



UPPSALA  
UNIVERSITET

UPTEC STS 26022

Examensarbete 30 hp

Juni 2026

# Framtidens fjärrvärme

Värmeproduktion genom spillvärme från datacenter och små modulära reaktorer

---

Matilda Bröms & Hanna Lundin



UPPSALA  
UNIVERSITET

## The Future of District Heating Systems: Integrating Waste Heat from Data Centers and Small Modular Reactors

---

Matilda Bröms & Hanna Lundin

### Abstract

Heating is the largest end-use of energy globally and a major source of emissions. In Sweden, district heating plays a key role and is largely based on renewable and recovered energy, but challenges remain, including peak-load fossil use, biomass competition, and aging infrastructure. This master's thesis investigates the feasibility of integrating waste heat from data centers and small modular reactors (SMRs) into Swedish district heating systems, focusing on their combined potential. It analyzes how different sizing strategies affect technical performance, economic feasibility, and resource efficiency. This was complemented with a literature review and insights from interviews with experts which illustrated trends within technology, regulations, and energy market. The study is based on a generalized Swedish district heating system using Stockholm climate data. Several scenarios were developed where heat supply from data centers and SMRs were dimensioned according to summer demand, winter demand, and average annual demand.

The qualitative results show that the integration of waste heat is primarily influenced by technical constraints, economic incentives, and regulatory conditions. At the same time, factors such as seasonal demand variations, geographic proximity, and stakeholder collaboration are critical for practical feasibility. Furthermore, dimensioning plays a crucial role in overall performance. A system dimensioned for summer demand achieved a high utilization rate but a relatively low coverage rate, indicating insufficient capacity during winter peaks. In contrast, winter-based dimensioning achieved a high coverage rate but a significantly lower utilization rate, due to excess heat during large parts of the year, resulting in unfavorable economic outcomes. Dimensioning based on average annual demand provided a balanced alternative with more stable economic results.

Economic analysis indicates data center solutions are more sensitive to electricity prices and heat pump performance, while the SMR-based solution generally achieves lower heat production costs (LCOE). The study concludes that the optimal sizing strategy depends strongly on local conditions, including fuel alternatives, electricity prices, and system-specific demand patterns.

**Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten**

**Uppsala universitet, Utgivningsort Uppsala**

Handledare: Julia Crafoord Ämnesgranskare: Mikeal Höök

Examinator: Elísabet Andrésdóttir

# Populärvetenskaplig sammanfattning

Allt högre press ställs på att energisystem ska vara hållbara och fria från fossila bränslen, samtidigt elektrifieras samhället och behovet av el och värme ökar. Fjärrvärmens spelar idag en viktig roll i Sveriges energisystem i form av uppvärmning, men står inför utmaningar som ökade bränslepriser, konkurrens om biobränslen och behovet att minska sin klimatpåverkan ytterligare. Det blir därmed allt mer intressant att undersöka nya sätt att producera och återvinna värme på ett förbränningsfritt sätt.

Mot bakgrund av detta undersökte denna studie två potentiella värmekällor; spillvärme från datacenter och återvunnen värme från små modulära reaktorer (SMR). Datacenter som driver digitala tjänster som AI och molntjänster expanderar allt mer i både storlek och antal, vilket genererar stora mängder värme som ofta går till spillo. SMR är en typ av mindre kärnkraftreaktor som har möjlighet att producera både el och värme på ett flexibelt sätt. Därmed kan SMR även bidra till ett mer stabilt elnät vilket kan påskynda etablering av datacenter ännu mer. Syftet med denna rapport har varit att explorativt undersöka förutsättningarna för att integrera spillvärme från datacenter och SMR i fjärrvärmesystem. Vidare undersöktes hur olika sätt att dimensionera systemen påverkar både teknisk prestanda och ekonomisk lönsamhet. För att göra detta använde studien en kombination av litteraturstudie, intervjuer med experter samt modellering av sätt att integrera systemen. Flera scenarier analyserades där datacenter och SMR användes var för sig eller tillsammans, och där systemen dimensionerades efter olika nivåer av värmebehov över året.

Resultaten visade att båda teknikerna har stor potential, men med olika utmaningar. Datacenter producerar värme kontinuerligt men kräver ofta värmepumpar för att höja temperaturen till nivåer som passar fjärrvärmenätet. Detta gör lösningen känslig för driftkostnader i form av elpris. SMR däremot kan leverera värme med hög temperatur direkt och är mer stabil och planerbar, men kräver stora initiala investeringar och påverkas av regulatoriska och samhällseliga faktorer. Vidare visar resultaten att val av dimensioneringsstrategi innebär tydliga avvägningar. Dimensionering av anläggningarna mot sommarbehov ger hög utnyttjandegrad men låg täckning vintertid, medan dimensionering mot vinterbehov täcker nästan hela efterfrågan men leder till stora mängder outnyttjad värme under resten av året. Högre utnyttjandegrad var mer lönsam, men vilken strategi som är mest ekonomisk lämplig beror i stor utsträckning på den lokala kontexten, såsom alternativa bränslekostnader, elpriser och specifika fjärrvärmenätförutsättningar.

Kombinationen av datacenter och SMR kan ge synergieffekter där de olika egenskaperna kompletterar varandra och bidrar till ett mer flexibelt energisystem. Därigenom visar studien att integration av spillvärme från de två värmekällorna kan bidra till en mer inhemsk produktion och ökad resurseffektivitet i fjärrvärmesystemet. Samtidigt kräver en framgångsrik implementering noggrann dimensionering, ekonomiska incitament och anpassade regelverk. Kombinationen av de tre teknikerna har således potential att spela en viktig roll i framtidens hållbara energisystem, men ytterligare utveckling och samarbete mellan de olika aktörerna är avgörande för att realisera detta.

# Akronymer

|                    |                                                             |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|
| CAPEX              | Investeringskostnad (Capital Expenditure)                   |
| COP                | Värmefaktor för värmepump (Coefficient of Performance)      |
| GWh                | Gigawattimme                                                |
| HDH                | Gradtimmar (Heating Degree Hour)                            |
| IRR                | Internränta (Internal rate of return)                       |
| LCOE               | Genomsnittlig produktionskostnad (Levelized cost of energy) |
| MW                 | Megawatt (effekt)                                           |
| MWe                | Megawatt elektrisk effekt                                   |
| MWh                | Megawattimme                                                |
| NPV                | Nettonuvärde (Net present value)                            |
| OPEX               | Driftkostnad (Operational Expenditure)                      |
| PUE                | Effektanvändningseffektivitet (Power Usage Effectiveness)   |
| SE1, SE2, SE3, SE4 | Svenska elområden                                           |
| SMR                | Små modulär reaktor (Small modular reactors)                |

# Innehållsförteckning

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 1. Inledning .....                                 | 1  |
| 1.1 Syfte och frågeställningar .....               | 2  |
| 1.2 Avgränsningar.....                             | 2  |
| 2. Bakgrund.....                                   | 3  |
| 2.1 Fjärrvärmesystemets utveckling .....           | 3  |
| 2.2 Bränslemix och produktionsstruktur.....        | 4  |
| 2.3 Datacenter .....                               | 6  |
| 2.4 Kärnkraft och SMR.....                         | 8  |
| 3. Metod .....                                     | 10 |
| 3.1 Val av metod.....                              | 10 |
| 3.2 Översikt över forskningsprocessen .....        | 10 |
| 3.3 Datainsamling .....                            | 10 |
| 3.3.1 Litteraturstudie.....                        | 11 |
| 3.3.2 Intervjuer med experter.....                 | 12 |
| 3.4 Modellering.....                               | 13 |
| 3.4.1 Modellering av fjärrvärmebehovet .....       | 13 |
| 3.4.2 Värmeberäkning av datacenter .....           | 14 |
| 3.4.3 Värmeberäkning av SMR .....                  | 16 |
| 3.5 Lönsamhetsparametrar och ekonomiska data ..... | 17 |
| 3.5.1 CAPEX och OPEX för datacenter .....          | 17 |
| 3.5.2 CAPEX och OPEX för SMR .....                 | 18 |
| 3.5.3 LCOE .....                                   | 19 |
| 3.5.4 NPV .....                                    | 20 |
| 3.5.5 IRR.....                                     | 20 |
| 3.6 Scenarion och känslighetsanalys.....           | 21 |
| 3.6.1 Scenarioupbyggnad.....                       | 21 |
| 3.6.2 Känslighetsanalys .....                      | 22 |
| 4. Resultat och analys .....                       | 24 |
| 4.1 Kartläggning av datacenter och SMR.....        | 24 |
| 4.1.1 Kartläggning av datacenter .....             | 24 |
| 4.1.2 Kartläggning av SMR .....                    | 25 |

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.3 Samlokalisering av datacenter och SMR .....                                | 26 |
| 4.2 Empiriska resultat från intervjuer .....                                     | 27 |
| 4.2.1 Potential och begränsningar .....                                          | 27 |
| 4.2.2 Tekniska förutsättningar .....                                             | 28 |
| 4.2.3 Ekonomiska incitament.....                                                 | 29 |
| 4.3 Dimensionering efter belastningsnivå.....                                    | 30 |
| 4.3.1 Dimensionering baserad på sommarbehov .....                                | 31 |
| 4.3.2 Dimensionering baserad på vinterbehov.....                                 | 33 |
| 4.3.3 Dimensionering baserad på genomsnittsbehov.....                            | 34 |
| 4.4 Fördelning mellan värmekällor.....                                           | 36 |
| 4.5 Känslighetsanalys .....                                                      | 38 |
| 4.5.1 Känslighetsanalys datacenter .....                                         | 38 |
| 4.5.2 Känslighetsanalys SMR.....                                                 | 42 |
| 5. Diskussion.....                                                               | 46 |
| 5.1 Tekniska förutsättningar .....                                               | 46 |
| 5.2 Regulatoriska förutsättningar.....                                           | 47 |
| 5.3 Marknadsmässiga förutsättningar .....                                        | 47 |
| 5.4 Dimensioneringens betydelse för systemprestanda och lönsamhet.....           | 48 |
| 5.4.1 Tre dimensioneringsstrategier – tre olika roller i fjärrvärmesystemet..... | 48 |
| 5.4.2 Datacenter och SMR som konkurrerande och kompletterande värmekällor .....  | 51 |
| 5.5 Framtida studier .....                                                       | 52 |
| 6. Slutsatser .....                                                              | 53 |
| Referenser .....                                                                 | 55 |
| Appendix A1 .....                                                                | 61 |
| Appendix A2.....                                                                 | 62 |
| Appendix B .....                                                                 | 64 |

# 1. Inledning

Uppvärmning står idag för den största slutliga energianvändningen globalt och står för nästan hälften av energikonsumtionen, varav tillförsel av värme står för mer än 40% av de energirelaterade utsläppen (IEA, 2021). I Sverige är fjärrvärme den dominerande uppvärmningsformen och svarar för mer än hälften av uppvärmningen av bostäder och lokaler (Abdirisak & Hammes, 2024). Trots att svensk fjärrvärmeproduktion redan till 97 % består av förnybar eller återvunnen energi (Rydegran, 2024) kvarstår strukturella utmaningar: fossila bränslen används vid värmelasttoppar, konkurrensen om biobränslen ökar och äldre produktionsanläggningar behöver ersättas (Energimyndigheten, 2023). Dessutom ställer EU:s skärpta energidirektiv från 2023 krav på fullständig utfasning av fossila bränslen och ett helt dekarboniserat fjärrvärmenät till 2050 (Nordman m.fl., 2024). Beroendet av importerade bränslen gör dessutom systemet sårbart för geopolitiska störningar och volatila internationella marknader, något som de senaste årens utveckling på europeiska energimarknader tydligt har illustrerat (Török, 2026; Energimyndigheten, 2023; Nordman m.fl. 2024). Detta skapar ett behov av inhemska, planerbara och fossilfria värmekällor.

Två tekniker med potential att uppfylla just detta behov växer nu fram parallellt i det svenska energisystemet, men har hittills i stor utsträckning analyserats var för sig. Den första är spillvärme från datacenter. Sveriges snabba datacenterexpansion, driven av ökad efterfrågan på AI, molntjänster och 5G, genererar kontinuerligt stora mängder värme (IEA, 2025b). Tidigare har låga spillvärmtemperaturer begränsat den ekonomiska lönsamheten i fjärrvärmeintegration (Wahlroos m.fl., 2017), men den tekniska utvecklingen mot vätskekylda system med högre arbetstemperaturer förändrar denna förutsättning (Ebrahimi m.fl., 2014; Ravi m.fl., 2026). Den andra tekniken är små modulära reaktorer (SMR). Datacenterexpansionen belastar ett elnät som redan står inför kapacitetsbrist, och SMR har identifierats som en lösning på behovet av planerbar och fossilfri elektrisk baskraft (Håkansson m.fl., u.å.; World Nuclear Association, 2025). Utöver elproduktion kan SMR tillämpa kombinationsdrift och leverera högttemperaturvärme direkt till fjärrvärmenät, vilket höjer den totala energiutnyttjandegraden markant (Håkansson m.fl., u.å.).

Att betrakta teknikerna tillsammans utgör ett intressant system. Samlokalisering av datacenter och SMR skapar förutsättningar för synergier där stabil inhemsk elförsörjning kombineras med kontinuerlig värmeproduktion (Wegrzyn & Carlini, 2024). Som ett sammanhängande energisystem integrerat med fjärrvärme är denna kombination dock ännu lite studerad. Ullman m.fl. (2026) utgör ett undantag och konstaterar att kärnvärme i kombination med datacenter kan bidra avsevärt till dekarbonisering av fjärrvärmesystem och samtidigt ge påtagliga ekonomiska fördelar. Mot denna bakgrund syftar denna studie till att explorativt undersöka förutsättningarna för att integrera spillvärme från datacenter och SMR i svenska fjärrvärmesystem.

## 1.1 Syfte och frågeställningar

Studiens syfte är att explorativt undersöka förutsättningarna för och potentialen med att integrera spillvärme från datacenter och SMR i svenska fjärrvärmesystem. Samt att analysera hur olika dimensioneringsstrategier påverkar systemets tekniska och ekonomiska prestanda. Detta med utgångspunkt i frågeställningarna:

1. Vilka tekniska, regulatoriska och marknadsmässiga förutsättningar präglar möjligheterna att integrera spillvärme från datacenter och SMR i svenska fjärrvärmesystem?
2. Hur påverkar olika dimensioneringsstrategier systemets täckningsgrad, utnyttjandegrad och ekonomiska lönsamhet vid integration av spillvärme från datacenter och SMR i ett fjärrvärmesystem?

Den första frågeställningen besvaras genom en kvalitativ litterär kartläggning, kompletterad med intervjuer med aktörer inom SMR, datacenter och fjärrvärme. Den andra frågeställningen tar stöd i den kvalitativa undersökningen men avses besvaras genom modellering av tekniska och ekonomiska parametrar.

## 1.2 Avgränsningar

I denna studie analyserades integration av spillvärme från datacenter och SMR i fjärrvärmesystem ur ett övergripande fjärrvärmeaktörsperspektiv. Analysen baserades på ett svenskt generaliserat fjärrvärmesystem där klimatdata samt el- och effektpriser från Stockholm användes som referens. De ekonomiska analyserna baserades på svenska generaliserade antaganden och till stor del årsperspektiv, vilket innebar att kortsiktiga variationer i fjärrvärmepriser och driftförhållanden inte analyserades. Vidare avgränsades studien till att endast inkludera de delar av systemen som är relevanta för anslutning och värmeleverans till fjärrvärmenätet, vilket innebar att fullständiga investerings- och driftförutsättningar för datacenter och SMR-anläggningar inte inkluderades. Modelleringen omfattade enbart värmeflöden och relaterade kostnader, medan en mer detaljerad analys av elsystemets dynamik i systemet lämnades utanför studiens omfattning.

## 2. Bakgrund

I detta kapitel presenteras en översikt av relevant bakgrundsinformation som ligger till grund för studien. Inledningsvis beskrivs fjärrvärmesystemets historiska utveckling och uppbyggnad, följt av en genomgång av dess nuvarande bränslemix och produktionsstruktur. Därefter beskrivs datacenters energianvändning och potential för spillvärmeåtervinning. Slutligen introduceras kärnkraft och små modulära reaktorer som möjliga kraftvärmekällor, samt deras roll i framtidens energisystem.

### 2.1 Fjärrvärmesystemets utveckling

Fjärrvärmens utveckling har formats av skiftande drivkrafter under olika tidsperioder, vilket har resulterat i att systemen i Sverige ser olika ut beroende på när de byggdes ut (Fälting m.fl., 2025). De första centraliserade uppvärmningssystemen var ångbaserade och drevs på kol och olja med höga drifttemperaturer. Under 1900-talets andra hälft etablerades fjärrvärmenät i ett trettiotal svenska städer, primärt i form av kraftvärmeverk med kombinerad el- och värmeproduktion (Fälting m.fl., 2025). Den teknik som dominerar idag, tredje generationens fjärrvärme, introducerades som en konsekvens av oljekrisen på 1970-talet. Systemet kännetecknas av lägre nättemperaturer, runt 80–120 °C, och ett diversifierat bränsleunderlag, vilket minskade beroendet av importerad olja och förbättrade försörjningstryggheten (Fälting m.fl., 2025). Den pågående energiomställningen driver nu fram ett skifte mot fjärde generationens fjärrvärme. Konceptet definieras av ytterligare sänkta distributionstemperaturer, typiskt runt 55–65 °C, och en större integration med smarta energisystem där värme- och elsystemet samverkar (Vattenfall, 2021).

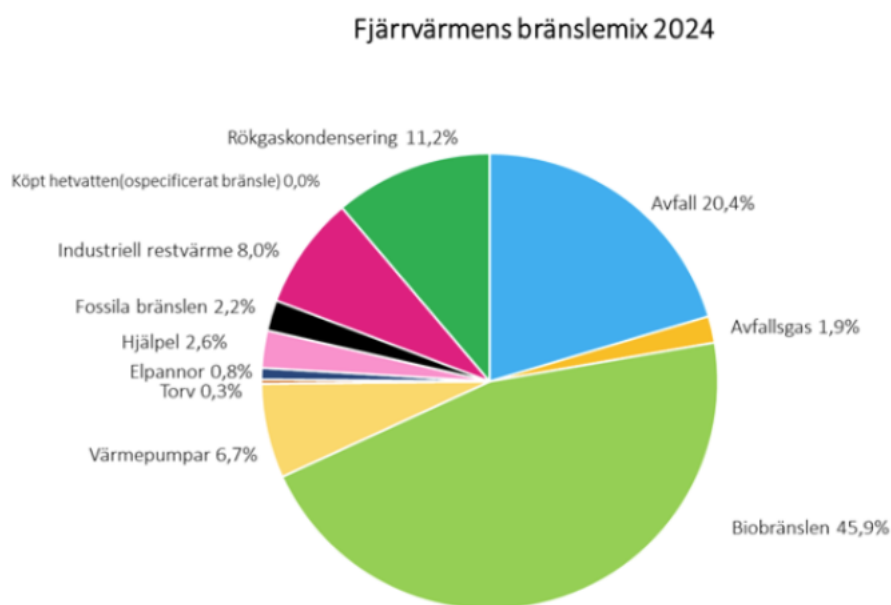
Idag är fjärrvärme den dominerande uppvärmningsformen i Sverige och svarar för mer än hälften av den totala uppvärmningen av bostäder och lokaler, varav 90 % av flerbostadshusen och 78 % av landets lokaler är anslutna (Abdirisak & Hammes, 2024; Energimyndigheten, 2026a). Det finns idag över 500 fjärrvärmesystem i landet, ägda och drivna av kommuner, statliga verksamheter och privata energibolag. Avsaknaden av konkurrens inom respektive nät, eftersom varje nät oftast har en enda leverantör, påverkar prissättningsstrukturen, som 2020 uppgick till 86 olika prismodeller bland 136 fjärrvärmeföretag (Abdirisak & Hammes, 2024). Priserna påverkas av olika faktorer, varav pris för insatt bränsle är den tyngst vägande faktorn. Även elpris, elområde samt kostnader för alternativa uppvärmningssätt och nätstorlek är faktorer som spelar in i prissättningen (Abdirisak & Hammes, 2024).

Ökade krav kopplade till hållbarhet och klimat formar fjärrvärmemarknadens utveckling, där en central inriktning är att öka andelen förnybar fjärrvärmeproduktion (Rydegran, 2024.). Klimatmålen och EU:s skärpta energidirektiv från 2023 innebär att fjärrvärmesektorn måste fasa ut fossila bränslen och att näten från 2050 ska vara helt förnybart (Nordman m.fl., 2024). Trots att Sveriges fjärrvärmeproduktion 2024 redan till 97 % bestod av förnybar eller återvunnen energi (Burstein, 2024) kvarstår strukturella utmaningar: värmelasttoppar täcks

delvis med fossila bränslen, biobränslekonkurrensen ökar och äldre produktionsanläggningar behöver ersättas (Energimyndigheten, 2023).

## 2.2 Bränslemix och produktionsstruktur

Fjärrvärmeproduktionen i Sverige domineras av biobränslen, som 2024 svarade för cirka 45% av bränslemixen, följt av avfall (20%), värmepumpar (6,7%) och industriell restvärme (8%), illustrerat i figur 1 (Rydegran, 2024). Fossila bränslen och torv utgjorde knappt 2,5% och ska enligt EU-direktiv fasas ut till 2050 (Energimyndigheten, 2023). Bränslemixen skiljer sig dock mellan olika kommuner beroende på vilka anläggningar som finns i respektive nät (Energimarknadsinspektionen, 2021).



*Figur 1. Bränslemixen i fjärrvärmeproduktionen i Sverige 2024 (Rydegran, 2024).*

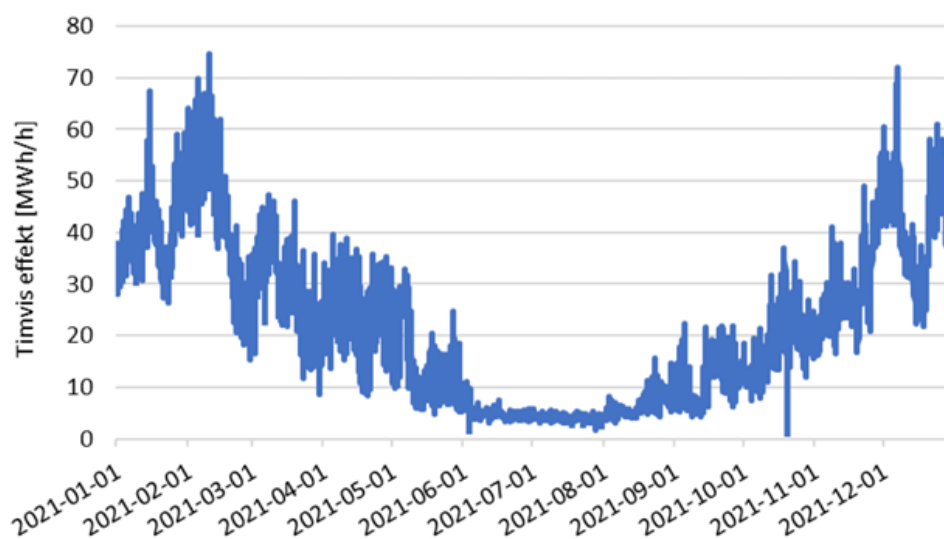
Biobränslets ställning utmanas i takt med att allt fler sektorer konkurrerar om samma råvaror vid avvecklingen av fossila bränslen då fler sektorer ser biomassa som ett bra alternativ (Energimyndigheten, 2023; Region Stockholm, 2025). Priset har dessutom ökat betydligt de senaste åren till följd av geopolitiska faktorer, exempelvis kriget mellan Ryssland och Ukraina, länder som tidigare stod för stora delar av biobränsleleveranserna (Varberg Energi, 2025).

