg & Dahlgren (2021) beskriver även vikten av att ha lämpliga och användbara kriterier. Det

måste även finnas tillräckligt många kriterier och dessa ska vara lättförstådda samt underbyggda av källor (Ammenberg & Dahlgren, 2021). Feiz & Ammenberg (2017) delar upp utförandet av MKA i två delar, utvecklandet och tillämpningen, vilka presenteras i mer detalj i avsnitt 3.1.1 respektive 3.1.2.

3.1.1 Utvecklandet av MKA

Som tidigare nämnt finns det ingen entydlig metod för att utföra en MKA utan det är upp till utföraren att bestämma hur analysmodellen ska designas. I denna studie har analysmodellen baserats på Feiz & Ammenberg (2017) struktur och Talukder et al. (2017) sätt att betygsätta och rangordna olika alternativ. Nedan i figur 3.2 illustreras en schematisk bild över hur analysmodellen har framtagits.



Figur 3.2: Schematisk bild över hur framtagandet av en MKA analys kan se ut. Figuren är inspirerad av Feiz & Ammenberg (2017).

Likt bilden illustrerar bestod framtagningen av MKA modellen av fyra olika steg vilka presenteras i mer detalj nedan.

Steg 1*Inramning*

I det första steget av studien definierades syftet, frågeställningarna och avgränsningarna. Detta gjordes utifrån den problembeskrivning som SE gav ut, se avsnitt 1.2, samt i samråd med examinator och handledare. Till följd av att studien utförs utifrån SE perspektiv valdes det att avgränsa de intervjuade till anställda på SE. Utöver det fysiska problemet med överskott av intermitterent el ansågs även själva processen för hur företag tar beslut intressant att studera. Detta gav upphov till den första frågeställningen vilken besvaras genom både litteraturstudien och intervjustudien

Steg 2*Huvudområden*

I det andra steget identifierades de huvudområden som ansågs mest relevanta. Förutom de tre hållbarhetsaspekterna inkluderades även den tekniska aspekten på grund av det studerade systemets natur. Anledningen till att alla tre hållbarhetsaspekter inkluderades berodde på att SE ansåg dem relevanta samt att litteraturen understryker vikten av att beakta alla tre. Hade enbart en aspekt varit intressant hade inte en MKA varit nödvändig eftersom hela syftet med denna metod är att omfatta flera olika. När detta var klart identifierades det för varje huvudkategori en övergripande huvudfråga, i detta arbete valdes samma som i Ammenberg & Dahlgren (2021) arbete.

Steg 3*Domänstudie*

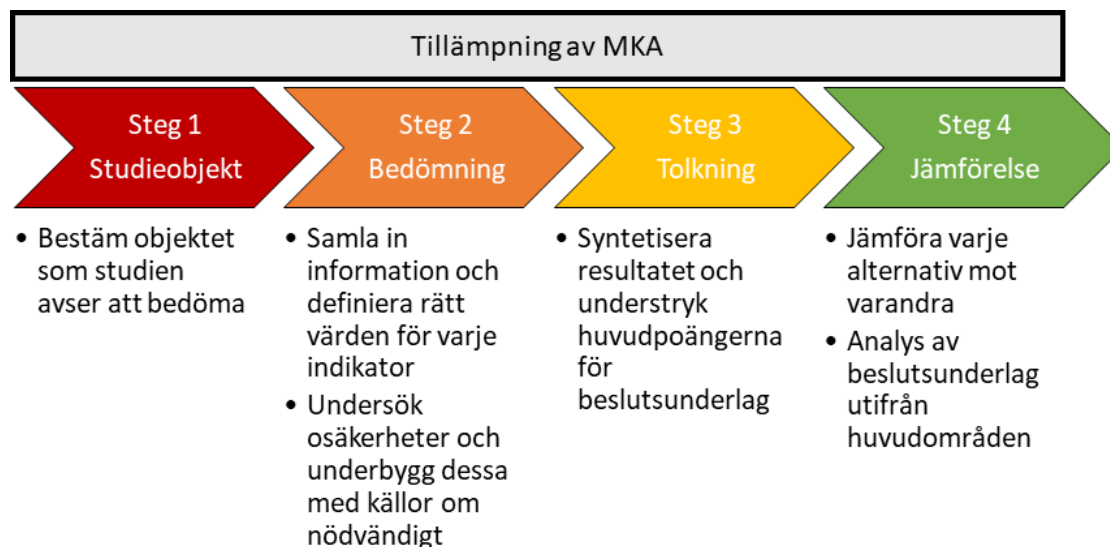
I det tredje steget för framtagandet av MKA utfördes en domänstudie, dels kring huvudfrågorna men även gällande MKA generellt. Domänstudien ämnade till att samla in den nödvändiga information som krävdes för att kunna utföra kommande steg. Informationen insamlades primärt genom den litteraturstudie som beskrivs i avsnitt 3.2.

Steg 4*Indikatorer & skala*

I det fjärde och sista steget för framtagandet av MKA metoden identifierades och definierades indikatorerna för respektive huvudfråga som fastställdes i *Steg 2*. Syftet med indikatorerna är att möjliggöra jämförelse av de olika lösningarna på ett objektiva och systematiskt sätt. Indikatorerna baserades till stor del på vad respondenterna under intervjun ansåg viktigt och har sedan omformulerats för att på ett enklare sätt kunna utvärderas. Indikatorerna är även av blandad karaktär där vissa är kvantitativa och vissa är kvalitativa. Anledningen till detta beror på att somliga saker inte går att mäta i konkreta siffror som Lokal påverkan på land och natur eftersom det inte finns ett entydligt sätt att se på problemet till skillnad från CAPEX.

3.1.2 Tillämpning av MKA

När framtagandet av MKA var klart var det dags att tillämpa den. Detta gjordes återigen utefter Ammenberg & Dahlgren (2021) metod fast med vissa korrigeringar för att bättre spegla processen i detta arbete. I stället för att kartlägga flaskhalsar, mönster och gap valdes det att analysera beslutsunderlaget utefter huvudområdena. Processen för tillämpandet av MKA illustreras nedan i figur 3.3.



Figur 3.3: Schematisk bild över hur tillämpningen av en MKA analys kan se ut. Figuren är inspirerad av Feiz & Ammenberg (2017).

Även denna process bestod av fyra steg vilka presenteras mer i detalj nedan.

Steg I*Studieobjekt*

I det första steget identifierades och valdes de olika lösningar som utvärderades i MKA med hjälp av litteratur från tidigare studier och hemsidor. Syftet var främst att göra en översiktlig avläsning över vilka lösningar som skulle kunna lösa SE problem med intermittent energi snarare än att studera dem i detalj. De lösningar som ansågs rimliga och värda att utvärdera närmare återfinns i avsnitt 4.1 med en tillhörande beskrivning.

Steg II*Skalor*

I det andra steget av tillämpningen av MKA bestämdes det för varje enskilt kriterie den femgradiga skala som användes i *Steg III*. Som tidigare nämnt var indikatorerna av både kvalitativ och kvantitativ karaktär och därav följde det naturligt att använda samma form för tillhörande skala. Skalorna utformades i största möjliga mån utefter data från SE som exempelvis CAPEX men i de fall där detta inte var möjligt användes generella referensvärden som iakttagits från litteratur. Skalorna för respektive indikator presenteras senare i tabell 4.3.

Steg III*Bedömning*

I det tredje steget när studieobjekten bestämts och skalorna för kriterierna etablerats användes återigen litteratur för att undersöka dem mer i detalj utifrån de bestämda indikatorerna. Syftet var att bestämma på vilken skala varje lösning passade in för respektive kriterie. För att på ett effektivt sätt genomföra denna process och undvika att undersöka vissa lösningar mer än nödvändigt applicerades en elimineringsmetod. Elimineringsmetod beskrivs senare mer detaljerat i avsnitt 3.1.3 men den viktigaste aspekten var att lösningar som befann sig på den lägsta skalan för någon indikator uteslöts från vidare undersökning. När alla lösningar hade undersökts sammanställdes resultatet i en matris, den färdiga matrisen återfinns senare i tabell 4.4.

Steg IV*Jämförelse*

I det fjärde och sista steget jämfördes de lösningar som tog sig vidare från MKA. Lösningarna jämfördes utifrån huvudområdena och analyserades sedan mer i detalj för att ta fram olika beslutsunderlag. Utöver att undersökas separat, utforskades även möjligheterna till att kombinera dessa lösningar med varandra samt vilka fördelar det skulle medföra. Det öppnades också upp för diskussion gällande samarbetsmöjligheter med andra aktörer och vilka potentiella synergier det skulle ge upphov till. Anledningen till detta var för att försöka fånga och upplysa om det mervärde som finns i just systemlösningar och samarbete.

3.1.3 Bedömning och viktning

I avsnittet ovan beskrevs det hur det för de olika kriterierna togs fram en femgradig skala för bedömning. Ytterligare ett sätt att bidra till bedömningen är genom viktning vilket innebär att varje indikator individuellt betygsätts. Det är användbart när det finns en stor skillnad i hur viktiga de olika indikatorerna är för användaren. I detta arbete har det dock valts att inte vikta varje enskild indikator och använda en generell bedömningsmetod. Bedömningsmetoden som användes bestod av ett betygssystem som gick från Mycket dålig till Mycket bra. Varje skala bestod av ett spann som anpassades efter respektive lösnings indikator. I de fall där det fanns tillgänglig information från SE anpassades skalan utifrån det, annars fördelades skalan av författaren.

Valet att använda en övergripande viktningsskema grundade sig i avsaknaden av tillräckligt med information kring de olika lösningarna för att göra en rättvis bedömning. Ett alternativ hade varit att låta de intervjuade utföra viktningen men detta ansågs inte heller rättvist eftersom urvalet var relativt begränsat och inte valt på ett slumpmässigt sätt.

Avslutningsvis bestämdes det att lösningar som erhållit lägsta betyg inom ett kriterie uteslöts ur MKA. Detta gjordes för att på ett snabbt och effektivt sätt utesluta lösningar som inte ansågs ha tillräckligt med potential att lösa problemet. Nedan i tabell 3.1 presenteras en schematisk bild över hur betygssättningen såg ut för varje kriterie.

Tabell 3.1: Schematisk bild som illustrerar hur betygssättningen gick till för varje kriterie.

Skala	Betyg	Viktad poäng
S_5	Mycket bra	5
S_4	Bra	4
S_3	Okej	3
S_2	Dålig	2
S_1	Mycket dålig	Utesluten

I slutändan efter MKA var utförd summerades de totala poängen för alla lösningar som inte eliminerats varav de tre med högst poäng gick vidare till nästa steg.

3.2 Litteraturstudie

En litteraturstudie utfördes med syftet att skapa en översiktlig uppfattning om vilka användningsområden det finns för överskott av el. På grund av att det finns väldigt många användningsområden avgränsades sökandet till processer som kräver en relativt stor mängd elektricitet. Anledningen till att en litteraturstudie valdes var eftersom dess syfte är att identifiera och granska information inom ett specifikt eller begränsat område vilket var aktuellt i denna studie (Kallio et al., 2016). Ett avgränsat sökande medför en risk att relevant information har utelämnats och att det inkluderade materialet inte är opartiskt. Av den anledningen har litteraturstudien utförts utefter vad Berg (2009) definierar som ett systematiskt arbetssätt, vilket inkluderar de tre principerna klarhet, validitet och granskningsbarhet. Klarhet har uppnåtts genom att arbetsgången har dokumenterats tydligt vilket möjliggör för andra att upprepa studien. Studiens validitet har bekräftats genom ett opartiskt användande av källor som både styrker och motsäger det som presenteras. Den sista punkten granskningsbarhet har uppfyllts genom att på ett korrekt sätt använda källhänvisning så att läsaren har möjlighet att kontrollera att informationen som tillhandahålls är korrekt.

Litteraturstudien bestod främst av vetenskapliga artiklar, men även grå litteratur från hemsidor för att skapa en grundläggande kunskapsbas. En översiktlig sammanställning av vilka databaser samt sökord som använts illustreras nedan i tabell 3.2.

Tabell 3.2: Ett urval av de databaser, sökord och dokumenttyper som har använts för att samla in empirisk data.

Databas	Web Of Science, ScienceDirect, MDPI
Sökord	Överskottsenergi, Överskottsel, Intermittent elproduktion, MKA, Specifik användningsområde
Dokumenttyp	Vetenskapliga artiklar, rapporter, hemsidor

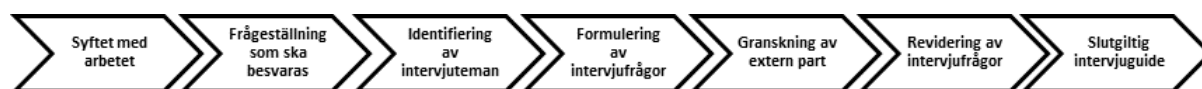
Syftet med litteraturstudien var främst att skapa en uppfattning om vilka lösningar som finns tillgängliga och på grund av problemets natur var tillgången av vetenskaplig litteratur begränsad, därav anledningen till att grå litteratur användes för att se vad andra företag med liknande problem gjort. På grund av att SE är verksam inom turbintillverkning vilket är en väldigt nischad bransch användes sökorden generellt. Det innebar att kombinationer såsom intermittent överskottsenergi, användningsområden för överskottsel användes för att bredda sökområdet. Litteraturstudien användes även för att ta fram de källor som har använts i avsnitt 4.2 för att placera lösningarna på rätt skala för respektive indikator.

3.3 Intervjustudie

I detta arbete utfördes en intervjustudie internt på SE med personer med varierande befattningsfrån olika avdelningar. Intervjuerna genomfördes både fysiskt på SE i Finspång eller digitalt beroende på respondentens preferens. Syftet var att skapa en bred bild över vilka aspekter som de anser är viktiga vid implementering av en ny teknik. Insamlad empiri låg sedan till grund för formulerandet av de kriterier som används i MKA. Vidare avsåg intervjuerna att undersöka hur SE går tillväga vid beslutsfattande och om möjligt urskilja ett mönster. För intervjustudien valdes en semistrukturerad metod vilket karakteriseras av förbestämda frågor med utrymme för uppföljning. Semistrukturerade intervjuer lämpar sig vid kvalitativa studier när det inte finns ett entydligt svar utan resultatet är influerat av personliga åsikter (Kallio et al., 2016). Detta ansågs stämma väl överens med syftet för intervjustudien som grundar sig i individers personliga åsikter kring ett ämne.

Nästa steg efter att en semistrukturerad intervjumetod valts var att utforma en intervjuguide. En intervjuguide kan användas när frågorna likt i denna studie är formulerade i förhand för att strukturera intervjun och undvika onödiga sidospår (Ryen & Torhell, 2004). Att använda en intervjuguide ansågs som ett bra komplement till en semistrukturerad metod eftersom det ger struktur med utrymme för flexibilitet beroende på vilken riktning intervjun tar. Vidare kan man enligt Bryman et al. (2017) kategorisera frågorna i en semistrukturerad intervju utefter två nivåer, tema och uppföljning. Valet att använda temafrågor grundade sig i att syftet var att skapa en bred förståelse vilket temafrågor uppfyller då det inte finns ett entydligt svar (Denscombe, 2021). Vidare ger temafrågor större utrymme för respondenten att svara opåverkat eftersom det är svårare för intervjuaren att formulera frågan på ett partiskt sätt (Persson, 2016). Att kategorisera frågorna i olika teman ger även intervjuaren möjlighet att delge dessa till respondenten i förhand utan att avslöja de exakta frågorna. Att delge exakta frågor kan enligt Lindahl (2021) ge en negativ påverkan i form av ökad benägenhet hos respondenten att tillfredsställa intervjuaren genom att svara på ett så önskvärt sätt som möjligt. Uppföljningsfrågorna kan sedan fylla två funktioner, skapa klarhet hos respondenten och fånga upp intressant information som uppkommer under intervjun (Kallio et al., 2016). I detta arbete valdes det att konstruera uppföljningsfrågorna i förhand för att erhålla så jämlig datainsamling oberoende av vilken person som intervjuas.

Avslutningsvis granskades intervjuguiden och frågorna av extern part i form av handledare på Linköpings universitet för att stärka relevansen och att den etiska aspekten beaktats. Efter återkoppling reviderades guiden vilket ledde till den slutgiltiga versionen som återfinns i bilaga A. Nedan i figur 3.4 illustreras en schematisk bild över hur framtagandet av intervjuguiden utfördes baserat på Bryman (2016) metod.



Figur 3.4: Schematisk bild över hur processen såg ut för framtagandet av intervjuguiden baserat på Bryman (2016) modell.

En annan process som utfördes var att bestämma vilka personer som skulle delta i intervjustudien vilket sammanställdes nedan i tabell 3.3. I detta arbete valdes en selektiv metod vilket innebär att respondenterna väljs ut med avsikt. Detta anses vara fördelaktigt över ett slumpartat urval när syftet med intervjustudien är att lösa ett specifikt problem och inte skapa en allmän uppfattning (Bryman, 2016).

Tabell 3.3: Beskrivning av de intervjuade personerna och deras tillhörighet. De understrukna orden indikerar vilken avdelning på SE personen tillhör.

Aktör	Befattning	Datum	Tid [min]	Beskrivning
<u>EQS</u>				
EQ1	Avdelningschef	2023-02-17	49	Ansvarar för Environmental Quality Safety på Siemens Energy som arbetar med bland annat arbetsmiljö säkerhet och produktkvalitet
<u>EHS</u>				
EH1	Konsult inom energifrågor	2023-02-21	60	Konsult som arbetar på fastighetsavdelningen på Siemens Energy samt ansvarar för den operativa delen av energiledningsgruppen
EH2	Miljöingenjör	2023-02-21	60	Arbetar med interna energiektiviseringsåtgärder på Siemens Energy samt ansvarar för den strategiska delen av energiledningsgruppen
<u>TE</u>				
T1	Anläggningschef	2023-02-17	50	Chef på platsen där Siemens Energy utför sin provverksamhet av gasturbiner
<u>MT</u>				
M1	Projektledare	2023-02-17	55	Ansvarar för investeringsprojekt mot produktionsdelen på Siemens Energy vilket inkluderar bland annat tillverkningsmaskiner och testutrustning
<u>PLC</u>				
PL1	Dataanalytiker och simuleringstekniker	2023-03-10	40	Arbetar med utveckling och uppskalning av tidig teknologikutveckling och forskning inom framtida energisystem

Kapitel 4

Resultat

I detta kapitel presenteras resultatet av litteraturstudien som gett upphov till de studerade lösningarna samt intervjustudien som skapat de indikatorer och skalor som använts i detta examensarbete. Därefter kommer resultatet för hur respektive lösning uppfyllde varje indikator att beskrivas varpå allt sammanfattas i en avslutande matris.

4.1 Utvalda lösningar

Utifrån den studerade litteraturen där det undersöktes vilka potentiella lösningar det finns för tillvaratagandet av stora intermittenta laster identifierades 9 stycken. Alla dessa 9 lösningar ansågs ha potential för att lösa det lokala problemet och ansågs därför relevanta att utvärdera mer i detalj utifrån de indikatorer som valts i detta arbete. För att kunna göra vissa beräkningar och jämföra de olika lösningarna mot varandra var det nödvändigt att göra vissa antaganden. I samråd med SE har det i detta arbete antagits att lösningarna ska kunna tillgodogöra sig en effekt på 30 MW. Anledningen till att 30 MW valdes grundar sig i att det i snitt antas att testerna kommer utföras 2 gånger i veckan där varje test tar cirka 4 timmar och effekten luppår till 25 MW (Siemens Energy, 2023). Det innebär alltså att exempelvis CAPEX och påverkan på land och natur har beräknats utefter hur stor kostnad och påverkan teknik motsvarande 30 MW ger upphov till. De utvalda lösningarna presenteras nedan i tabell 4.1 med en kortare förklaring av hur de skulle fungera.

Tabell 4.1: Sammanställning av de potentiella lösningar som har identifierats samt en kort förklarande beskrivning.

Lösning	Beskrivning
Vätgasproduktion	Produktion av vätgas genom elektrolys vilket innebär att vatten spjälkas med hjälp av el.
Fjärrvärmeproduktion	Elektrisk panna som värmer upp vatten som sedan förvaras i en ackumulatortank. Vattnet levereras sedan till det lokala fjärrvärmenätet vid behov.
Elektrisk uppvärmning	Direktuppvärmning av fastigheter med hjälp av el under provkörningstiden.
Fasplanering	Strategisk planering av produktion sådan att den infaller samtidigt som provkörningarna.
Elektrifiering av maskiner	Ersätta fossildrivna maskiner med elektriska.
Batteripark	Införskaffandet av batterier som kan lagra elektricitet.
Direct Air Capture	Infångandet av koldioxid direkt från luften som sedan pumpas ner i berggrunden.
Lastbankar	Testutrustning som konverterar elektricitet till värme (Dagens lösning).
Utökad leverans till elnätet	Genom att bygga ut existerande ledningar kan SE leverera en högre kapacitet till elnätet.

4.2 Huvudområden och tillhörande indikatorer

När lösningarna som skulle utvärderas var valda påbörjades arbetet med att definiera indikatorer med tillhörande skalor. Detta gjordes utifrån intervjuer och diskussioner som hölls med anställda på SE. Utifrån den information som erhöles valdes det baserat på tidigare forskning att dela upp indikatorerna i 4 huvudområden. Litteraturen användes sedan för att inom dessa huvudområden skapa konkreta indikatorer utifrån det som uttrycktes under intervjuerna. Exempelvis sades det följande under en intervju:

För oss är det viktigt att vi som företag strävar efter att bli så miljömedvetna som möjligt och att de val vi gör har en positiv effekt.

Den informationen översattes till indikatorerna GHG besparing och Lokal påverkan på land och natur. Denna process upprepades för alla intervjuer vilket mynnade ut i de slutgiltiga indikatorerna som presenteras nedan i tabell 4.2.

Tabell 4.2: Sammanställning av huvudområden och identifierade kriterier.

Huvudområde	Indikator
<u>Teknisk prestanda</u> Är teknologin kostnadseffektiv med en stabil kostnadsutveckling	Teknisk mognadsgrad Kapacitet Frekvenskänslighet Verkningsgrad
<u>Ekonomisk prestanda</u> Är teknologin kostnadseffektiv med en stabil kostnadsutveckling	Återbetalningstid Implementeringstid CAPEX Beslutsfattandenivå
<u>Ekologisk prestanda</u> Är teknologin fördelaktig sett till miljöpåverkan och resurshantering	GHG besparing Lokal påverkan på land och natur
<u>Social prestanda</u> Är lösningen fördelaktig sett till samhället och företagets relation till omgivande samhälle	Energisäkerhet Samarbetskraft

4.2.1 Beskrivning av indikatorerna

I följande kapitel kommer respektive indikator att presenteras mer i detalj samt redogöras för hur den togs fram och vad skalorna är baserade på. Avslutningsvis kommer en sammanfattande matris att presenteras där det tydligt går att utskilja varje skala för respektive indikator.

4.2.2 Tekniska indikatorer

Teknisk mognadsgrad

Teknisk mognadsgrad valdes som en indikator för att särskilja hur pass utvecklad en teknik eller lösning är i dagsläget vilket påverkar i vilken utsträckning den kan implementeras. För att bedöma denna indikator valdes det att använda Technology Readiness Level skalan (TRL) vilken är en standardiserad skala från 1-9 där varje steg beskriver hur pass mogen en teknik är (Europeiska kommissionen, 2023).

Kapacitet

Kapacitet valdes som en indikator för att bedöma hur stor last en lösning klarar av. Anledningen till att kapacitet ansågs som en viktig indikator berodde på att det i SE fall är väldigt stora mängder elektricitet som behövs tas hand om. Den lägsta gränsen sattes till 10 MW vilket berodde på att den genomsnittliga genererade effekten vid testning är 25 MW och 15 av dem kan skickas ut på nätet vilket då lämnar 10 MW som måste tas hand om. Högsta gränsen sattes till just 25 MW av ovannämnd anledning och skalorna däremellan anpassades för att ge jämna intervall.

Frekvenskänslighet

Frekvenskänslighet valdes som en indikator för att tydliggöra hur väl en lösning hanterar varierande frekvenser. Frekvenskänslighet ansågs som en lämplig indikator på grund av den dels varierande kapaciteten vid själva testningen samt den varierande tillförseln. På grund av att det är testning händer det ibland att det sker oförutsedda avbrott vilket medför att generationen av elektricitet kan fluktuera.

Verkningsgrad

Den sista tekniska indikatorn som valdes var verkningsgrad. Verkningsgrad ansågs som en relevant indikator eftersom det är av högsta intresse att behålla energiinnehållet så högt som möjligt. Speciellt eftersom energin som produceras är i form av elektricitet vilket har en exergifaktor på nästan 1.

4.2.3 Ekonomiska indikatorer

Implementeringstid

Implementeringstid valdes som en indikator för att redogöra hur lång tid det tar innan en lösning är fullt fungerande. Som tidigare nämnt har SE som mål att vara koldioxidneutrala till 2030 och således valdes det i detta arbete att lösningar som tar längre tid än 7 år att implementera elimineras (Siemens Energy, 2023).

CAPEX

CAPEX valdes som en indikator eftersom ekonomi ofta är en stor begränsande faktor och således är det intressant att se hur mycket respektive lösning kostar att implementera.

I detta arbete valdes det dock att göra ett undantag och inte begränsa denna faktor på grund av SE omfattande mål att bli klimatneutrala vilket rättfärdigar större investeringar än vanligt. Under intervjuer indikerades det även att det fanns kapital att äska som är örönmärkta för sådana typer av investeringar. För alla lösningar har det också lagts på en sista post i form av övriga kostnader som uppgår till 10 % av de kända kostnaderna.

Återbetalningstid

Återbetalningstid valdes som en komplimenterande indikator till CAPEX och ger en mer rättvis bild över vilken investering som är mest ekonomiskt fördelaktig. Precis som med CAPEX valdes det att inte tillämpa elimineringskriteriet för denna indikator, det vill säga inte ange ett värde som ligger till grund för att utesluta lösningen för vidare undersökning. Övriga skalor har fastställts i samråd med SE.

Beslutsfattandenivå

Beslutsfattandenivå valdes som en indikator för att avgöra vem i organisationen som har mandat att godkänna finansiering för ett beslut. För denna indikator fanns inte heller ett värde som leder till eliminering eftersom det alltid finns någon som kan ta ett beslut. Beslutsfattandesnivåerna är bestämda utifrån intervjuer med SE men det framkom också att det fanns kapital att äska och att dessa nivåer kan ändras. Med det sagt är de nuvarande nivåerna sådana att platschefen kan besluta om investeringar omkring 1 MKR, Vd SE Sverige upp till 15 MKR och alla investeringsbeslut över det tas på huvudkontoret i Tyskland.

4.2.4 Miljömässiga indikatorer

GHG besparing

GHG besparing valdes som en indikator för att mäta hur mycket CO₂eq som besparas. Anledningen till att denna indikator ansågs relevant var på grund av SE mål om att bli klimatneutrala till 2030. En utmaning är att det skiljer sig i vilka bränslen som används vid testkörningarna vilket innebär att det inte går att avgöra elmixens påverkan. Av den anledningen valdes det att använda nordisk elmix som referensvärde. För att kunna jämföra de olika lösningarna mot varandra valdes det att anpassa skalorna utefter hur mycket CO₂eq en kWh nordisk elmix ger upphov till. Så i detta arbete antas den faktorn vara 90g/kWh då detta är standarden för nordisk elmix och det värde som ska användas vid beräkningar enligt Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 2022). Denna indikator studerar alltså systemnyttan av att använda överskottsenergin till att producera något på SE i stället för på någon annan plats i Sverige. Med andra ord, vad blir skillnaden av att använda överskottsenergin från SE jämfört med den från elnätet. Detta gäller för alla lösningar även för de där el inte är den huvudsakliga inputen. Det värde som presenteras i matrisen är alltså faktorn mellan den studerade lösningens GHG besparing jämfört med nordisk elmix. Med andra ord skulle en lösning som har faktor 2 ge upphov till 180g/kWh vilket innebär att besparingen blir 90g/kWh.

Lokal påverkan på land och natur

Indikatorn lokal påverkan på land och natur valdes för att uppskatta hur en lösning påverkar omkringliggande omgivning och biodiversitet. Durán et al. (2020) hävdar att klimatförändringar och landanvändning är de parametrar som har absolut störst påverkan på biodiversitet. Således har det för att mäta denna indikator insamlats olika typer av information om hur respektive lösning påverkar land och natur på platsen där den implementeras. Exempel på sådan information är storlek och hur mycket markarbete som krävs.

4.2.5 Sociala indikatorer

Energisäkerhet

Energisäkerhet ansågs som en relevant indikator, inte minst med tanke på hur energimarknaden ser ut i dagsläget. Med energisäkerhet menas det i detta arbete hur väl en lösning kan bidra till att SE behöver köpa mindre energi från en extern part. Faktorer som har tagits hänsyn till är bland annat energiinnehåll, lagringsmöjlighet och användningsområden.

Stärkt samarbetskraft

Stärkt samarbetskraft valdes som en indikator för att utvärdera hur en lösning eventuellt kan påverka samarbetet med andra aktörer. Denna indikator ansågs relevant eftersom både SE uttryckte en vilja att bidra till samhället samt att tidigare forskning visat att kollektiva lösningar har större påverkan.

4.2.6 Sammanställning av indikatorer och skalor

Nedan i tabell 4.3 följer en mer detaljerad översikt av varje indikator och dess femgradiga skala. För några av indikatorerna saknas ett värde för skalan Mycket dålig vilket beror på att dessa inte ansågs ha ett eliminerande värde.

Tabell 4.3: Sammanställning av de femgradiga skalor som använts för respektive indikator. n/a innebär att det inte existerar ett värde.

Indikator \ Skala	Mycket dålig	Dålig	Medel	Bra	Mycket bra
Teknisk mognadsgrad	1-2	3-4	5	6-7	8-9
Kapacitet	<10 MW	10-14 MW	15-19 MW	20-24 MW	>25 MW
Frekvenskänslighet	Kräver en specifik kontinuerlig frekvens	Kan använda flera frekvenser men inte på ett optimalt sätt	Kan använda okontinuerliga och flera frekvenser på ett okej sätt	Kan använda flera frekvenser i okontinuerliga strömmar på ett bra sätt	Kan använda flera frekvenser i okontinuerliga strömmar på ett mycket bra sätt.
Verkningsgrad	<0.2	0.2-0.39	0.4-0.59	0.6-0.7	>0.7
Återbetalningstid	>7 år	7-6 år	5-4 år	3-2 år	<2 år
Implementeringstid	>7 år	7-6 år	5-4 år	3-2 år	<2 år
CAPEX	n/a	>15 MKr	15-10 MKr	9-4 MKr	<4 MKr
Återbetalningstid	n/a	>7 år	7-6 år	5-4 år	<4 år
Beslutsfattandenivå	n/a	SE Tyskland	Vd SE Sverige	Platschef	n/a
GHG besparing	<0.5	0.5-0.99	1	1.1-2	>2
Lokal påverkan på land och natur	Lösningen har en mycket negativ påverkan på land och natur	Lösningen har en negativ påverkan på land och natur	Lösningen påverkar inte land och natur varken negativt eller positivt	Lösningen har en positiv påverkan på land och natur	Lösningen har en mycket positiv påverkan på land och natur
Energisäkerhet	Lösningen har en mycket negativ påverkan på SE energisäkerhet	Lösningen har en negativ påverkan på SE energisäkerhet	Lösningen har varken positiv eller negativ påverkan på SE energisäkerhet	Lösningen har en positiv påverkan på SE energisäkerhet	Lösningen har en mycket positiv påverkan på SE energisäkerhet
Stärkt samarbetskraft	Lösningen har en mycket negativ inverkan på samarbetet mellan aktörer i samhället	Lösningen har en negativ inverkan på samarbetet mellan aktörer i samhället	Lösningen påverkar inte samarbetet mellan aktörer i samhället	Lösningen har en positiv inverkan på samarbetet mellan aktörer i samhället	Lösningen har en mycket positiv inverkan på samarbetet mellan aktörer i samhället

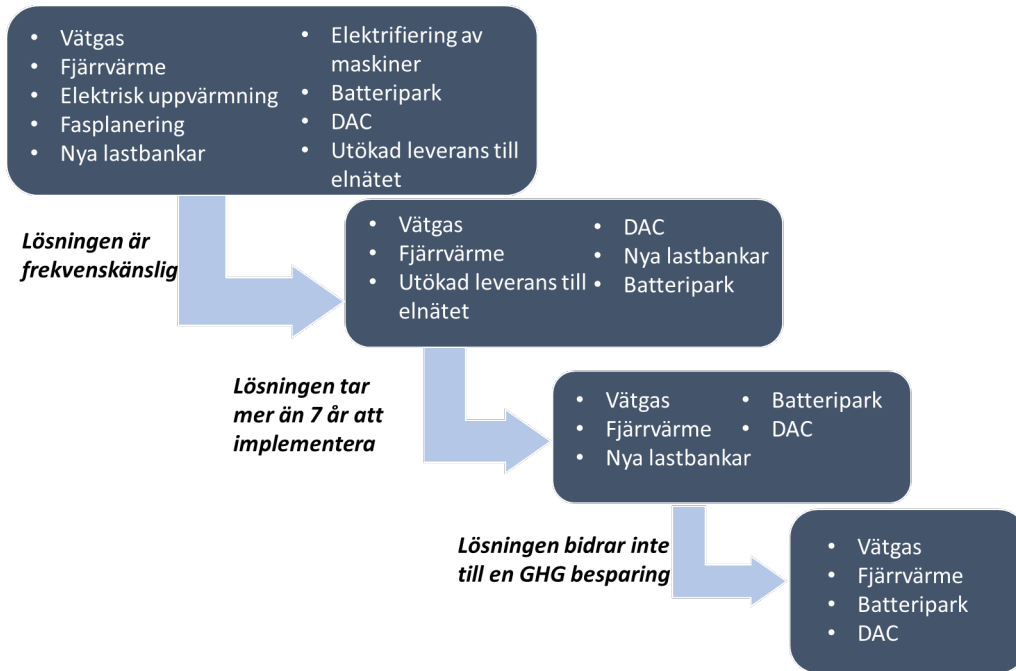
4.3 Resultat från Multi-kriterie analysen

När varje skala var definierad för respektive indikator kunde den andra delen av MKA analysen utföras vilket bestod av att utvärdera varje lösning. För somliga indikatorer kunde intern information från SE användas och för övriga så kompletterades dessa med externa källor. För de kvantitativa indikatorerna har det beräknats ungefärliga värden medan för de kvalitativa gjorts en övergripande uppskattning baserat på interna- och externa källor. En viktig sak att ta hänsyn till är att alla dessa lösningar omges av många rörliga variabler som påverkar resultatet. Till skillnad från andra produkter är dessa inte standardiserade utan skiljer sig åt från fall till fall beroende på interna- och externa omständigheter. Dessa resultat ska alltså snarare ses som riktlinjer än exakta värden. Med det sagt har fler källor än de som redovisas använts för att göra en så rättvis bedömning som möjligt.

I följande avsnitt kommer resultatet från MKA att presenteras. Först illustreras det hur elimineringsprocessen gick till följt av en sammanställd matris som återfinns i tabell 4.4. Därefter presenteras det mer i detalj hur lösningarna som inte eliminerades uppfyllde de olika indikatorerna. Som tidigare nämnt medförde det att en lösning som fick betyget mycket dålig på en indikator uteslöts från vidare undersökning vilket är anledningen till att några lösningar saknar fullständig information. Viktigt att påpeka är att bara för att en lösning uteslöts ur just detta arbete innebär inte det nödvändigtvis att den är dålig. Skulle några faktorer ändras är det möjligt att någon av dessa skulle vara en väldigt bra lösning och således är det värt att beakta den aspekten.

4.3.1 Eliminerade lösningar

Innan lösningarna studerades mer i detalj gjordes en översiktlig analys för att se om några av lösningarna skulle elimineras. För varje indikator som hade ett eliminerande värde kontrollerades lösningarna för att se om någon uppfyllde det. Denna process upprepades sedan tills alla indikatorer kontrollerats. Nedan i figur 4.1 illustreras det hur denna process gick till samt vilka av lösningarna som eliminerades och varför.



Figur 4.1: Schematisk bild över hur elimineringsprocessen gick till för de olika lösningarna utifrån de tidigare identifierade skalorna. Den kursiva texten beskriver det elimineringskriterie som låg till grund för uteslutande.

4.3.2 Sammanställd matris från MKA

Nedan följer en sammanfattande matris från MKA där varje lösning har utvärderats efter indikatorerna och betygsatts utefter de tidigare presenterade skalorna.

Tabell 4.4: Sammanfattning av resultatet från MKA. För de indikatorer av kvantitativ karaktär har de faktiska värdena använts medan för de kvalitativa har i stället förkortningen av skalan använts. Som kompliment har cellerna färgkodats utefter vilken skala de hamnade på. Lösningar som befann sig på den sistnämnda skalan uteslöts ur MKA och undersöktes inte vidare.