Avfallsförbränningen är ekonomiskt attraktiv då fjärrvärmeproducenterna får betalt både för avfallshanteringen samt för försäljning av fjärrvärmen, där Sverige även agerar importör av avfall från flera länder (Energimyndigheten, 2023). Avfallsförbränningen har gjort att mängden sopor som går på deponi minimerats samtidigt som värmen från förbränningen utnyttjas. Industriell spillvärme är värme som återvinns från industriella processer eller verksamheter som producerar överskottsvärme. Hur mycket spillvärme ett fjärrvärmenät kan ta emot beror på temperaturnivåer samt lokala förutsättningar, exempelvis hur stor andel spillvärme som redan tas emot. Men även geografisk placering och fjärrvärmesystemets tryck i

anslutningspunkten är avgörande (Nordman m.fl., 2024; Abdirisak & Hammes, 2024). Värmen kan återvinnas till fjärrvärmenätet antingen med direktanslutning, vid tillräckligt höga temperaturer, eller upphöjd vid behov. Denna temperaturhöjning görs primärt via värmepumpar som drivs på el, vilka står för 6,7% av den totala produktionsmixen, och värmepriset blir därför beroende av elmarknaden (Rydegran, 2024).

Utöver tekniska och geografiska aspekter präglas spillvärmeintegration även av marknadsmässiga faktorer. Det saknas en generell, strukturerad marknad för spillvärme i Sverige, vilket innebär att villkor och ersättning fastställs genom individuella avtal mellan parterna (Nordman m.fl., 2024). Vanliga avtalsmodeller baseras på alternativ bränslekostnad, marginalkostnad för annan produktion eller delning av överskottet från värmeförsäljningen. Avtalen inkluderar ofta även tekniska krav på exempelvis effekt, temperatur och tryck för att möta fjärrvärmenätets behov (Nordman m.fl., 2024).

Fjärrvärmebehovet är starkt säsongs- och väderberoende, vilket innebär att produktionens lastprofil varierar över året. Under kalla perioder ökar efterfrågan och kräver högre temperaturer i nätet, medan behovet är betydligt lägre under sommarhalvåret vilket illustreras i figur 2 (Blomqvist, 2024).



Figur 2. Timvis fjärrvärmeproduktion för Katrineholm år 2021 (Blomqvist, 2024).

För att hantera dessa variationer delas fjärrvärmeproduktionen vanligtvis in i bas-, mellan- och spetslast (Energimyndigheten, 2023). Baslasten utgör systemets grund och körs många drifttimmar samt kännetecknas av relativt höga investeringskostnader men låga rörliga kostnader, ofta baserade på exempelvis avfall och biomassa. Spetslast används vid tillfälliga effekttoppar och kännetecknas av låga investeringskostnader men höga rörliga kostnader. Mellanlast utgör ett komplement mellan dessa och körs färre timmar än baslasten, men med högre rörliga kostnader. Vid planering av ny produktion behöver denna uppdelning beaktas för

att säkerställa att systemet kan möta varierande värmebehov på ett kostnadseffektivt sätt (Energimyndigheten, 2023).

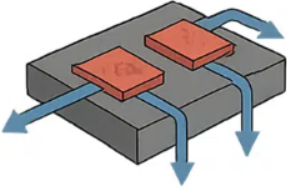
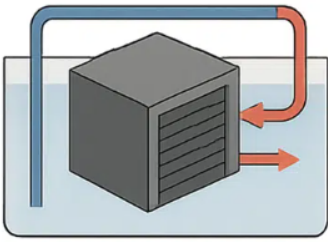
## 2.3 Datacenter

I takt med den ökade digitaliseringen har den globala efterfrågan på datacenter, som tillhandahåller servrar för lagring, bearbetning och distribution av stora mängder data, ökat markant (McKinsey & Company, 2025). Datacenter är en energiintensiv verksamhet och International Energy Agency (2025a) identifierar tekniker som AI, 5G och molnbaserade tjänster som centrala drivkrafter bakom branschen växande energibehov. Dessa tekniker kräver större datamängder och högre beräkningskapacitet, vilket i sin tur ökar behovet av fler och mer kraftfulla hyperscale-datacenter. Ett hyperscale-datacenter är en storskalig datacenteranläggning utformad för att kunna hantera mycket stora mängder data och digitala tjänster genom hög grad av skalbarhet, standardisering och automatisering (IEA, 2025a). År 2022 stod datacenter (exklusive kryptovalutautvinning, som i sig bedöms stå för en ännu större andel (Morey m.fl., 2024)) för cirka 1,5 % av den globala elanvändningen (IEA, 2025a), och prognoser indikerar att denna andel kan mer än fördubblas fram till år 2030 (IEA, 2025a).

Datacenter måste upprätthålla kontinuerlig och driftsäker funktion dygnet runt, vilket skapar ett konstant kylbehov eftersom serverna genererar stora mängder värme (Yuan m.fl., 2023). Sverige har därmed blivit en attraktiv etableringsplats för datacenter på grund av sitt svala klimat, sin fossilfria och stabila elförsörjning samt välutvecklade digital infrastruktur (Minde, 2023). Den ökade användningen av beräkningstunga tekniker, särskilt AI, innebär dock att serverna arbetar med högre intensitet och därmed kräver mer el, vilket ytterligare ökar värmeproduktionen (IEA, 2025a). Detta gör kylsystemen till en av de mest energikrävande komponenterna i ett datacenter (IEA, 2025b).

Luftkylning har länge varit den dominerade tekniken på grund av dess enkelhet, robusthet och låga investeringskostnader (Al Kez m.fl., 2025). Den ökade beräkningskapaciteten hos moderna komponenterna innebär dock att luftbaserade system inte längre kan kyla serverna tillräckligt effektivt och säkert. Därmed implementerar nya datacenter i allt större utsträckning mer avancerade kyltekniker, framför allt olika former av vätskekylning (Al Kez m.fl., 2025). Vätskebaserade system erbjuder betydligt högre värmeöverföring och möjliggör högre arbetstemperaturer i komponenterna (Al Kez m.fl., 2025; Yuan et al., 2023; Jürgens m.fl., 2024).

Flera olika typer inom vätskekylning växer fram så som immersionskylning och direkt-till-chipkylning, se figur 3. Med immersionskylning kan datorerna arbeta under höga temperaturer då servern är nedsänkt i kylmediet, vilket gör kylningen effektiv men också väldigt dyr (Moud, 2025). I direkt-till-chipkylning leds kylmedlet genom så kallade "cold plates" direkt mot processorer och andra värmealstrande komponenter, vilket ger mycket hög kylprestanda (Summers, 2024; Al Kez m.fl., 2025). Genom att rikta kylningen till de mest värmekritiska delarna och minska behovet av fläktar kan energianvändningen reduceras avsevärt (Summers, 2024).

| Cold Plate Cooling                                                                                                                                                                       | Single-Phase Immersion Cooling                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                         |                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Direct contact heat transfer</li> <li>• Fluid stays sealed within plates</li> <li>• Effective for targeted cooling of hot components</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Complete server immersion</li> <li>• Liquid does not evaporate (single phase)</li> <li>• Good thermal stability</li> </ul> |

Figur 3. Två olika tekniker inom vätskekylning (Moud, 2025).

Kylningen av serverna genererar samtidigt stora mängder spillvärme som måste ledas bort och som ofta utgör en outnyttjad energiresurs. För luftkylning har spillvärmen en temperatur på cirka 35–40 °C medan vätskekyllda system oftast kan nå högra grader (Atherton m.fl., 2025). För att öka energieffektiviteten, främja cirkulära energiflöden och minska datacenters miljöpåverkan införde Sverige år 2025 rapporteringsplikt för datacenter med installerat IT-effektbehov på minst 500kW (Energimyndigheten, 2026b). Datacenter ska rapportera energiprestanda, vattenanvändning samt om spillvärmeåtervinning är tekniskt och ekonomiskt möjlig (Energimyndigheten, 2026b). Därtill kräver lagen om kostnads-nyttoanalys att aktörer som bygger eller uppgraderar anläggningar med potential att leverera spillvärme genomför en utredning av alternativa utformningar (Energimyndigheten, 2023). Syftet är att säkerställa att möjligheter till återvinning av värme och kyla beaktas i ett tidigt skede, och att spillvärme från datacenter över 1 MW nyttiggörs där det är tekniskt och ekonomiskt motiverat (Energimyndigheten, 2023).

Parallellt med detta har fler datacenter börjat återvinna spillvärme till olika användningsområden, såsom växthusodling (Minde, 2023), fiskodling (Kihlström, 2025) och uppvärmning av närliggande hus (EcoDatacenter, 2024). Flera datacenter har även integrerats i Stockholms fjärrvärmenät (Stockholm Data Parks, u.d.) men de låga temperaturerna i spillvärmen har begränsat den ekonomiska lönsamheten i dessa lösningar (Wahlroos m.fl., 2017). För att spillvärme från datacenter ska kunna nyttjas effektivt i fjärrvärmesystemen krävs högre temperaturer än vad traditionella luftbaserade kyltekniker kan leverera, vilket gör dem beroende av värmepumpar (Nordman m.fl., 2024). De nya energiintensiva serverteknikernas högre arbetstemperaturer, i kombination med vätskekyllda system innebär att spillvärmen kan uppnå betydligt högre temperaturer och därmed möjliggöra fler applikationsområden. Flera

studier visar att uttemperaturer på omkring 75 °C är möjliga i vätskekylda system även om det fortfarande är ovanligt (Ravi m.fl., 2026; Ebrahimi m.fl., 2014). De högre temperaturerna ökar potentialen för integration med fjärrvärmenät utan omfattande behov av värmepumpar för temperaturhöjning (Ebrahimi m.fl., 2014).

## 2.4 Kärnkraft och SMR

Kombinationsdrift av kärnkraft för både el- och värmeproduktion är ingen ny teknik. Sverige hade en kärnkraftsanläggning, Ågestaverket, med kombinerad produktion utanför Farsta, i drift 1964–1974, vars spillvärme levererades till det lokala fjärrvärmenätet (Vattenfall, u.å.; Jansson Myhr, u.å.). Internationellt är tekniken mer utbredd och 2019 var 79 reaktorer i drift med kombinationsdrift, framför allt i Ryssland och Ukraina (World Nuclear Association, 2024). Man har identifierat ekonomiska, miljömässiga och effektivitetsrelaterade fördelar med kombinationsdrift, då kärnbränslet utnyttjas mer effektivt och den totala energiprestandan i anläggningen ökar (IAEA, 2017). Likt datacenter är även nya reaktorer under planeringsstadiet i Sverige skyldiga att genomföra en kostnads-nyttoanalys för att bedöma lönsamheten av avsättning för spillvärme (Energimyndigheten, 2023).

Kombinationsdrift innebär en avvägning mellan el- och värmeproduktion, då en del av den genererade ångan leds till en separat värmeväxlare för uppvärmning istället för att enbart driva elturbinerna. Mängden värmeeffekt som utvinns är dock högre än den eleffekt som går förlorad, vilket höjer den totala verkningsgraden (Håkansson m.fl., u.å.). För SMR är förhållandet minst 1:4, med en förlorad elektrisk enhet utvinns fyra värmeenheter. Ett praktiskt exempel är den ryska reaktorn KLT-40S som uppnår förhållandet 1:4,3 (Håkansson m.fl., u.å.; Larson, 2024). En faktor som ofta nämns i samband med värmeproduktion i kärnkraft är placering och distans mellan kärnkraftverket och värmemottagaren, varpå kärnkraftverk vanligtvis ligger långt från städer vilket försvårar effektiv värmeöverföring (Wakter, 2022; Håkansson m.fl., u.å.). En aspekt där allt fler aktörer och forskning pekar på en SMR-lösning, som på grund av sin specifika design har möjlighet till närmare placering (Håkansson m.fl., u.å.; Värri & Seppälä, 2019; Energiforsk, u.å.).

SMR definieras som modulära kärnkraftreaktorer med en kapacitet mellan 10 och 300MWe, där den mindre kapaciteten innebär lägre investeringskostnad samt ökad flexibilitet i drift och placering (World Nuclear Association, 2025). Den modulära designen möjliggör fabrikstillverkning av komponenter eller hela reaktorer, vilket kan minska byggtid och kostnader. Den möjliggör även serieproduktion och skalbar utbyggnad av kapacitet i takt med efterfrågan (World Nuclear Association, 2025; European Commission, u.å.; Värri & Seppälä, 2019). SMR som koncept har flera generella egenskaper och funktioner, men det finns en stor variation av tekniker som skiljer sig i bland annat reaktorteknologi, bränsletyp och kylningsmedel. Därav är de lämpade för olika användningsområden, varav vissa är utvecklade endast för värme medan andra är utvecklade primärt för elproduktion (Håkansson m.fl., u.å.). SMR för kombinerad drift är designade med operativ flexibilitet, varpå man snabbt ska kunna växla mellan el och värmeproduktion, vilket möjliggör större planerbarhet och flexibilitet

(World Nuclear Association, 2025). Teknologin med högst mognadsgrad är lättvattenreaktorer med utloppstemperaturer i intervallet 90–120 °C, vilket gör värmeåtervinning väl lämpad för direktleverans till fjärrvärmenät (Håkansson m.fl., u.å; Värri & Seppälä, 2019). Mer avancerade tekniker, så kallade generation IV-reaktorer, med exempelvis smältsalt- eller gaskylning är ännu inte kommersiellt gångbara och har en längre förväntad tidshorisont för etablering.

SMR framhålls för sina passiva säkerhetssystem, vilka fungerar utan aktivt operatörsingripande, extern strömförsörjning eller pumpar och aktiveras automatiskt vid behov (IAEA, 2025; European Commission, u.å.). I kombination med den mindre reaktorstorleken öppnar detta för mindre beredskapszoner och ökade lokaliseringsmöjligheter nära tätorter och fjärrvärmenät, vilket direkt adresserar det avståndsproblem som länge begränsat storskalig kärnkraft som värmekälla (Värri & Seppälä, 2019; IAEA, 2025; Håkansson m.fl., u.å.). Finlands strålsäkerhetscentral bedömer att en beredskapszon vid anläggningens staket kan vara möjlig för fjärrvärmebaserade SMR, förutsatt att säkerhetskriterierna uppfylls (STUK, u.å.). För att möjliggöra en sådan placering i Sverige krävs dock förändringar i nuvarande lagstiftning. De befintliga beredskapszonerna, inre zon 5 km och yttre zon 25 km, är utformade för storskaliga reaktorer och behöver omprövas för SMR-teknikens egenskaper (Blomgren & Jonsson, 2024; Regeringskansliet, 2025). Även praktiska hinder som höga ansökningsavgifter och avsaknad av etablerade tillståndprocesser anpassade för SMR saknas (Blomgren & Jonsson, 2024). Den svenska lagstiftningsprocessen är dock i rörelse: en lag om statligt stöd till investeringar i ny kärnkraft trädde i kraft 2025, och ett förslag om statligt godkännandeförfarande för kärntekniska anläggningar planeras till 2026 (Regeringskansliet, 2025; 2026).

### 3. Metod

I detta kapitel presenteras den metod som använts som referensram för den socio-tekniska analysen som tillämpats för att besvara forskningsfrågorna. Inledningsvis presenteras forskningsprocessen och dess olika delar, följt av datainsamling. Därefter förklaras hur modellering, värmeberäkningar samt de ekonomiska beräkningarna utfördes. Slutligen redogörs de scenarion som låg till grund för känslighetsanalysen.

#### 3.1 Val av metod

Studien genomfördes med en kombination av kvalitativ och kvantitativ metod, så kallad ”mixed methods research” för att ge en mer heltäckande förståelse för det undersökta systemet (Creswell & Clarks, 2017). Den kvalitativa delen bestod av en litteraturstudie och semistrukturerade intervjuer, vilka användes för att identifiera, validera och kontextualisera tekniska, ekonomiska och marknadsmässiga förutsättningar. Den kvantitativa delen utgjordes av en tekno-ekonomisk modellering, där återvinning av spillvärme från datacenter och SMR analyserades i explorativa scenarion i relation till ett modellerat fjärrvärmesystem. Metodupplägget valdes för att möjliggöra både en teknisk-ekonomisk jämförelse av olika integrationsalternativ och en analys av de aktörs- och marknadsförutsättningar som påverkar systemintegrations möjligheter och utmaningar.

#### 3.2 Översikt över forskningsprocessen

Arbetet strukturerades in i fyra övergripande faser: förstudie, datainsamling, modellering och analys, vilka illustreras i figur 4. Förstudien innefattade insamling av bakgrundsmaterial som låg till grund för den metoduppbyggnad studien baseras på. Forskningsprocessen som följde var iterativ, där information från litteratur, intervjuer och modelleringen löpande jämfördes och omvärderades. Detta tillvägagångssätt valdes eftersom de studerade teknikerna varierade i komplexitet och mognadsgrad, vilket innebar att tillgängliga data ofta var indikativa snarare än definitiva.



*Figur 4. Forskningsprocessen.*

#### 3.3 Datainsamling

Datainsamlingen strukturerades utifrån tre huvudsakliga kategorier, tekniska data för att möjliggöra modellering och beräkningar, ekonomiska data för att bedöma den ekonomiska genomförbarheten samt marknadsdata för att analysera aktörernas incitament och

samarbetsvilja. Materialet samlades in genom två kompletterande tillvägagångssätt; en litteraturstudie och semistrukturerade intervjuer med experter. Kombinationen av dessa metoder valdes för att möjliggöra korsvalidering av data och för att fånga både etablerad kunskap och mer situationsspecifika bedömningar. Valet motiverades av att de studerade teknikernas varierande mognadsgrad innebar att litteraturen i flera fall endast gav indikativa svar, vilka behöver fördjupas och nyanseras genom direkta samtal med sakkunniga. Datainsamlingen genomfördes iterativt genom en cyklisk process av insamling, analys, omvärdering, validering och tolkning (Collins m.fl., 2006).

### 3.3.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien som genomfördes hade två huvudsakliga funktioner. Det första var att bygga upp ett kunskapsunderlag om de studerade teknikerna, för att möjliggöra en modellering av tekniska, ekonomiska och systemmässiga parametrar. Den andra funktionen var att utföra en kartläggning av nuläge, tillämpningar och aktörsspecifik information som komplement till de kvantitativa resultaten.

Den första delen av litteraturstudien gjordes genom en integrativ ansats, där ett kritiskt och analyserande förhållningssätt applicerades på materialet, riktades fokus på att förstå och sammanföra teoretiska och konceptuella system. Metoden möjliggjorde en mer nyanserad förståelse genom att kombinera perspektiv och insikter från olika forskningsfält (Snyder, 2019). Arbetet genomfördes genom tematiska sökningar baserade på centrala sökord på svenska och engelska, såsom *data center waste heat*, *SMR cogeneration*, *industrial heat pump*, *high quality waste heat data center*, *waste heat recovery district heating* i olika kombinationer. Sökningarna kompletterades med bakgrundsmaterial i form av utredningar och rapporter från exempelvis myndigheter och forskningsinstitut, såsom Energimyndigheten, Energiforsk, RISE, ANITA, IAEA samt relevanta EU-direktiv. Ambitionen var att i största möjliga mån inkludera aktuella källor, särskilt inom tekniker där utvecklingen sker snabbt. Den modellering som genomfördes i studien baserades därmed på en kombination av vetenskapliga artiklar och teknisk information från etablerade aktörer. I de fall där vetenskaplig litteratur var begränsad kompletterades data med uppgifter från välkända företags tekniska specifikationer samt intervjuer med experter. Vidare hämtades statistik och marknadsdata från etablerade källor, där exempelvis biobränsledata baserades på Statistiska centralbyrån och elpriser hämtades från Nord Pool.

Den andra delen av arbetet utgjordes av en kartläggning av nuläge, tillämpningar och aktörers planer. Denna del baserades i större utsträckning på tidningsartiklar, rapporter från statistiska byråer samt information från nyckelaktörers hemsidor och publika planer. Detta tillvägagångssätt motiverades av att utvecklingen inom området är snabb, vilket innebär att det ofta finns en tidsfördröjning innan aktuella projekt och initiativ återfinns i vetenskaplig litteratur. Kartläggningen genomfördes fram till slutet av april 2026, med beaktande av att ytterligare förändringar och initiativ kan ha tillkommit efter denna tidpunkt.

### 3.3.2 Intervjuer med experter

Intervjuer genomfördes som ett komplement till litteraturstudien för att validera, fördjupa och kontextualisera den insamlade datan (Shorten & Smith, 2017). Detta bedömdes som särskilt relevant eftersom flera av de studerade teknikerna utgör situationsanpassade systemintegrationer, där standardiserade lösningar och öppet tillgängliga data ofta är begränsade. Intervjuerna användes därför både för att stärka underlaget till modellens tekniska och ekonomiska antaganden och för att belysa frågor som rör marknadsförutsättningar, avtalsmodeller och aktörers incitament.

Urvalet av respondenter var strategiskt (Czernek-Marszałeka & McCabe, 2024) för att täcka in både tekniska, ekonomiska och marknadsmässiga perspektiv på de studerade integrationslösningarna. Intervjuerna genomfördes med 15 respondenter fördelade på tre kategorier: företagsrepresentanter, forskare samt sakkunniga experter inom WSP. Företagsrepresentanterna inkluderade aktörer med insyn i fjärrvärmesystem, datacenterverksamhet, värmeåtervinning och SMR-utveckling. Dessa intervjuer bidrog främst med information om marknadens mognadsgrad, affärsmodeller, investeringslogik och samarbetsförutsättningar. Intervjuer med forskare och tekniska experter användes i större utsträckning för att validera antaganden om teknisk funktion, kostnadsnivåer och systemintegration. Respondenterna är anonymiserade och kodade efter vilken typ roll respondenten hade i studien. Även personlig kontakt i form av email har använts som kompletterande källa för ekonomiska och tekniska data. En översikt över respondenterna återfinns i Appendix A1.

Intervjuerna genomfördes i semistrukturerad form, där ett antal fördefinierade frågor och teman användes som utgångspunkt för samtalen, samtidigt som följdfrågor möjliggjorde fördjupning och anpassning till respondentens kompetensområde (Wilson, 2012). Intervjuformen valdes för dess kombinationen av struktur och situationsanpassning, vilket underlättade öppenhet hos respondenten och möjliggjorde att oväntade perspektiv kunde fångas upp under samtalets gång. Intervjuerna genomfördes digitalt via Teams i cirka 45 minuter och dokumenterades genom noga anteckningar. I de fall respondenten samtyckte spelades samtalen även in för att möjliggöra korrekt återgivning. En översikt över intervjufrågorna återfinns i Appendix A2.

I studien användes intervjumaterialet på två huvudsakliga sätt. För det första användes det för att validera och nyansera parametrar som identifierats i litteraturen, särskilt i de fall där tillgängliga källor endast gav indikativa svar. Detta gällde exempelvis kostnadsnivåer, drift- och underhållsbehov, livslängdsantaganden och frågor kopplade till systemintegrationens praktiska utformning. För det andra användes intervjuerna för att belysa marknadsmässiga förutsättningar, såsom incitamentsstrukturer, avtalsmodeller, samarbetsvilja och upplevda regulatoriska hinder. För att stärka tillförlitligheten i analysen stämdes centrala antaganden av mot flera respondenter när det var möjligt. Intervjuerna analyserades utifrån tre övergripande teman: potential och begränsningar, tekniska förutsättningar samt ekonomiska incitament. Temana är analytiskt separerade men överlappar i praktiken, eftersom tekniska val ofta

motiveras av ekonomiska förutsättningar och vice versa. Intervjuerna syftade inte till statistisk representativitet, utan till att samla in kvalificerade expertbedömningar och aktörsperspektiv relevanta för studiens frågeställningar.

## 3.4 Modellering

I detta avsnitt presenteras de modeller som utvecklats för att modellera fjärrvärmesystemets lastprofil samt den återvunna värmen från de studerade teknikerna. Lastprofilen skapades i Visual Studio Code med Python och modelleringen av värmekällorna genomfördes i Excel.

### 3.4.1 Modellering av fjärrvärmebehovet

För att skapa en timupplöst lastprofil för det analyserade fjärrvärmesystemet modellerades fjärrvärmebehovet med en gradtimmarsmodell (HDH). Modellen användes för att beskriva hur det temperaturberoende uppvärmningsbehovet varierar över året och utgjorde därmed underlag för den scenariobaserade dimensioneringsanalysen. Metoden bygger på antagandet att uppvärmningsbehovet är proportionellt mot skillnaden mellan byggnadens balanstemperatur (den temperatur där byggnaden inte längre kräver uppvärmning) och den aktuella utomhustemperaturen. HDH för timme  $t$  beräknades enligt ekvation (1), där endast positiva temperaturunderskott beaktades (INTERREG European Union, 2020; Vela Solaris, u.å.)

$$HDH = \max(0, T_{balans} - T) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} HDH &= \text{gradtimmen för timme } t \\ T_{balans} &= \text{balanstemperaturen} \\ T &= \text{utomhustemperaturen} \end{aligned}$$

Det årliga uppvärmningsbehovet fördelades därefter proportionellt över årets timmar genom att varje timmes HDH-värde normaliserades mot den sammanlagda gradtimmarsumman, enligt ekvation (2) (INTERREG European Union, 2020). Det temperaturberoende uppvärmningsbehovet kompletterades även med tappvarmvatten och distributionsförluster. En mer detaljerad beskrivning av HDH-modellens uppbyggnad, antaganden och tillämpning återfinns exempelvis i INTERREG European Union (2020), Vela Solaris (u.å.), Day m.fl. (2006), European Environment Agency (2022) samt Lyu m.fl. (2021).

$$P_{total}(t) = \frac{Q_{uppvärmning} \cdot HDH(t)}{\text{summan}(HDH)} + \frac{Q_{TVV}}{\text{årets timmar}} + \frac{Q_{DF}}{\text{årets timmar}} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} P_{total}(t) &= \text{totala fjärrvärmebehovet timme } t \\ Q_{uppvärmning} &= \text{totala uppvärmningsbehovet} \\ Q_{TVV} &= \text{totala tappvarmvattenbehovet} \\ Q_{DF} &= \text{totala distributionsförlusterna} \end{aligned}$$

I modelleringen användes timupplöst temperaturdata från Stockholm för år 2025 (SMHI, 2026a) samt en balanstemperatur på 17 grader Celsius (SMHI, 2026b). Tappvarmvatten antogs

motsvara cirka 20% (Schaffera, m.fl. 2024) av den totala fjärrvärmeproduktionen, medan distributionsförluster antogs uppgå till 15 % av total produktion (SCB, 2025). Detta lämnade uppvärmningsbehovet till 65% av den totala produktionen. Båda dessa poster modellerades som jämnt fördelade över året. Detta utgjorde en förenkling, men bedömdes som rimligt eftersom studiens fokus låg på säsongsvariationen i det temperaturberoende uppvärmningsbehovet snarare än på kortsiktig variation i baslasten.

Modelleringen utgick från ett årligt värmebehov om 1000 GWh, vilket motsvarar storleksordningen för fjärrvärmesystem i medelstora svenska städer, såsom Luleå, Helsingborg eller Uppsala (Burstein, 2024). Denna systemstorlek bedömdes vara representativ och lämplig för att analysera den typ av systemintegration som studien avser, samtidigt som den möjliggör generaliserbara slutsatser utan att vara beroende av lokalspecifika förhållanden.

### 3.4.2 Värmeberäkning av datacenter

För att uppskatta hur mycket spillvärme som kan återvinnas från ett datacenter och hur mycket högvärdig värme som, efter uppgradering med värmepump, kan levereras till fjärrvärmesystemet utvecklades en förenklad beräkningsmodell. Modellen användes för att beskriva sambandet mellan datacentrets elanvändning, återvinningsbar värme, värmepumpens prestanda och det resulterande värmeutbytet till fjärrvärmenätet. Beräkningarna baserades på etablerade principer för värmeåtervinning från IT-utrustning, värmeöverföring samt värmepumpsprestanda (Atherton m.fl. 2025).

Modellen utgick från att den energi som används av datacentrets IT-utrustning i huvudsak omvandlas till värme. För att beräkna den del av anläggningens totala elanvändning som tillförs IT-utrustningen användes effektanvändningseffektivitet (PUE), vilket beskriver förhållandet mellan total elanvändning i datacentret och elanvändningen för IT-utrustningen (IEAb, 2025). Därmed beräknades IT-effekten från den totala anläggnings-effekten enligt ekvation (3). I modellen användes ett PUE-värde på 1,15, vilket valdes som representativt för moderna storskaliga data- och AI-anläggningar (IEA, 2025b).

$$P_{IT} = \frac{P_{anläggning}}{PUE} \quad (3)$$

Den återvinningsbara värmen beräknades genom att IT-effekten multiplicerades med en övergripande systemverkningsgrad och en separat verkningsgrad för värmeväxlaren enligt ekvation (4). Systemverkningsgraden användes som ett schablonmått för interna återvinningsförluster, medan värmeväxlarverkningsgraden representerade värmeöverföringen från datacentrets kylsystem till externa kretsar. I modellen antogs en systemverkningsgrad på 95 % (Atherton m.fl., 2025) och en värmeväxlarverkningsgrad på 90 %, vilket bedömdes vara representativt för dagens typiska plattvärmeväxlare (Svensk Ventilation, u.å; Frennfelt, 2026). Antagandena om värmeåtervinningsgraderna stämmer överens med analyserade data från ett studiebesök på Kungliga tekniska högskolans superdator Dardel.

$$P_{återvunnen} = P_{IT} * \eta_{system} * \eta_{värmväxlare} \quad (4)$$

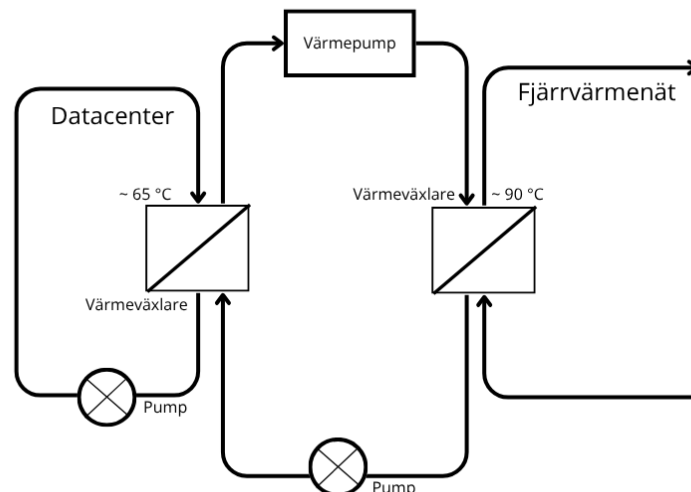
För att beräkna hur mycket värme som kunde levereras till fjärrvärmesystemet efter temperaturuppgradering användes värmepumpens prestandafaktor för värmepump (COP), vilket anger förhållandet mellan levererad värme och tillförd elenergi. Eftersom värmepumpen tillför elenergi till processen blir den levererade värmeeffekten större än den återvunna spillvärmen (Intervju TEK 2). Sambandet mellan återvunna och levererad värme beskrivs i ekvation (5). COP-värdet varierar beroende av dimensionering, arbetstemperatur och hur stor temperaturhöjning som ska göras (Wang, 2024). Studien utgick från AI-datacenter med vätskekyllning, där spillvärmtemperaturerna typiskt varierar mellan 60 och 70 °C och ska höjas till 90 °C för att matcha fjärrvärmens behov (Corigliano m.fl., 2024). Ett COP-värde på 3,4 användes, valt som ett konservativt antagande inom det intervall, 3–6, som identifierats i litteraturen för högtemperaturvärmepumpar vid uppgradering av datacenterspillvärme (Wang m.fl., 2024; Yuan m.fl., 2025; Atlas Copco, 2026).

$$P_{levererad} = P_{återvunnen} * \frac{COP}{(COP - 1)} \quad (5)$$

Värmepumpens elbehov beräknades slutligen enligt ekvation (6) (Bever m.fl., 2026). Denna parameter är central i modellen eftersom elförbrukningen påverkar både systemets totala verkningsgrad och den ekonomiska prestationen.

$$P_{el} = \frac{P_{levererad}}{COP} \quad (6)$$

Modellen utgjorde en förenklad representation av datacenterbaserad värmeåtervinning, se figur 4, och användes för jämförande scenarioräkningar snarare än detaljerad värmeåtervinning. De valda parametervärdena sammanfattas i Appendix B med referenser.



Figur 5. Förenklad schematisk bild av värmeåtervinningen i ett datacenter.

Figur 5 visar förenklat hur återvinningen av värme sker genom att växla över värmen från datacentrets kylsystem, vid antagandet om cirka 65 °C, till en yttre värmeloop där temperaturen

höjs genom en värmepump. Slutligen växlas den över till fjärrvärmenätet vid en temperatur runt cirka 90 °C. Pumparna är inkluderade i figuren men kräver i förhållande till värmepumpen en liten mängd el vilket ledde till att dessa försumrades i beräkningarna.

### 3.4.3 Värmeberäkning av SMR

För att uppskatta hur mycket värme som kunde levereras till fjärrvärmesystemet från en SMR-anläggning utvecklades en förenklad beräkningsmodell baserad på kraftvärmedrift. Modellen användes för att beskriva sambandet mellan reaktorns elproduktion, värmeuttag till fjärrvärme, värmeväxlarförluster, rörförluster och planerad revisionstid. Värme från SMR antogs kunna levereras direkt till fjärrvärmenätet på en temperaturnivå, 90–120°C, utan behov av temperaturuppgradering med värmepump (Håkansson m.fl., u.å).

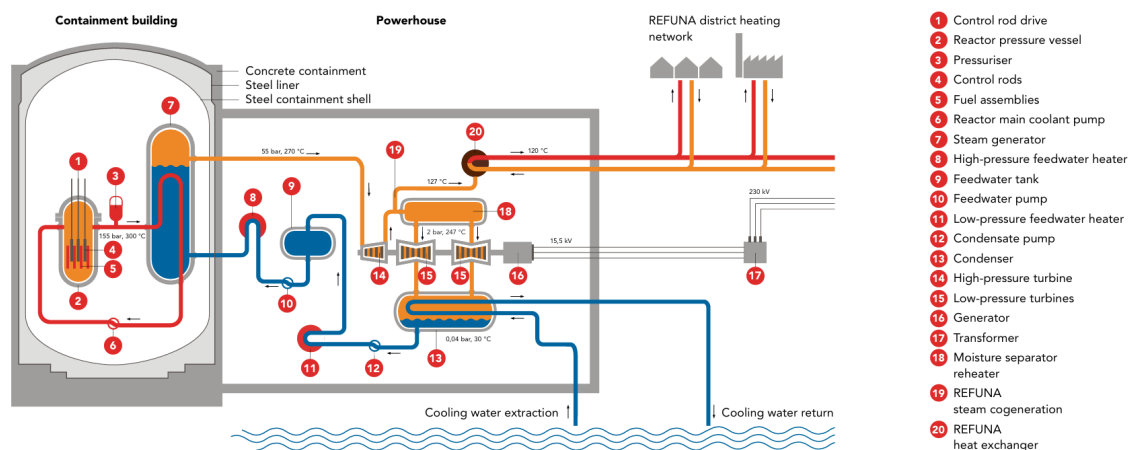
Modellen baserades på ett förenklat referensfall, där 10% av den elektriska effekten antogs omvandlas till nyttiggjord värme (Lavialle m.fl., 2024). Förhållandet mellan reducerad elproduktion och levererad värme sattes i modellen till 1:4, vilket användes som ett antagande utifrån tillgänglig litteratur och referensfall (Håkansson m.fl., u.å; Lavialle m.fl., 2024; Larson, 2024). Principen baseras huvudsakligen på teoretiska antaganden, eftersom SMR tekniken fortfarande befinner sig i ett tidigt utvecklingsskede och användningsområde är till stor del indikativt (Kang & Yim, 2023).

I denna beräkning används därför ekvation (7), vilken beaktar att cirka 10 % av den elektriska effekten omvandlas till fyra gånger värme vid värmeuttag. Beräkningen inkluderar även här ett antagande om värmeväxlares verkningsgrad på 90% då kylvattnet i SMR-reaktorn behöver växlas över till en extern krets (Svensk Ventilation, u.å.; Frennfelt, 2026).

$$P_{\text{återvunnen}} = P_{\text{el}} * \alpha_{\text{el reduktion}} * \kappa_{\text{värmeeåtervinningsfaktor}} * \eta_{\text{värmeväxlare}} \quad (7)$$

Medan datacentret antas placeras på en lämplig plats vid en anslutningspunkt till fjärrvärmenätet, antas SMR placeras 5000 meter från lämplig anslutningspunkt. Rörförluster per meter antogs från ett generaliserat schablonvärde på 80 W/m vilket matchade de värmeeffekter i rören som modellerades (Wahlström, 2026). I modellen antogs SMR ha två månaders årlig revisionstid, i linje med nuvarande praxis för svenska kärnkraftverk. För värmeberäkningarna innebar detta att ingen värmeproduktion från SMR inkluderades under juli och augusti. Den levererade värmen beräknades därför enligt ekvation (8). De valda parametervärdena sammanfattas i Appendix B med referenser.

$$P_{\text{levererad}} = P_{\text{återvunnen}} - P_{\text{rörförlust}} * \text{avstånd} \quad (8)$$



Figur 6. Översiktlig bild på av komponenterna på kärnkraftvärmeverket Beznau (Axpö, 2021).

Figur 6 visar ett kombinerat värme- och elproducerande kärnkraftverks komponenter. Punkt 19 och 20 visar de komponenterna som krävs för värmeåtervinningen där värme tas ur systemet innan lågtrycksturbinerna vid punkt 15.

### 3.5 Lönsamhetsparametrar och ekonomiska data

I detta avsnitt presenteras de ekonomiska parametrar och beräkningsmetoder som använts för att utvärdera lönsamheten i de studerade teknikerna. Den ekonomiska utvärderingen baserades på tre nyckeltal: den genomsnittliga produktionskostnaden för värme (LCOE), nettonuvärde (NPV) och den interna avkastningen (IRR). Dessa användes för att bedöma den ekonomiska hållbarheten i systemintegrationen ur ett fjärrvärmeaktörsperspektiv. Eftersom många kostnadsposter är projektspecifika krävdes generaliserade antaganden och schablonvärden för att studiens syfte skulle kunna uppnås. För att hantera den osäkerhet detta medför genomfördes känslighetsanalyser av centrala ekonomiska parametrar.

#### 3.5.1 CAPEX och OPEX för datacenter

I lönsamhetsberäkningarna inkluderas kostnader vilka delades in i investeringskostnader (CAPEX) samt driftkostnader (OPEX). Eftersom studien utgår från ett fjärrvärmeaktörsperspektiv inkluderades endast kostnader kopplade till de komponenter som krävs för att ansluta och driva återvinningen av spillvärme. För datacenteralternativet omfattade CAPEX värmepump, värmeväxlare, distributionspump samt övriga komponenter i undercentralen, såsom ventiler och rör. Enligt ett ledande företag inom värmepumpsteknik uppskattades investeringskostnaden för värmepumpen till 4.4 miljoner SEK/MW, vilket även bekräftades av experter på WSP. I en intervju med en tillverkare av värmeväxlare framgick vidare att investeringskostnaden för värmeväxlare uppgick till mellan 110 000 och 160 000 SEK/MW och växlare, beroende på växlarens storlek (Frennfelt, 2026). Kostnaden för distributionspumpar bedömdes däremot i högre grad styras av lokala systemförhållanden än av värmeeffektens storlek. Vidare uppskattades övriga komponenter, utifrån samtal med experter

på WSP, motsvara cirka 1% av den totala CAPEX (Intervju TEK4; Intervju TEK5; Intervju TEK6). Ett fjärrvärmeföretag, tillsammans med experter på WSP, uppskattade den totala investeringskostnaden, inklusive samtliga nödvändiga komponenter, installationskostnader och entreprenad, till mellan 8 och 10 miljoner SEK/MW (Intervju FV2; Intervju TEK5; Intervju TEK6). I modelleringen antogs därför en CAPEX på 9 miljoner SEK/MW för anslutningen av datacenter.

OPEX för datacenteralternativet omfattade el- och effektkostnader för värmepumpen samt ett schablonmässigt tillägg för drift och underhåll. Drift- och underhållskostnaderna bedömdes utifrån komponenternas komplexitet och antogs, enligt AECOM (Atherton m.fl., 2025) och i linje med bedömningar från experter på WSP, motsvara 2–4 % av komponenternas CAPEX. I modellen användes ett schablonvärde på 4 % av CAPEX samt en ekonomisk livslängd på 25 år. Kostnaden för elektricitet beräknas med spotpriskostnad från SE3 under 2025 (NordPool, 2026) samt med effektaavgifter enligt Ellevios prismodell med effektabonnemang L10L (Ellevio, 2026). De antagna kostnadsparametrarna sammanfattas i Appendix B.

För att representera värdet av den levererade spillvärmen användes ett viktat biobränslepris, vilket antogs motsvara den undvikna kostnaden för biobränslebaserad fjärrvärmeproduktion. Det viktade biobränslepriset tog hänsyn till såväl prisnivån för olika typer av biobränslen som deras relativa användningsandelar. Prisuppgifterna baserades på årsgenomsnitt för 2025 (Vinterbäck, 2026), medan andelsfördelningen hämtades från Energimyndighetens senaste sammanställning från 2023 (Energimyndigheten, 2025a). Detta antagande bedöms som konservativt, eftersom modellen inte inkluderar drift- och produktionskostnader för den biobränslebaserade produktion som spillvärmen antas ersätta.

### **3.5.2 CAPEX och OPEX för SMR**

För SMR-alternativet omfattade investeringskostnaderna samma systemkomponenter som för datacenteranslutningen, med undantag för värmepumpen. Eftersom värmepumpen uppskattades stå för 4.4 miljoner SEK/MW reducerades den totala investeringskostnaden därmed till 4.6 miljoner SEK/MW. Samtidigt omfattades kostnaden för fjärrvärmerören från SMR:en fram till anslutningspunkten, vilken beror på hur hög värmeeffekt SMR:en levererar. Rörkostnaderna uppskattades till cirka 12 000–25 000 SEK/m och en sammanställning finns i Appendix B.

OPEX inkluderade kostnad för drift och underhåll av de anslutna komponenterna som antogs ha samma schablonvärde samt livslängd som tidigare medan underhållet för rören antog ett lägre behov runt 1–2 % av CAPEX samt en livslängd på 80 år. I modelleringen användes därför ett sammanvägt schablonvärde på 3% av CAPEX för drift och underhåll. Dessutom adderades kostnaden för det kärnbränsle som krävdes för värmeproduktionen i driftkostnaden vilket uppgick till 80 SEK/MWh (Lavialle m.fl., 2024). I OPEX-beräkningar för SMR-alternativet inkluderades även en alternativkostnad till följd av den minskning i elproduktion som värmeåtervinningen medförde. Detta värde av utebliven elproduktion baserades på ett årsgenomsnitt för spotpriset på elektricitet för SE3 2025. Vidare representerades värdet av den

producerade värmen även här genom det viktade biobränslepriset. De antagna kostnadsparametrarna sammanfattas i Appendix B.

### 3.5.3 LCOE

LCOE används som en indikator för att uppskatta den genomsnittliga kostnaden för producerad värme över anslutningens livslängd (Energiforsk, 2021; Yang m.fl., 2021). Därmed beräknas LCOE för samtliga modellerade scenarier för att utvärdera kostnaden att producera en MWh värme när man ansluter och nyttiggör spillvärme från ett datacenter respektive en SMR. Inom energibranschen används måttet i stor utsträckning för att jämföra kostnader mellan olika produktionsslag, men man bör beakta att metoden till viss del är ofullständig eftersom kostnadsuppskattningarna är starkt beroende av antaganden och ofta svåra att generalisera (Emblemsvåg, 2025; Larsson m.fl., 2014). Därför är det nödvändigt att LCOE är tydligt definierat samt kompletteras med ett systemperspektiv möjliggöra en mer rättvis bedömning.

I denna rapport inkluderar LCOE beräkningen en sammanslagning av förväntade investeringskostnader, driftkostnader, restvärde samt avvecklingskostnader (Yang m.fl., 2021). Investerings- och driftkostnader omfattas av de CAPEX och OPEX som presenterades i Appendix B. Restvärde beräknas enbart för rörinvesteringen eftersom fjärrvärmerören har en teknisk livslängd om cirka 80 år, vilket överstiger den valda analysperioden. Detta betraktades som en intäkt kalkylperiodens sista år enligt en rapport från Trafikverket (Trafikverket, 2012). Övriga komponenter antas att med löpande underhåll ha en livslängd som motsvarar analysperioden om 25 år. Vid analysperiodens slut antas dessa komponenters eventuella restvärde motsvara avvecklingskostnaden för systemet, varför nettoeffekten sätts till noll (Energiforsk, 2021). Kostnaderna är sedan diskonterade med en diskonteringsränta över livslängden (Energiforsk, 2021) vilket beräknar varje kostnad till ett nuvärde. För systemintegrationen av båda värmekällorna antogs en diskonteringsränta på 7% baserat på tidigare studier samt branschstandard för investeringar (Lavialle m.fl., 2024; Profu, 2020).

Dessa kostnader divideras sedan med den diskonterade årliga värmeproduktionen, vilken modelleras utifrån beräkningarna i avsnitt 3.4.2 och 3.4.3. Byggtiden för systemet sattes till 0 år, vilket bedömdes passande eftersom analysen syftade till att jämföra systemens relativa kostnadsnivåer snarare än att uppskatta fullständig projektfinansiering.

I denna studie har LCOE beräknats enligt ekvation (9).

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{Investeringskostnader}{(1+r)^t} + \sum_{t=n+1}^T \frac{Driftkostnader}{(1+r)^t} - \frac{Restvärde}{(1+r)^T}}{\sum_{t=n+1}^T \frac{Värmeproduktion}{(1+r)^t}} \quad (9)$$

$r$  = kalkylräntan

$T$  = tid i år

$n$  = livslängden

### 3.5.4 NPV

Nettonuvärdet används som ett mått på den totala ekonomiska lönsamheten i en investering över analysperioden. Detta görs genom att jämföra nuvärdet av förväntade framtida kassaflöden med den initiala investeringskostnaden och diskonteras till dagens värde (Fernando, 2026a). Nettokassaflödet beräknas som skillnaden mellan varje års inbetalningar och utbetalningar. Modellens utbetalningar avsåg CAPEX år 0 och därefter OPEX resterande år för systemintegration och motsvaras av kostnaderna i Appendix B. Inbetalningar avsåg i modelleringen som bränslekostnad av alternativ produktionskostnad, vilket i studiens fall var det viktade biobränslepriset. Under det sista året av analysperioden inkluderas även restvärdet av rörinvesteringen som en intäkt. Restvärdet beräknas enligt samma metod som i LCOE-analysen, och samma antaganden avseende diskonteringsränta och teknisk livslängd har tillämpats.

Ekvation (10) användes för att beräkna nettonuvärdet.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+r)^t} \quad (10)$$

$R_t$  = nettokassaflödet för år  $t$

$r$  = kalkylräntan

$n$  = livslängden

Ett positivt NPV indikerar att en investering förväntas skapa värde, medan ett negativt NPV innebär att projektet bör undvikas i ett lönsamhetsperspektiv (Fernando, 2026a). NPV-värden bör emellertid inte jämföras direkt mellan projekt av olika storlek, då indikatorn påverkas av den totala systemskalan (European Commission, 2015; Brealey m.fl., 2019). I denna studie används därför NPV främst för att avgöra om ett scenario är ekonomiskt lönsamt, medan kostnadseffektivitet analyseras med hjälp av LCOE och IRR.