Lösning	Vätgasproduktion	Fjärrvärmeproduktion	Elektrisk uppvärmning	Elektrifiera verktyg	Fasplanering	Batteripark	DAC	Nya lastbankar	Utökad leverans till elnätet
Indikator									
Teknisk mognadsgrad	9 (Pinsky et al., 2020)	9 (Arthur, 2020)				9	7 (IEA, 2022a)		
Kapacitet	MB	MB				MB	MB		
Frekvenskänslighet	MB	MB	MD	MD	MD	MB	M		
Verkningsgrad [0-1]	0.67 (IVA, 2022)	0.95-1 (Burden, 2003)				1 (Burden, 2003)	1 (Burden, 2003)		
Implementeringstid [År]	3 (Bloomberg, 2022)	<2 (Tekniska Verken, 2021)				2 (Colthorpe, 2022)	5 (Siemens Energy, 2023)		>7 (Siemens Energy, 2023)
CAPEX [MKr]	73.2 (Siemens Energy, 2023)	52.5 (Eon, 2023)				210.3 (Statista, 2023)	92.7 (Siemens Energy, 2023)		
Återbetalningstid [År]	4	15				34	6		
Beslutsfattandenivå	D	D				D	D		
GHG besparing	3.1 (Rapier, 2020)	0.62 (Energiföretagen, 2022)				1	8.9 (Madhu et al., 2021; Ma, 2022)	0	
Lokal påverkan på land och natur	M	D				M	M		
Energisäkerhet	MB	B				MB	B		
Stärkt samarbetskraft	D	MB				M	M		
Sammanlagd poäng	46	44	0	0	0	43	42	0	0
Placering	1	2	Eliminerad	Eliminerad	Eliminerad	3	4	Eliminerad	Eliminerad

4.4 Studerade lösningar

I detta kapitel kommer resultatet för de fyra lösningarna vätgasproduktion, fjärrvärmeproduktion, batteripark och DAC att presenteras mer i detalj. Kapitlet avslutas sedan med en sammanfattande figur som illustrerar hur varje lösning presterar inom huvudområdena.

4.4.1 Vätgasproduktion

Teknisk mognadsgrad

Det finns olika tekniker för att producera vätgas men den vanligaste och den som är tänkt att använda i detta fall kallas för elektrolys med protonbytarmembran (PEM). PEM existerar på kommersiell nivå men det sker fortfarande mycket utveckling inom området. Trots det anser Pinsky et al. (2020) att tekniken är på nivå 9 vilket är mycket bra.

Kapacitet

Elektrolysörer i allmänhet är väl utvecklade för att klara av kapaciteter på MW nivå (Pinsky et al., 2020). Enligt författarna är elektrolysörer på GW nivå fortfarande i utvecklingsstadiet men eftersom det i detta arbete har antagits att elektrolysören ska klara en kapacitet på 30 MW anses indikatorn uppfyllas mycket bra.

Frekvenskänslighet

Processen för att skapa vätgas är relativt simpel i det anseendet att när det finns elektricitet att driva elektrolysören produceras vätgas och när det inte gör det står maskinen still. Processen är alltså inte beroende av att den måste pågå under en viss tid och anses därför vara mycket bra. Ytterligare belegg för att vätgasproduktion har en låg frekvenskänslighet är att tekniken ses som ett bra sätt att ta tillvara på överflödigt vindkraft som även den är intermitterant.

Verkningsgrad

Elektrolys med protonbytarmembran (PEM) har en verkningsgrad på cirka 70 % vilket innebär att cirka en tredjedel går till spillo i form av värmeförluster. Trots det anses detta relativt bra vilket medför att lösningen anses ha en bra verkningsgrad.

Implementeringstid

Som tidigare nämnt finns det många variabler som inverkar vid implementering av lösningar av denna komplexitet och magnitud vilket medför att det inte går att säga en exakt implementeringstid. Jämförelsevis tog en 200 MW anläggning dryga 3 år att implementera i Nederländerna (Bloomberg, 2022). Trots att denna anläggning bara är 30 MW antogs samma implementeringstid för att vara på den säkra sidan samt ta höjd för den rådande materialbristen. Således anses implementeringstiden vara bra med tanke på att 7 år var högsta gränsen.

CAPEX

För att beräkna CAPEX användes intern information från SE som själva bygger elektrolysörer. Enligt den informationen kostar en vätgasanläggning cirka 900 USD per kW och det krävs 50 kWh för att producera 1 kg vätgas vilket innebär att 600 kg kan produceras per timme. Eftersom testerna oftast pågår i cirka 4 timmar krävs alltså lagring för 2400 kg. Den övergripande kalkylen ser ut som följande:

- 30 MW elektrolysör = 33.6 MKr

- Kompressor = 10 MKr
- Lagring = 20 MKr
- **Fasta kostnader = 63.6 MKr**
- Övriga kostnader = 10 %
- Vädskydd = 5%
- **Totala kostnader = 73.2 MKr**

Återbetalningstid

Återbetalningstiden för vätgasanläggningen uppskattades genom att dela CAPEX med den besparing som erhålls av att ersätta bränsle med vätgas. Med en lagringskapacitet på 2400 kg kan gas motsvarande 79.2 MWh—vätgas har ett energiinnehåll på 33 kWh/kg (Vätgas Sverige, 2023) —ersättas per körning. Både naturgas och biogas har ett energiinnehåll på cirka 13.3 kWh/kg (Petersson, 2023a) så 79.2 MWh är cirka 5955 kg gas och med en kostnad på 30 kr/kg (Siemens Energy, 2023) kan en besparing på cirka 180 000 kr uppnås. Med ett snitt på 2 körningar i veckan kan denna process upprepas 104 gånger vilket ger en total besparing på 18.6 MKr. Det ger en återbetalningstid på 4 år.

Beslutsfattandenivå

Som ovan nämnt skulle en vätgasanläggning på 30 MW ha ett CAPEX på 73.2 MKR vilket medför att investeringsbeslutet skulle behöva tas av huvudkontoret i Tyskland. Det innebär enligt skalorna att beslutfattningsnivån anses vara dålig.

GHG besparing

Enligt Rapier (2020) ger produktion av 1 kWh vätgas upphov till ett koldioxidutsläpp på 280 g. Det innebär att faktorn jämfört med nordisk elmix blir 3.1 och att besparingen blir 190g/kWh.

Lokal påverkan på land och natur

Vätgasproduktion har väldigt låg påverkan på land och natur i det anseendet att utrustningen som krävs inte är särskilt stor eller kräver särskilda förutsättningar. Det medför att det inte behöver utföras något markarbete eller skövling av natur, således anses inte lösningen påverka land och natur varken negativt eller positivt.

Energisäkerhet

Vätgas har många användningsområden och kan lagras under en väldigt lång tid (Göteborg energi, 2023). Den kan exempelvis användas direkt som bränsle i en motor eller omvandlas tillbaka till el genom en gasturbin. Det innebär att vätgas ger en ökad energisäkerhet och således minskar behovet av externa parter. Av den anledningen anses lösningen vara mycket bra.

Stärkt samarbetskraft

Implementation av en vätgasanläggning innebär att SE blir mindre beroende av andra aktörer för att förse dem med energi. Företag som tidigare försett SE med energi förlorar alltså en inkomstkälla som leder till att samarbetskraften försämras och således anses dålig.

4.4.2 Fjärrvärmeproduktion

Teknisk mognadsgrad

Första generationens fjärrvärmesystem introducerades redan på sent 1800-tal och har utvecklats mycket sedan dess. Tekniken är idag väl etablerad - både för uppvärmning och lagring - och befinner sig enligt Arthur (2020) på nivå 9 vilket är mycket bra.

Kapacitet

Det finns olika tekniker för att producera fjärrvärme, den som är tilltänkt i detta arbete är att använda en elektrisk panna för uppvärmning av vatten, som sen värmer fjärrvärmenätet. Elektriska pannor är väl etablerade på marknader med kapaciteter långt över 30 MW och således anses kapaciteten vara mycket bra.

Frekvenskänslighet

En elektrisk panna klarar stora frekvensvariationer och därför anses frekvenskänsligheten vara väldigt låg. Anledningen till det beror på att precis som vätgas kan produktionen startas och stoppas utan problem. Det spelar således ingen roll om energitillförseln är okontinuerlig eller har lägre effekt än vad pannan klarar av. Det enda som händer är att det tar längre tid att värma vattnet eller att temperaturen sjunker.

Verkningsgrad

Elektriska pannor har en verkningsgrad på närmare 100 % vilket innebär att ingen energi förloras vid omvandling (BOSH, 2023). Därför anses fjärrvärmeproduktion genom denna metod ha en mycket bra verkningsgrad.

Implementeringstid

I och med att ackumulatortanken måste byggas från grunden är det svårt att avgöra exakt hur lång tid det tar att implementera lösningen. Nämnvärt är att elpannan är relativt lätt att installera och det är själva ackumulatortanken som står för majoriteten av implementeringstiden. För att avgöra implementeringstiden användes referensobjekt i form av den ackumulatortank Tekniska verken byggde i Linköping. Den tanken var större än den tilltänkta i Finspång och tog strax under 2 år att konstruera, således antas det att implementeringstiden i detta arbete även den är under 2 år och således mycket bra.

CAPEX

För att köpa in en 30 MW elpanna, konstruera ackumulatortanken samt införskaffa övrig utrustning skulle det enligt Walletun & Bondesson (2023) rapport där SE medverkat kosta cirka 65 MKr. Speciellt för just den här lösningen är att detta är ett samarbete med andra företag i Finspång samt Finspång kommun. Kostnaden för att konstruera ackumulatortanken är alltså fördelad på flera parter. Det medför att kostnaden kan komma att förändras beroende på om fler eller färre aktörer deltar. I dagsläget ser kalkylen ut på följande sätt:

- Gemensam ackumulatortank med hus = 32 MKr
- 30 MW elektrisk panna = 10 MKr
- **Fasta kostnader = 42 MKr**
- Övrig utrustning = 10 %
- Markarbete = 15 %
- **Totala kostnader = 52.5 MKr**

Återbetalningstid

Utifrån interna uppskattningar hos SE skulle denna lösning ge en besparing på cirka 50 öre/kWh. Enligt Walletun & Bondesson (2023) skulle SE kunna producera i genomsnitt 6800 MWh per år vilket ger en besparing på 3.4 MKr. Med en CAPEX på 52.5 MKr blir återbetalningstiden 15 år.

Beslutsfattandenivå

Summan som krävs för att implementera denna lösning ligger långt över 15 MKr vilket innebär att beslutet skulle behöva godkännas av huvudkontoret i Tyskland.

GHG besparing

Fjärrvärmesystemet är i Sverige väl utvecklat och består till stor del av återvunnen eller fossilfri energi vilket gör den väldigt miljövänlig. Den tillförda energin som krävs ger upphov till ett utsläpp på 56g/kWh koldioxidekvivalenter (Energiföretagen, 2022) vilket innebär att det är mindre fördelaktigt att omvandla elektriciteten till fjärrvärme än att bevara den som den är. Faktorn gentemot nordisk elmix blir 0.62 vilket anses dåligt.

Lokal påverkan på land och natur

Den lokala påverkan för denna lösning kan variera relativt mycket beroende på var tanken placeras samt vilken tidigare infrastruktur som finns. Som tidigare nämnt är fjärrvärmesystemet väldigt etablerat i Sverige och således anses den största påverkan komma från byggandet av ackumulatortanken. Påverkan anses inte vara särskilt stor men ändå tillräcklig för att sänka den till dålig.

Energisäkerhet

Att lagra varmvatten som sedan kan användas till fjärrvärme är ett bra sätt för att minska sitt energibehov från externa parter. Exempelvis kan tanken fyllas när behovet är lågt eller när priset är billigt och sedan nyttjas när förutsättningarna är motsatta. Däremot har vatten ett lägre energiinnehåll än exempelvis vätgas och kan inte användas på lika många sätt. Av den anledningen anses lösningen bidra på ett bra sätt till energisäkerheten.

Stärkt samarbetskraft

Som tidigare nämnt involverar denna lösning flera aktörer än bara SE vilket innebär att alla parter måste samarbeta för att denna lösning ska bli en verklighet. Lösningen möjliggör också för framtida samarbeten där fler aktörer ansluter sig. Således anses denna lösning ha en mycket bra påverkan på samarbetskraften.

4.4.3 Batteripark

Teknisk mognadsgrad

Litiumbatterier är den typ som är vanligast på marknaden och även den typen som är avsedda att använda för denna lösning. Tekniken för att lagra elektricitet har vuxit mycket senaste åren och det finns i dagsläget storskaliga batteriparker. Enligt Arthur (2020) är litiumbatterier på nivå 9 vilket är högast nivån och således anses som mycket bra.

Kapacitet

Kapaciteten för batterier är obegränsat i det avseendet att det går att köpa in fler mindre batterier som sedan kopplas ihop till ett större. I USA finns det exempelvis batteriparker med en kapacitet på 1200 MWh och således anses kapaciteten vara mycket bra.

Frekvenskänslighet

Precis som med elpannan kräver inte batterierna en specifik frekvens eller kontinuerlig tillförsel. Batterierna kan också leverera varierande frekvenser och effekt vid uttag. Således är frekvenskänsligheten mycket bra.

Verkningsgrad

Denna lösning omvandlar inte energimediet utan endast lagrar den för senare användning. Vidare är överföringen till och från batterierna förlustfria vilket innebär att exergifaktorn inte förändras och verkningsgraden är 100 % som är mycket bra.

Implementeringstid

Precis som med övriga lösningar finns det inte färdiga batteripack av denna kapacitet att köpa utan de måste tillverkas på beställning. Jämfört med liknande projekt har det antagits att implementeringstiden är 2 år och således är den bra (Colthorpe, 2022).

CAPEX

För att beräkna CAPEX för batteriparken antogs det som för övriga lösningarna att dimensionera för 30 MW effekt. Problematiken är dock att det inte räcker med 300 batterier a 1000 kWh eftersom det endast skulle kunna lagra 1 timmes testning. Testerna sker normalt sett i ungefär 4 timmar vilket medför att antalet batterier måste multipliceras med 4. Enligt Statista (2023) kostar litiumbatterier cirka 135 USD per kWh vilket totalt blir 168.3 MKr för 30 MW/120 MWh. Uppskattningsvis skulle kalkylen se ut på följande sätt:

- Batterier = 135 USD/kWh
- 30 MW/120 MWh batteripark = 168.3 MKr
- **Fasta kostnader = 168.3 MKr**
- Övrig utrustning = 10 %
- Markarbete = 15 %
- **Totala kostnader = 210 MKr**

Återbetalningstid

Genom diskussion med SE uppskattades det att den lagrade elektriciteten har ett värde på 50 öre/kWh. Med en lagringskapacitet på 120 MWh per körning och 104 körningar per år innebär det att totalt kan 12 480 MWh elektricitet tillgodogöras. Det ger en besparing på 6.2 MKr per år vilket ger en återbetalningstid på 34 år.

Beslutsfattandenivå

Som med övriga lösningar uppgår kostnaderna långt över 15 MKr vilket medför att investeringen måste godkännas av huvudkontoret i Tyskland.

GHG besparing

Av den enkla anledningen att denna lösning inte omvandlar energin utan att slutprodukten fortfarande är elektricitet blir faktorn gentemot nordisk elmix 1.

Lokal påverkan på land och natur

En batteripark av den storlek som är tänkt i detta arbete tar en relativt stor plats och således kommer mycket markarbete att behöva utföras med risk för att natur måste tas bort. Utöver det innehåller batterierna många metaller som kan vara giftiga om de sprids i naturen. Trots att den risken är väldigt låg kan den inte uteslutas, således är påverkan dålig.

Energisäkerhet

Batteriparker är ett väldigt effektivt sätt att lagra energi och öka energisäkerheten. Fördelen är att energin kan hämtas ut när som helst och kan användas till många olika ändamål vilket gör att lösningen anses som mycket bra.

Stärkt samarbetskraft

Batterilagring är till viss del som vätgaslagring i det avseendet att SE blir mindre beroende av externa parter. Anledningen till att batterilagring anses ha noll påverkan på samarbetskraften beror på att elektriciteten inte kan ersätta lokala resurser på samma sätt som vätgas kan.

4.4.4 Direct Air Capture

Teknisk mognadsgrad

Carbon capture i allmänhet är en ny teknik som fortfarande är under utveckling. Det finns i dagsläget direct air capture anläggningar i storskalig användning men dessa är inte tillräckligt många för att tekniken ska anses vara kommersiell. Enligt (IEA, 2022a) anses DAC ligga på nivå 7 vilket medför att lösningen anses som bra.

Kapacitet

Kapaciteten för att ta hand om 30 MW anses inte vara några problem. Det finns i dagsläget anläggningar som kräver cirka 200 MW och utöver det tillverkar SE egna DAC anläggningar vilket medför att man kan anpassa kapaciteten. Således anses lösningen ha en mycket bra kapacitet.

Frekvenskänslighet

Till skillnad från övriga lösningar är DAC mer av en process. Det medför att för att fungera optimalt bör den gå kontinuerligt. Däremot är det inte skadligt om processen temporärt stannar upp vilket är anledningen till att lösningen anses som medel,

Verkningsgrad

För att driva en DAC anläggning krävs både elektricitet och värme. Värmen kan produceras genom en elektrisk panna vilket har en verkningsgrad på nästan 100 % och således anses lösningen mycket bra.

Implementeringstid

Baserat på samtal med personal på SE som är insatt i utvecklingen av deras DAC anläggningar uppskattades det att en sådan lösning skulle kunna vara aktiv om 5 år. Därav anses lösningen vara medel med tanke på tidskravet på max 7 år.

CAPEX

Då SE utvecklar egna DAC anläggningar har det använts interna uppgifter för att uppskatta kostnaderna. Som med alla andra lösningar är kalkylerna väldigt övergripande. För lösningen DAC blev kalkylen följande:

- DAC = 550 USD/ton CO₂
- kWh/ton = 1250
- Infångad mängd CO₂ per år = 12 480 ton
- 30 MW/12 480 ton DAC anläggning = 71.3 MKr
- **Fasta kostnader = 71.3 MKr**
- Markarbete = 20 %
- Övriga kostnader = 10 %
- **Totala kostnader = 92.7 MKr**

Återbetalningstid

På grund av att koldioxiden kommer lagras och inte säljas genererar denna lösning ingen inkomst. Däremot förhindrar den att SE behöver köpa utsläppsrättigheter—det är inget krav utan ett sätt för dem att nå klimatneutralitet— och således beräknas denna återbetalningstid utifrån det. En utsläppsrättighet kostar idag 1192 kr (Trading Economics, 2023) och med en insamlingskapacitet på 12 480 ton per år ger det en besparing på 14.9 MKr. Det ger en återbetalningstid på 6 år.

Beslutsfattandenivå

Kostnaden för en DAC anläggning överskrider den lokala beslutsfattandenivån på 15 MKr och således måste beslutet tas av huvudkontoret i Tyskland.

GHG besparing

DAC lösningen är unik i det avseendet att det är den enda lösningen som tar bort koldioxid från luften. Enligt litteratur krävs det cirka 1100 kWh elektricitet för att samla in ett ton koldioxid (Ma, 2022; Madhu et al., 2021) medan interna källor på SE uppskattar den siffran till cirka 1400 kWh (Siemens Energy, 2023). Därför valdes det att räkna med 1250 kWh vilket medför att faktorn jämfört med nordisk elmix blir 8.9.

Lokal påverkan på land och natur

Själva DAC anläggningen i sig har inte särskilt stor påverkan på land och natur och kan placeras med flexibilitet eftersom den samlar in koldioxiden från luften och inte vid en punktkälla. Däremot beroende på hur koldioxiden tas om hand kan påverkan bli stor, i detta arbete är det tänkt att lagra koldioxiden i berggrunden vilket kräver att hål borraras som koldioxiden sedan kan pumpas ned i. Även om koncentrationen av djur och växter inte är särskilt hög i berggrunden kan det ge oförutsedda bieffekter till omgivningen. Således anses lösningen vara medel.