### 3.5.5 IRR

Den interna avkastningen är den diskonteringsräntan som medför att nettonuvärdet av kassaflöden blir lika med noll och uppskattar dess årliga tillväxttakt. Syftet är att identifiera diskonteringsräntan som gör att summan av de årliga kassaflödena är lika med initiala nettokontantinsatsen för investeringen (Fernando, 2026b). Detta beräknas därför med samma koncept som NPV, men NPV sätts som noll enligt ekvation (11).

$$0 = NPV = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+IRR)^t} - C_0 \quad (11)$$

$T$  = tid i år

$C_t$  = nettinflödet av kassaflödet under år  $t$

$C_0$  = totala initiala investeringskostnaden

$IRR$  = interna avkastningsräntan

Ett högre IRR innebär en mer attraktiv investering (Fernando, 2026b). I regel bör ett projekt genomföras om internränta överstiger diskonteringsräntan, detta motsvarar att projektet har ett positivt NPV. Om internräntan är lägre än diskonteringsräntan indikerar detta ett negativt NPV och i regel bör dessa projekt avstås i en ekonomisk aspekt (Brealey m.fl., 2019).

### 3.6 Scenarion och känslighetsanalys

I detta avsnitt presenteras studiens olika scenarion samt den känslighetsanalys som genomfördes. För att studera hur olika driftstrategier påverkar fjärrvärmens driftprofil genomfördes en scenariobaserad analys. De analyserade scenarierna är av explorativ karaktär då de baserades på ett antal förenklande antaganden med avseende på exempelvis prisnivåer, tekniska parametrar och driftförutsättningar. Syftet var att belysa hur olika antaganden och dimensioneringsstrategier påverkar systemen, snarare än att exakt kvantifiera framtida utfall.

Fokus låg på att undersöka hur dimensioneringen av spillvärme från datacenter respektive SMR påverkar två centrala systemindikatorer; täckningsgraden av fjärrvärmenätet och utnyttjandegraden för värmeproduktionen. Täckningsgrad definieras som andelen av fjärrvärmens totala värmebehov som tillgodoses av de två analyserade värmekällorna, medan utnyttjandegraden definieras som den andel producerad värme som för värmekällorna faktiskt nyttiggörs inom fjärrvärmenätet. Dessa indikatorer användes i kombination för att analysera systemets leveransförmåga och resurseffektivitet. Den tekniska analysen kompletterades med en ekonomisk utvärdering för varje scenario utifrån NPV, IRR och LCOE i enlighet med avsnitt 3.5.3, 3.5.4 och 3.5.5. Detta möjliggjorde en integrerad analys av hur tekniska dimensioneringsval påverkar systemets ekonomiska prestanda.

#### 3.6.1 Scenarioupbyggnad

Scenarierna utformades utifrån variationer i värmebehovet över året och delades in i tre representativa belastningsnivåer; sommarmånader (juni, juli, augusti), vintermånader (december, januari, februari) samt hela året. Dessa ligger till grund för tre huvudsakliga dimensioneringsstrategier; dimensionering baserad på medelvärde av sommarbehovet samt vinterbehov respektive årets genomsnittliga värmebehov. I scenarierna utgick studien ifrån att användning av värme från datacenteranläggningen prioriterades för att täcka fjärrvärmebehovet och i de fall där produktionsbehov kvarstod användes värme från SMR. Detta upplägg byggde på antagandet att SMR-anläggningen primärt skulle kunna användas för elproduktion med en flexibel värmeproduktion (Ullman m.fl, 2026). Dimensioneringen av anläggningarna i dessa scenarier baserades på att båda systemen hade samma installerad effekt. Det bör dock noteras att en given installerad effekt i SMR inte ger upphov till samma mängd tillgänglig värme som motsvarande installerad effekt i ett datacenter. Det beror på att endast en del av SMR-effekten omvandlas till värme, medan en större andel av den tillförda effekten i ett datacenter övergår till värme som kan återvinnas. Genom att systematiskt studera hur dessa dimensioneringsstrategier påverkar täckningsgrad och utnyttjandegrad möjliggjordes en analys av hur dimensioneringsgrunden påverkar systemets tekniska och ekonomiska prestanda.

Därmed kunde en jämförelse av olika dimensioneringsstrategiers konsekvenser när det är varierande belastningsnivåer genomföras.

Vidare analyserades ett scenario baserat på det årliga genomsnittliga värmebehovet, där fokus låg på skillnaderna mellan de två värmekällorna. I dessa scenarier utvärderades dimensioneringar där antingen enbart återvunnen värme från datacenter eller enbart värme från SMR nyttjades. Detta innebär att den installerade effekten för SMR var cirka tre gånger högre än för datacenteralternativet. Detta gjordes i syfte att undersöka hur valet av primär värmekälla påverkar systemets prestanda och resursutnyttjande. Genom att utgå från levererad effekt som jämförelsegrund tydliggjordes skillnader i systemens olika ekonomiska förutsättningar och möjliggjorde en mer nyanserad analys av hur de olika värmekällorna bidrar till systemet.

### 3.6.2 Känslighetsanalys

För att analysera hur osäkerheter i centrala indata påverkar resultatet genomfördes en känslighetsanalys. Syftet var att undersöka hur variationer i ett urval av nyckelparametrar påverkade de ekonomiska utfallen samt bedöma robustheten i de analyserade scenarierna. Känslighetsanalys utgjorde således ett komplement till scenarietanalysen genom att belysa hur stabila resultaten är vid förändrade antaganden och marknadsförutsättningar.

Analysen genomfördes som en univariat känslighetsanalys på scenariot av det årgenomsnittliga värmebehovet, där en parameter i taget ändrades medan resterande hölls till basvärdena. Detta tillvägagångssätt möjliggjorde en isolerad analys av varje parameters påverkan på resultaten och gjorde det möjligt att identifiera vilka faktorer som har störst inverkan på modellens utfall. Genom att ändra sex känslighetsparametrar: elpris, biobränslepris, CAPEX och diskonteringsränta, samt COP för datacenteranläggningen och värmeåtervinningsfaktorn för SMR, studerades scenariots ekonomiska utfall i form av LCOE, NPV och IRR. Med anledning av elmarknadens höga volatilitet samt de stora skillnaderna mellan elprisområdena har spotpriset i SE3 varierats med  $\pm 30\%$  (Elavtal24, u.å.). På motsvarande sätt undersöks påverkan av osäkerheter i bränslemarknaden genom att biobränslepriset varieras med  $\pm 30\%$ . Intervallet motiverades med den en av de högsta uppmätta ökningarna av biobränslepriser mellan två år under den senaste 10 års perioden (Vinterbäck, 2026). Inverkan av CAPEX-scenariernas utfall analyserades genom att dessa varierades med  $\pm 30\%$ . Detta intervall baserades på rekommendation från en expert vid WSP, med hänsyn till att de använda investeringskostnaderna är generella antaganden (Intervju TEK5). Diskonteringsräntan har ändrats 3 procentenheter upp och ner (IEA, 2020), då räntan är en central finansiell parameter som påverkar värderingen av framtida kostnader och intäkter. Även COP för datacenteranläggningen har varierats med  $\pm 30\%$ , för att återspegla litteraturens lägre och högre värden enligt avsnitt 3.4.2. Värmeåtervinningsfaktorn för SMR varierades med 5 procentenheter upp och ner för att analysera modellens känslighet för driftstrategi och värmeuttag för SMR. Samtliga referensvärden och intervall sammanställs nedan i tabell 1.

*Tabell 1. Parametrar och intervall för känslighetsanalysen*

| Parametrar              | Referensvärde | Intervall              |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| Elpris                  | 2025          | $\pm 30\%$             |
| Biobränslepris          | 2025          | $\pm 30\%$             |
| CAPEX                   | 9 000 000 SEK | $\pm 30\%$             |
| Diskonteringsränta      | 7%            | $\pm 3$ procentenheter |
| COP                     | 3,4           | $\pm 30\%$             |
| Värmeåtervinningsfaktor | 4             | $\pm 5$ procentenheter |

## 4. Resultat och analys

I detta kapitel presenteras resultaten från den genomförda analysen. Inledningsvis redovisas en kartläggning av utvecklingen inom datacenter och SMR, följt av insikter från genomförda intervjuer. Därefter presenteras resultaten från den scenariobaserade dimensioneringen och jämförelsen mellan de två värmekällorna. Avslutningsvis redovisas känslighetsanalysen för att belysa hur variationer i centrala parametrar påverkar de ekonomiska resultaten.

### 4.1 Kartläggning av datacenter och SMR

I detta avsnitt återfinns en sammanställning av utvecklingen inom datacenter och SMR. Genom att belysa trender i efterfrågan, planerade investeringar och tekniska möjligheter finner man kontexten för den analyserade integrationen mellan datacenter, SMR och fjärrvärmesystem.

#### 4.1.1 Kartläggning av datacenter

Den svenska datacentermarknaden befinner sig i en stark tillväxtfas. Den installerade kapaciteten bedöms öka från 470 MW år 2025 till 710 MW år 2031, vilket motsvarar en årlig tillväxttakt på 7,4 % under perioden (Mordor Intelligence, 2026). I ett europeiskt perspektiv förväntas elbehovet från datacenter i Sverige, Danmark och Norge nästan tredubblas fram till år 2030, vilket placerar regionen bland de snabbast växande datacentermarknaderna i Europa (Cremona & Czyzak, 2025). År 2025 dominerades den svenska marknaden av större anläggningar i storleksklassen cirka 10–30 MW, och Stockholm stod för cirka 36 % av den totala installerade datakapaciteten i Sverige (Mordor Intelligence, 2026).

Tillväxten drivs primärt av hyperscale-operatörernas expansion, där datacenter ofta byggs i storleksordning av flera hundra megawatt. Investeringarna gynnas av Sveriges förnybara energimix, det välutbyggda fibernätet samt den 97% elskatterabatten för datacenter (Mordor Intelligence, 2026; Borello, 2025). Ytterligare en aspekt av den ökade efterfrågan är säker beräkningskraft inom landet, särskilt för AI baserade tjänster och träning (Lindsten, 2025; Cremona & Czyzak, 2025).

Den snabba expansionen ställer samtidigt ökade krav på elnätet. Ansökningar om nätanslutning från datacenter till Svenska Kraftnät uppgick till över 6 700 MW enbart i Mellansverige under 2025, jämfört med totalt 1 300 MW året innan, varav cirka 5 000 MW avsåg datacenter (Wijnbladh, 2025). I februari 2026 uppgick den sammanlagda ansökta effekten för datacenter till cirka 4 600 MW, fördelat enligt tabell 2 nedan. Kapacitetsbristen i elnätet, tillsammans med stigande markpriser i Stockholm, förlänger ledtider för nya projekt och styr allt fler etableringar mot norra Sverige, där vattenkraften är stor och nätkapaciteten högre (Mordor Intelligence, 2026; Borello, 2025).

Tabell 2. Anslutningsansökan SVK 28e februari 2026 (Svenska Kraftnät, 2026).

| Elnätsområde | MW      |
|--------------|---------|
| SE1          | 200 MW  |
| SE2          | 900 MW  |
| SE3          | 3543 MW |
| SE4          | 0       |
| Total        | 4643 MW |

Denna geografiska förskjutning syns tydligt i pågående nyckelprojekt, vilka tillsammans illustrerar både skalans storlek och den problematik kring elförsörjning som präglar branschen. EcoDataCenter uppför ett 250 MW datacenter i Borlänge med möjlighet att expandera till 600 MW (EcoDataCenter, u.å.), och AtNorth planerar ett 300 MW co-location-datacenter i Skellefteå (AtNorth, u.å.). I Marviken utvecklar EdgeMode ett AI-datacenter som ska skalas från 20 MW till över 300 MW inom fem år (Skidmore, 2025). Det kanske mest talande exemplet är Brookfields planerade AI-datacenter i Strängnäs på 350–750 MW, med en investering på 95 miljarder kronor; ett projekt som riskerar att inte förverkligas på grund av bristande elförsörjning (Maine & Grimberg, 2025; Hult, 2026). Exemplet belyser hur tillgången på planerbar och stabil el har blivit en avgörande flaskhals för datacenteretableringar i Sverige, något som är direkt relevant för den roll SMR kan spela i detta system.

#### 4.1.2 Kartläggning av SMR

Globalt befinner sig SMR-tekniken i en accelererande utvecklingsfas. IAEA identifierar att över 80 olika SMR-designs är under utveckling världen över, varav ett flertal befinner sig i tillstånds- eller konstruktionsfas (IAEA, 2025). De mest avancerade projekten återfinns i Kanada, Storbritannien, USA och Ryssland (IAEA, 2024), där den ryska flytande reaktorn KLT-40S är ett av få exempel på en kommersiellt driftsatt SMR (Larson, 2024). Den breda internationella utvecklingen signalerar att tekniken rör sig mot kommersialisering, men att tidshorisont och kostnadsbilder fortfarande är förenade med betydande osäkerhet.

I Sverige har ett antal projekt nu nått en fas där platsval, förstudier och myndighetsdialoger har inletts. Vattenfall planerar en expanderings av Ringhals med SMR motsvarande en total effekt på cirka 1 500 MW, bestående av antingen fem reaktorer från GE Vernova eller tre från Rolls Royce (Hennix, 2026). I Norrsundet utanför Gävle driver bolaget Blykalla utvecklingen av sex SEALER-enheter på 55 MWe vardera, designade för energiintensiva industrier och hyperscale-datacenter. Bolaget har genom förstudier konstaterat att platsen uppfyller centrala kriterier för vidare tillståndsprocesser. Emellertid kräver fortsatt utveckling godkännande från Skattemyndigheten, Miljö- och marknämnden, Sveriges Regering, Gävle kommun och

andra myndigheter (Nuclear News, 2026). Kärnfull Next har etablerat ett projekt i Valdemarsvik kommun och lämnat in Sveriges första formella ansökan enligt den nya lagen om statligt godkännande av kärntekniska anläggningar, vilket ingår i ett större program med syfte att tillgodose det ökande kraftbehovet i elområde SE3 och SE4 (Kärnfull Next, 2026).

Det regulatoriska läget utvecklas i takt med projekten. Lagen om statligt stöd till ny kärnkraft trädde i kraft 2025, och det föreslagna godkännandeförfarandet som planeras till 2026 syftar till att ge projekt ett tidigt och formellt statligt ställningstagande, något som bedöms kunna minska osäkerheten i tidiga planeringsskeden (Regeringskansliet, 2025; Regeringskansliet, 2026). Sammantaget befinner sig svensk SMR-utveckling i en snabb förändringsprocess, men med en tidshorisont för kommersiell drift som fortfarande är svår att fastställa.

Det regulatoriska ramverket för SMR utvecklas parallellt med den tekniska och marknadsmässiga utvecklingen. Internationellt framhålls behov av anpassade regelverk för bland annat lokalisering, licensiering, säkerhetsbedömningar och fabrikstillverkning (IAEA, u.å.; NEA, u.å.). I Sverige befinner sig det regulatoriska ramverket i en tydlig förändringsfas. Lagen om statligt stöd till ny kärnkraft trädde i kraft 2025 och möjliggör stöd till investeringar i nya reaktorer motsvarande upp till cirka 5000 MW (Regeringskansliet, 2025; Energimyndigheten, 2025b). Vidare planeras införandet av en ny lag om statligt godkännande av kärntekniska anläggningar under 2026, vilken syftar till att ge projekt ett tidigt och formellt statligt ställningstagande i tillståndprocessens inledande skede. Detta förväntas minska osäkerhet och öka förutsägbarheten i planeringsfasen (Regeringskansliet, 2026). Parallellt har regeringen föreslagit att tidigare begränsningar för lokalisering av kärntekniska anläggningar ska justeras, bland annat genom att möjliggöra etablering på fler platser vid kusten (Regeringskansliet, 2026). I kontext av detta kan Sveriges satning på SMR ses som en del av en bredare och snabbt utvecklande energipolitisk inriktning, där regeringen tagit fram en färdplan för utveckling av planerbar och fossilfri el i form av kärnkraft.

#### **4.1.3 Samlokalisering av datacenter och SMR**

Samlokalisering av datacenter och SMR lyfts fram som en attraktiv lösning för att möta ett växande elbehov genom stabil och fossilfri baskraft dygnet runt. En sådant system möjliggör dessutom etablering i närheten av stora effektbehov och skapar förutsättningar för synergier där elproduktion kan kombineras med värme- och kyllösningar för industriella processer och datacenter (Wegrzyn & Carlini, 2024).

Det globala intresset för kombinationen av kärnkraft och datacenter har accelererat markant de senaste åren, drivet av teknikföretagens ökande behov av grön och planerbar el. Amazon har tillkännagett tre SMR-projekt längs östkusten i USA som en del av företagets net-zero-strategi, Microsoft har ingått ett 20-årigt avtal med Constellation för att återstarta Three Mile Island för sina datacenter, och Google har tecknat avtal med Kairos Power för att uppnå 500 MW SMR-kapacitet till 2035 (Waltz, 2024; Olick, 2024). I Japan planeras datacenter i direkt anslutning till befintliga kärnkraftsanläggningar för att säkra energiförsörjningen (Björkman, 2024).

Utöver dessa initiativ utvecklas även reaktorkoncept specifikt för datacenter, det schweiziska företaget Deep Atomic har utvecklat en SMR för datacenter, anpassad för både el och kylning (Björkman, 2024). Det gemensamma draget i dessa initiativ är att kombinationen inte längre är hypotetisk utan kommersiellt driven och under aktiv utveckling av några av världens största techbolag.

I Sverige finns flera tidiga initiativ i samma riktning. Kärnfull Next planerar ett SMR-kluster i Nyköping med syfte att försörja datacenter med kärnkraft, och bolaget framhåller SMR-parker som särskilt lämpade för energiintensiva datacenter och AI-infrastruktur (Kärnfull Next, 2024; Judge, 2023). I oktober 2025 tecknade Blykalla, Studsvik och Evroc ett samförståndsavtal för att utreda den tekniska och kommersiella genomförbarheten av att samlokalisera datacenter och SMR på Studsviks licensierade kärnkraftsanläggning i Nyköping, med målet att etablera ett av Europas första SMR-parker (World Nuclear News, 2025; Skidmore, 2025). Datacenteroperatören Bahnhof har annonserat planer för en kombinerad anläggning i Hjorthagen utanför Stockholm, där SMR skulle försörja både datacentret och närliggande hushåll med el och värme (Judge, 2023).

Sammantaget visar kartläggningen att samlokalisering av datacenter och SMR har utvecklats från en konceptuell lösning till ett växande och internationellt förankrat utvecklingsområde. Kombinationen adresserar centrala utmaningar kopplade till ökad efterfrågan på planerbar och fossilfri el (Ullman m.fl., 2026). Både internationella och svenska initiativ indikerar att tekniken betraktas som en potentiell lösning för framtidens energiförsörjning till digital infrastruktur, men att den fortfarande befinner sig i ett tidigt skede där tekniska, ekonomiska och regulatoriska förutsättningar behöver vidareutvecklas. Datacenter och SMR tillsammans med fjärrvärme som ett sammanhängande energisystem är dock ännu lite studerat i forskningen. Tidigare studier och pågående projekt har belyst potentialen hos respektive teknik separat, analyser av det integrerade systemet är sällsynta. Ett undantag är Ullman m.fl. (2026), som konstaterar att en kärnvärmekälla i kombination med datacenter kan bidra till dekarbonisering av fjärrvärmesystem och samtidigt ge påtagliga ekonomiska fördelar.

## 4.2 Empiriska resultat från intervjuer

I detta avsnitt presenteras intervjuer med aktörer inom fjärrvärme, datacenter, SMR-utvecklingen samt tekniska konsulter, för att komplettera den genomförda analysen av marknadsutvecklingen. Syftet var att fånga branschperspektiv på de identifierade trenderna samt att belysa praktiska aspekter kopplade till integration av datacenter och SMR i fjärrvärmesystem.

### 4.2.1 Potential och begränsningar

Samtliga intervjuade aktörer betraktade spillvärme från datacenter som en resurs med betydande teknisk potential. Datacenteraktörerna (DC1 och DC3) framhöll att i princip all värme från deras planerade anläggningar kan återvinnas, vilket indikerade en hög teoretisk

nyttjandegrad. DC2 bekräftade bilden men konstaterade att det i praktiken ofta råder en tydlig skillnad mellan tillgängliggjord och faktiskt nyttjad spillvärme, då det periodvis finns mer värme tillgänglig än vad mottagande system kan ta emot. Den mest framträdande begränsningen var kopplad till efterfrågesidan i det mottagande fjärrvärmesystemet. Fjärrvärmeaktörerna var samstämmiga i att spillvärme tas emot när det är produktionsmässigt och ekonomisk motiverat i förhållande till alternativ produktion (Intervju FV1; Intervju FV2, Intervju FV3). FV2 förtydligade att spillvärme under sommaren konkurrerar med avfallsförbränning med låga marginalkostnader, vilket innebär att betalningsvilja och mottagningskapacitet är låg under dessa månader. Säsongsvariationen framträder därmed som en strukturell begränsning: under vinterhalvåret finns ett starkare ekonomiskt incitament, medan sommarmånaderna skapar ett systematiskt överskott av tillgänglig spillvärme som inte kan nyttiggöras.

Geografiska förutsättningar utgjorde ytterligare en begränsning. Avståndet mellan spillvärmeanläggningen och fjärrvärmenätet har stor påverkan på projektets genomförbarhet då investeringar i rörinfrastruktur snabbt blir kostnadsdrivande (Intervju FV1; Intervju TEK4). DC1 pekade på lokalisering i förhållande till fjärrvärmenät samt kontakt med kommuner och fjärrvärmeföretag som de centrala utmaningarna för datacenteraktörer som vill värmeåtervinna. I kontrast till datacenter framstod SMR som en mer kontrollerbar och kontinuerlig värmekälla, där en större andel av energin kan nyttiggöras kontinuerligt, givet att det finns en stabil efterfrågan (Intervju SMR2). Denna potential begränsas emellertid av regulatoriska och samhällseliga faktorer, framförallt tillståndprocesser, lokalisering i förhållande till tätbebyggelse samt social acceptans (Intervju SMR1; Intervju SMR2). Båda SMR-respondenterna bedömde att en beredskapszon vid staketet, i enlighet med finsk praxis, är ett rimligt och nåbart mål givet SMR-teknikens passiva säkerhetssystem, och betecknade denna fråga som avgörande för etableringsförutsättningarna.

#### **4.2.2 Tekniska förutsättningar**

De tekniska förutsättningarna för integration mellan datacenter, SMR och fjärrvärmesystem präglas i hög grad av temperaturnivåer, systemutformning och driftkaraktistik. För datacenter var den centrala tekniska utmaningen kopplad till temperaturnivåerna. Spillvärmen i de intervjuades vätskekylda system låg i intervallet runt cirka 45–55 °C vilket är otillräckligt för direkt inmatning i fjärrvärmenätet och kräver temperaturlyft via värmepump (Intervju DC2; Intervju FV1). Temperaturlyftet via värmepump påverkar datacentrets PUE-mätning negativt om värmepumpen placeras inom anläggningens systemgräns, något DC2 lyfter som en affärsmässig utmaning då många datacenteraktörer prioriterar ett lågt PUE-värde. Teknikutvecklingen med datacenter och kylsystem som opererar och levererar högre temperaturer lyfts av DC2 som en avgörande förutsättningarna för ökad spillvärmeåtervinning, då temperaturnivåerna ökar och behovet av temperaturlyft minskar. Datacenteraktörerna var samstämmiga i att egna kylmaskiner alltid måste finnas för redundans och för situationer då fjärrvärmenätet inte kan ta emot värme, exempelvis under sommarmånaderna (Intervju DC1;

Intervju DC2). TEK4 bekräftade att detta är ett generellt krav och att fjärrvärmeföretag av samma skäl inte heller kan förlita sig på ett enskilt datacenter som enda värmekälla.

I kontrast är SMR-anslutningen enklare eftersom värmen levereras på 90–120 °C utan behov av värmepump (Intervju SMR1; Intervju SMR2). SMR1 förklarade fördelarna med en reaktor med kombinerad drift, vilket enligt den intervjuade experten innebar en styrbar flexibilitet och ett högre uttag av total energi, något som kan öka lönsamheten när efterfrågan på fjärrvärme och elektricitet skiftar (Intervju SMR1). Samtidigt beskrevs SMR som en mer stabil och planerbar värmekälla med hög tillgänglighet tillskillnad från datacentret där värmen beror på IT-lasten. SMR2 bedömde även SMRens behov av revision som en driftfördel då en nedstängning under sommarmånaderna matchar det låga behovet av fjärrvärme. Sammantaget visade intervjuerna att tekniska faktorer som temperatur, leveransprofil och systemdesign i hög grad styr möjligheten att integrera olika värmekällor i fjärrvärmesystem.

#### **4.2.3 Ekonomiska incitament**

Intervjuerna var samstämmiga i att ekonomiska incitament är avgörande för om spillvärmeåtervinning realiserar i praktiken. DC1 tydliggjorde att integration med fjärrvärmenätet inte är genomförbart utan ekonomiska drivkrafter, även om hållbarhetsaspekter har stor betydelse. DC2 beskrev att vissa förberedande infrastrukturella investeringar för värmeåtervinning genomförts av hållbarhetsskäl men betonade samtidigt att ett bredare genomslag för systemintegrationen förutsätter kommersiella villkor som skapar incitament för samtliga involverade aktörer. Intervjuerna visade också att avtalsfrågan och utformningen av ekonomiska incitament utgör en central del av förutsättningarna för spillvärmeåtervinning. Flera respondenter beskrev att fjärrvärmebolagen i praktiken jämför spillvärme med alternativ produktionsslag utifrån kostnad, vilket innebär att betalningsviljan varierar beroende på rådande systemförhållanden. FV2 beskrev en avtalsmodell där systemet optimeras gemensamt och nyttan delas mellan parterna medan DC1 uppgav att deras modeller bygger på att mellanskillnaden i förhållande till alternativ bränsleproduktion delas. FV1 poängterade samtidigt att värmeåtervinning även kan ge ett mervärde kopplat till ökade hållbarhetskrav från kunder och regelverk, utöver den direkta ekonomiska ersättningen.

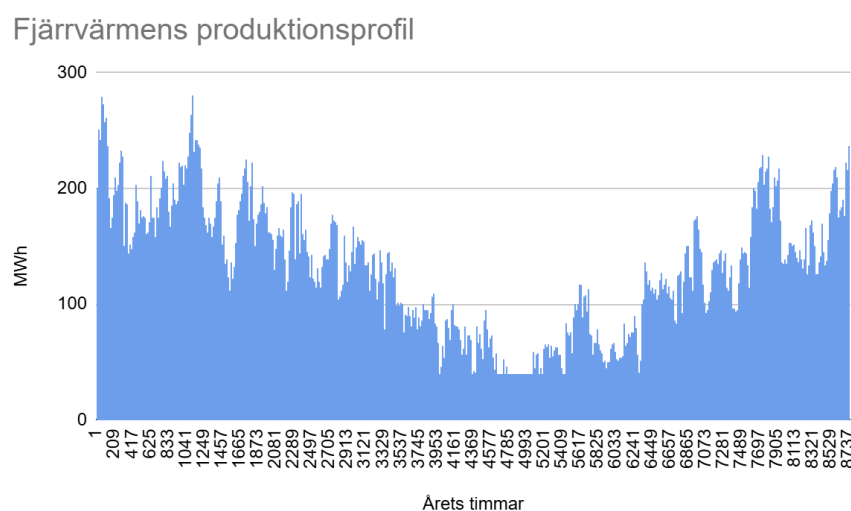
Ett konkret regulatorisk hinder som DC2 lyfte var elskatten på den el värmepumpen förbrukar vid temperaturlyftet. Den nuvarande skattenivån beskrevs försämra den kommersiella lönsamheten, och ett borttagande bedömdes kunna göra stor skillnad för spillvärmeåtervinning i större skala. FV2 kompletterade med att balansen mellan elpris, biobränslepris och avfallsförbränningspris kontinuerligt styr vilken produktionskälla som är konkurrenskraftig, och att spillvärme är attraktivt framför allt under vinterhalvåret då det kan ersätta dyra alternativ.

Gällande SMR beskriver SMR2 två affärsmodeller för värmeproduktion; inköp av en nyckelfärdig reaktor med egen drift, alternativt köp av värme som en tjänst på ett långsiktigt fastprisavtal. Det senare alternativet passar fjärrvärmeföretag som saknar incitament för att bygga upp kärnkraftskompetens internt. FV2 bekräftar intresset för kärnvärme som baslast och

bedömer att den i kombination med spillvärme från datacenter kan bli avgörande för att fasa ut brännbara bränslen och hålla fjärrvärme relevant på lång sikt. Sammantaget visade intervjuerna att ekonomiska incitament, avtalsmodeller och riskfördelning är minst lika avgörande som tekniska förutsättningar för om integrationen realiserar. Samtidigt framhölls att osäkerheter i energi- och bränslemarknaderna, särskilt kopplade till elpriser och alternativa produktionskostnader, gör investeringsbeslut mer komplexa och ökar behovet av flexibilitet i både affärsmodeller och systemdesign.

### 4.3 Dimensionering efter belastningsnivå

I detta avsnitt redovisas resultaten uppdelade efter dimensioneringsstrategi baserat på säsongsbehov. Tre dimensioneringsstrategier analyseras: baserade på sommar-, vinter- respektive genomsnittsbehov. För varje scenario presenteras hur den installerade kapaciteten för datacenter och SMR förhåller sig till lastprofilen modellerad över ett år med start i januari vid timme 1. Varje avsnitt innehåller en analys av täckningsgrad och utnyttjandegrad, samt de ekonomiska nyckeltalen NPV, IRR och LCOE. Avsnittet inleds med en graf över den 1000 GWh modellerade fjärrvärmelastprofilen baserat på HDH-metoden samt temperaturdata från Stockholm 2025, se figur 7. Figuren illustrerar variationen i värmebehov över året och utgör en grund för de analyserade dimensioneringsstrategierna. Därefter presenteras resultaten för den scenariobaserade analysen.



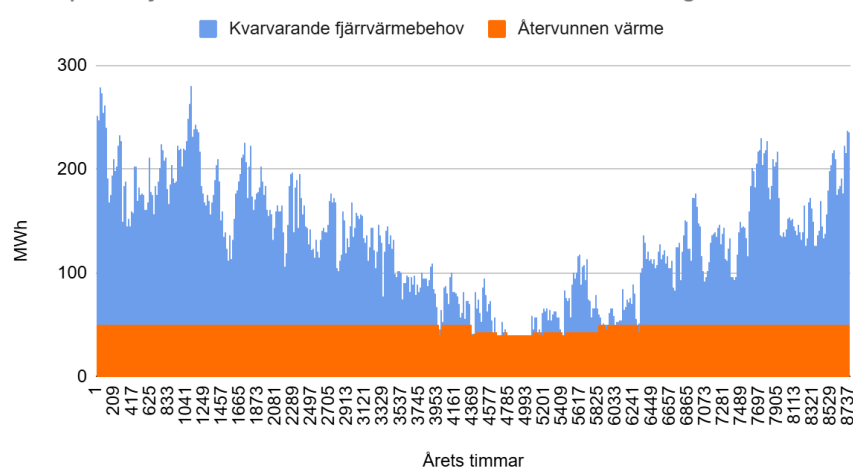
Figur 7. Fjärrvärmens produktionsprofil för ett 1000 GWh nät.

Figur 7 visar tydliga säsongsvariationer i belastningen, vilket följer av uppvärmningsbehovets temperaturberoende. Den högsta effekttoppen uppgick till 280 MW under en natt i februari. Under årets varmare månader minskade uppvärmningsbehovet, vilket resulterade i en lägre och jämnare lastnivå. Under denna period dominerades produktionen av tappvarmvattenbehov och modellerade distributionsförluster, vilka tillsammans uppgick till cirka 40 MW.

### 4.3.1 Dimensionering baserad på sommarbehov

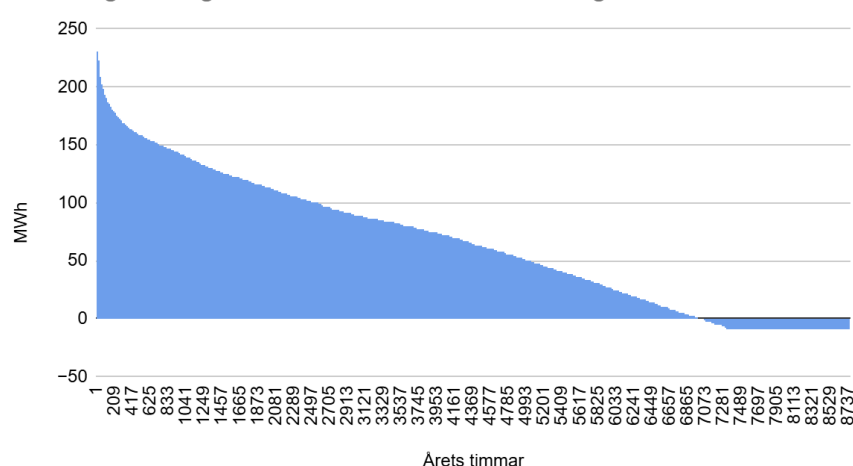
Dimensioneringen i detta scenario baserades på det genomsnittliga värmebehovet under sommarmånaderna juni, juli och augusti, vilket motsvarar cirka 52,52 MW. Systemet dimensionerades därefter och bestod av ett datacenter med installerad effekt om 40 MW samt en SMR som uppgick till samma installerade effekt. Notera, som tidigare nämnt, att värmeåtervinningen är större från datacenter än SMR vid samma installerade effekt. Den installerade effekten gav tillsammans cirka 56.53 MW tillgänglig återvunnen värme. Figur 8 visar hur denna kapacitet förhåller sig till lastprofilen och figur 9 visar fjärrvärmeproduktionens varaktighetsfördelning över året.

Lastprofil fjärrvärmebehov - Somnardimensionering



Figur 8. Lastprofil för fjärrvärmebehovet över ett år.

Varaktighetsdiagram - Somnardimensionering



Figur 9. Varaktighetsdiagram över fjärrvärmeproduktionen.

I figur 8 illustrerar det blå fältet fjärrvärmebehovets variation över årets alla timmar. Det orange markerade området motsvarar den återvunna värmen vilken ligger nära sommarens behov och

fjärrvärmens baslast, därav täcks även en betydande del av efterfrågan under vår och höst. Emellertid var spillvärmen inte tillräcklig för att tillgodose värmebehovet under vinterhalvåret, där ett stort underskott uppstod i förhållande till efterfrågan. Spillvärmen täckte enbart 20,17% av den maximal effekttoppen medan scenariots totala täckningsgrad resulterade i 45,98%.

Figur 9 visar ett varaktighetsdiagram över fjärrvärmebehovet, där har timmarna sorterats från högsta till lägsta effektnivå. Diagrammet visar det kvarvarande produktionsbehovet, ovanför x-axeln, samt den outnyttjade spillvärmen, nedanför x-axeln. Det kvarvarande produktionsbehovet belyser underskottet av kapacitet i förhållande till värmeefterfrågan. Den låga andelen outnyttjad värme speglar att den installerade effekten ligger i linje med baslasten och visar systemintegrationens höga utnyttjandegrad på 96,73%. Sammanfattningsvis illustrerar figurerna en tydlig avvägning mellan hög utnyttjandegrad och låg täckningsgrad vid dimensionering mot baslast. Resultaten från den ekonomiska analysen sammanfattas i tabell 3 nedan, där de ekonomiska nyckeltalen för respektive produktionsalternativ presenteras.

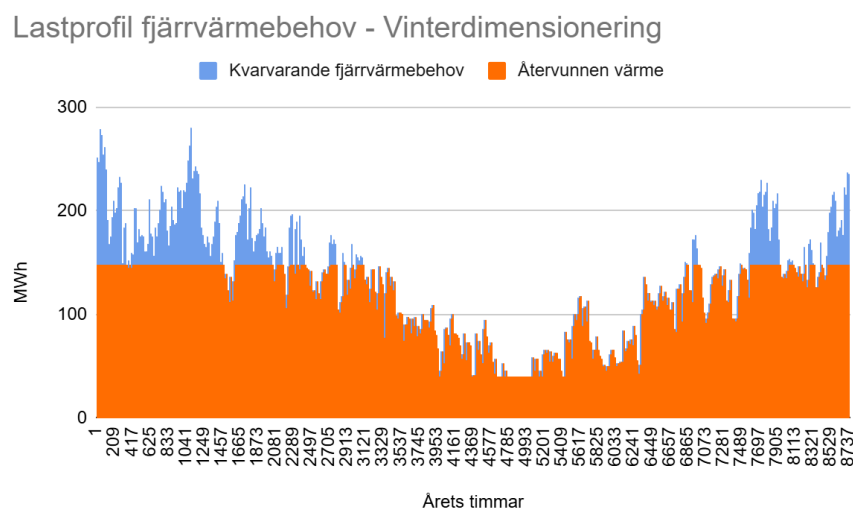
*Tabell 3. Ekonomiska parametrar för systemintegrationen.*

| Parametrar          | Datacenter | SMR   | Systemintegration |
|---------------------|------------|-------|-------------------|
| LCOE [SEK/MWh]      | 335        | 297   |                   |
| NPV [MSEK]          | 136        | 69    |                   |
| IRR [%]             | 13         | 11    |                   |
| Täckningsgrad [%]   |            |       | 45,98             |
| Utnyttjandegrad [%] | 99,16      | 89,61 | 96,73             |
| Max täckning [%]    |            |       | 20,17             |

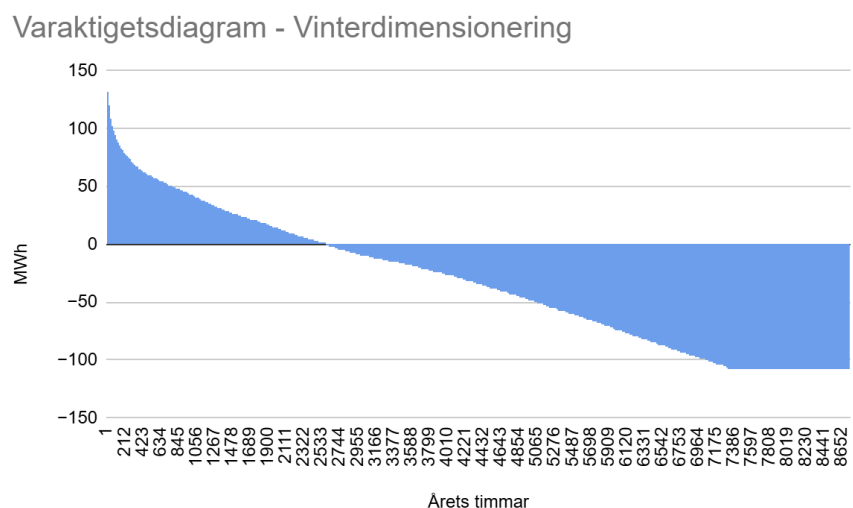
De ekonomiska resultaten för sommarscenariot visar vissa skillnader mellan de två produktionsalternativen. För datacenter uppgick LCOE till 335 SEK/MWh, vilket är något högre än motsvarande värde för SMR där LCOE uppgick till 297 SEK/MWh. Detta indikerar att värmeåtervinningen från SMR har en lägre kostnad per producerad värmeenhet. Vad gäller NPV å andra sidan har datacentret ett betydligt högre värde än för SMR alternativet, varav NPV för datacenter uppgår till det dubbla värdet. Resultatet tyder på att datacentret genererar ett större totalt värde över projektets livslängd. Medan för IRR har datacentret något lägre värde än för SMR, vilket indikerar att SMR investeringen ger en högre avkastning i relation till investerat kapital.

### 4.3.2 Dimensionering baserad på vinterbehov

I detta scenario baserades dimensioneringen på det genomsnittliga värmebehovet under vintermånaderna december, januari och februari, vilket motsvarar cirka 175,75 MW. Därefter modellerades datacentret och SMR med en installerad effekt om 120 MW vardera, vilket tillsammans motsvarade cirka 169,59 MW återvunnen värme. Figur 10 visar hur denna kapacitet förhåller sig till lastprofilen och figur 11 visar fjärrvärmeproduktionens varaktighetsfördelning över året.



Figur 10. Lastprofil för fjärrvärmebehovet över ett år för vinterscenario.



Figur 11. Varaktighetsdiagram över fjärrvärmeproduktionen för vinterscenariot.

I figur 10 illustrerar det orange markerade området, den återvunna värmen, att den installerade kapaciteten täcker hela värmebehovet för sommar, höst och vår, samt stora delar av vinterbehovet. Endast enskilda effekttoppar, det blå området, kräver alternativ värmeproduktion för att tillgodoses då spillvärmen endast täcker 60,5% av maxeffekttoppen.

Detta motsvaras av en täckningsgrad på 95,07%. Det kvarvarande produktionsbehovet illustreras även i figur 11 som arean över X-axeln.

Även den utnyttjade värmen visualiseras i figur 10 som området under x-axeln. Jämfört med föregående scenario utgör det en betydligt större andel av den producerade spillvärmen, detta till följd av att spillvärmen överstiger värmebehovet under stora delar av året, särskilt under sommarmånaderna. Andelen utnyttjad värme speglas av en utnyttjandegrad på 65,56%, vilket är 30 procentenheter lägre än för sommarscenariot. Sammanfattningsvis illustrerar figurerna en motsatt avvägning jämfört med tidigare scenario, varpå en hög täckningsgrad prioriteras med följd av en lägre utnyttjandegrad. Resultaten från den ekonomiska analysen sammanfattas i tabell 4 nedan, där de ekonomiska nyckeltalen för respektive produktionsalternativ presenteras.

*Tabell 4. Ekonomiska parametrar för vinterscenariot.*

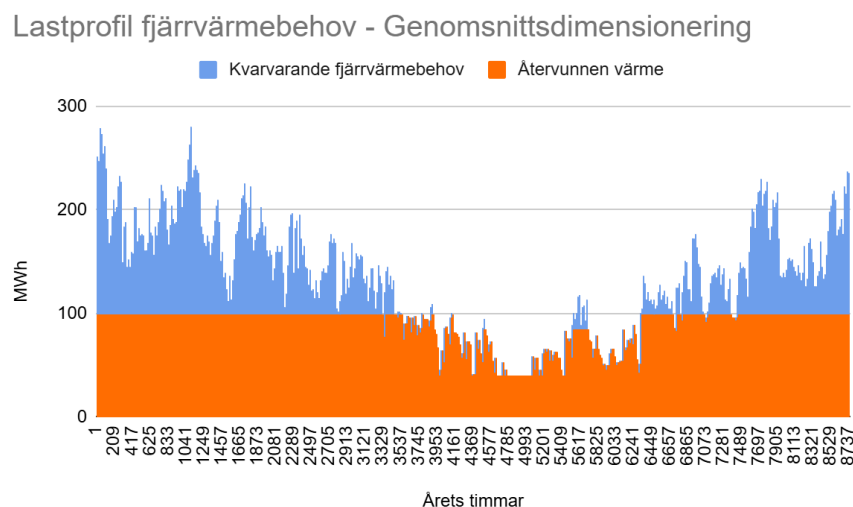
| Parametrar          | Datacenter | SMR   | Systemintegration |
|---------------------|------------|-------|-------------------|
| LCOE [SEK/MWh]      | 394        | 444   |                   |
| NPV [MSEK]          | -264       | -114  |                   |
| IRR [%]             | 4          | 2     |                   |
| Täckningsgrad [%]   |            |       | 95,07             |
| Utnyttjandegrad [%] | 75,61      | 36,13 | 65,56             |
| Max täckning [%]    |            |       | 60,5              |

Det ekonomiska resultatet för detta scenario visar en tydligt svagare lönsamhet jämfört med sommardimensioneringen. I detta fall uppvisar datacenter en lägre LCOE än för SMR, man bör dock notera att det är till följd av att spillvärme från datacenter prioriteras och har därmed en högre utnyttjandegrad. Gällande NPV uppvisar båda alternativen negativa värden, vilket tyder på att denna typ av överdimensionering är olönsamt i absoluta termer. Vidare uppgår IRR till 4% för datacenter och 2% för SMR och innebär att detta ej bör betraktas som en lönsam affär i ekonomisk aspekt, speciellt med en diskonteringsränta på 7%. De svaga ekonomiska resultaten kan kopplas till överdimensioneringen av systemet, varav stora mängden spillvärme inte kan nyttiggöras och innebär därmed försämrade intäkter i jämförelse med den större initiala investeringskostnaden.

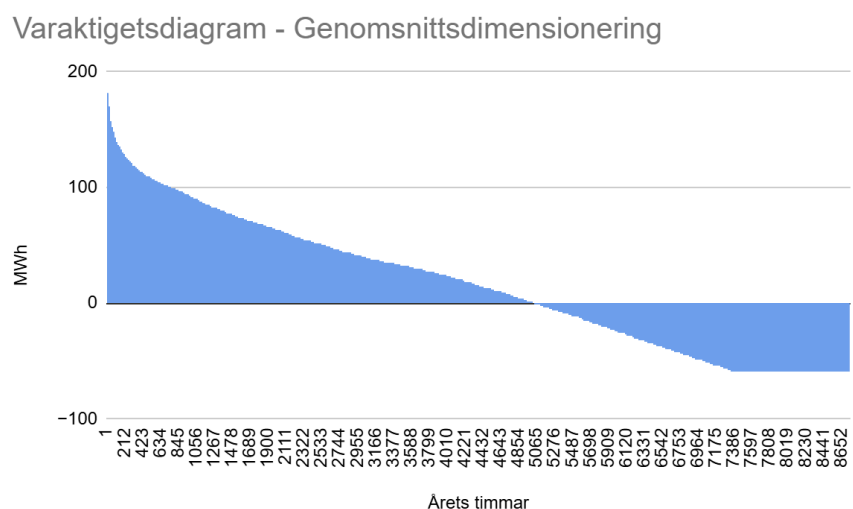
#### **4.3.3 Dimensionering baserad på genomsnittsbehov**

Det tredje dimensioneringsscenariot baserades på det genomsnittliga värmebehovet under hela året, vilket motsvaras av cirka 114.16 MW. Datacentret och SMR modellerades därav med en

installerad kapacitet om 80 MW vardera, vilket uppgick i 113,06 MW återvunnen värme totalt. Figur 12 visar hur denna kapacitet förhåller sig till lastprofilen och figur 13 visar fjärrvärmeproduktionens varaktighetsfördelning över året.



Figur 12. Lastprofil för fjärrvärmebehovet över ett år för genomsnittlig dimensionering.



Figur 13. Varaktighetsdiagram över fjärrvärmeproduktionen för genomsnittlig dimensionering.

I figur 12 utläses att då dimensioneringen skapades utifrån årets genomsnittsbbehov täcktes fjärrvärmebehovet under sommarperioden, samt en stor del av efterfrågan under höst och vårmånaderna. Även under vinterhalvåret bidrar spillvärmen till en betydande del av värmebehovet, emellertid täcktes enbart 40,34 % av max effekttoppen vilket indikerar att under denna period krävs en större andel alternativ produktion. Systemintegrationens totala täckningsgrad uppgick till 78,13% med en utnyttjandegrad på 81,85%. Detta illustreras även i figur 13 vilken speglar ett mer balanserat alternativ gentemot sommar- och

vinterdimensioneringen, varav outnyttjad spillvärme samt kvarvarande produktionsbehov visar på en kompromiss mellan täckningsgrad och utnyttjandegrad. Resultaten från den ekonomiska analysen sammanfattas i tabell 5 nedan, där de ekonomiska nyckeltalen för respektive produktionsalternativ presenteras.