Energisäkerhet

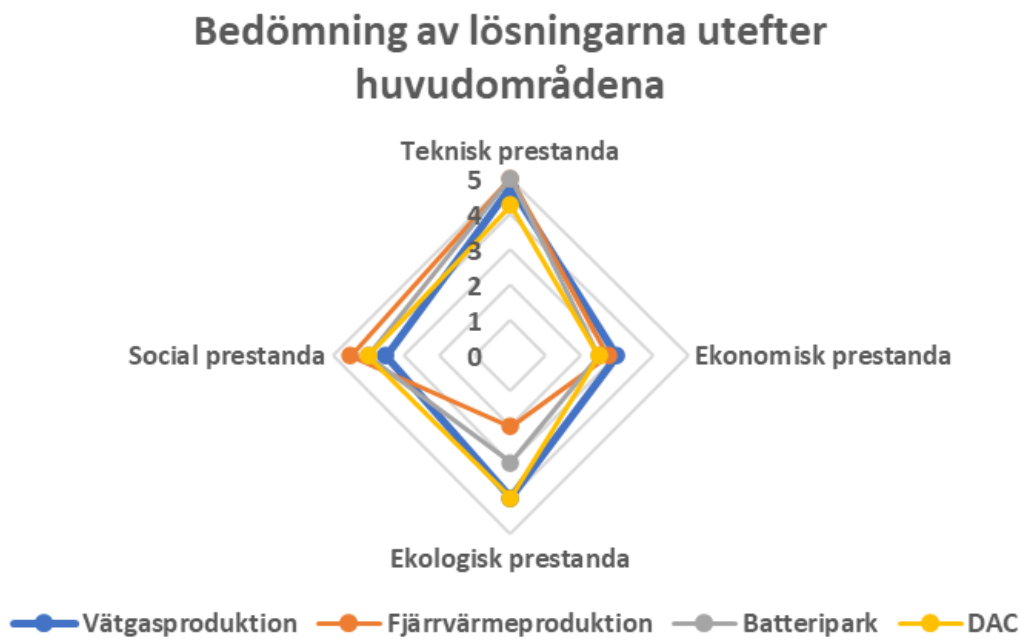
Förutom att förbättra miljön bidrar även DAC till ökad energisäkerhet i form av lagring av koldioxid. Många kanske tror att koldioxid endast är dåligt men faktum är att det kan användas inom många olika användningsområden, exempelvis för att producera elektrobränslen som sedan kan användas som drivmedel eller för att producera el och värme (Pettersson, 2023b).

Stärkt samarbetskraft

När det kommer till hur DAC anläggningen påverkar samarbetskraften med andra aktörer anses den vara varken positiv eller negativ. Då planen i dagsläget är att lagra koldioxiden för att uppnå nollutsläpp kommer den alltså inte användas för att tillverka substitutbränslen, slutbetyget blir alltså medel.

4.4.5 Sammanställning av lösningarna utefter huvudområdena

Trots att ingen viktning av de individuella indikatorerna har genomförts går det utifrån resultatet att urskilja hur de olika lösningarna presterar inom varje huvudområde. För att göra det rättvist—huvudområdena hade olika antal indikatorer—beräknades det fram ett medelvärde vilket är det som använts nedan i figur 4.2.



Figur 4.2: Illustration av hur varje lösning presterar inom respektive huvudområde. Betygsättningen är baserad på ett medelvärde av resultatet från MKA-matrisen.

Kapitel 5

Analys

I detta kapitel kommer det insamlade resultatet - både innehållet i MKA men även MKA som metod - att analyseras vidare.

5.1 MKA som en generell metod för beslutsfattande

En av frågeställningarna med arbetet var att undersöka hur man kan systematiskt utvärdera olika lösningar och för att göra det krävs en övergripande analys av MKA som metod. Detta eftersom resultatet beror på vilka val och antaganden som har gjorts i MKA. Som tidigare nämnts finns det inte ett entydligt sätt att strukturera en MKA utan det är upp till användaren själv att inkludera vad som anses nödvändigt. Det medför att andra val än de som gjordes i kapitel 3.1.1 respektive 3.1.2 troligen hade medfört ett aningen annorlunda resultat. En annan aspekt som är viktig att ta hänsyn till är att den MKA som utförts i detta arbete har sin utgångspunkt i SE Finspång vilket innebär att resultatet inte bör ses som en generell kartläggning över de bästa lösningarna för nyttiggörandet av intermittent energi. Anledningen till det beror till största del på att alla företag har olika förutsättningar som måste tas hänsyn till. Skillnaden i förutsättningar kan vara allt från politiska till ekonomiska, oavsett så har de en påverkan på företaget och således påverkar resultatet.

Med det sagt kan det ändå argumenteras för att de generella dragen kopplat till framtagandet av MKA kan appliceras på andra företag, exempelvis hur informationen samlades in och indikatorerna. Alla företag, oavsett storlek, industri och förutsättningar kommer ha en ekonomisk aspekt som CAPEX att behöva ta hänsyn till. Vidare kommer inte heller de lösningar som studerats i detta arbete vara exakt likadana om MKA utförs av ett annat företag. Det är dock troligt att för företag av liknande karaktär och med liknande problem kommer de slutgiltiga lösningarna vara snarlika. De kan självklart skilja sig åt lite med hur de skulle rent praktiskt implementeras och användas men grundprincipen av att exempelvis lagra energi i form av varmvatten är densamma. Det går således att argumentera för att MKA är en användbar metod för att på ett metodiskt sätt kartlägga olika lösningar och att den MKA som använts i detta arbete kan utgöra en grundläggande mall som sedan modifieras utefter de specifika aspekter som är viktigast för varje användare.

5.2 Fördjupad analys av de utvalda lösningarna

I detta avsnitt kommer varje lösning att analyseras djupare utifrån de huvudområden som användes för resultatet. Detta tillåter för mer omfattande och nyanserad bild över vilka för- och nackdelar som finns med respektive lösning.

5.2.1 Vätgasproduktion

Utifrån MKA går det att urskilja att vätgasproduktion uppfyllde SE krav relativt bra. Det finns dock flera aspekter som inte framkommer tillräckligt tydligt eller som inte utforskats. Tittar man djupare på den tekniska delen ser man att vätgasproduktion är ett område där mycket forskning och framsteg sker. Många företag ser vätgas som ett av framtidens viktigaste bränslen och investerar stora summor pengar i utvecklandet av förbättrad teknik. Som det framgick i matrisen är verkningsgraden den aspekt som talar mest negativt för tekniken i dagsläget, speciellt om man jämför med övriga lösningar som har en verkningsgrad på nästan 100 %. Som tidigare nämnts är utvecklingen på god väg och nuvarande indikationer tyder på att verkningsgraden kan nå cirka 80 % inom några år (Younas et al., 2022). En möjlighet—som inte är utforskad i detta arbete—är att kombinera denna process med en värmeväxlare som tar tillvara på överskottsvärmen från processen och som sedan kan användas till något annat vilket skulle ge en högre verkningsgrad.

Tittar man i stället på den ekonomiska aspekten vilket ofta är väldigt viktigt för företag är det tydligt att vätgasproduktion i dagsläget är en väldigt dyr process. Utmärkande är att lagringen utgör lite mindre än en tredjedel av den totala kostnaden. Det skulle således vara väldigt intressant att undersöka olika alternativ för att kunna göra sig av med denna lagring och således sänka den initiala CAPEX. Det positiva är som sagt att både vätgas som marknad och tekniken som krävs för att producera det är på uppgång vilket—om man tittar historiskt sett på liknande tekniker—medför att produktionskostnaderna minskar samtidigt som efterfrågan ökar. Det är alltså troligt att SE kommer kunna tjäna ännu mer i framtiden på sin vätgas än vad detta arbete indikerar samt att CAPEX minskar. Vid spjälkning av vatten bildas som sagt vätgas men även syrgas. Det innebär att SE potentiellt kan få två inkomstkällor om de kan ta tillvara på syrgasen. Syrgas används exempelvis inom metalltillverkning (Linde, 2023) vilket det finns två företag som arbetar med i närområdet. Det finns alltså möjlighet till att öka intäkterna för denna lösning vilket skulle leda till en lägre återbetalningstid.

När det kommer till de miljömässiga faktorerna finns det många fördelar med vätgasproduktion. Inte minst kan vätgas produceras helt koldioxidfritt så länge elektriciteten är grön vilket är varför sådan vätgas refereras till som grön vätgas (Naturskyddsföreningen, 2023a). Grön vätgas har potentialen att klimatneutralisera vissa industrier som normalt sett inte skulle gå med nuvarande alternativ (Naturskyddsföreningen, 2023a). Flyg- och båtindustrin är två sådana industrier som inte går att göra klimatneutrala genom exempelvis elektrifiering då det skulle kräva alldeles för många batterier. Vätgas däremot fungerar som vanligt bränsle och kan komprimeras till ett högre tryck för att ta mindre plats. En annan fördel med vätgasproduktion är att den främjar utökad implementation av andra förnyelsebara energikällor som solkraft och vindkraft. Detta beror på att om det i dagsläget produceras för mycket elektricitet är det ovannämnda som stängs av först eftersom det är för dyrt att stänga av och på exempelvis kärnkraftverken. Med en vätgasanläggning skulle i stället den överskottselen likt i SE fall kunna användas till att producera vätgas och således öka värdet på förnyelsebar energi (Naturskyddsföreningen, 2023a). Även om

den vätgasanläggning som avsetts i detta arbete enbart är tänkt för SE egna bruk finns det inget som säger att den inte skulle kunna användas av andra aktörers överskottsel.

Avslutningsvis är det de sociala faktorerna bestående av indikatorerna energisäkerhet och samarbetskraft. Som nämnts ovan är vätgas i dagsläget och förutspås att bli ännu mer i framtiden ett bra substitut till fossila energikällor (Naturskyddsföreningen, 2023a). I takt med att dessa fasas ut mer och mer samt den rådande energisituation som existerar i världen i dag kan egenproducerad vätgas stärka energisäkerheten på ett mycket bra sätt (Dalwigk et al., 2021). Trots att det i detta arbete främst fokuseras på SE behov kan självklart denna lösning användas för att stärka samhällets energisäkerhet genom att bidra till värmeproduktion under vintern. Det skulle i så fall kunna stärka samarbetskraften i samhället snarare än att försämra den som det antogs att den skulle göra i dagsläget. Det finns också en möjlighet att om fler aktörer i samhället investerar i vätgasproduktion att exempelvis dela på kostnader för infrastruktur av transport av vätgas för att slippa de stora lagringskostnaderna. En till fördel följt av detta är också att mindre lagring medför mindre påverkan på land och natur, självklart måste det då också vägas in påverkan av att implementera infrastrukturen.

5.2.2 Fjärrvärmeproduktion

Den andra lösningen som ansågs vara ett alternativ var fjärrvärmeproduktion. Likt tidigare diskuterat är fjärrvärme en teknik som existerat under en väldigt lång tid och det har skett mycket utveckling inom området. Det är således ingen överraskning att denna lösning fick väldigt högt betyg på de tekniska faktorerna. Det är också troligt att fjärrvärme kommer bli ännu mer tekniskt effektivt med 4:e generationens teknik som nyttjar framledningstemperaturer runt 70 grader Celsius i stället för dagens 95 (Borglund, 2020). En annan teknisk fördel är att varmvattnet också kan användas till andra ändamål än att leverera till fjärrvärmenätet på exempelvis sommaren när behovet är lågt. Det finns flera industrier som skulle kunna nyttja denna värme och ingen extra utrustning krävs förutom existerande fjärrvärmenät och uppkoppling.

När det kommer till de ekonomiska faktorerna är denna lösning lite speciell eftersom den involverar flera parter. Denna lösning skulle alltså innebära IUS bland olika aktörer i Fin-spång och påbörjandet av ett ISN. Det medför att parterna gemensamt måste komma överens om vem som betalar för vad och hur vinsterna ska fördelas. I detta arbete har exempelvis kostnaden för en gemensam ackumulatortank baserats på att alla tilltänka aktörer är villiga att investera. Det har också antagits att SE kan tjäna 50 öre/kWh men med tanke på hur fort omständigheterna på energimarknaden kan förändras finns det ingen säkerhet att den siffran är likadan om några år. Med sådana osäkerheter kan det vara svårt och till och med ovisst att förbinda sig till ett sådant business case. En aspekt som också är viktig att väga in är möjligheten till finansiering från exempelvis investeringsbidrag som Klimatklivet vilka ämnar till att främja EEÅ. Det dessa initiativ ofta har gemensamt är att de försöker uppmuntra utvecklingen av nyare teknik likt vätgas och således ofta har någon form av krav på innovation. Då fjärrvärmeproduktion har funnits så länge och är i Sverige så väl etablerat anses det inte vara särskilt innovativt i sig. Med det sagt kan IUS samarbeten anses vara relativt innovativt och således höja möjlighetsgraden för extern finansiering som sänker CAPEX.

Av de fyra huvudområdena är det enligt MKA-matrisen den miljömässiga som fjärrvärmeproduktion presterar sämst inom. Det är den enda lösningen som har en faktor under 1 när det kommer till GHG besparing vilket innebär att det ur ett koldioxidperspektiv är

bättre att använda elektriciteten som den är. Anledningen till det är att Sveriges fjärrvärmeproduktion redan är väldigt hållbar och en stor andel av bränslet som används är förnyelsebart (Energiföretagen, 2022). Vidare anses lösningen även ha en dålig påverkan på land och natur vilket beror på att ackumulatortanken tar en relativt stor plats och således kan störa kringliggande biodiversitet. Däremot finns det potential för fjärrvärme att bidra till större miljöförbättringar i framtiden, speciellt i länder som använder mycket fossila bränslen. I takt med att nästa generations fjärrvärme implementeras vilket medför lägre framledningstemperaturer blir transportförlusterna lägre samt att företag som tidigare haft för lågvärdig överskottsvärme nu kan leverera det till systemet.

Ett huvudområde som i stället var mer positivt var det sociala. En ackumulatortank tillåter företag och samhälle att lagra energi som sedan kan tillföras vid behov. Det medför större resistans mot exempelvis användningstoppar som i sin tur hade orsakat prisökningar och ibland även ökat utsläpp av koldioxid till följd av att en gasturbin behövs startas (Göteborg Energi, 2023; Siemens Energy, 2023). Det negativa med att lagra energi i form av vatten är att det tar stor plats samt begränsar användningsområdena. I praktiken skulle vattnet kunna överhettas och driva en ångturbin för att producera elektricitet men det skulle innebära stora investeringar för lite återkastning. Den största fördelen med denna lösning är i stället den stärkta samarbetskraft som den bidrar med och möjliggör. Som tidigare nämnts är det huvudsakliga användningsområdet att leverera värme till fjärrvärménätet men det behovet finns bara under cirka 8 månader. Det innebär att det finns cirka 2300 MWh outnyttjad överskottsenergi som skulle kunna nyttjas av andra aktörer (Walletun & Bondesson, 2023). Tittar man på andra ISN skulle denna energi kunna användas allt från laxodling till algodling som sedan blir till bioolja (Kalundborg Symbiosis, 2023; Siemens Energy, 2023). Det skulle i sin tur leda till andra samhällsfördelar såsom skapade jobb, utökat näringsliv med mera. Denna lösning kan alltså fungera som en möjliggörare för andra företag att etablera sig i Finspång genom att erbjuda billig energi och möjligheten till samverkan. Det kan på sikt om fler företag etablerar sig i närområdet leda till att nya resursströmmar skapas och kan överföras mellan företag (Hedayat & Lapraz, 2019).

5.2.3 Batteripark

Batterier är en produkt som det skett mycket utveckling inom de senaste åren vilket har lett till att kvantiteten ökat och kostnaden sjunkit (Ritchie, 2021). Det har möjliggjort för byggandet av batteriparker vilket förenklat är många batterier som har kombinerats till större batteripackar. Fördelen med dessa batteriparker ur en teknisk synvinkel är att de kan laddas och tömmas vid valfri tidpunkt och energin kan sparas under en lång tid (Pavarini, 2018). Vidare är det väldigt enkelt att anpassa lagringskapaciteten efter det enskilda behovet samt korrigera detta i efterhand genom att antingen koppla in fler eller färre batteripackar. Ytterligare en fördel är att in- och utflöde kan variera utefter behov vilket ökar användningsområdena för batteriparken (Pavarini, 2018).

Den mest negativa aspekten som måste beaktas vid implementering av en batteripark är kostnaden. Tittar man i matrisen syns det tydligt att batteriparken är den lösning som har överlägset högst CAPEX. Det ska dock tilläggas att den kostnaden är beräknad utifrån kostnad per kWh och det är troligt att vid inköp av en så pass stor batteripark erhålls någon form av mängdrabatt. Till följd av den höga CAPEX blir också återbetalningstiden väldigt lång vilket kan vara ett hinder mot implementation. Det finns dock fler sätt att tjäna pengar än att sälja el, nämligen att ta emot. Med en batteripark skulle SE kunna agera som avbelastning om nätet blir överbelastat och få betalt för att ta emot el (Siemens Energy, 2023). Med tanke på att SE endast utför testkörningar cirka 2 dagar i veckan finns

det stor potential för detta. Detta är inte enbart fördelaktigt ur en ekonomisk synvinkel utan precis som med vätgasproduktion främjar denna lösning förnyelsebara energikällor eftersom överskottselen då i stället kan lagras i batterier.

När det kommer till batteriparkens roll i att göra SE klimatneutrala kan det utifrån resultatet antas att den inte har så stor påverkan. På grund av att denna lösning inte omvandlar elektriciteten till något annat sker ingen skillnad i GHG besparing. Utöver det tar dessa batterier ganska stor plats och således har en dålig påverkan på land och natur. Exakt hur stor en sådan park skulle bli är svårt att avgöra eftersom det beror på hur den konstrueras men som referens så har Teslas största batterier på 210 kWh måtten 218.5 cm × 82.2 cm × 130.8 cm (Tesla, 2023) och med den lagringskapacitet som är tänkt i SE fall skulle nästan 600 sådana behövas.

En av de största fördelarna med en batteripark är möjligheten att lagra högvärdig energi under en lång tid. Det medför att denna lösning har en mycket positiv påverkan på SE energisäkerhet. Lösningen kan också—likt fjärrvärmelösningen—användas för att reducera de eltoppar genom så kallad peak shaving vilket innebär att minska användningen vid hög belastning (Vattenfall, 2023). En lokal batteripark stärker även den lokala energisäkerheten eftersom den kan förse kritiska funktioner med energi på ett snabbt sätt vid oförutsedda händelser (Tesla, 2023). Att den situationen skulle uppstå är troligtvis inte särskilt hög utan ett mycket mer troligt scenario är att energin används av andra företag i någon form av IUS om SE inte behöver den själv. Om detta skulle vara fallet skulle samarbetskraften öka och den indikatorn skulle förbättras.

5.2.4 Direct Air Capture

Direct Air Capture var den sista lösningen som inte uteslöts ur MKA och således kommer utvärderas vidare. Ur ett tekniskt perspektiv är denna lösning den som är minst beprövad och således omges av störst osäkerheter. Det positiva är att SE själva utvecklar DAC anläggningar vilket medför att de själva har stor påverkningsmöjlighet och kan anpassa anläggningen bättre utefter deras egna behov. Enligt IEA (2022a) är dagens insamlingskapacitet cirka 0.01 MtCO₂/år och för att nå Parisavtalets mål om klimatneutralitet förutspås denna siffrans behöva öka till 30 MtCO₂/år. För att nå det målet krävs det dock att fler anläggningar sätts i drift för att kunna förbättra tekniken och minska kostnaden.

Ekonomiskt sett är investeringskostnaden åt det högre hållet vilket till viss del har att göra med att tekniken inte slagit igenom storskaligt på marknaden och således finns inte tillräckligt många producenter av komponenter. I takt med att utvecklingen går framåt kommer priset att sjunka vilket ger en lägre CAPEX. Enligt interna källor på SE är den långsiktiga projektionen att priset sjunker och hamnar inom 100-150 dollar/ton spannet (Siemens Energy, 2023). Koldioxiden som samlas in kan också användas i olika industrier såsom livsmedel och kemi vilket öppnar upp för möjligheten att sälja den (HEIP, 2023). Detta är dock en relativt outforskad marknad och i de fall detta utbyte finns ligger aktörerna oftast väldigt nära varandra för att slippa frakta koldioxiden då detta är väldigt dyrt (Smith et al., 2021). En möjlighet som finns för SE är att hyra ut sin DAC anläggning till andra aktörer som måste kompensera för sina koldioxidutsläpp. Det innebär att så länge elektriciteten är grön och billigare än carbon credits finns det ett business case för SE. Det finns inte heller någon begränsning i vilka aktörer SE kan erbjuda denna tjänst då det inte finns någon restriktion för vart koldioxiden samlas in (Siemens Energy, 2023).

Ur ett miljömässigt perspektiv är denna lösning överlägset bäst jämfört med övriga. Medan

de andra lösningarna nyttjar överskottsenergin för att minska tillförseln av mer koldioxid till atmosfären använder DAC energin till att minska mängden koldioxid i atmosfären. Med andra ord försenar övriga lösningar global uppvärmning medan denna förhindrar den. Detta är dock förutsatt att den tillförda elen till DAC anläggningen är fossilfri och att koldioxiden förvaras i stället för att förbrukas. Det kan således uppstå en konflikt mellan miljömässig nytta och ekonomisk nytta.

Avslutningsvis ska det analyseras hur DAC lösningen påverkar de sociala faktorerna. Som med övriga lösningar finns det oklarheter för hur exempelvis koldioxiden ska användas och vilka effekter det får. Det finns således fler alternativ och möjliga utfall än de som redogjorts för här. Eftersom SE har som mål att bli klimatneutrala är det troligast att koldioxiden kommer lagras i berggrund vilket innebär att det i framtiden kommer finnas en stor potentiell energikälla som kan nyttjas av SE eller andra. Det innebär alltså att denna lösning på sikt skapar en ökad energisäkerhet. Det skulle också kunna skapa ökad samarbetskraft mellan SE och andra aktörer om SE exempelvis väljer att sälja koldioxiden. Det alternativet anses dock inte gångbart inom den närmsta tiden.

5.3 Analys av beslutsunderlag

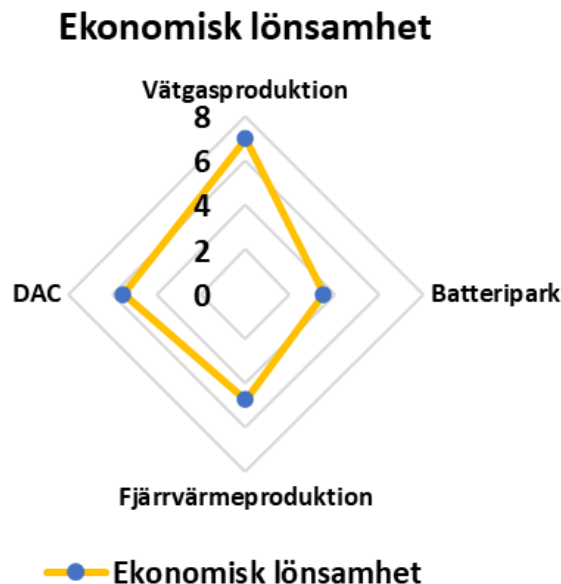
Utifrån resultatet är det tydligt att alla lösningar som uppfyllde SE krav medförde någon form av nytta inom flera hållbarhetsaspekter. Det gick också att urskilja att lösningarna presterade olika bra inom olika huvudområden och indikatorer. Det är således svårt att avgöra vilken lösning som är bäst eftersom det varierar beroende på vad som anses mest viktigt. Trots att lösningarna betygsattes utefter indikatorer framtagna för SE Finspång och det i matrisen i kapitel 4.4 finns en rangordning bör inte det resultatet ses som definit. Detta kan liknas vid vad bland annat Thollander & Ottoson (2008) och Rohdin & Thollander (2006) benämner som heterogenitet fast det i detta fall snarare handlar om vilken av lösningarna som är mest effektiv. För att få ett mer precist resultat för SE skulle en viktning av indikatorerna behöva utföras. Som nämnts i 3.1.3 utfördes ingen viktning i detta arbete vilket innebär att vad resultatet befarar är exempelvis CAPEX och teknisk mognadsgrad exakt lika viktiga. Det är troligtvis inte fallet i verkligheten utan vissa indikatorer kommer anses vara av större intresse vilket medför att lösningar som presterar bra inom dessa ökar i prioritet. Vilka av dessa indikatorer detta skulle vara är svårt att spekulera i eftersom det i högsta grad beror på personen som gör viktningen. Med det sagt kommer det i detta arbete inte att presenteras en definitiv bästa lösning. Det kommer i stället att tas fram ett antal beslutsunderlag där det kommer diskuteras vilken lösning som lämpar sig bäst beroende på inriktningarna ekonomisk, ekologisk och social. Utifrån det kan sedan SE internt diskutera vilka aspekter de värdesätter högst och välja det beslutsunderlag som passar bäst för dem.

För att ta fram de olika beslutsunderlagen kommer den fördjupade analys som utfördes ovan att tillämpas. Spindeldiagrammet som illustrerades i figur 4.2 kommer utvecklas genom att väga in analysen som presenterades i kapitel 5. Mer konkret så kommer alla lösningar att erhålla ytterligare 1–4 poäng beroende på hur väl de uppfattades bidra till hållbarhetsaspekterna. Exempelvis får den lösning som anses vara bäst ur ett ekonomiskt perspektiv fyra poäng som då adderas till resultatet från MKA-matrisen. Det föreslagna beslutsunderlaget för varje aspekt blir alltså summan av att använda en systematisk metod i form av MKA och mer generell informationsinsamling vilket är den form som troligtvis är mer förekommande hos företaget. Denna kompromiss kan ses som ett sätt att implementera mer systematiska arbetssätt samtidigt som den dynamiska aspekten bevaras. I kapitlen nedan kommer några av de mest prominenta aspekterna som låg till grund för poängsättningen att presenteras följt av en sammanfattande figur som illustrerar hur lösningarna förhåller sig till de olika hållbarhetsaspekterna.

5.3.1 Ekonomisk lönsamhet

I detta avsnitt kommer det att diskuteras vilken lösning som anses bäst att implementera ur ett rent ekonomiskt perspektiv. För att avgöra ekonomisk lönsamhet är det främst två indikatorer som är av högst intresse, CAPEX och återbetalningstid. För många företag är dessa två aspekter några av de viktigaste posterna vid beslutsfattande och SE är inget undantag. Detta korrelerar med Thollander & Ottoson (2008) och Brown (2001) forskning som påvisar att tillgång till kapital är en begränsande faktor vilket skulle förklara varför CAPEX är så viktigt. Samtidigt är bland annat kostnadsbesparingar och ökad produktivitet några av de främsta möjligheterna (IEA, 2014) vilket tydliggör vikten av en kort återbetalningstid. När det gäller CAPEX påvisar resultatet att alla lösningar fick betyget dåligt vilket var väntat till följd av dess komplexitet och storlek. Komplementerat med posten återbetalningstid är det dock två lösningar som sticker ut, vätgasproduktion och DAC

med en återbetalningstid på fyra respektive sex år. Utifrån analysen är det också tydligt att dessa lösningar har en uppåtgående utvecklingskurva, både tekniskt och ekonomiskt. Båda lösningarna ses som möjliggörare för omställningen mot en mer hållbar framtid och i takt med att krav från bland annat EU EED (Europeiska Kommissionen, 2023) och EU ETS (Europeiska Kommissionen, 2022a) blir allt striktare kan det förutspås att dessa hållbara lösningar ökar i värde. Ett annat regulatoriskt ramverk som stödjer denna utveckling är EU taxonomin som reglerar vilka lösningar som anses hållbara (Europeiska Kommissionen, 2020b). Den stora skillnaden mellan de två lösningarna är att priset på utsläpps rättigheter vilket DAC skulle producera är reglerat på EU nivå medan vätgas är marknadsstyrt. Det är således svårt att förutse hur utvecklingen av priserna kommer se ut för dessa två produkter men utifrån nuläget förutspås det att vätgas kommer ha den mest positiva utvecklingen. Trots att priset på utsläpps rättigheter ökat senaste åren (Trading Economics, 2023) anses inte denna utveckling vara konkurrenskraftig med priset på vätgas i framtiden. Av den anledningen anses vätgasproduktion vara den bästa lösningen utifrån ekonomisk lönsamhet.

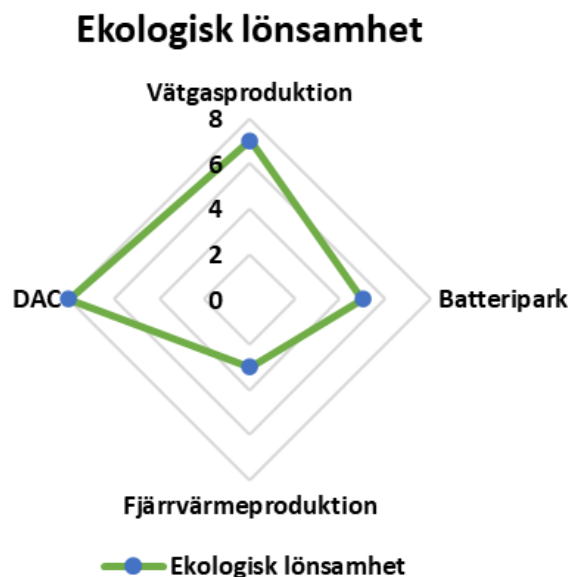


Figur 5.1: Kartläggning över hur de olika lösningarna presterar sett till ekonomisk lönsamhet baserat på resultatet och analysen.

5.3.2 Ekologisk lönsamhet

Att bedöma ekologisk lönsamhet är lite mer komplicerat eftersom det är svårare att avgränsa till ett företag och en plats. Det innebär att den lösning som är bäst för SE inte behöver vara den bästa lösningen överlag likt hur Thollander & Ottoson (2008) beskriver heterogentiet ur ett ekonomiskt perspektiv. Utifrån resultatet är det två av lösningarna som presterar bättre än övriga och dessa är återigen vätgasproduktion och DAC. Ur ett systemperspektiv kan det argumenteras för att vätgasproduktion är den bättre lösningen eftersom den kan fungera som en möjliggörare för andra hållbara lösningar. Naturskyddsföreningen (2023a) belyser hur traditionella transportindustrier som tidigare haft svårt att ersätta fossilfria bränslen kan nyttja vätgas om substitut. Vidare kan vätgasproduktion främja implementationen av hållbara intermittenta energikällor såsom sol- och vindkraft genom att ta hand om överskottselen som uppstår vid produktionstopp (Naturskyddsför-

eningen, 2023a) vilket tillåter dessa energikällor att fortsätta producera fossilfri elektricitet i stället för att stängas av. DAC är i sin tur en unik lösning eftersom den samlar in och lagrar koldioxid från atmosfären. IEA (2022a) menar att DAC kommer spela en avgörande roll i huruvida målen i Parisavtalet uppfylls eller inte. Likt det avtalet har SE som mål att bli klimatneutrala till 2030 och eftersom detta arbete utgår från SE anses DAC vara den bästa lösningen utifrån ekologisk lönsamhet.

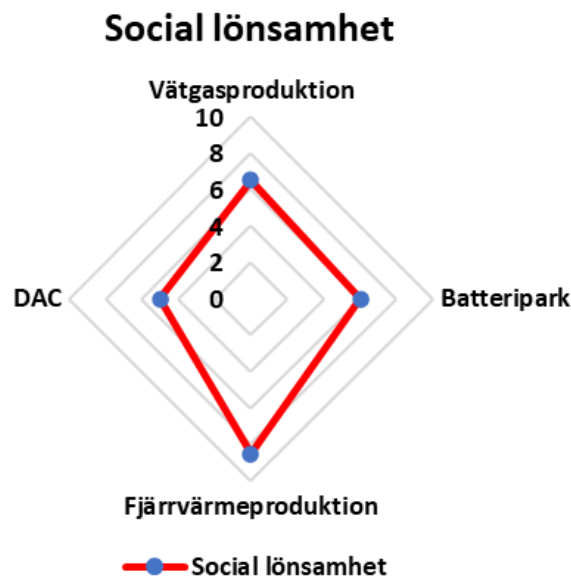


Figur 5.2: Kartläggning över hur de olika lösningarna presterar sett till ekologisk lönsamhet baserat på resultatet och analysen.

5.3.3 Social lönsamhet

Det sista beslutsunderlaget avser att diskutera vilken lösning som är den bästa sätt till social prestanda. För att mäta social prestanda användes det i detta arbete indikatorerna energisäkerhet och stärkt samarbetskraft. Utifrån resultatet är det svårt att urskilja någon lösning som är uppenbart bättre än övriga. Både vätgasproduktion och batteripark har sina största styrkor i att de kan bidra till stärkt energisäkerhet genom deras förmåga att lagra lättanvändlig energi (Dalwigk et al., 2021; Vattenfall, 2023). Fjärrvärmeproduktion och DAC ligger ett steg bakom till följd av att den lagrade energin från dessa lösningar är svårare och mer begränsad att använda (Siemens Energy, 2023; Smith et al., 2021). När det kommer till stärkt samarbetskraft dock är det en lösning som är bättre än övriga vilken är fjärrvärmeproduktion. Anledningen till att den lösningen är bättre än övriga ur det anseendet beror på att den i sin grundläggande natur är avsedd för att ingå i ett större system. Likt Paramonova et al. (2021) påpekar är det dessa systemlösningar som har störst potential att göra verklig skillnad. Genom att leverera inn spillvärme i fjärrvärmesystemet minskas behovet av avfallsförbränning och möjliggör i stället för ökad materialåtervinning. Samtidigt förhindras det att stora mängder plast—vilket är vanligt förekommande i avfall—förbränns vilket ger upphov till minskade koldioxidutsläpp. Dock påvisade resultatet att användandet av el för att producera fjärrvärme inte var lika effektivt som andra lösningar. Vidare har det också från analysen tydliggjorts att det finns en outtnyttjad mängd energi på sommarmånaderna som skulle kunna användas av andra företag i närheten. Att kunna erbjuda högvärdig energi till ett lågt pris är ett bra incitament för nya företag att etablera

sig i området vilket i sin tur stärker den sociala välfärden genom bland annat skapade jobb och stärkt näringsliv. Av dessa anledningar anses fjärrvärmeproduktion vara den bästa lösningen sett till social lönsamhet.



Figur 5.3: Kartläggning över hur de olika lösningarna presterar sett till social lönsamhet baserat på resultatet och analysen.

5.4 Kombination av flera lösningar

I föregående avsnitt har varje lösning analyserats mer i detalj enskilt men faktum är att det finns potentiella synergier mellan dessa. I resultatet och analysen har det tidigare utgått från att en lösning implementeras och har således dimensionerats därefter. Det behöver dock inte nödvändigtvis vara så utan möjligheten finns att kombinera dessa lösningar med varandra fast då i mindre enskild skala. För att utreda huruvida detta är möjligt och vilka potentiella fördelar som kan uppnås kommer det i följande avsnitt analyserats hur dessa lösningar kan komplementera varandra.

Innan ekonomiska, miljömässiga och sociala synergier kan utredas måste det avgöras huruvida de olika lösningarna kan kombineras ur ett tekniskt perspektiv. På grund av att alla lösningar använder elektricitet som energikälla följer det att batteriparken kan kombineras med alla andra. Batteriparken möjliggör för mer flexibel produktion vilket innebär att om det inte finns något behov för exempelvis vätgas kan elektriciteten lagras tills behovet uppstår. Vidare kan batteriparken kopplas in om det sker ett stopp i testningen eller om lasten överstiger övriga lösningars kapacitet. Tittar man i stället på övriga lösningar finns det potential för att kombinera vätgasproduktion och DAC med syftet att producera metanol. Direkt koldioxidhydrogenation är en kemisk process som konverterar koldioxid och vätgas till metanol och vatten (Frauzem et al., 2015). Till skillnad från metanolproduktion via syntetisk gas som är standard i dagsläget är denna process klimatneutral (Frauzem et al., 2015).

Till följd av att lösningarna är så pass olika finns det inte särskilt många praktiska ekonomiska synergier. Det går exempelvis inte att använda samma infrastruktur för att

leverera fjärrvärme och vätgas vilket innebär att inga delade kostnader kan uppnås. Den främsta ekonomiska synergien ligger i att kunna ladda batteriparken när priset är lågt för att sedan använda elektriciteten när priset är högt eller för att driva någon av de andra lösningarna om de genererar en högre inkomst. Det positiva är att eftersom alla lösningar drivs av elektricitet kan komplementutrustning såsom ställverk användas gemensamt.

Gällande miljömässiga synergier kompletterar dessa lösningar varandra väldigt bra. Ovan nämndes det hur batteriparken kan laddas när priset är lågt och urladdas när priset är högt. Det ger inte bara en ekonomisk vinst utan även en positiv inverkan på miljön. Det beror på att ett högt pris ofta orsakas av att dyrare fossila bränslen som olja eller gas behöver användas. Detta kan alltså undvikas om lagrad elektricitet som producerats av icke fossila bränslen använts. På samma sätt kan fjärrvärmeproduktion och vätgasproduktion användas för att avlasta systemet och motverka användningen av fossila bränslen. En annan fördel med att kombinera dessa lösningar är att SE kan diversifiera sitt energitjud, med andra ord att i stället för att bara ha vätgas får man även varmvatten och elektricitet. Det innebär större flexibilitet beroende på vilken energi det är brist på. Som tidigare nämnts har fjärrvärmeproduktion en högre verkningsgrad än vätgasproduktion och således är det mer effektivt att på vintern producera fjärrvärme. Vätgas däremot har fler användningsområden vilket gör det mer effektivt att producera vätgas på sommaren när fjärrvärmebehovet är lågt. Att ha flera olika lösningar innebär alltså att SE på ett mer effektivt sätt kan välja vilken typ av energi de vill producera vilket gynnar miljön eftersom nyttjandegraden ökar. Detta stärker också energisäkerheten för SE. En annan fördel med flera mindre lösningar kontra en stor är att kostnaderna dels blir utspridda men även att det inte behövs lika stor lagring. Som resultatet indikerade ligger en stor del av kostnaden för vissa lösningar i just lagringskapaciteten som alltså kan minskas om komplement införs. En utspridning av kostnaderna på flera lösningar kan också minska osäkerheten, speciellt då vissa lösningar inte är kommersiellt etablerade på en storskalig nivå. Samtidigt finns möjligheten för skalfördelar om SE väljer att investera i en lösning, det är alltså en avvägning företaget måste göra.