*Tabell 5. Ekonomiska parametrar för genomsnittsscenariot.*

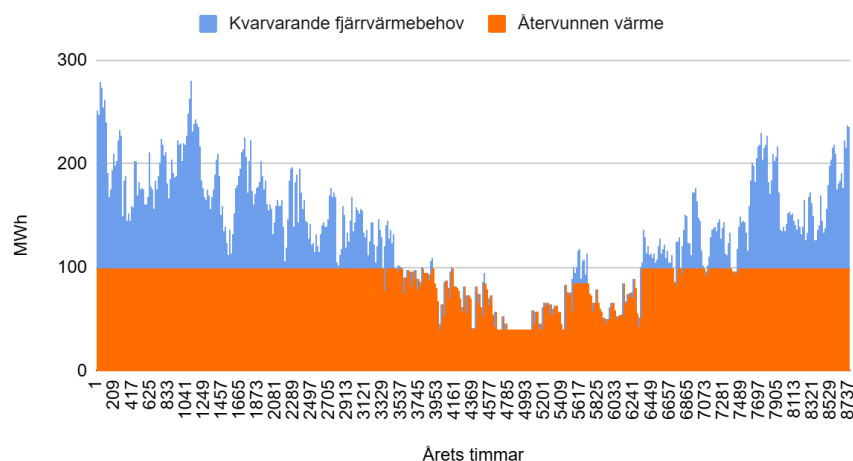
| Parametrar          | Datacenter | SMR   | Systemintegration |
|---------------------|------------|-------|-------------------|
| LCOE [SEK/MWh]      | 365        | 299   |                   |
| NPV [MSEK]          | 14         | 107   |                   |
| IRR [%]             | 7          | 13    |                   |
| Täckningsgrad [%]   |            |       | 78,13             |
| Utnyttjandegrad [%] | 86,38      | 68,60 | 81,85             |
| Max täckning [%]    |            |       | 40,34             |

De ekonomiska resultaten för genomsnittsfallet innebar LCOE-värden likvärdiga med det sommardimensionerade scenariot, framförallt för SMR som uppgick till 299 respektive 297 SEK/MWh. Vad gäller NPV och IRR uppvisar SMR ett betydligt högre värde vilket indikerar på ett större totalt ekonomiskt värde över projektet livslängd samt en högre avkastning i relation till investerat kapital. För datacenter däremot är NPV värdet betydligt lägre och IRR uppgick till cirka 7%, densamma som den initiala diskonteringsräntan. Detta innebär att denna investering är nära brytpunkten för den storlek där den fortfarande är lönsam.

#### 4.4 Fördelning mellan värmekällor

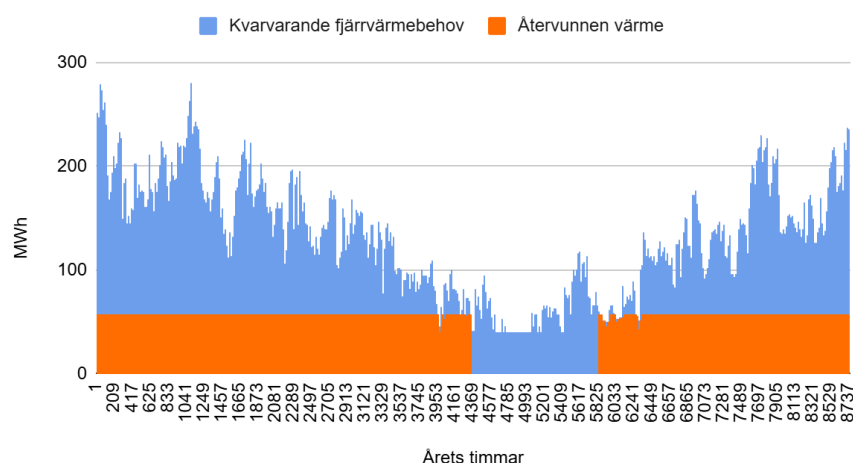
I detta avsnitt presenteras resultaten där fokus ligger på fördelningen mellan spillvärme från datacenter och SMR, med syfte att belysa hur valet av primär värmekälla påverkar systemet. Det genomsnittliga scenariot med ett värmebehov på 114.6 MW analyseras, där två alternativ jämförs; värmeproduktion från enbart datacenter respektive enbart SMR. Detta innebär att datacenteranläggningen kräver en installerad kapacitet på 110 MW medan SMR-anläggningen uppgick till 320 MW, varav båda hade en spillvärmeeffekt på 115 MW. Figur 14 och figur 15 visar hur denna kapacitet förhåller sig till lastprofilen för respektive värmekälla.

Lastprofil fjärrvärmebehov - Enbart datacenter



Figur 14. Lastprofil för fjärrvärmebehovet över ett år för genomsnittlig dimensionering med enbart datacenter.

Lastprofil fjärrvärmebehov - Enbart SMR



Figur 15. Lastprofil för fjärrvärmebehovet över ett år för genomsnittlig dimensionering med enbart SMR.

Till följd av att de två anläggningarna är dimensionerade att leverera samma värmeeffekt är det tydligt i båda figurerna att de under höst, vår och vintermånaderna har samma täckningsgrad. Dock har SMR två revisionsmånader för underhåll, modellerade som juli och augusti, vilket uppgick i behovet av alternativ produktion under dessa månader. Detta medför att, som enligt tabell 6, datacenteranläggningen fick en något högre täckningsgrad medan SMR-anläggningen hade en något högre utnyttjandegrad. Resultaten från den ekonomiska analysen sammanfattas i tabell 6 nedan, där de ekonomiska nyckeltalen för respektive produktionsalternativ presenteras.

Tabell 6. Ekonomiska parametrar för integration av enbart datacenter jämfört med enbart SMR.

| Parametrar          | Datacenter | SMR   |
|---------------------|------------|-------|
| LCOE [SEK/MWh]      | 387        | 252   |
| NPV [MSEK]          | -180       | 945   |
| IRR [%]             | 5          | 21    |
| Täckningsgrad [%]   | 79,46      | 71,73 |
| Utnyttjandegrad [%] | 78,29      | 85,62 |
| Max täckning [%]    | 41,33      | 41,10 |

Det ekonomiska resultatet för det genomsnittliga scenariot visar tydliga skillnader mellan enbart datacenter och enbart SMR som värmekälla. SMR alternativet uppvisar en betydligt lägre LCOE kostnad än datacentret, samtidigt visar NPV och IRR att anslutningen av SMR är lönsam. Datacenteralternativet däremot uppvisar en negativ NPV och en IRR som underskrider diskonteringsränta och anslutningen av denna storlek ses därav som en riskfylld investering. Den tydliga skillnaden mellan alternativen kan förklaras av deras olika kostnadsstrukturer. SMR kännetecknas av höga investeringskostnader, på grund av rörkostnader, där lönsamheten i hög grad är beroende av storskaliga fördelar. Datacenterlösningen är däremot mer beroende av värmepumpen, vars eldrift gör att ekonomin i större utsträckning påverkas av löpande driftkostnader.

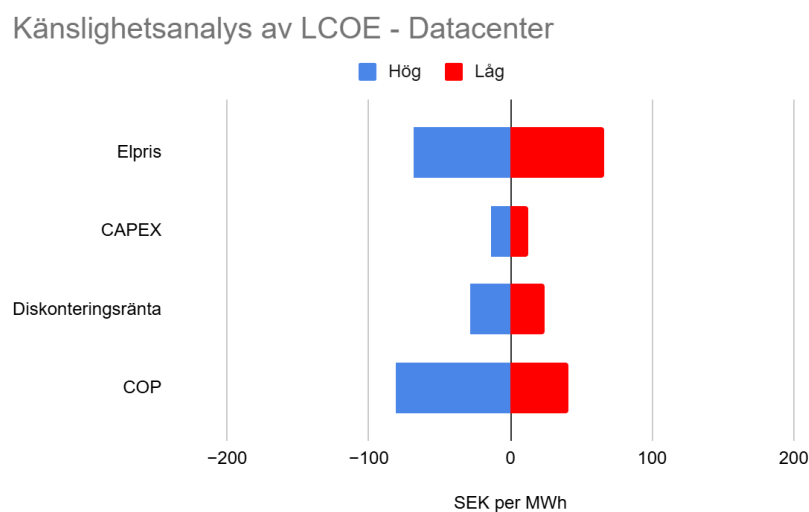
## 4.5 Känslighetsanalys

Detta avsnitt presenterar resultaten från känslighetsanalysen, som syftar till att belysa hur robusta resultaten var vid variationer i centrala parametrar. Analysen baserades på genomsnittsscenarioet med en kombinerad datacenter- och SMR-anläggning (80 MW vardera) och genomfördes som en univariat analys där en parameter varierades i taget. Resultaten redovisas för LCOE, NPV och IRR i form av tornadodiagram. Tabellerna visar förändringar relativt basfallet, där "Låg" avser ett sämre ekonomiskt utfall och "Hög" ett bättre.

### 4.5.1 Känslighetsanalys datacenter

I detta avsnitt presenteras resultaten från känslighetsanalysen för datacenteralternativet, där påverkan av elpris, biobränslepris, CAPEX, diskonteringsränta och COP analyseras. Notera att biobränsle inte inkluderas i LCOE-beräkningen i ekvation (9) i avsnitt 3.5.3 och därför inte

ingår i känslighetsanalysen för LCOE. Resultaten illustreras i figur 16–18 och sammanfattas i tabell 7–9.



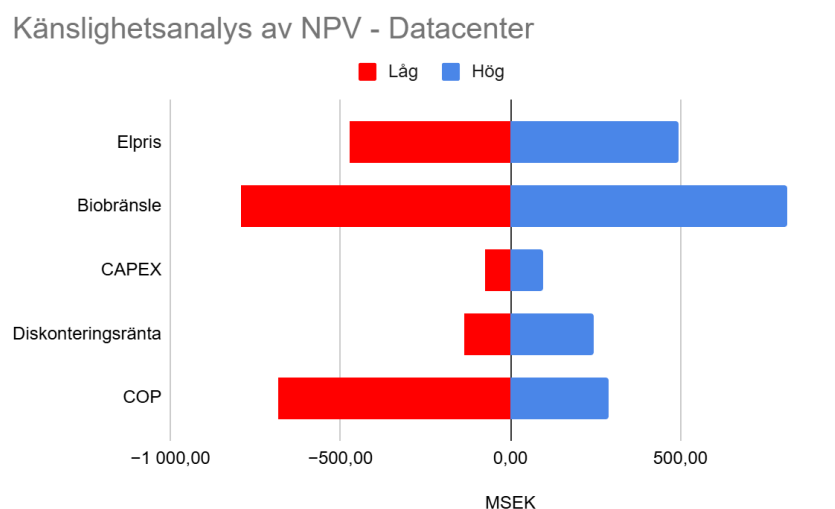
Figur 16. Känslighetsanalys av LCOE för datacenter.

Tabell 7. Förändringen från ursprungsfallet för känslighetsparametrarna för LCOE.

| Datacenter LCOE    |     |             |     |
|--------------------|-----|-------------|-----|
| [SEK/MWh]          | Låg | Ursprunglig | Hög |
| Elpris             | 68  | 365         | -66 |
| CAPEX              | 14  | 365         | -13 |
| Diskonteringsränta | 28  | 365         | -24 |
| COP                | 81  | 365         | -41 |

Av de analyserade parametrarna uppvisade värmepumpens COP- värde den enskilt största påverkan på LCOE. En förändring av COP med 30% resulterar i en negativ ökning av LCOE med 81 SEK/MWh medan motsvarande förbättring minskade kostnaden med 41 SEK/MWh. Asymmetrin förklaras av att värmepumpens elvärde är en direkt driftkostnad, varpå systemet är mer känsligt för en minskning i COP än för en motsvarande ökning. Detta beror på att elbehovet är omvänt proportionellt mot COP, vilket ger en icke-linjär påverkan där försämringar får större effekt än förbättringar. Elpriset utgjorde också en betydande LCOE-förändring på 68 SEK/MWh i det ogynnsamma fallet samt 66 SEK/MWh i det positiva fallet. Eftersom värmepumpens elbehov utgör den största driftkostnaden av datacenteralternativet påverkar ändring av elpriset i hög grad den totala kostnadsnivån. Diskonteringsräntan och CAPEX uppvisade däremot en mer begränsad påverkan på LCOE, med variationer i

storleksordningen 14–28 SEK/MWh. Resultatet indikerar att kostnadsnivån för datacenter är mer känslig för löpande driftkostnader än för finansiella antaganden eller investeringskostnader.



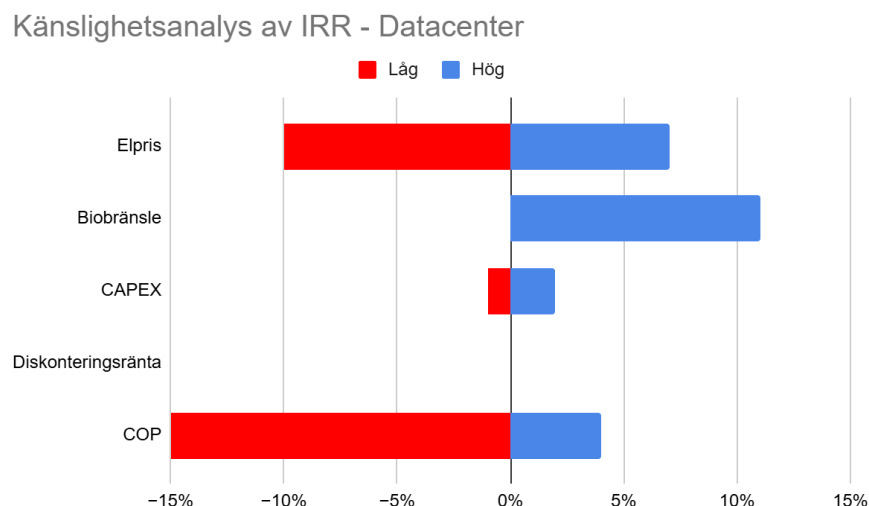
Figur 17. Känslighetsanalys av NPV för datacenter.

Tabell 8. Förändringen från ursprungsfallet för känslighetsparametrarna för NPV.

| Datacenter NPV [MSEK] | Låg  | Ursprunglig | Hög |
|-----------------------|------|-------------|-----|
| Elpris                | -473 | 14          | 496 |
| Biobränsle            | -794 | 14          | 816 |
| CAPEX                 | -76  | 14          | 98  |
| Diskonteringsränta    | -137 | 14          | 246 |
| COP                   | -685 | 14          | 289 |

För NPV framträder biobränslepriset som den parametern med störst påverkan på NPV, med ett utfallsspänn på cirka 1600 MSEK mellan dåligt och bra scenario. Detta förklaras av att det är biobränslepriset som styr intäktssidan i modellen då den representerar den undvika alternativkostnaden som spillvärmen antas ersätta. En minskning i biobränslepriset leder därför till att värdet av den levererade spillvärmen reduceras, vilket i sin tur försämrar kassaflödena, utan att kostnadsstrukturen påverkas i motsvarande utsträckning. Elpriset är den näst mest framträdande parametern med en skillnad på cirka 970 MSEK, men verkar till skillnad från biobränslet på kostnadssidan av kassaflödena. Därmed kan en ogynnsam prisutveckling medföra att projektet övergår från lönsamt till olönsamt. COP-värdet uppvisade en markant

asymmetri i NPV-fallet med en NPV-försämring på 685 MSEK vid ett försämrat COP, medan en förbättring av COP gav en begränsad positiv effekt. Detta speglar samma fenomen som i LCOE-analysen. Återigen har CAPEX och diskonteringsräntans variation den minsta relativa påverkan på NPV, vilket speglar hur systemets lönsamhet i första hand styrs av driftsekonomin.



Figur 18. Känslighetsanalys av IRR för datacenter.

Tabell 9. Förändringen från ursprungsfallet för känslighetsparametrarna för IRR.

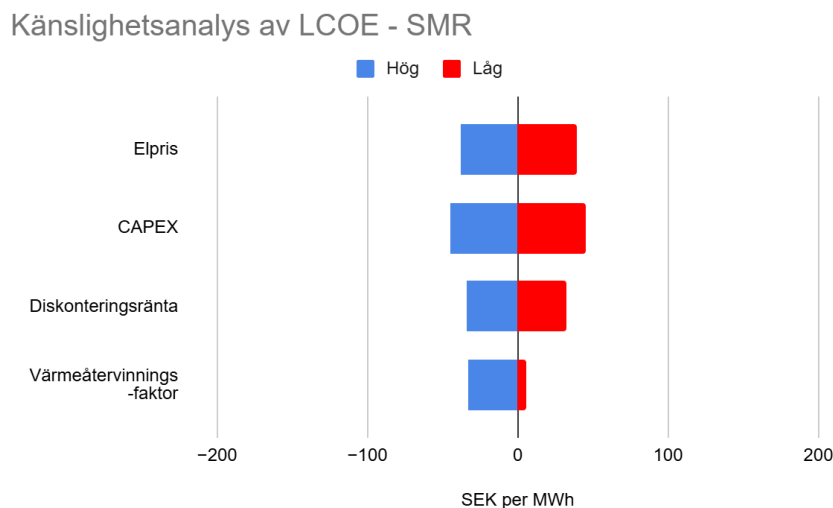
| Datacenter IRR     |                |             |     |
|--------------------|----------------|-------------|-----|
|                    | Låg            | Ursprunglig | Hög |
| [%]                |                |             |     |
| Elpris             | -10            | 7           | 7   |
| Biobränslepris     | Ej definierbar | 7           | 11  |
| CAPEX              | -1             | 7           | 2   |
| Diskonteringsränta | 0              | 7           | 0   |
| COP                | -18            | 7           | 4   |

IRR-resultaten förstärker ytterligare de från NPV varav biobränslepriset har den mest betydelsefulla effekten. Vid ett ogynnsamt biobränslepris ges enbart negativa kassaflöden vilket gör IRR-beräkningen odefinierbar med högre biobränslepriser ger ett hög IRR-värde på 18%. Elpriset uppvisar ett liknande mönster med en känslighet för ökade driftkostnader som en ökning av elpriset innebar. COP-värde uppvisade återigen asymmetrin och belyser ytterligare systemets driftberoende i ett kostnadsperspektiv. Detta bekräftas även av CAPEX-känsligheten som är markant lägre i IRR-termer.

Datacenteranläggningens ekonomi är således i grunden driftkostnadsberoende, varav de mest kritiska parametrarna var elpris och COP vilka styr de löpande kostnaderna. Samtidigt påvisar biobränsleprisets variation att värdet av spillvärmens har en markant påverkan på systemets lönsamhet. Detta gör att anläggningen är känslig för elmarknadsvolatilitet samt teknisk prestanda, emellertid är den relativt okänslig för variationer i investeringskostnader.

#### 4.5.2 Känslighetsanalys SMR

I detta avsnitt presenteras resultaten från känslighetsanalysen för SMR alternativet, där påverkan av elpris, biobränslepris, CAPEX, diskonteringsränta och värmeåtervinningsfaktorn analyseras. På motsvarande sätt som i känslighetsanalysen för datacenter exkluderas biobränsle från LCOE även för SMR. Resultaten illustreras i figur 19–21 och sammanfattas i tabell 10–12.



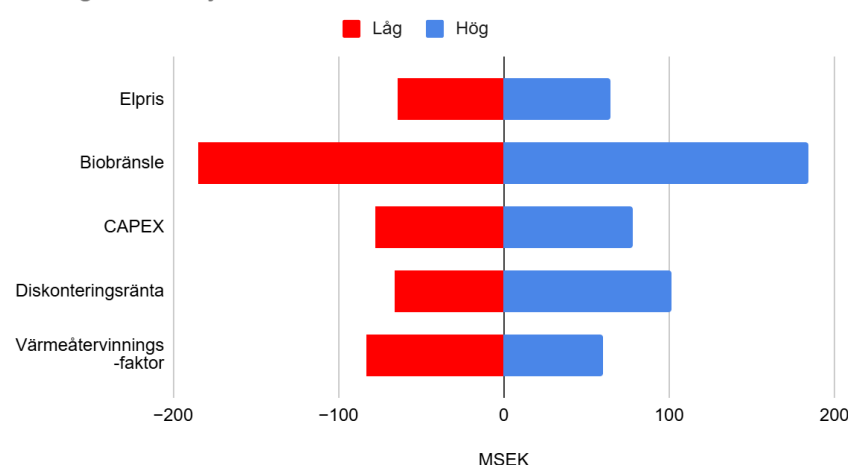
Figur 19. Känslighetsanalys av LCOE för SMR.

Tabell 10. Förändringen från ursprungsfallet för känslighetsparametrarna för LCOE.

| SMR LCOE                 |     |             |     |
|--------------------------|-----|-------------|-----|
| [SEK/MWh]                | Låg | Ursprunglig | Hög |
| Elpris                   | 38  | 299         | -39 |
| CAPEX                    | 45  | 299         | -45 |
| Diskonteringsränta       | 34  | 299         | -32 |
| Värmeåtervinnings-faktor | 33  | 299         | -6  |

Till skillnad från datacenteranläggningen uppvisade SMR en mer jämnt fördelad känslighet mellan parametrarna för LCOE. CAPEX var den mest inflytelserika parametern med en förändring på 45 SEK/MWh både positivt och negativt. Den relativt höga CAPEX känsligheten speglar att SMR-anläggningens investering domineras av rörkostnader för den antagna 5 km långa anslutningsledningen. Tätt följt var variationerna av elpris och diskonteringsräntan, vilka visade ett något lägre symmetriskt intervall. Värmeåtervinningsfaktorn, den andelen av SMR:ens installerade effekt som omvandlas till återvinningsbar värme, uppvisade en asymmetrisk påverkan: en minskning höjde LCOE med 33 SEK/MWh medan en ökning bara förbättrade det med 6 SEK/MWh. Asymmetrin förklaras av att ett lägre värmeuttag innebär att samma fasta kostnader fördelas på en mindre producerad energimängd, vilket slår hårdare procentuellt.

Känslighetsanalys av NPV - SMR



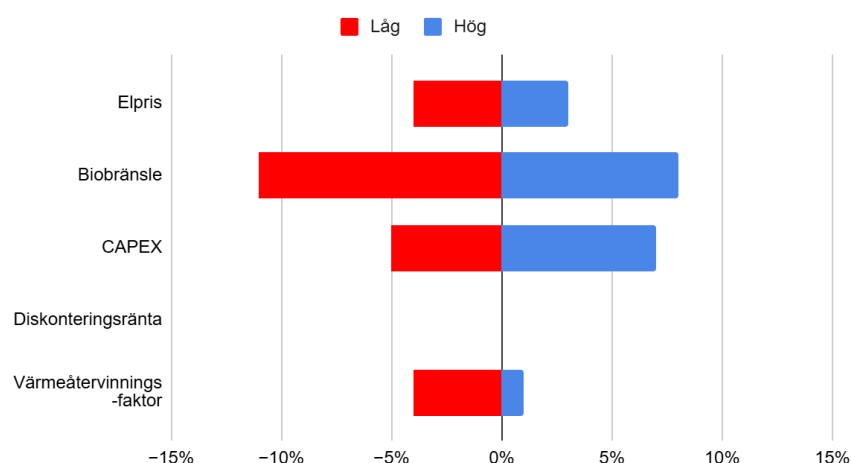
Figur 20. Känslighetsanalys av NPV för SMR.