Det är tydligt att en kombination av flera lösningar har många positiva fördelar för SE sett till flera olika aspekter. Faktum är att det också är positivt för utomstående aktörer som samhälle och andra företag. Precis som ett bredare energitjud ger ökad energisäkerhet för SE kan denna aspekt lyftas upp till samhällsnivå där SE på flera sätt än enbart ett kan bidra till stabilitet i systemet. Det kan också möjliggöra för ökad samarbetskraft eftersom fler resursströmmar skapas vilket i sin tur kan leda till ännu fler. Ett ökat utbud av resursströmmar gör det mer attraktivt för nya företag att etablera sig i närheten av SE vilket ökar chansen för skapandet av ISN.

Kapitel 6

Diskussion

I detta kapitel kommer det diskuteras huruvida resultatet bidrar till att besvara frågeställningarna.

6.1 MKA som ett verktyg för effektivare beslutsfattande

För att besvara den första frågeställning gällande hur olika lösningar systematiskt kan jämföras med varandra utefter olika kriterier användes det i detta arbete en MKA. MKA utformades utefter en generell metod framtagen av Feiz & Ammenberg (2017) och anpassades sedan lite för att bättra passa syftet med detta arbete. Metodens flexibilitet i utformning och användning kan ses som både en styrka och en svaghet. Fördelen är att resultatet blir väldigt specifikt och anpassat efter det fokala företaget. Vidare ger den en tydlig bild över hur olika lösningar uppfyller respektive krav. Metoden ger också en mycket mer omfattande bild genom att väga in fler dimensioner än bara ekonomiska. Företag kan alltså använda en MKA för att tydligt påvisa hur bra eller dåligt en lösning passar in för just deras verksamhet. Detta kan användas för att överkomma både organisatoriska- och betendemässiga barriärer som enligt Thollander et al. (2020) existerar mot EEÅ. I arbetet med MKA kan utvärderingen anpassas utifrån förutsättningarna i det specifika fallet vilket tydliggör aspekter som andra modeller—exempelvis SKA— hade missat. Således kan faktorer som exempelvis dolda kostnader och heterogenitet vilket bland annat (Thollander & Ottoson, 2008; Brown, 2001) menar leder till marknadsbarriärer kan inte helt undvikas men i alla fall minskas genom MKA. Genom att reda ut vissa otydligheter kan MKA även bidra till att överkomma de betendemässiga barriärerna som finns inom företag mot EEÅ.

Likt Carlander & Thollander (2023) och Velthuijsen (1995) påpekar finns det ett inneboende motstånd hos människor mot förändring och sådana förslag möts ofta av misstro och kritik. Att då kunna hänvisa till en metod där anställda på företaget har varit delaktiga i framtagningen och utförandet stärker resultatets integritet. Rohdin & Thollander (2006) och Brown (2001) nämner nämligen engagerade medarbetare som den primära drivkraften för att överkomma de barriärer som finns mot förändring. Lyckas företag engagera några av sina medarbetare att delta i denna process ökar också chansen att resterande litar på informationen eftersom den kommer från personer de är bekanta med (Gillingham & Tsvetanov, 2018). Vidare påpekar Bagaini et al. (2020) att hur informationen kommuniceras också är en viktig aspekt. Som resultatet visade gjorde MKA det väldigt tydligt hur varje lösning presterade inom varje indikator med lite utrymme för misstolkning. När resultatet

även presenteras så svart på vitt är det enligt Ebrahimigharehbaghi et al. (2019) lättare för mottagaren att ta till sig informationen och faktiskt genomföra förändringen.

Den andra delen av organisatoriska barriärer mot EEÅ bestod av marknadsmisslyckanden som bland annat innefattade ej prissatta kostnader och delade incitament. Enligt Rohdin & Thollander (2006) är dessa ofta ett tecken på att interventioner i form av policys eller lagar är nödvändiga. I detta arbete argumenteras det dock för att MKA även kan bidra till att överkomma dessa. Två av MKA största styrkor gentemot mer konventionella analysmodeller är dess förmåga att inkludera icke monetära aspekter samt flera olika intressenter. Icke monetära aspekter såsom koldioxidutsläpp eller luftkvalitet har troligtvis också större chans att beröra medarbetarna på mer personliga plan eftersom det är aspekter som påverkar dem till skillnad från CAPEX. Genom att inkludera sådana aspekter kan alltså företag öka engagemanget ytterligare samtidigt som de minskar osäkerheterna kopplat till risker och fördelar med åtgärden (Gillingham & Tsvetanov, 2018; Directorate general for internal policies, 2016). Det är således tydligt att MKA kan ur det enskilda företags synvinkel bidra till att både på ett systematiskt sätt kartlägga olika lösningar och underlätta implementeringen av dessa.

Enligt Carroll (2023) är det i dagsläget svårare för företag att ta beslut till följd av att marknaden blivit allt mer dynamisk (Klaassen & van Eeghen, 2009). Det manifesterar sig exempelvis i begränsad information, konkurrerande alternativ och krav på kortare ledtider (Carroll, 2023). Ytterligare en utmaning för företag är att somliga av dessa påverkande faktorer är interna medan andra är externa. Dessa är ofta motsägande varandra vilket skapar en konflikt. Som tidigare nämnt finns det i dag en mycket starkare konsensus i samhället om att företag måste ta större ansvar för sin verksamhet kopplat till sociala- och miljömässiga aspekter (World Economic Forum, 2022; WCED, 1987). Samtidigt finns det i de flesta fall en intern vilja och drivkraft som motiveras av ekonomiska skäl (Climate Policy Watcher, 2023). Det måste således göras en avvägning mellan vilka av dessa som anses viktigast och bör fokuseras på (Sorrell et al., 2000). Målet för företag är dock att det inte ska behövas göra ett val mellan hållbarhetsaspekterna utan att hitta en lösning där dessa sammanfaller i vad Bocken et al. (2014) kallar för Triple bottom line. Enligt Thollander & Ottoson (2008) finns det i dagsläget ett stort Energy Efficiency Gap hos företag vilket innebär att det finns kostnadseffektiva EEÅ som skulle kunna implementeras men som inte gör det. Även IEA (2014) påpekar att det finns stora möjligheter med EEÅ som medför nytta inom alla tre hållbarhetsaspekter.

6.2 MKA för främjad samarbetskraft

IUS har som huvudsyfte att skapa mer cirkulära flöden och öka utnyttjandegraden av de begränsade resurser som finns tillgängliga (den Hond, 2001). Detta kan uppnås genom samarbete mellan företag där resurser utbyts på ett sätt sådant att vad som normalt sett skulle ses som avfall i en process i stället blir till en råvara i en annan (Frosch & Gallopoulos, 1992). En av anledningarna till att detta inte är praxis i dagsläget beror på att många företag endast fokuserar på sin verksamhet och således inte uppmärksammar samarbetsmöjligheter med andra. Det medför att det finns en stor mängd underutnyttjade resurser. Trots att många initiativ tagits för att öka utnyttjandegraden och införa mer EEÅ i form av policys som EU ETS och EED är det inte tillräckligt för att nå de mål som stadgats i Parisavtalet. Anledningen är att enskilda åtgärder hos företag inte är tillräckliga utan det krävs att de börjar samarbete och börja se sig själva som en del i ett större system snarare än ett eget. Tidigare forskning har också påvisat att gemensamma EEÅ är mer effektiva än enskilda (Paramonova et al., 2021). Det är alltså tydligt att företag måste börja titta utanför sina egna systemgränser och vara villiga att samarbeta med andra för att optimera användningen av resurser.

Som nämnts ovan är den andra stora styrkan med en MKA förmågan att ta hänsyn till flera intressenter. En av anledningarna till det beror enligt Dixit & McGray (2012) på att både kvalitativ och kvantitativ data kan användas—likt illustrerat i detta arbete—vilket underlättar då olika aktörer definierar saker på olika sätt. Att även ha en metod som kan beakta intresset av flera olika aktörer är en aspekt som blir allt viktigare då mer och mer samarbete mellan företag initieras. Detta styrks av Paramonova et al. (2021) som menar att företag i dag är mer benägna att dela resurser och kunskap med varandra för att ta tillvara på möjligheterna och överkomma barriärerna. En av de bidragande anledningarna till denna förändring menar författaren grundar sig i att företags systemgränser överlappar varandra och således finns möjlighet till gemensamma besparingar. Just möjligheten till samarbete och att kunna beakta olika intressenters påverkan för att se hur det skulle påverka resultatet påvisades i detta arbete då flera av de diskuterade lösningarna har potential att utvidgas från bara SE systemgränser. För att kunna nyttja fördelarna med IUS finns det vissa förutsättningar som måste vara uppfyllda samt utmaningar som behöver överkommas.

Den mest framstående utmaningen till följd av IUS natur är att få aktörer att samarbeta med varandra. Utan samarbete kan inget utbyte av resurser ske vilket leder till att IUS inte kan uppstå. Både Chertow (2000a) och Sonel et al. (2022) lyfter vikten av att skapa en relation mellan de involverade aktörerna eftersom tillit är en av de viktigaste byggstenarna för IUS. En del av det består av att tydliggöra vilket motiv olika aktörer har för att engagera sig i ett sådant nätverk. Enligt Sonel et al. (2022) är den vanligaste anledningen miljömedvetenhet samtidigt som det måste finnas en ekonomisk hållbarhet. Ur den aspekten kan en MKA användas för att väga in dessa olika motiv från olika företag för att ta fram vilket alternativ som tillfredsställer flest. Albino et al. (2016) menar nämligen att en av de viktigaste punkterna som måste vara uppfyllda för att två eller fler aktörer ska ingå i ett sådant avtal är att en win-win situation uppstår där alla blir nöjda. Det minskar även risken för att principal-agent problemet uppstår—vilket är när en liten grupp fattar beslut som är fördelaktiga för dem men inte för den större massan—vilket Whittington et al. (2020) menar är en av orsakerna till att EEÅ inte genomförs. Att inkludera olika motiv och drivkrafter är dock inte tillräckligt för att utveckla IUS utan det krävs även att olika roller med tillhörande karakteristik antas av de involverade (Costa & Ferrão, 2010; Valentine, 2016). Baumgarten & Nillson (2014) identifierar sju distinkta roller med

tillhörande karakteristik som varierar från mer informativa roller till mer praktiska. Under normala omständigheter skulle det vara svårt att låta alla dessa aktörer uttrycka sina åsikter men i och med att MKA inte är avgränsad till en aspekt eller svar som består av ja eller nej kan metoden anpassas utefter varje specifik situation.

Anledningen till endast SE åsikter har beaktats i detta arbete beror på att systemgränsen drogs runt SE men dessa hade kunnat utvidgats till att innefatta andra aktörer med. Studerar man vidare vilka faktorer som har störst påverkan på huruvida IUS uppstår eller inte menar Mirata (2004) att de viktigaste faktorerna är tekniska, politiska, ekonomiska, informationsmässiga och organisatoriska. Resultatet från detta arbete har redan påvisat MKA möjlighet att ta hänsyn till tekniska- och ekonomiska faktorer och omsätta dessa till mätbara indikatorer. Vidare har det i avsnitt 6.1 redogjorts för metodens förmåga att förmildra de organisatoriska- och informationsmässiga svårigheter som finns kopplat till förändring och samarbete. Resultatet och analysen indikerar alltså att MKA även kan användas för att underlätta uppkomsten och implementationen av samarbete mellan olika aktörer vilket kan bli starten till ett INS.

6.3 Förslag på beslutsunderlag

Utifrån resultatet och analysen är det tydligt att lösningarna har olika styrkor och svagheter. Den enda lösningen som inte ansågs bäst inom ett specifikt område var batteripark men det innebär inte att den är dålig. Utifrån analysen var det tydligt att batteripark var den lösning som hade störst synergier med övriga lösningar och även erbjöd stor flexibilitet. Batterierna kan användas för att driva alla andra lösningar eller för att lagra elektriciteten till ett annat tillfälle då behovet är större vilket medför ett högre pris. Därför är denna lösning ett väldigt bra komplement till övriga lösningar och kan implementeras parallellt utan större problem. Vidare tydliggjorde analysen att det fanns fler fördelar med att implementera flera av lösningarna. Trots att vätgasproduktion ansågs som den bästa lösningen sett till ekonomisk lönsamhet är det troligt att det finns tillfällen då den inte är det. På vintern när uppvärmningsbehovet är högt är det troligt att vätgasen kommer användas för att producera fjärrvärme. På grund av att den har lägre verkningsgrad än elpannan hade det således varit mer kostnads effektivt att använda elektriciteten till fjärrvärmeproduktion under den perioden. Sådana anomalier existerar för alla beslutsunderlag och tar man hänsyn till den allt snabbare förändring som sker i världen är det oklart hur dessa beslutsunderlag kommer stå sig i framtiden. Ett sätt att gardera sig mot detta är för SE att implementera flera av dessa lösningar fast i mindre skala än vad de är dimensionerade för i detta arbete. En ökad diversifiering kan också ha större möjlighet att godkännas eftersom SE då behöver göra fler mindre investeringar i stället för en stor. Att det stärker chansen till implementering beror på att det känns mer osäkert att investera stora summor i en lösning, speciellt då vissa av dessa lösningar fortfarande är till viss del experimentella. Detta medför att det naturligt finns en kunskapsbrist kring dessa vilket orsakar rädsla och tillit, speciellt om en investering på mer än 50 MKr ska göras. Det medför enligt bland annat Thollander & Ottoson (2008) och Velthuisen (1995) att EEÅ inte införs.

Ett annat sätt att minska dessa hinder är genom att samarbeta med andra aktörer. Ett samarbete med andra aktörer innebär bland annat att SE inte själva behöver bära hela investeringen. Vidare kan SE få hjälp med att fylla de kunskapsluckor som kommer finnas kring lösningarna vilket förmildrar de hinder som nämndes ovan och således ökar chansen för att EEÅ införs. Rent praktiskt finns många av de delar som krävs för att etablera ett samarbete med andra aktörer. Det har tidigare tydliggjorts hur metoder som MKA kan

användas för att ta fram faktagrundade beslutsunderlag som skapar win-win situationer. En annan viktig aspekt enligt Baumgarten & Nillson (2014) är att vissa roller finns. Tittar man i närområdet finns många av dessa, SE skulle naturligt ta rollen som fysiska ankare medan Finspång tekniska verk och Finspång kommun tar rollerna som koordinator och institutionella ankare. Således är det intressant att undersöka möjligheten att implementera någon form av kombination mellan dessa lösningar fast i mindre skala. Vidare rekommenderas det att i största möjliga mån utforska potentiella samarbetsmöjligheter med andra aktörer kopplat till dessa lösningar. Exakt vilka lösningar eller i vilken skala går inte att sja om utan det är något SE själva eller i samråd med andra aktörer måste undersöka vidare.

6.4 Metodkritik

I detta kapitel kommer det diskuteras hur de val och värderingar som gjorts i examensarbetet påverkat resultatet. Det kommer redogöras för vilka delar som anses ha störst påverkan och vilka aspekter kopplat till dessa som är av mest intresse att diskutera.

6.4.1 Multi-kriteria analys

Valet att använda en MKA för att lösa det fokala problemet får anses ha en stor påverkan på resultatet till följd av metodens omfattning och det omfattande arbete som krävdes för att utforma den. Som tidigare nämnt finns inte ett rätt sätt att utforma metoden och således valdes det i detta arbete att använda en omarbetad modell från Feiz & Ammenberg (2017). Då deras modell applicerades på ett annat område kan det ha medfört att somliga aspekter i deras version inte var optimal för tillvägagångsättet i detta arbete. Dock ansågs det vara säkrare att utgå från en existerande modell och göra mindre förändringar än att skapa en helt ny, både ur ett kunskaps- och tidsperspektiv. Den mest centrala delen av MKA och den aspekt som haft störst påverkan är dock valet av indikatorer och lösningar. På grund av att det studerade problemet—stora intermittenta restflöden av elektricitet—endast existerar hos ett fåtal företag i hela världen var tillgängligheten av litteratur kopplat till området begränsat. De lösningar som valdes var alltså sådana som förutspåddes kunna fungera i det givna kontextet. Således finns det en möjlighet att fler lösningar är av intresse att studera. Vidare har indikatorerna valts av författaren utefter den information som framkom under intervjuerna med anställda på SE. Att information är hämtad från fallföretaget får ses som en styrka, däremot intervjuades det ett begränsat antal och det är alltså troligt att om fler personer hade intervjuats hade indikatorerna sett annorlunda ut. Vidare är indikatorerna och en andel av skalorna en produkt av hur författaren uppfattar och relaterar till den information som samlades in.

Avslutningsvis bör det också tas hänsyn till att ingen viktning utförts och huruvida det var ett korrekt beslut. Viktning är inget måste men är vanligt förekommande i andra MKA. Valet att inte vikta indikatorerna kan ses som en nackdel då resultatet inte reflekterar SE krav och åsikter fullt ut. Valet att inte utföra en viktning grundade sig i att syftet var att ta fram beslutsunderlag och inte ett bästa beslut. Således togs beslutet att förse SE med ett mer generellt resultat och i stället ge förslag på beslutsunderlag utefter olika aspekter för att påvisa hur en eventuell viktning skulle kunna genomföras.

6.4.2 Felkällor

Trots att arbetet är baserat på vetenskaplig litteratur och intervjuer med anställda på fallföretaget förekommer det vissa felkällor. En av felkällorna är att det finns en risk för att all litteratur inte är lika relevant idag som när den skrevs till följd av att de studerade områdena som exempelvis energieffektivisering är ett område som konstant utvecklas. Den risken har dock försökts undvikas i största mån genom att använda ett brett sortiment av källor. Vidare som tidigare nämnts, är det lokala problemet väldigt unikt och till följd av det har vissa generaliseringar behövts göras. Ett sådant exempel är vid framtagandet av CAPEX för de olika lösningarna där det inte är möjligt att hitta exakta siffror till följd av lösningarnas komplexitet och storlek. För exakta siffror hade det behövts ta in örförer från företag då dessa lösningar inte är standardiserade utan det krävs anpassning från fall till fall. Det ansågs dock inte görbart och således fick generell information användas som sedan komplementerades med uppskattningar kring markarbetet et cetera i samråd med SE.

Kapitel 7

Slutsats

I detta kapitel kommer de huvudsakliga frågeställningarna att besvaras. Därefter kommer de viktigaste huvudfynden att presenteras och avslutningsvis kommer syftet diskuteras.

Studien påvisade att potentialen för att nyttja överskottsenergi är stor och att företag som lyckas med detta kan erhålla både ekonomisk, social och ekologisk nytta. Det kunde dock fastställas att trots fördelarna är många företag tveksamma till att genomföra energiektiviseringsåtgärder. Anledningen grundar sig i att företag inte är så rationella som teorin föreslår att de bör vara och i stället tar icke rationella beslut. Det har gett upphov till de många barriärer som finns mot förändring över lag och bristen på verktyg för att ta fram faktabaserade beslutsunderlag har medfört att möjligheter—särskilt lösningar för nyttiggörandet av underutnyttjade resurser—förbises. För att systematiskt jämföra olika lösningar har det i detta arbete använts en Multi-kriterie analys som utformades för att omfatta de aspekter som ansågs viktigast av Siemens Energy. Generellt anses MKA vara en användbar metod för att underlätta förändring inom företag genom att förse användaren med opartisk faktagrundad information som gör det tydligt hur en lösning presterar inom ett visst område. Genom att använda en MKA kan företag alltså lättare överkomma hinder som finns mot inte bara energiektiviseringsåtgärder utan förändring i allmänhet. Baserat på fallstudien anses MKA även vara en bra metod för att jämföra de olika lösningarna. MKA tog fram ett konkret resultat som var väldigt specifikt utformat utefter SE och den kontext de befinner sig inom. Således bör resultat i form av vilka lösningar som ansågs som bäst i detta arbete inte anses som ett generellt sådant trots att många likheter troligtvis finns. Däremot bör resultatet för hur MKA presterade som metod kunna anses som generellt och den struktur som användes i detta arbete kan således appliceras på andra företag med undantaget att studerade lösningar och indikatorer måste definieras om utefter det aktuella företaget.

Utifrån MKA var det fyra lösningar som uppfyllde alla krav från SE, dessa var vätgasproduktion, fjärrvärmeproduktion, batteripark och Direct Air Capture. Till följd av att ingen individuell viktning av respektive indikator utfördes gick det inte att bestämma vilken lösning som var bäst. Däremot kunde det identifieras att alla lösningar hade individuella styrkor samt svagheter, och vilken som är bäst beror på vad SE anser viktigast. Av den anledningen valdes det att presentera tre beslutsunderlag där varje beslutsunderlag fokuserade på en av de tre hållbarhetsaspekterna. Ur en ekonomisk synvinkel konstaterades det att vätgasproduktion var den mest optimala lösningen till följd av en kort återbetalningstid och en positiv marknadsutveckling. För ekologisk nytta ansågs i stället DAC vara den bästa lösningen på grund av dess unika förmåga att kunna samla in och lagra

koldioxid från atmosfären. Det sista beslutsunderlaget grundade sig i social nytta och där ansågs fjärrvärmeproduktion vara den bästa. Anledningen till det grundade sig främst i dess potential att bidra till stärkt energisäkerhet och samarbetskraft i närområdet. En ökad samarbetskraft kan på sikt leda till utvecklingen av industriell symbios som i sin tur bidrar till ökad samhällsnytta.

Det var alltså tydligt att alla lösningar har sina individuella styrkor och svagheter. Därför föreslås det att det mest optimala vore att implementera flera av dessa lösningar fast i mindre skala för att optimera fördelarna och minimera nackdelarna. I det gemensamma scenariot ansågs även lösningen batteripark spela en viktig roll eftersom den kan fungera som både en möjliggörare och avlastare för övriga lösningar. Avslutningsvis rekommenderades det att undersöka huruvida det är möjligt att involvera fler aktörer än bara SE i dessa beslutsunderlag genom att expandera systemgränsen för att maximera hållbarhetsnyttan.

Kapitel 8

Vidare forskning

Det har i detta arbete identifierats vikten av att använda en systematisk metod för att jämföra lösningar mot varandra. Inte enbart för att objektivt välja den bästa lösningen utifrån det enskilda företaget men även för att underlätta genomförandet av en förändring inom organisationen. Det har även översiktligt utforskats möjligheten att använda MKA för att facilitera samarbete med andra aktörer. Då syftet med detta arbete främst var att undersöka vilka lösningar som är möjliga innebär det att studien gjorts på en aggregerad nivå. För vidare forskning, både för SE men även generellt om MKA hade det varit intressant att utföra en mer detaljerad studie. Förslag på vidare forskning presenteras i punkterna nedan.

- Utformning av en mer detaljerad MKA för respektive lösning som undersöker exempelvis olika tekniker och användningsområden. Skulle SE besluta sig för en lösning skulle en mycket mer detaljerad analys behöva utföras över bland annat CAPEX och framtida marknadsförutsättningar.
- En undersökning av hur resultatet skulle påverkas om fler aktörer var delaktiga och kunde ge input. Skulle samma MKA kunna användas och resultatet summeras eller skulle en helt ny behöva utformas?
- På grund av interna omständigheter avgränsades detta arbete till en tidshorisont på 7 år. Hur skulle resultatet påverkas om denna förlängdes?
- Djupare undersökning av hur och vilka lösningar som borde kombineras för att uppnå maximal nytta. Sker olika kombinationer beroende på vilken aspekt av ekonomisk, ekologisk och social nytta som företaget värderar högst?

Referenser

- Ahmad, Tanveer & Dongdong Zhang (2020). "A critical review of comparative global historical energy consumption and future demand: The story told so far". I: *Energy Reports* 6, s. 1973–1991. issn: 2352-4847. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyр.2020.07.020>.
- Albino, Vito, Luca Fraccascia & Ilaria Giannoccaro (2016). "Exploring the role of contracts to support the emergence of self-organized industrial symbiosis networks: an agent-based simulation study". I: *Journal of Cleaner Production* 112, s. 4353–4366. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.070>.
- Ammenberg, Jonas & Sofia Dahlgren (2021). "Sustainability Assessment of Public Transport, Part I—A Multi-Criteria Assessment Method to Compare Different Bus Technologies". I: *Sustainability* 13.2. issn: 2071-1050. doi: 10.3390/su13020825.
- Arthur, Maeve (25 aug. 2020). *A Look at the Status of Five Energy Storage Technologies*. url: <https://www.eesi.org/articles/view/a-look-at-the-status-of-five-energy-storage-technologies> (hämtad 2023-03-07).
- Bagaini, Annamaria, Francesco Colelli, Edoardo Croci & Tania Molteni (2020). "Assessing the relevance of barriers to energy efficiency implementation in the building and transport sectors in eight European countries". I: *The Electricity Journal* 33.8, s. 106820. issn: 1040-6190. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tej.2020.106820>.
- Baumgarten, Sara & Matilda Nillson (2014). "Industriell symbios som a är: Hur kan ett återvinningsföretag facilitera utvecklingen av regionala industriella ekosystem". I:
- Berg, B.L. (2009). *Qualitative Research Methods for the Social Sciences*. Pearson international edition. Allyn & Bacon. isbn: 9780205668106.
- Beria, Paolo, Ila Maltese & Ilaria Mariotti (sept. 2012). "Multicriteria versus Cost Benefit Analysis: A comparative perspective in the assessment of sustainable mobility". I: *EUROPEAN TRANSPORT RESEARCH REVIEW* 4, s. 137–152. doi: 10.1007/s12544-012-0074-9.
- Bloomberg (6 juni 2022). *Shell Decides to Build Europe's Largest Green Hydrogen Plant*. url: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-07-06/shell-decides-to-build-europe-s-largest-green-hydrogen-plant#xj4y7vzkg> (hämtad 2023-03-09).
- Blum, Helcio & Luiz F.L. Legey (2012). "The challenging economics of energy security: Ensuring energy benefits in support to sustainable development". I: *Energy Economics* 34.6, s. 1982–1989. issn: 0140-9883. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.013>.
- Bocken, N.M.P., S.W. Short, P. Rana & S. Evans (2014). "A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes". I: *Journal of Cleaner Production* 65, s. 42–56. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>.

- Borglund, Ann-sofie (30 aug. 2020). *Framtidens fjärrvärme tar form*. url : <https://www.energi.se/artiklar/framtidens-fjarrvarme-tar-form/> (hämtad 2023-04-24).
- BOSH (2023). *Olika värmesystem*. url : <https://www.bosch-homecomfort.se/valja-varmepump/olika-varmesystem/> (hämtad 2023-04-13).
- Brown, Marilyn (2001). "Market failures and barriers as a basis for clean energy policies". I: *Energy Policy* 29.14. Scenarios for a clean energy future, s. 1197–1207. issn: 0301-4215. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(01\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00067-2).
- Brown, Marilyn & Eric Hirst (1990). "Closing the efficiency gap: barriers to the efficient use of energy". I: *Resources, Conservation and Recycling* 3.4, s. 267–281. issn: 0921-3449. doi: [https://doi.org/10.1016/0921-3449\(90\)90023-W](https://doi.org/10.1016/0921-3449(90)90023-W).
- Bryman, Alan (2016). *Social Research Methods*. Oxford University Press. isbn: 9780199689453.
- Bryman, Alan, Emma Bell & Björn Nilsson (2017). *Företagsekonomiska forskningsmetoder*. Upplaga 3. Stockholm: Liber. isbn: 9789147112074.
- Burden, Tony (2003). *Energi och Exergi*. KTH.
- Carlander, Jakob & Patrik Thollander (2023). "Barriers to implementation of energy-efficient technologies in building construction projects — Results from a Swedish case study". I: *Resources, Environment and Sustainability* 11, s. 100097. issn: 2666-9161. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2022.100097>.
- Carroll, Meredith (2023). "Chapter 21 - Decision making in aviation". I: *Human Factors in Aviation and Aerospace (Third Edition)*. Utg. av Joseph R. Keebler, Elizabeth H. Lazzara, Katherine A. Wilson & Elizabeth L. Blickensderfer. Third Edition. San Diego: Academic Press, s. 563–588. isbn: 978-0-12-420139-2. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420139-2.00016-2>.
- Chertow, Marian (2000a). "INDUSTRIAL SYMBIOSIS: Literature and Taxonomy". I: *Annual Review of Energy and the Environment* 25.1, s. 313–337. doi: 10.1146/annurev.energy.25.1.313. eprint: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>.
- (2000b). "INDUSTRIAL SYMBIOSIS: Literature and Taxonomy". I: *Annual Review of Energy and the Environment* 25.1, s. 313–337. doi: 10.1146/annurev.energy.25.1.313. eprint: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>.
- (2008). "Uncovering Industrial Symbiosis". I: *Journal of industrial ecology* 11, s. 11–30. doi: <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>.
- Climate Policy Watcher (21 mars 2023). *The Growth Of Environmental Awareness*. url : <https://www.climate-policy-watcher.org/earth-surface-2/the-growth-of-environmental-awareness.html> (hämtad 2023-03-21).
- Colthorpe, Andy (12 juni 2022). *World's biggest battery storage system comes back online after months of shutdown*. url : <https://www.energy-storage.news/worlds-biggest-battery-storage-system-comes-back-online-after-months-of-shutdown/> (hämtad 2023-03-09).
- Costa, Inês & Paulo Ferrão (2010). "A case study of industrial symbiosis development using a middle-out approach". I: *Journal of Cleaner Production* 18.10, s. 984–992. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.03.007>.
- Dalwigk, Ilka von, Johan Söderbom & Sara Ghaem (2021). *Vätgas för flexibelt och robust energisystem*, s. 1–21.

- DeCanio, Stephen J (1998). "The efficiency paradox: bureaucratic and organizational barriers to profitable energy-saving investments". I: *Energy Policy* 26.5, s. 441–454. issn: 0301-4215. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(97\)00152-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(97)00152-3).
- den Hond, F. (2001). "Industrial Ecology". I: *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. Utg. av Neil J. Smelser & Paul B. Baltes. Oxford: Pergamon, s. 7320–7326. isbn: 978-0-08-043076-8. doi: <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/04138-3>.
- Denscombe, Martyn (2021). *The good research guide : research methods for small-scale social research projects*. Seventh edition. London: Open University Press, McGraw Hill. isbn: 9780335249831.
- Deutz, Pauline (2014). "Food for Thought: Seeking the Essence of Industrial Symbiosis". I: *Pathways to Environmental Sustainability: Methodologies and Experiences*. Utg. av Roberta Salomone & Giuseppe Saija. Cham: Springer International Publishing, s. 3–11. isbn: 978-3-319-03826-1. doi: 10.1007/978-3-319-03826-1_1. url: https://doi.org/10.1007/978-3-319-03826-1_1.
- Dincer, Ibrahim & Marc A. Rosen (1998). "A worldwide perspective on energy, environment and sustainable development". I: *International Journal of Energy Research* 22.15, s. 1305–1321. doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-114X\(199812\)22:15<1305::AID-ER417>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-114X(199812)22:15<1305::AID-ER417>3.0.CO;2-H).
- Directorate general for internal policies (2016). *Boosting Building Renovation: What potential and value for Europe?*, s. 1–72.
- Dixit, Aarjan & Heather McGray (2012). *ANALYZING CLIMATE CHANGE ADAPTATION OPTIONS USING MULTI-CRITERIA ANALYSIS*. World Resources Institute (WRI).
- Durán, América P., Jonathan M. H. Green, Christopher D. West, Piero Visconti, Neil D. Burgess, Malika Virah-Sawmy & Andrew Balmford (2020). "A practical approach to measuring the biodiversity impacts of land conversion". I: *Methods in Ecology and Evolution* 11.8, s. 910–921. doi: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13427>. eprint: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/2041-210X.13427>.
- Ebrahimigharehbaghi, Shima, Queena K. Qian, Frits M. Meijer & Henk J. Visscher (2019). "Unravelling Dutch homeowners' behaviour towards energy efficiency renovations: What drives and hinders their decision-making?" I: *Energy Policy* 129, s. 546–561. issn: 0301-4215. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.046>.
- Energiföretagen (21 juni 2022). *Fjärrvärmens minskade koldioxidutsläpp*. url: <https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatik/fjarrvarmens-koldioxidutslapp/> (hämtad 2023-03-13).
- Eon (13 jan. 2023). *Fjärrvärmepris*. url: <https://www.eon.se/fjarrvarme/priser> (hämtad 2023-03-08).
- Europeiska kommissionen (2023). *G. Technology readiness levels (TRL)*. url: https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf (hämtad 2023-04-05).
- Europeiska Kommissionen (2012). *Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance*. Tekn. rapport. Brussels. url: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%5C3A32012L0027> (hämtad 2023-02-17).

- (2019). *Delivering the European Green Deal*. url : https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en (hämtad 2023-02-17).
 - (2020a). *Commission Decision (EU) 2020/1722 of 16 November 2020 on the Union-wide quantity of allowances to be issued under the EU Emissions Trading System for 2021*. Tekn. rapport. Brussels. url : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/GA/TXT/?uri=CELEX:32020D1722> (hämtad 2023-02-22).
 - (2020b). *Inrättande av en ram för att underlätta hållbara investeringar och om ändring av förordning (EU) 2019/2088*. Tekn. rapport. Brussels. url : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0852%5C&from=SV> (hämtad 2023-02-22).
 - (2021a). *'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality*. Tekn. rapport. Brussels. url : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%5C%3A52021DC0550> (hämtad 2022-01-17).
 - (14 juni 2021b). *Emissions cap and allowances*. url : https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/emissions-cap-and-allowances_en (hämtad 2023-02-22).
 - (2021c). *EU Taxonomy, Corporate Sustainability Reporting, Sustainability Preferences and Fiduciary Duties: Directing finance towards the European Green Deal*. Tekn. rapport. Brussels. url : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021DC0188> (hämtad 2023-02-22).
 - (2021d). *Free allocation*. url : https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation_en (hämtad 2023-02-22).
 - (14 juli 2021e). *Questions and Answers - Emissions Trading – Putting a Price on carbon*. url : https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_3542 (hämtad 2023-02-22).
 - (14 dec. 2022a). *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. url : https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en (hämtad 2023-02-22).
 - (2022b). *EU taxonomy for sustainable activities*. url : https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en (hämtad 2023-02-23).
 - (2023). *Energy efficiency directive*. url : https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en (hämtad 2023-02-17).
- Europeiska rådet (12 jan. 2023). *55 %-paketet*. url : <https://www.council.europa.eu/sv/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/#what> (hämtad 2023-02-16).
- Europeiska Unionen (2016). *Council Decision (EU) 2016/1841 of 5 October 2016 on the conclusion, on behalf of the European Union, of the Paris Agreement adopted under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Tekn. rapport, s. 1–3.
- (2018). *Industrial symbiosis*. url : https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/wp-content/uploads/2018/05/Industrial_Symbiosis.pdf (hämtad 2018-05).
- Feiz, Roozbeh & Jonas Ammenberg (2017). "Assessment of feedstocks for biogas production, part I—A multi-criteria approach". I: *Resources, Conservation and Recycling* 122,

- s. 373–387. issn: 0921-3449. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.019>.
- Finansdepartementet (5 april 2022). *En taxonomi för hållbara investeringar*. url: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/finansmarknad/taxonomi-ska-gora-det-enklare-att-identifi-era-och-jamfora-miljomassigt-hallbara-investeringar/> (hämtad 2023-02-23).
- Frauzem, Rebecca, Pichayapan Kongpanna, Kosan Roh, Jay H. Lee, Varong Pavarajarn, Suttichai Assabumrungrat & Rafiqul Gani (2015). "Chapter 7 - Sustainable Process Design: Sustainable Process Networks for Carbon Dioxide Conversion". I: *Sustainability of Products, Processes and Supply Chains*. Utg. av Fengqi You. Vol. 36. Computer Aided Chemical Engineering. Elsevier, s. 175–195. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63472-6.00007-0>.
- Frosch, Robert & Nicholas Gallopoulos (1992). "Towards an industrial ecology". I.
- Förenta Nationerna (2023). *Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period*. url: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period> (hämtad 2023-02-22).
- Gehrels, Franz (1991). "Underutilized Resources". I: *Essays in Macroeconomics of an Open Economy*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, s. 45–71. isbn: 978-3-642-95659-1. doi: 10.1007/978-3-642-95659-1_4. url: https://doi.org/10.1007/978-3-642-95659-1_4.
- Geissdoerfer, Martin, Doroteya Vladimirova & Steve Evans (2018). "Sustainable business model innovation: A review". I: *Journal of Cleaner Production* 198, s. 401–416. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.240>.
- Gillingham, Kenneth & Tsvetan Tsvetanov (2018). "Nudging energy efficiency audits: Evidence from a field experiment". I: *Journal of Environmental Economics and Management* 90, s. 303–316. issn: 0095-0696. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeeem.2018.06.009>.
- Granér, Oscar & Daniel Johansson (juni 2022). "The future of captured CO2: Analysis of the role of carbon capture, storage and utilisation in a sustainable Europe". I.
- Guo, Bin, Yong Geng, Thomas Sterr, Liang Dong & Yaxuan Liu (2016). "Evaluation of promoting industrial symbiosis in a chemical industrial park: A case of Midong". I: *Journal of Cleaner Production* 135, s. 995–1008. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.006>.
- Göteborg Energi (2023). *Vad påverkar fjärrvärmekostnaden?* url: <https://www.goteborgenergi.se/foretag/fjarrvarme/paverka-fjarrvarmekostnaden> (hämtad 2023-04-24).
- Göteborg energi (2023). *Energilagring från vind och sol*. url: <https://www.goteborgenergi.se/i-var-stad/artikel/bank/energilagring-fran-vind-och-sol-din-guide-i-lagringssdjungeln> (hämtad 2023-04-13).
- He, Meng, Youliang Jin, Huixiang Zeng & Jin Cao (2020). "Pricing decisions about waste recycling from the perspective of industrial symbiosis in an industrial park: A game model and its application". I: *Journal of Cleaner Production* 251, s. 119417. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119417>.
- Hedayat, Kamyar M. & Jean-Claude Lapraz (2019). "Chapter 5 - Symbiosis". I: *The Theory of Endobiogeny*. Utg. av Kamyar M. Hedayat & Jean-Claude Lapraz. Academic Press,