Tabell 11. Förändringen från ursprungsfallet för känslighetsparametrarna för NPV.

| SMR NPV<br>[MSEK]        | SMR NPV |             |     |
|--------------------------|---------|-------------|-----|
|                          | Låg     | Ursprunglig | Hög |
| Elpris                   | -64     | 107         | 64  |
| Biobränslepris           | -184    | 107         | 184 |
| CAPEX                    | -78     | 107         | 78  |
| Diskonteringsränta       | -66     | 107         | 102 |
| Värmeåtervinnings-faktor | -83     | 107         | 60  |

Återigen var biobränslepriset den parametern med störst inverkan på NPV. Elprisets påverkan på SMR NPV är strukturellt annorlunda jämfört med datacentret då SMR inte använder någon värmepump. Elpriset påverkar istället genom den alternativkostnad för elproduktionen som avstås för värmeuttaget, en ökning i elpris innebar därmed en högre alternativkostnad vilket innebar en mer dämpad effekt gentemot datacenteranläggningen. CAPEX variationen påverkade NPV mer för SMR än för datacenter, något som speglar de stora investeringsvolymerna kopplade till rörsystemet.

Känslighetsanalys av IRR - SMR



Figur 21. Känslighetsanalys av IRR för SMR.

Tabell 12. Förändringen från ursprungsfallet för känslighetsparametrarna för IRR.

| SMR IRR                  |     |             |     |
|--------------------------|-----|-------------|-----|
|                          | Låg | Ursprunglig | Hög |
| [%]                      |     |             |     |
| Elpris                   | -4  | 13          | 3   |
| Biobränslepris           | -11 | 13          | 8   |
| CAPEX                    | -5  | 13          | 7   |
| Diskonteringsränta       | 0   | 13          | 0   |
| Värmeåtervinnings-faktor | -4  | 13          | 1   |

IRR-analysen bekräftar att SMR-anläggningen uppvisar en starkare robusthet jämfört med datacentret. Även i det sämsta utfallet för biobränslepris sjunker IRR från 13 % till 2%, men överstiger i resterande scenarion diskonteringsräntan på 7 %. Värmeåtervinningsfaktorn har en

begränsad IRR-påverkan, vilket innebär att osäkerheten i hur stor andel av SMR-effekten som faktiskt kan tas ut som värme inte är avgörande för investeringens grundläggande lönsamhet. SMR-anläggningens ekonomi kännetecknas av en tydlig investeringsdominans, men uppvisar lägre känslighet mot löpande driftkostnader. CAPEX-nivån, till stor del driven av rörsystemet, är den viktigaste enskilda kostnadsparametern, medan biobränslepriset styr intäktsvärderingen precis som för datacentret.

## 5. Diskussion

I detta kapitel diskuteras studiens resultat i relation till den teoretiska bakgrunden, intervjumaterialet och metodvalen. Inledningsvis analyseras förutsättningarna för integration av datacenter och SMR i fjärrvärmesystem, följt av en fördjupad diskussion kring dimensioneringsstrategiers betydelse för systemprestanda och lönsamhet samt rollen i det svenska fjärrvärmesystemet. Avslutningsvis behandlas metodologiska begränsningar samt förslag på framtida forskningsinriktningar.

### 5.1 Tekniska förutsättningar

En central teknisk förutsättning för integration av spillvärme i fjärrvärmesystem är att temperaturnivåerna är tillräckliga för att möta nätets krav. För datacenter utgör detta en av de mest framträdande utmaningarna. Spillvärme från dagens kylsystem är fortfarande otillräckliga för att direkt anslutas till fjärrvärmenätet och kräver därmed ett temperaturlyft via värmepump. Detta bekräftades av intervjuade aktörer (Intervju DC2; Intervju FV1) och är i linje med vad tidigare forskning visar (Nordman m.fl., 2024). Värmepumpens roll innebär att datacenteralternativet blir beroende av löpande driftkostnader för el. Detta gör systemets ekonomi känslig för elmarknadsvolatilitet, något som känslighetsanalysen tydligt bekräftar. Notera att till skillnad från studiens antaganden kan elpriset för värmepumpen påverkas av anläggningens specifika elavtal, vilket ofta ger en mer ekonomisk förmånlig drift. Teknikutvecklingen mot högre datacentertemperaturer och mer utbredd vätskekylning bedöms på sikt kunna minska behovet av temperaturlyft och därmed stärka förutsättningarna för spillvärmeåtervinning utan värmepump (Al Kez m.fl., 2025; Ravi m.fl., 2026; Intervju DC2).

SMR erbjuder i detta avseende en systematiskt enklare anslutning, då värme från den studerade tekniken kan levereras direkt på nätet utan behov av värmepump (Intervju SMR1; Håkansson m.fl., u.å.). Detta gör SMR till en mer planerbar och temperaturstabil värmekälla utan eldriftsberoende. Kombinationsdriften innebär att den totala energiutnyttjandegraden höjs jämfört med ren elproduktion (Håkansson m.fl., u.å.; Intervju SMR1). Kopplingen mellan el- och värmeproduktion innebär även att SMR har en flexibilitet att fördela produktionen mellan el- och fjärrvärmemarknaden beroende på efterfrågan och prisförhållanden (Intervju SMR1). Denna operativa flexibilitet fångas dock inte i den använda modellen och utgör därmed en viktig begränsning i analysen.

De tekniska förutsättningarna visar att datacenter och SMR kompletterar varandra där datacenter levererar en jämn och kontinuerlig värmeproduktion över året, vilket bidrar med en stabil bas i systemet. SMR kan i sin tur fungera som ett planerbart och skalbart komplement, där produktionen kan anpassas efter variationer i efterfrågan. Om SMR:s planerade revision sammanfaller med sommarperioden så som i modelleringen, då fjärrvärmebehovet är som lägst, innebär dessutom att dess tillfälliga bortfall i stor utsträckning kan kompenseras av datacentrets kontinuerliga värmeleverans, vilket ökar systemets robusthet.

## 5.2 Regulatoriska förutsättningar

De regulatoriska förutsättningarna skiljer sig tydligt mellan datacenter och SMR, vilket påverkar både realiseringstid och investeringsosäkerhet. För datacenter finns ett relativt etablerat regelverk, där incitament för spillvärmeåtervinning successivt har utvecklats och gjorts i praktiken enligt intervjuerna. Tidigare projekt bidrar till mer förutsägbara förutsättningar för integration i fjärrvärmesystem i fortsättningen. Vidare bidrar rapporteringsplikten från 2025 samt lagen om kostnads-nyttoanalys till att datacenteraktörer formellt är skyldiga att utreda möjligheterna till värmeåtervinning (Energimyndigheten, 2026b). Detta skapar en strukturell drivkraft som på sikt kan öka tillgången på spillvärme för fjärrvärmesystemet, även om regelverket i sig inte garanterar att värmen faktiskt nyttiggörs. Detta innebär att förutsättningarna för datacenterintegration i nuläget är mer förutsägbara, även om det fortfarande står inför utmaningar, framförallt kopplat till behovet av temperaturlyft, varpå en sänkt elskatt på värmepumpar beskrevs som en potentiell lösning (Intervju DC2). En aspekt som även Energiföretagen lyfter som ett sätt att stärka användningen av värmepumpar och balansera elsystemet (Borglund, 2025).

För SMR är det regulatoriska läget betydligt mer osäkert, vilket innebär att tekniken fortfarande befinner sig i ett tidigt etableringsskede. Det är ännu inte färdigt under vilka regulatoriska förutsättningar tekniken kan tillåtas, och det återstår även att se om den kan bli kommersiellt gångbar. Befintliga beredskapszoner är utformade utifrån storskaliga reaktorer och behöver omprövas för SMR-teknikens specifika egenskaper (Blomgren & Jonsson, 2024). Tillståndprocesserna saknar i stor utsträckning etablerade praxis för SMR, vilket innebär att projekttider är svåra att förutsäga. Den pågående svenska lagstiftningsprocessen, inklusive lagen om statligt stöd som trädde i kraft 2025 och det föreslagna statliga godkännandeförfarandet planerat till 2026, signalerar en tydlig politisk vilja att möjliggöra ny kärnkraft (Regeringskansliet, 2025; Regeringskansliet 2026). Intervjuade SMR-aktörer bedömde att en beredskapszon vid staketet, i likhet med finsk praxis, är ett rimligt och nåbart mål givet SMR-teknikens passiva säkerhetssystem. Regleringen kring avståndet bedömdes avgörande gällande förutsättningarna för värmeåtervinning (Intervju SMR1; Intervju SMR2). Därmed utgör det regulatoriska läget inte bara en praktisk begränsning, utan också en central osäkerhetsfaktor i bedömningen av SMR:s roll i fjärrvärmesystemet.

## 5.3 Marknadsmässiga förutsättningar

Samtliga intervjuer visade att ekonomiska incitament är avgörande för om spillvärmeåtervinning realiserar i praktiken, oavsett tekniska förutsättningar. Detta bekräftar tidigare forskning som visar att spillvärmemarknaden i Sverige i stor utsträckning bygger på individuella förhandlingar och saknar ett tydligt system för prissättning (Nordman m.fl., 2024). En central strukturell aspekt framträder mellan datacenteraktörernas intresse av att sälja värme kontinuerligt och fjärrvärmeaktörernas selektiva betalningsvilja, vilken styrs av konkurrerande produktionskällornas kostnader. Under sommarmånaderna konkurrerar ofta spillvärmerna från datacenter med enbart avfallsförbränning som har negativa priser, vilket minskar fjärrvärmeaktörernas betalningsvilja just när datacenter producerar som mest (Intervju FV2).

Denna säsongsasymmetri utgör ett strukturellt hinder som varken kan lösas tekniskt eller regulatoriskt utan kräver avtalsmodeller som fördelar risken och nyttan mellan parterna på ett sätt som skapar incitament för båda aktörer. Emellertid innebär den förväntade ökade konkurrensen om biobränslen en stigande alternativkostnad (Energimyndigheten, 2023), en faktor känslighetsanalysen lyfter fram som avgörande för systemets lönsamhet. Systemets konkurrens med alternativa värmekällor tyder på att lösningen är särskilt gynnsam i kommuner där tillgången till avfallsbaserad produktion är begränsad och biobränsleberoendet är större.

Intervjuerna indikerade likt Nordman m.fl (2024) att olika avtalsmodeller används i praktiken men att utformningen av dessa avtal i hög grad är projektspecifika (Intervju FV2; Intervju DC1). En viktig fråga gäller vem som ansvarar för driften av värmeåtervinningen, särskilt värmepumpen. Enligt DC2 kan detta påverka datacentrets PUE negativt, vilket riskerar att bli ett affärsmässigt hinder eftersom många datacenteraktörer prioriterar ett lågt PUE-värde. En ytterligare utmaning kopplad till incitament är att datacenter av driftsäkerhetsskäl alltid behöver redundanta kylsystem, vilket innebär att värmeåtervinning måste vara tillräckligt lönsam för att motivera dess roll utöver dessa befintliga lösningar.

Resultatet tyder på att modeller för delad nytta mellan datacenteraktörer och fjärrvärmebolag kommer att få en viktig roll i framtida tredjepartsavtal. Det understryker behovet av lönsamhet för båda parter. Intervjumaterialet tyder på att tekniken i sig inte är det största hindret, utan att det framför allt handlar om hur aktörer samordnas, hur ekonomiska incitament utformas och hur regelverket är anpassat. Detta ligger i linje med tidigare forskning om energiomställningar och socio-tekniska system, där institutionella, regulatoriska och organisatoriska faktorer ofta identifieras som avgörande för implementering och systemintegration (Rohracher, 2018). Ett liknande mönster återfinns dessutom i studier av integration av datacenterspillvärme, där ekonomiska, regulatoriska och infrastrukturella hinder lyfts som centrala utmaningar trots teknisk genomförbarhet (Yuan et al., 2025). Samtidigt påverkas samarbetets utformning av vilken funktion spillvärmen förväntas ta i energisystemet, vilket behandlas vidare i den följande diskussionen om dimensioneringsstrategier.

## 5.4 Dimensioneringens betydelse för systemprestanda och lönsamhet

I detta avsnitt diskuteras hur olika dimensioneringsstrategier påverkar systemets prestanda och lönsamhet i relation till både modellresultat, kartläggning och intervjuer. Centrala avvägningar kring täckningsgrad, utnyttjandegrad och ekonomiskt utfall analyseras. Analysen sätts även i ett bredare sammanhang för att ge en mer heltäckande förståelse av valet av dimensioneringsstrategi.

### 5.4.1 Tre dimensioneringsstrategier – tre olika roller i fjärrvärmesystemet

Resultaten indikerade att både SMR och datacenterbaserad spillvärme kan utgöra konkurrenskraftiga alternativ i framtida fjärrvärmesystem. De beräknade LCOE-värdena uppgick till 252–444 SEK/MWh för SMR och 335–394 SEK/MWh för datacenter. Spillvärme från datacenter har i tidigare studier uppskattats till ett spann mellan 135 och 390 SEK/MWh

(Khosravi m.fl., 2021; Energy Solutions Intelligence, 2026). Notera återigen att resultatet i denna studie kan ses som mer konservativt då stora anläggningar oftast har avtalat ett mer förmånligt elpris, vilket representeras av känslighetsanalysen då elkostnaderna reducerade med 30% och resulterade i en LCOE på 299 SEK/MWh. Resultaten kan sättas i relation till andra produktionsslag som exempelvis träflis på omkring 450 SEK/MWh och över avfall på cirka 150 SEK/MWh, men betydligt under mer kostsamma alternativ såsom bioolja och fossila bränslen på omkring 1500 SEK/MWh (Padban & Eriksson, 2025). Detta indikerar att frågan inte primärt är huruvida dessa värmekällor är ekonomiskt konkurrenskraftiga, utan snarare hur de bör dimensioneras och integreras i fjärrvärmesystemet.

En grundläggande insikt från scenarioanalysen är att hög täckningsgrad och hög utnyttjandegrad inte kan maximeras samtidigt. Detta fenomen är inte följd av modellens uppbyggnad utan ett strukturellt förhållande kopplat till fjärrvärmesystemets säsongsvariation, som även beskrivs av intervjuerna. Eftersom spillvärmen från datacenter och SMR levereras med en relativt jämn profil över året, medan värmebehovet varierar kraftigt med utomhustemperaturen, uppstår ett överskott under sommarperioden eller ett underskott under vinterperioden beroende på hur systemet dimensioneras. Där vintermånaderna står för cirka 50% av behovet i jämförelse med sommarmånaderna som enbart kräver 15% av årets värmebehov. Valet av dimensioneringsstrategi är därmed i grunden en avvägning mellan systemnytta och resurseffektivitet, och det optimala valet beror på vilken roll spillvärmen ska spela i det totala produktionssystemet.

Den centrala skillnaden mellan de tre scenariona är hur de strategiskt positionerar spillvärmen i produktionssystemet. Sommardimensionering maximerar utnyttjandegrad och fungerar därmed som en baslaststrategi, där fokuset ligger på att kontinuerligt nyttiggöra tillgänglig värme. Vinterdimensionering placerar istället spillvärmen i en systembärande roll som syftar till att täcka en stor del av efterfrågan även under topplastperioder. Medan genomsnittsdimensioneringen intar en mellanposition där spillvärmen integreras som en stabil, men inte dominerande del av systemet. Ur ett ekonomiskt perspektiv leder detta till tydliga skillnader mellan strategierna. Sommardimensioneringen uppvisar högst lönsamhet till följd av fler drifttimmar och ett effektivt kapitalanvändande, men bidrar i begränsad utsträckning till systemets totala värmebehov. Vinterdimensionering å andra sidan ger en hög täckningsgrad men svaga ekonomiska resultat till följd av att perioder med låg efterfrågan leder till låg utnyttjandegrad, samt begränsad betalningsvilja för all värme. Detta är en aspekt som även bekräftas av intervjuerna där fjärrvärmeaktörer framhåller sommaren som en konkurrerande period för värmekällor. Genomsnittsdimensionering framstår i detta avseende som en kompromiss där täckningsgrad och utnyttjandegrad balanseras och ekonomin blir mer robust. När de modellerade resultaten sätts i relation till kartläggningen och intervjuerna framträder att aktörer i praktiken prioriterar stabila intäktsflöden och högdriftid. En aspekt som stärker relevansen för strategier nära sommar- eller genomsnittsdimensioneringen snarare än en ren vinterdimensionering.

Samtidigt kan dessa slutsatser påverkas av förändringar i energisystemets omvärldsfaktorer. Känslighetsanalysen visar att elpriset är en avgörande parameter för datacenteralternativet till

följd av värmepumpens driftkostnad. En ökad tillgång på el, genom exempelvis utbyggnad av SMR, skulle därmed kunna sänka elpriserna eller stabilisera dem på en lägre nivå. Denna typ av synergieffekt kan i sin tur förbättra lönsamheten för mer kapacitetsintensiva strategier och därmed göra vinterdimensioneringen mer ekonomiskt motiverad än vad resultaten initialt indikerar. Vidare pekar både intervjuer och tidigare studier på att konkurrensen om biobränslen förväntas öka, vilket driver upp fjärrvärmeaktörens alternativkostnad. I och med detta stärks incitamenten ytterligare för att dimensionera system med högre täckningsgrad, då varje ersatt enhet biobränsle ger ett större ekonomiskt värde gentemot spillvärmen. Något som innebär att strategier som idag framstår som mindre attraktiva kan bli mer relevanta i takt med förändrade marknadsförutsättningar. Samtidigt är dessa effekter starkt beroende av de lokala förutsättningarna i det enskilda fjärrvärmesystemet, där faktorer såsom nätets storlek, befintlig produktionsmix och den geografiska placeringen av värmekällor i förhållande till nätet har avgörande betydelse för vilken strategi som är mest ändamålsenlig.

Kartläggningen ger ytterligare kontext till dessa resultat, eftersom den visar en snabb expansion av datacenter kan man även förvänta sig en kraftig ökad tillgång på spillvärme de kommande åren. Denna expansion är geografiskt ojämnt fördelad, något som innebär att potentialen för integration varierar mellan olika fjärrvärmenät; i vissa regioner kan datacenter utgöra en dominerande värmekälla och i andra förbli mer begränsad till spetslastbehov. Som tidigare nämnt, kommer integrationen även avgöras av platsens befintliga nät, exempelvis om de har avfallsförbränning kommer spillvärmen antagligen inte fungera som en dominerande värmekälla. Vid tolkning av resultaten bör man därför beakta att utnyttjandegraden kan bli lägre om den återvunna värmen konkurrerar med värme från avfallsförbränning.

Parallellt med utveckling av datacenter sker en större omställning av Sveriges fjärrvärmesystem; utbyggnad av nya nät övergår till fjärde generationens fjärrvärme och det ökade behovet av att renovera och modernisera befintliga fjärrvärme- och anslutningsinfrastruktur (Vattenfall, 2021). Fjärde generationens fjärrvärme skapar nya förutsättningar för integration av lågtempererad spillvärme. Dessa nät kan därmed minska beroendet av temperaturhöjande teknologier och således förbättra möjligheterna att nyttiggöra värme från datacenter. Samtidigt innebär renoveringar och nyinvesteringar av fjärrvärmenätet långsiktiga konsekvenser för systemens utformning, där en spillvärmeintegration kan spela en större roll än tidigare. Om denna typ av lösning är konkurrenskraftig i förhållande till alternativa produktions- eller renoveringsalternativ, genom lägre kostnader, kan detta skapa incitament för att dimensionera systemen med högre täckningsgrad för spillvärme som en mer central del av värmeförsörjningen.

Sammanfattningsvis innebär det att valet mellan dimensioneringsstrategier inte kan reduceras till en fråga om endast teknisk optimering, utan bör förstås som en avvägning där ekonomiska, systemmässiga och energipolitiska faktorer samverkar. Den strategi som är optimal under dagens förutsättningar är inte nödvändigtvis optimal på längre sikt, vilket understryker behovet av att analysera dessa system i ett lokalt och mer framtidsinriktat perspektiv.

#### 5.4.2 Datacenter och SMR som konkurrerande och kompletterande värmekällor

För att fullt ut förstå vilka dimensioneringsval som är mest relevanta krävs en analys av hur dessa tekniker relaterar till varandra, både som potentiella alternativ och som komplement i fjärrvärmesystemet. Resultaten i avsnitt 4.4 visar att datacenter och SMR, när de levererar värme vid motsvarande effektnivåer, uppvisar tydliga skillnader i hur de skapar ekonomiskt värde. Ur detta perspektiv kan teknikerna ses som delvis konkurrerande, särskilt i en situation där de skulle utgöra ett alternativt sätt att producera samma mängd värme. Varpå SMR framstår som ett mer kostnadseffektivt alternativ utifrån både LCOE och avkastning, medan datacenter i högre grad påverkas av löpande driftkostnader till värmepumpens elanvändning. Datacenterlösningens ekonomi och konkurrenskraft är därför i hög grad beroende av hur både datacenterkylning och värmepumpstekniken utvecklas över tid, vilket även lyfts av intervjuerna. Det är dock viktigt att beakta att SMR är en relativt ny teknik, vilket innebär att vissa kostnader för anslutningen ännu inte är lika väl kartlagda eller etablerade i litteraturen som motsvarande kostnader för datacenter. Dessutom är SMR en i sig en riskfylld investering i jämförelse med datacenter, något som inte beaktats i denna studie, vilket kan bidra till ytterligare påfrestningar gällande avtalsfrågor. Emellertid framstår SMR fortfarande som fördelaktigt ur ett lönsamhetsperspektiv i valet mellan de två alternativen.

Om man å andra sidan gör en mer systeminriktad analys av systemet är denna konkurrens begränsad. Skillnaderna i kostnadsstruktur och hur driften fungerar innebär att teknikerna i praktiken fyller olika funktioner i fjärrvärmesystemet. Datacenter genererar värme som en biprodukt av sin kärnverksamhet och resulterar i en kontinuerlig men relativt oflexibel produktion. SMR kan däremot reglera sin produktion och kan, genom kopplingen mellan el- och värmemarknad, anpassa sig efter både efterfrågan och prisnivåer. Denna flexibilitet fångas dock inte i modellen, som baseras på ett förenklat fjärrvärmeperspektiv där SMR-investeringen samt driftstrategi inte inkluderas. Som följd exkluderas möjligheten att optimera mellan el- och värmeproduktion, vilket innebär att potentiella intäkter från elmarknaden inte beaktas. Ur ett systemperspektiv innebär detta att de två teknikerna har stor potential att samverka i ett värmeperspektiv, där datacenter bidrar med kontinuitet och SMR med planerbarhet och flexibilitet.

Samverkansperspektivet förstärks ytterligare om man analyserar systemet i ett ännu bredare energiperspektiv. Kartläggningen visar att anslutningen av nya datacenter till det svenska elnätet i hög grad är en begränsande faktor, där tillgången till nätkapacitet blivit avgörande för etablering och expansion. På grund av detta ser man ett ökat intresse bland datacenteraktörer att investera i eller samverka kring SMR-projekt för att säkra tillgången på stabil och konkurrenskraftig el. I detta sammanhang blir datacenterlösningens beroende av el centralt, då dess ekonomi både för etablering och spillvärmeproduktion är nära kopplad till utvecklingen på elmarknaden. En utbyggnad av SMR och därmed planerbar elproduktion kan således både stärka elförsörjningen samt indirekt förbättra förutsättningarna för datacenterbaserad spillvärme genom lägre elpriser. Detta innebär att SMR inte enbart fungerar som en flexibel

och planerbar värmekälla, utan även som en drivkraft för datacenters konkurrenskraft genom sin påverkan på elsystemet. I dagsläget, befinner sig dock SMR i ett tidigt utvecklingsskede och hur dess roll i svenska energisystemet utformas beror fortfarande på hur det politiska och regulatoriska klimatet utvecklas.