- s. 63–75. isbn: 978-0-12-816908-7. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816908-7.00005-0>.
- HEIP (2023). *Vad är HEIP?* url: <https://heip.se/vad-ar-heip/> (hämtad 2023-04-24).
- Hou, Guisheng, Yu Wang & Baogui Xin (2019). "A coordinated strategy for sustainable supply chain management with product sustainability, environmental effect and social reputation". I: *Journal of Cleaner Production* 228, s. 1143–1156. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.096>.
- Howarth, Richard B. & Bo Andersson (1993). "Market barriers to energy efficiency". I: *Energy Economics* 15.4, s. 262–272. issn: 0140-9883. doi: [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(93\)90016-K](https://doi.org/10.1016/0140-9883(93)90016-K).
- IEA (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*, s. 1–232.
- (2022a). *Direct Air Capture A key technology for net zero*.
- (27 sept. 2022b). *Heating*. url: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/heating> (hämtad 2023-03-22).
- IVA (2022). *Om vätgas och dess roll i elsystemet*, s. 1–68.
- Johnson, Hannes, Mikael Johansson & Karin Andersson (2014). "Barriers to improving energy efficiency in short sea shipping: an action research case study". I: *Journal of Cleaner Production* 66, s. 317–327. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.046>.
- Jørgensen, Sven Erik & Yuri M. Svirezhev (2004). "Chapter 5 - Work, exergy and information". I: *Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems*. Utg. av Sven Erik Jørgensen & Yuri M. Svirezhev. Oxford: Pergamon, s. 95–126. isbn: 978-0-08-044166-5. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-008044166-5/50005-7>.
- Kallio, Hanna, Anna-Maija Pietilä, Martin Johnson & Mari Kangasniemi (maj 2016). "Systematic methodological review: developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide". I: *Journal of Advanced Nursing* 72. doi: 10.1111/jan.13031.
- Kalundborg Symbiosis (2023). *Surplus from circular production*. url: <http://www.symbiosis.dk/en/> (hämtad 2023-01-25).
- Kim, Yong Jin, Edward J. Garrity & G. Lawrence Sanders (2003). "Success Measures of Information Systems". I: *Encyclopedia of Information Systems*. Utg. av Hossein Bidgoli. New York: Elsevier, s. 299–313. isbn: 978-0-12-227240-0. doi: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227240-4/00174-X>.
- Kirchherr, Julian, Laura Piscicelli, Ruben Bour, Erica Kostense-Smit, Jennifer Muller, Anne Huibrechtse-Truijens & Marko Hekkert (2018). "Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU)". I: *Ecological Economics* 150, s. 264–272. issn: 0921-8009. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>.
- Klaassen, Pieter & Idzard van Eeghen (2009). "Chapter 5 - Facing Reality: Implementing Economic Capital". I: *Economic Capital*. Utg. av Pieter Klaassen & Idzard van Eeghen. Boston: Elsevier, s. 213–241. isbn: 978-0-12-374901-7. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374901-7.00005-9>.
- Kleanthis, Nikos, Diamantis Koutsandreas, Charikleia Karakosta, Haris Doukas & Alexandros Flamos (2022). "Bridging the transparency gap in energy efficiency financing by co-designing an integrated assessment framework with involved actors". I: *Energy*

- Reports* 8, s. 9686–9699. issn: 2352-4847. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.07.066>.
- Lawal, Musa, Sharifah Rafidah Wan Alwi, Zainuddin Abdul Manan & Wai Shin Ho (2021). "Industrial symbiosis tools—A review". I: *Journal of Cleaner Production* 280, s. 124327. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124327>.
- Lee, Tzai-Chiao, Muhammad Khalid Anser, Abdelmohsen A. Nassani, Mohamed Ha ar, Khalid Zaman & Muhammad Moinuddin Qazi Abro (2021). "Managing Natural Resources through Sustainable Environmental Actions: A Cross-Sectional Study of 138 Countries". I: *Sustainability* 13.22. issn: 2071-1050. doi: 10.3390/su132212475.
- Lindahl, Mattias (2021). "Föreläsning om intervjumetod för examensarbete vid Linköpings universitet". I.
- Linde (2023). *Syrets användning*. url: https://www.linde-gas.se/sv/products_ren/gas_school/sol_uti_ons_oxygen/index.html (hämtad 2023-04-21).
- Lombardi, D. Rachel, Donald Lyons, Han Shi & Abhishek Agarwal (2012). "Industrial symbiosis: testing the boundaries and advancing knowledge." I: *Journal of industrial ecology* 16 (1). COMPLETED, s. 2–7. issn: 1088-1980. doi: 10.1111/j.1530-9290.2012.00455.x.
- Lombardi, Rachel & Peter Laybourn (febr. 2012). "Redefining Industrial Symbiosis". I: *Journal of Industrial Ecology - J IND ECOL* 16. doi: 10.1111/j.1530-9290.2011.00444.x.
- Lybæk, Rikke, Thomas Budde Christensen & Tobias Pape Thomsen (jan. 2021). "Enhancing Policies for Deployment of Industrial Symbiosis: What Are the Obstacles, Drivers and Future Way Forward?" I: *Journal of Cleaner Production* 280.2. issn: 0959-6526. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124351.
- Ma, Michelle (21 okt. 2022). *Direct air capture's hidden energy cost*. url: <https://www.protocol.com/bulletins/direct-air-capture-energy-use> (hämtad 2023-03-08).
- Madhu, Kavya, Stefan Pauliuk, Sumukha Dhathri & Felix Creutzig (2021). "Understanding environmental trade-offs and resource demand of direct air capture technologies through comparative life-cycle assessment". I: *Nature Energy* 5, s. 1035–1044. doi: <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00922-6>.
- Michellini, Gustavo, Renato N. Moraes, Renata N. Cunha, Janaina M.H. Costa & Aldo R. Ometto (2017). "From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition". I: *Procedia CIRP* 64. 9th CIRP IPSS Conference: Circular Perspectives on PSS, s. 2–6. issn: 2212-8271. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.012>.
- Mirata, Murat (2004). "Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: determinants and coordination challenges". I: *Journal of Cleaner Production* 12.8. Applications of Industrial Ecology, s. 967–983. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.031>.
- Naturskyddsföreningen (15 febr. 2023a). *Hur fungerar vätgas?* url: <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/hur-fungerar-vatgas/> (hämtad 2023-04-21).
- (2023b). *Vad är energi*. url: <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-energi/> (hämtad 2023-02-06).
- Naturvårdsverket (2022). *Klimatklivet - Vägledning om beräkning av utsläppsminskning*, s. 3–5.

- Neves, Angela, Radu Godina, Susana G. Azevedo & João C.O. Matias (2020). "A comprehensive review of industrial symbiosis". I: *Journal of Cleaner Production* 247, s. 119113. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>.
- Paramonova, Svetlana, Therese Nehler & Patrik Thollander (2021). "Technological change or process innovation – An empirical study of implemented energy efficiency measures from a Swedish industrial voluntary agreements program". I: *Energy Policy* 156, s. 112433. issn: 0301-4215. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112433>.
- Pavarini, Claudia (2018). *World Energy Outlook 2018*.
- Persson, Andreas (2016). *Frågor och svar : om frågekonstruktion i enkät- och intervjuundersökningar*. Stockholm: Statistiska centralbyrån (SCB).
- Petersson, Jeanette (13 mars 2023a). *Vad är energiinnehållet i naturgas, biogas och fordonsgas?* url : <https://www.energi.gas.se/fakta-om-gas/biogas/faq-om-biogas/vad-ar-energi-innehallet-i-naturgas-biogas-och-fordonsgas/> (hämtad 2023-04-14).
- (2023b). *Elektrobränsle möjlighet för svensk industri*. url : <https://www.ri.se/sv/berattelser/elektrobransle-mojlighet-for-svensk-industri> (hämtad 2023-04-14).
- Pinsky, Roxanne, Piyush Sabharwall, Jeremy Hartvigsen & James O'Brien (2020). "Comparative review of hydrogen production technologies for nuclear hybrid energy systems". I: *Progress in Nuclear Energy* 123, s. 103–317. issn: 0149-1970. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2020.103317>.
- Posch, Alfred, Abhishek Agarwal & Peter Strachan (nov. 2011). "Managing Industrial Symbiosis (IS) Networks". I: *Business Strategy and the Environment* 20, s. 421–427. doi: 10.1002/bse.736.
- Rapier, Robert (6 juni 2020). *Estimating The Carbon Footprint Of Hydrogen Production*. url : <https://www.forbes.com/sites/rrapier/2020/06/06/estimating-the-carbon-footprint-of-hydrogen-production/?sh=34595ceb24bd> (hämtad 2023-03-08).
- Ritchie, Hannah (4 juni 2021). *The price of batteries has declined by 97% in the last three decades*. url : <https://ourworldindata.org/battery-price-decline> (hämtad 2023-04-24).
- Rohdin, Patrik, Petter Solding & Patrik Thollander (2007). "Barriers to and drivers for energy efficiency in the Swedish foundry industry". I: *Energy Policy* 35.1, s. 672–677. issn: 0301-4215. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.01.010>.
- Rohdin, Patrik & Patrik Thollander (2006). "Barriers to and driving forces for energy efficiency in the non-energy intensive manufacturing industry in Sweden". I: *Energy* 31.12, s. 1836–1844. issn: 0360-5442. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2005.10.010>.
- Ryen, Anne & Sven-Erik Torhell (2004). *Kvalitativ intervju : från vetenskapsteori till fältstudier*. första upplagan. Malmö: Liber ekonomi. isbn: 9147072784.
- Schatz, Sayre P. (1959). "Underutilized Resources, Directed Demand, and Deficit Financing (Illustrated by Reference to Nigeria)". I: *The Quarterly Journal of Economics* 73.4, s. 633–644. issn: 00335533, 15314650.
- Siemens Energy (2023). *Intervju med interna personer på Siemens Energy*.
- Smet, Aaron De, Gerald Lackey & Leigh M. Weiss (21 juni 2017). *Untangling your organization's decision making*. url : <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/untangling-your-organizational-decision-making> (hämtad 2023-04-05).

- Smith, Erin, Jennifer Morris, Haroon Khashgi, Gary Teletzke, Howard Herzog & Sergey Paltsev (2021). "The cost of CO₂ transport and storage in global integrated assessment modeling". I: *International Journal of Greenhouse Gas Control* 109, s. 103367. issn: 1750-5836. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103367>.
- Sonel, Edanur, Seyda Gur & Tamer Eren (2022). "Analysis of factors affecting industrial symbiosis collaboration". I: *Environmental Science and Pollution Research* 1, s. 8479–8486. doi: 10.1007/s11356-021-16213-2. eprint: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16213-2>.
- Sorrell, S., J. Schleich, S. Scott, E. O'Malley, F. Trace, U. Böde, D. Köwener, W. Manns-bart, K. Ostertag & P. Radgen (2000). *Reducing barriers to energy efficiency in private and public organisations. Final Report*. doi: 10.24406/publica-fhg-290677.
- Statista (5 jan. 2023). *Average annual prices of lithium-ion battery packs from 2010 to 2022*. url: <https://www.statista.com/statistics/1042486/india-lithium-ion-battery-packs-average-price/> (hämtad 2023-03-08).
- Sundlöf, Camilla, Energi- och systemanalys & ÅF-Energikonsult AB (2003). *Energianvändning i industrin*, s. 1–19.
- SWECO (2023). *Industriell symbios*. url: <https://www.sweco.se/vart-erbjudande/vatten-energi-och-industri/industri/industriell-symbios/> (hämtad 2023-02-01).
- Södergren, Karolina & Jenny Palm (2021). "The role of local governments in overcoming barriers to industrial symbiosis". I: *Cleaner Environmental Systems* 2, s. 100014. issn: 2666-7894. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100014>.
- Talukder, Byomkesh, Alison Blay-Palmer, Keith W. Hipel & Gary W. VanLoon (2017). "Elimination Method of Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): A Simple Methodological Approach for Assessing Agricultural Sustainability". I: *Sustainability* 9.2. issn: 2071-1050. doi: 10.3390/su9020287.
- Tekniska Verken (29 april 2021). *Jättetermos hjälper Linköping mot målet att bli koldioxidneutrala 2025*. url: <https://via.tt.se/pressmeddelande/jattetermos-hjalper-linkoping-mot-malet-att-bli-koldioxidneutrala-2025?publisherId=2746664%5C&rel easeId=3295502%5C&lang=sv> (hämtad 2023-03-09).
- (2023). *Dina matrester blir till biogas och biogödsel*. url: <https://www.tekniskaverken.se/pri vat/avfall-och-atervi nni ng/grona-pasen/> (hämtad 2023-01-25).
- Tesla (2023). *Commercial Energy*. url: <https://www.tesla.com/commercial> (hämtad 2023-04-24).
- Thollander, Patrik & Mikael Ottoson (2008). "An energy efficient Swedish pulp and paper industry – exploring barriers to and driving forces for cost-effective energy efficiency investments." I: *Energy Efficiency* 1, s. 21–34. doi: <https://doi.org/10.1007/s12053-007-9001-7>.
- Thollander, Patrik, Magnus Wallén, Patrik Rhodin, Jakob Rosenqvist & Johan Wollin (2020). *Introduction to industrial energy efficiency: energy auditing, energy management, and policy issues*. London: Academic Press. isbn: 9780128172476.
- Trading Economics (22 febr. 2023). *EU Carbon Permits*. url: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon> (hämtad 2023-02-22).
- United Nations (2015). *Paris agreement*. url: https://unfccc.int/sites/default/files/engli sh_pari s_agreement.pdf (hämtad 2023-03-21).

- Uusikartano, Jarmo, Puja Saha & Leena Aarikka-Stenroos (2022). "The industrial symbiosis process as an interplay of public and private agency: Comparing two cases". I: *Journal of Cleaner Production* 344, s. 130996. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130996>.
- Valentine, Scott Victor (2016). "Kalundborg Symbiosis: fostering progressive innovation in environmental networks". I: *Journal of Cleaner Production* 118, s. 65–77. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.061>.
- Walletun, Håkan & Carl-Johan Bondesson (2023). *Återvinning av restvärme genom industrisamverkan i Finspång*, s. 1–20.
- Vattenfall (2023). *Battery storage systems*. url: <https://group.vattenfall.com/what-we-do/roadmap-to-fossil-freedom/decentralised-solutions/energy-storage> (hämtad 2023-04-24).
- WCED (1987). *Our common future*, s. 1–307.
- Velthuisen, J W (juni 1995). *Determinants of investment in energy conservation*.
- Whittington, Richard, Patrick Regnér, Angwin Duncan, Gerry Johnson & Kevan Scholes. (2020). *Exploring Strategy*. Harlow: Pearson Education Limited.
- World Economic Forum (24 maj 2022). *Why the circular economy is the business opportunity of our time*. url: <https://www.weforum.org/agenda/2022/05/why-the-circular-economy-is-the-business-opportunity-of-our-time/> (hämtad 2023-03-21).
- Vätgas Sverige (2023). *FAQ*. url: <https://vatgas.se/fakta/faq/> (hämtad 2023-04-14).
- Younas, Muhammad, Sumeer Shafique, Ainy Hafeez, Fahad Javed & Fahad Rehman (2022). "An Overview of Hydrogen Production: Current Status, Potential, and Challenges". I: *Fuel* 316, s. 123317. issn: 0016-2361. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123317>.
- Yuan, Zengwei & Lei Shi (2009). "Improving enterprise competitive advantage with industrial symbiosis: case study of a smeltery in China". I: *Journal of Cleaner Production* 17.14. Advances in Life-Cycle Approaches to Business and Resource Management in the Asia-Pacific Region, s. 1295–1302. issn: 0959-6526. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.03.016>.

Bilaga A

Intervjuguide

Inledning:

- Innan vi börjar tänkte jag höra om det är okej att jag spelar in intervjun?
- Är det okej om jag använder oss av det du säger i arbetet, får jag använda din titel som beskrivning?
- Jag tänkte börja med att du kunde få berätta lite om vem du är, vilken position och ansvarsområden du har på företaget och hur länge har du arbetat med det du gör just nu?
- Vad arbetade du med tidigare?

Beslutsfattande:

- Hur ofta befinner du dig i en position där du måste fatta relativt stora beslut som påverkar flera delar i företag?
- När du ska ta ett beslut vad anser du då är de viktigaste delarna?
- Tar du beslutet helt själv eller är det fler personer involverade?
- Är även andra avdelningar inblandade?
- Vilka tidigare lösningar har ni diskuterat?
- Vad var det som gjorde att dessa inte ansågs relevanta?
- Finns det vissa saker som måste vara uppfyllda för att ett beslut ska godkännas?
- Hur stor beaktning har ni för tidsaspekten vid val av en lösning?
- Hur stor budget har du att röra dig med innan det behövs tillstånd högre uppifrån?
- Hur lång återbetalningstid skulle vara accepterat?
- Vilka är de viktigaste aktörerna vid beslutsfattning?

Kriterier:

- Av de tre aspekterna social, ekonomisk och miljömässig vilken anser du är den viktigaste vid val av lösning? Varför?

- Om det inte är någon av dessa vilken är det då?
- Måste varje aspekt vara uppfylld till viss del eller räcker det att endast en är uppfylld.
- Om ja, även om det leder till negativ miljömässig eller social påverkan exempelvis?
- Om ni hade valet av att antingen använda energin själva internt på SE eller samarbeta med en extern part vad hade ni föredragit? Varför?
- Vad för typ av lösning tror du skulle passa?
- Vad är en red flag som gör att en lösning absolut inte skulle implementeras?
- Finns det några aspekter som måste uppfyllas, ex tekniska?
- Hur skulle diskussionen se om ni hade behövt välja mellan att implementera lösning 1 eller 2?
- Vilka tekniska, miljömässiga och ekonomiska krav finns det kopplat till testkörningarna av turbinerna?

Övrigt:

- Är det något du upplever jag missat att ta upp som du anser är relevant?
- Finns det någon du anser att jag borde prata med för att få en bättre förståelse?
- Vill du ta del av arbetet sen för att dubbelkolla att jag har tolkat allt rätt?