I ett vidare perspektiv kan det studerade systemet förstås som ett konkret exempel på sammankoppling mellan tre tekniker som opererats separat: digital infrastruktur, kärnkraft och fjärrvärme. I skärningspunkten mellan dessa kan en mer robust energiförsörjning utvecklas. Återkommande störningar i globala energimarknaden visar på sårbarheten i ett system som är beroende av importerade bränslen och internationella marknader (Török, 2026). Det integrerade system som studerats här pekar mot en ny typ av lösning, där fjärrvärmens utnyttjar inhemska värmekällor. I takt med att digitaliseringen accelererar och kärnkraftens position i Sverige stärks växer förutsättningarna för denna typ av integration. Med dem möjliggörs ett fjärrvärmesystem som inte bara är dekarboniserat utan också mer resiliert mot omvärldens instabilitet.

## 5.5 Framtida studier

Studien har explorativt undersökt potentialen för integration av spillvärme från datacenter och SMR. Resultaten är principiella och bygger på ett generaliserat fjärrvärmesystem, vilket följer av studiens explorativa ansats. Framtida studier bör därför fördjupa analysen i fyra riktningar. För det första behövs platsspecifika fallstudier som inkluderar det lokala fjärrvärmenätets produktionsmix, befintlig infrastruktur och geografisk placering av värmekällor. För det andra bör man även utveckla mer dynamiska modeller som fångar SMR:s flexibilitet mellan el- och värmemarknaden, samt hur investeringskostnaden för själva SMRen påverkar avtal och samarbete med fjärrvärmeaktören. För det tredje bör framtida forskning följa teknikutvecklingen inom både datacenter och SMR, dels hur stigande spillvärmetemperaturer i datacenter förändrar förutsättningarna för direktanslutning, dels hur SMR:s roll i det svenska energisystemet tar form när regulatoriska förutsättningar klarnar. För det fjärde bör man beakta att en univariat känslighetsanalys endast ger en indikation på vilka parametrar som har störst påverkan, medan en multivariat analys kan bidra till att identifiera tydligare samband och möjliggöra en mer fördjupad analys. Framtida arbete bör därför inkludera mer avancerade analyser innan några konkreta rekommendationer kan ges.

## 6. Slutsatser

Studiens syfte var att explorativt undersöka förutsättningarna för och potentialen med att integrera spillvärme från datacenter och SMR i svenska fjärrvärmesystem. Detta undersöktes utifrån två frågeställningar: dels vilka tekniska, regulatoriska och marknadsmässiga förutsättningar som präglar möjligheterna till integrationen samt hur olika dimensioneringsstrategier påverkar systemets täckningsgrad, utnyttjandegrad och ekonomiska lönsamhet. Mot bakgrund av datacenters snabba expansion och det ökade politiska och industriella intresset för SMR aktualiseras dessa frågor som en central del i omställningen av framtidens energisystem.

Möjligheterna att integrera spillvärme från datacenter och SMR i svenska fjärrvärmesystem formas av en kombination av tekniska, regulatoriska och marknadsmässiga förutsättningar. Tekniskt utgör temperaturnivåerna en central faktor, där datacenter kräver värmepumpar medan SMR möjliggör direktleverans av högtemperaturvärme. I ett kombinerat system kompletterar de två källorna varandra, datacenter bidrar med kontinuerlig värmeleverans medan SMR:s planerade revision samt flexibilitet kan anpassas efter fjärrvärmesystemets efterfrågan. Regulatoriskt råder mer etablerade och förutsägbara ramverk för datacenter, medan SMR präglas av större osäkerhet kopplat till tillståndprocesser och framtida regelverk. Framförallt ses avståndet mellan SMR och fjärrvärmenät som en avgörande faktor för möjligheten att integrera denna typ av energisystem. På marknadssidan framträder ekonomiska incitament och avtalsstrukturer som avgörande. Den strukturella säsongasymmetrin utgör ett centralt hinder som kräver avtalsmodeller som fördelar risk och nytta mellan parterna på ett incitamentsskapande sätt. Lösningen bedöms vara särskilt gynnsam i fjärrvärmesystem med begränsad tillgång till avfallsbaserad produktion och ett stort beroende av biobränsle, där alternativkostnaden för spillvärmen är som störst. Sammantaget är det inte primärt tekniken som begränsar integrationen, utan hur dessa förutsättningar samverkar och hanteras av aktörerna.

Vidare visar studien att dimensioneringsstrategin har stor betydelse för både systemprestanda och lönsamhet. En tydlig konflikt identifieras mellan hög täckningsgrad och hög utnyttjandegrad, vilket innebär att valet av strategi i grunden är en avvägning mellan systemnytta och resurseffektivitet. Sommardimensionering ger hög ekonomisk lönsamhet men lägre systempåverkan, medan vinterdimensionering ger hög täckningsgrad men svagare ekonomiska resultat. Genomsnittsdimensionering framstår som en mer rimlig kompromiss. Resultaten indikerar dock att lokal kontext och externa faktorer, gällande elpris och bränslekostnader, kan förändra dessa avvägningar över tid. Studien visar även att datacenter och SMR både kan fungera som konkurrerande och kompletterande värmekällor. Ur ett strikt lönsamhetsperspektiv framstår SMR som det mer fördelaktiga alternativet, men i ett systemperspektiv fyller teknikerna olika roller där datacenter bidrar med kontinuitet och SMR med flexibilitet. Det finns därmed en betydande samverkanspotential, inte minst genom kopplingen till elsystemet, där SMR kan förbättra förutsättningarna för datacenterbaserad

spillvärme. Samtidigt kvarstår osäkerheter kring SMR:s framtida roll, vilket gör att resultaten bör tolkas med hänsyn till teknikens tidiga utvecklingsskede och lokala systemförutsättningar.

Sammanfattningsvis indikerar studien att potentialen för integration av spillvärme från datacenter och SMR i svenska fjärrvärmesystem är betydande, och att lösningen är tekniskt och ekonomiskt motiverad under rätt förutsättningar. Huruvida denna potential realiseras avgörs dock inte enbart av de tekniska och ekonomiska förutsättningarna, utan i lika hög grad av hur aktörer samordnas, hur incitament och avtalsmodeller utformas samt hur det regulatoriska ramverket anpassas i takt med att teknikerna mognar och omvärldens förändras. Det är i skärningspunkten mellan dessa faktorer som framtidens fjärrvärmelösningar kommer att formas.

## Referenser

- Abdirisak, H., & Hammes, K. (2024). Genomlysning av fjärrvärmemarknaden. Energimarknadsinspektionen.  
<https://ei.se/download/18.76bbf3bf18d54be176612c8/1706682919555/Genomlysning-av-fj%C3%A4rrv%C3%A4rmemarknaden-Ei-PM2024-01.pdf>
- Al Kez, D., Foley, A. M., Hasan Wong, F. W. B. M., Dolfi, A., & Srinivasan, G. (2025). AI-driven cooling technologies for high-performance data centres: State-of-the-art review and future directions. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 82, 104511.  
<https://doi.org/10.1016/j.seta.2025.104511>
- Atherton, H., Groucott, S., French, H., Brady, C., Asad Kwaja, Da Costa Ferreira, N., & Alderton, S. (2025). Optimising Data Centres in London—Heat Reuse. AECOM.  
[https://www.london.gov.uk/sites/default/files/2025-06/Optimising\\_Data\\_Centres\\_in\\_London\\_-\\_Heat\\_Reuse\\_250605.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/2025-06/Optimising_Data_Centres_in_London_-_Heat_Reuse_250605.pdf)
- Atlas Copco. (u.å.). High temperature industrial heat pumps: How to integrate in my system.  
<https://www.atlascopco.com/en-in/compressors/waste-heat-recovery/integrate-industrial-heat-pumps>
- atNorth. (u.å.). Sollefteå Data Center—Sustainable Data Center. atNorth.  
<https://www.atnorth.com/nordic-data-centers/sweden-data-centers/solleftea-swe04/>
- Axpo. (2021). Beznau nuclear power plant – reliable, environmentally compatible electricity production [Broschyr]. Axpo. [https://www.axpo.com/content/dam/axpo19/master/files-master/dossiers/beznau-power-plant/Axpo\\_KKB\\_Broschuere\\_EN\\_12\\_2021.pdf](https://www.axpo.com/content/dam/axpo19/master/files-master/dossiers/beznau-power-plant/Axpo_KKB_Broschuere_EN_12_2021.pdf)
- Bever, P. M., Bless, F., Arpagaus, C., & Bertsch, S. S. (2026). High-Temperature Heat Pumps for Industrial Use. ResearchGate. <https://doi.org/10.1002/cite.202300241>
- Björkman, M. (2024). Ny SMR-kärnreaktor för datacenter – Deep Atomic lanserar MK60. ENERGI nyheter.se. <https://www.energinyheter.se/2024/12/10/32390/ny-smr-karnreaktor-datacenter-deep-atomic-lanserar-mk60>
- Blomgren, J., & Jonsson, N. (2025). Ny kärnkraft—Hinder. Academic-industrial Nuclear technology Initiative to Achieve a sustainable energy future (ANitA).  
<https://www.uu.se/download/18.39c4df991971fd81a7813892/1748856491019/Hinder-f%C3%B6r-ny-k%C3%A4rnkraft-250417.pdf>
- Blomqvist, P. (2024). Fjärrvärmens och kraftvärmens bidrag till det lokala energisystemet. Energiföretagen.  
<https://www.energiforetagen.se/4a50bd/globalassets/dokument/fjarrvarme/elnatsvarde-av-fjarrvarme-och-kraftvarme-2024-02-19.cleaned.pdf>
- Borello Kjær, A. (2025). Sweden's Data Center Growth – Demand for Engineering Roles. Northern Partners Website. <https://www.npgroup.eu/sweden-data-center-growth-demand-engineering-roles/>
- Borglund, A.-S. (2025). Sänkt elskatt på fjärrvärmeproduktion kan stärka energisystemet. Energi. <https://www.energi.se/artiklar/2025/juni-2025/sankt-elskatt-pa-fjarrvarmeproduktion-kan-starka-energisystemet/>
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2019). *Principles of Corporate Finance (13th ed.)*. McGraw-Hill.
- Burstein, N. (2024). Miljövärdering av fjärrvärme. Energiföretagen.  
<https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatik/miljovardering-av-fjarrvarme/>
- Collins, K. M. T., Onwuegbuzie, A. J., & Sutton, I. L. (2006). A Model Incorporating the Rationale and Purpose for Conducting Mixed Methods Research in Special Education and Beyond. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, 4(1), 67–100.
- Corigliano, O., Algieri, A., & Fragiaco, P. (2024). Turning Data Center Waste Heat into Energy: A Guide to Organic Rankine Cycle System Design and Performance Evaluation. *Applied Sciences*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/app14146046>
- Cremona, E., & Czyzak, P. (2025). Grids for data centres: Ambitious grid planning can win Europe's AI race. <https://ember-energy.org/latest-insights/grids-for-data-centres-ambitious-grid-planning-can-win-europes-ai-race/>

- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Czernek-Marszałeka, K., & McCabe, S. (2024). Sampling in qualitative interview research: Criteria, considerations and guidelines for success.
- Day, T. (2006). Calculating Degree-Days. The Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). <https://app-knovel-com.ezproxy.its.uu.se/kn/resources/kt00U1KXT1/kpDDTATM0A/pdf?b-toc-cid=kpDDTATM0A&b-toc-root-slug=degree-days-theory-application&b-toc-title=Degree-Days%20-%20Theory%20and%20Application%20-%20TM41%3A%202006&b-toc-url-slug=an-introduction-degree&kpromoter=federation>
- Ebrahimi, K., Jones, G. F., & Fleischer, A. S. (2014). A review of data center cooling technology, operating conditions and the corresponding low-grade waste heat recovery opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 622–638. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.007>
- EcoDataCenter. (2024). EcoDataCenter 2024 Sustainability Report. <https://ecodatacenter.tech/sustainability-data-center/sustainability-report-2024>
- EcoDataCenter. (u.å.). EcoDataCenter 2. <https://ecodatacenter.tech/data-center/ecodatacenter2>
- Elavtal24. (u.å.). Spotpriser (el) på Nord Pool 2026. <https://elavtal24.com/spotpris/>
- Ellevio. (2026, januari 1). Elnätspriser från och med 1 januari 2026. [https://www.ellevio.se/globalassets/content/priserabonnemang-pdf/2026/effekt/effekt\\_260101.pdf](https://www.ellevio.se/globalassets/content/priserabonnemang-pdf/2026/effekt/effekt_260101.pdf)
- Emblemsvåg, J. (2025). Rethinking the 'Levelized Cost of Energy': A critical review and evaluation of the concept. *Energy Research & Social Science*, 119, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103897>
- Energiforsk. (2021). El från nya anläggningar. <https://energiforsk.se/media/30970/el-fra-n-nya-anlaggningar-energiforskrapport-2021-714.pdf>
- Energiforsk. (u.å.). Small nuclear reactors and where to use them. <https://thinkatom.net/wp-content/uploads/2020/01/small-nuclear-reactors-and-where-to-use-them.pdf>
- Energimarknadsinspektionen. (2021). Tekniska uppgifter—Fjärrvärme. <https://ei.se/om-oss/statistik-och-oppna-data/tekniska-uppgifter---fjarrvarme>
- Energimyndigheten. (2026a). Fjärrvärme. <https://www.energimyndigheten.se/energiberedskap/om-el-fjarrvarme-och-naturgas/fjarrvarme/>
- Energimyndigheten. (2026b). Rapportering av datacenters energiprestanda. <https://www.energimyndigheten.se/effektiv-energianvandning/foretag/rapportering-av-datacenters-energiprestanda/>
- Energimyndigheten. (2025a). Hållbara bränslen. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMDM0YjFIMDktZjg0YS00ODkzLWJkMWEtM2Q2NDdkZWl2NWE5IiwidCI6IjVjMTk0OGIzLWE5ODYtNDg1MC04M2YyLTQ2NTk2NWZmNmNhMSIsImMiOjIh9>
- Energimyndigheten. (2025b). El från kärnkraft. <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/elproduktion/karnkraft/>
- Energimyndigheten. (2023). Förslag till en fjärrvärme och kraftvärmestrategi—Slutleverans. [Förslag till en fjärrvärme och kraftvärmestrategi - Slutleverans](https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/elproduktion/kraftvarme/forslag-till-en-fjarrvarme-och-kraftvarmestrategi-slutleverans/)
- Energy Solutions Intelligence. (2026, januari 20). Data Center Waste Heat Recovery 2026: Economics & Case Studies. <https://energy-solutions.co/articles/sub/data-center-waste-heat-district-heating.html>
- European Commission. (2015). Guide to cost-benefit analysis of investment projects: Economic appraisal tool for cohesion policy 2014-2020. Publications Office. <https://doi.org/10.2769/97516>
- European Commission. (u.å.). Small modular reactors explained. [https://energy.ec.europa.eu/topics/nuclear-energy/small-modular-reactors/small-modular-reactors-explained\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/nuclear-energy/small-modular-reactors/small-modular-reactors-explained_en)
- European Environment Agency. (2022). Heating degree days. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/heating-degree-days>

- Fernando, J. (2026a). Net Present Value (NPV): What It Means and Steps to Calculate It. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp>
- Fernando, J. (2026b). Internal Rate of Return (IRR): Formula and Examples. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp>
- Fälting, L., Forssell, A., & Åberg, M. (2025). Drivers of district heating's dominance in Sweden's urban areas: A historical perspective. *Utilities Policy*, 92, 101860. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2024.101860>
- Hennix, M. (2026). Här är skillnaden mellan de tävlande SMR-reaktorerna vid Ringhals. *SVT Nyheter*. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/halland/har-ar-skillnaden-mellan-de-tavlande-smr-reaktorerna-vid-ringhals>
- Hult, R. (2026). Strängnäs kan mista delar av gigantiska AI-satsningen. *SVT Nyheter*. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/sormland/fragetecken-kring-ai-miljardsatsningen-i-strangnas-tittar-pa-bredare-losningar>
- Håkansson, A., Wakter, S., Qvist, S., Jonsson, N., Lundbom, E., Rantakaulio, A., Lind, T., Johnson, M., Oliver, L., & Johnson, K. (u.å.). Sweden's future power and energy production scenarios – Project report ANItA project A1.
- IAEA. (2025). Approaches to and Preparation for the Operation of Small Modular Reactors. <https://www.iaea.org/publications/15931/approaches-to-and-preparation-for-the-operation-of-small-modular-reactors>
- IAEA. (2024). Small modular reactors—Advances in SMR Developments. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/p15790-PUB9062\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/p15790-PUB9062_web.pdf)
- IAEA. (2017). Use of Passive Safety Features in Nuclear Power Plant Designs and their Safety Assessment. <http://www.iaea.org/topics/design-safety-nuclear-power-plants/passive-safety-features>
- IEA, International Energy Agency. (2025a). Energy and AI. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>
- IEA, International Energy Agency. (2025b). Energy Efficiency 2025. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2025>
- IEA, International Energy Agency. (2020). Sensitivity of LCOE of baseload plants to discount rate. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/sensitivity-of-lcoe-of-baseload-plants-to-discount-rate>
- IEA (2021). Renewables 2021. [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/12/renewables-2021\\_cd82b37d/6dcd2e15-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/12/renewables-2021_cd82b37d/6dcd2e15-en.pdf)
- INTERREG European Union. (2020). Heat Demand Estimation. European Regional Development Fund.
- Jansson Myhr, K. (u.å.). "Den svenska linjen". Vattenfalls historia och kulturarv. <https://historia.vattenfall.se/stories/fran-vattenkraft-till-solceller/den-svenska-linjen>
- Judge, P. (2023). Bahnhof wants to build a nuclear power station for its new Stockholm data center. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/bahnhof-wants-to-build-a-nuclear-power-station-for-its-new-stockholm-data-center/>
- Jürgens, B., Zipplies, J., Sauer, C., Kusyy, O., Orozaliyev, J., Jordan, U., & Vajen, K. (2024). Covering District Heating Demand with Waste Heat from Data Centres: A Feasibility Study in Frankfurt, Germany. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 41, 58–70. <https://doi.org/10.54337/ijsepm.8149>
- Kang, S. W., & Yim, M.-S. (2023). Coupled system model analysis for a small modular reactor cogeneration (combined heat and power) application. *Energy*, 262, 125481. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125481>
- Khosravi, A., Laukkanen, T., Vuorinen, V., & Syri, S. (2021). Waste heat recovery from a data centre and 5G smart poles for low-temperature district heating network. *Energy*, 218, 119468. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119468>
- Kihlström, L.-M. (2025). Cirkulärt nytänkande när spillvärme blir klimatsmart fiskmat. Vattenfall. <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2025/cirkulart-nytankande-nar-spillvarme-blir-klimatsmart-fiskmat>

- Kärnfull Next. (2026). Första SMR-ansökan enligt ny lag lämnas in – Valdemarsvik först ut. <https://www.knxt.se/sv/vvk>
- Larson, A. (2024). A Closer Look at Two Operational Small Modular Reactor Designs. World Nuclear Industry Status Report. <https://www.worldnuclearreport.org/A-Closer-Look-at-Two-Operational-Small-Modular-Reactor-Designs>
- Larsson, S., Fantazzini, D., Davidsson, S., Kullander, S., & Höök, M. (2014). Reviewing electricity production cost assessments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 170–183. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.028>
- Lavialle, G., Crevon, S., Ikonen, J.-P., Lindroos, T., Zezula, L., & Vobr, F. (2024). Presentation of dynamic techno-economic analysis for each case study. TANDEM Research and Innovation Action (RIA). [https://tandemproject.eu/wp-content/uploads/2024/06/D3\\_2\\_presentation\\_of\\_dynamic techno\\_economic\\_analysis\\_for\\_each\\_case\\_study\\_V1.pdf](https://tandemproject.eu/wp-content/uploads/2024/06/D3_2_presentation_of_dynamic techno_economic_analysis_for_each_case_study_V1.pdf)
- Lindsten, P. O. (2025). Siktar på jättetillväxt – AI-boomen driver miljardinvesteringar. *Dagens industri*. <https://www.di.se/nyheter/siktar-pa-jattetillvaxt-ai-boomen-driver-miljardinvesteringar/>
- Lyu, W., Li, X., Shi, W., Wang, B., & Huang, X. (2021). A general method to evaluate the applicability of natural energy for building cooling and heating: Revised degree hours. *Energy and Buildings*, 250, 111277. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111277>
- Maine, S., & Grimberg, M. (u.å.). Brookfield To Advance AI Infrastructure in Sweden Through SEK 95 Billion Investment. Brookfield Asset Management <https://bam.brookfield.com/press-releases/brookfield-advance-ai-infrastructure-sweden-through-sek-95-billion-investment>
- McKinsey & Company. (2025). What is a data center? | McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-a-data-center>
- Minde, T. B. (2023). Energianvändning i datacenter och digitala system. Energimyndigheten, RISE. <https://www.energimyndigheten.se/492f27/contentassets/054d98cfdcd54cb5a802e24b53779452/energianvandning-i-datacenter-och-digitala-system.pdf>
- Morey, M., Minato, H., & McGrath, G. (2024). Tracking electricity consumption from U.S. cryptocurrency mining operations. U.S. Energy Information Administration (EIA). <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=61364>
- Mordor Intelligence. (2026). Sweden Data Center Market Size & Share Outlook to 2031. Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/sweden-data-center-market>
- Moud, H. (2025). Liquid vs Air: How Liquid Cooling Reduces AI Data Center Carbon Emissions. Stok. <https://stok.com/news-insights/liquid-vs-air-how-liquid-cooling-reduces-ai-data-center-carbon-emissions/>
- NEA. (u.å.). NEA Small Modular Reactor (SMR) Dashboard. Nuclear Energy Agency. [https://www.oecd-neo.org/jcms/pl\\_73678/nea-small-modular-reactor-smr-dashboard](https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_73678/nea-small-modular-reactor-smr-dashboard)
- Nordman, R., Nyström, I., Lager, M., Lorentzon, K., Pamp, C., & Hellström, C. (2024). Fjärrvärmens spillvärmeutnyttjande—Tredjepartstillträdet i praktiken. Energimarknadsinspektionen/CIT Renergy. <https://ei.se/download/18.7d378150193deb65c6130069/1739786395285/Konsultrapport-Fj%C3%A4rrv%C3%A4rmens-spillv%C3%A4rmeutnyttjande-tredjepartstilltr%C3%A4det-i-praktiken-CIT-Renergy-2024.pdf>
- NordPool. (2026). Nord Pool | Day-ahead prices. <https://data.nordpoolgroup.com/auction/day-ahead/prices?deliveryDate=latest&currency=EUR&aggregation=DeliveryPeriod&deliveryAreas=AT>
- Nuclear News. (2026). SMR projects advance as part of Sweden's nuclear efforts. <https://www.ans.org/news/2026-03-24/article-7874/smr-projects-advance-as-part-of-swedens-nuclear-efforts/>
- Olick, D. (2024). Amazon goes nuclear, to invest more than \$500 million to develop small modular reactors. CNBC. <https://www.cnbc.com/2024/10/16/amazon-goes-nuclear-investing-more-than-500-million-to-develop-small-module-reactors.html>
- Padban, N., & Eriksson, R. (2025). Restvärme från Forsmark till Storstockholm och Uppsala. [1758529000-karnvarme-varmemarknad-sverige\\_2025-09-18.pdf](https://www.energi.se/1758529000-karnvarme-varmemarknad-sverige_2025-09-18.pdf)

- Profu. (2020). Analys av den ekonomiska potentialen för effektiv värme och kyla. [https://www.energiforetagen.se/globalassets/medlemsportalen-oppet/fjarrvarme/slutrapport\\_art14\\_profu\\_v2final.pdf](https://www.energiforetagen.se/globalassets/medlemsportalen-oppet/fjarrvarme/slutrapport_art14_profu_v2final.pdf)
- Ravi, S. S., Löffler, T. S., Pina, E. A., Sharma, S., Lepour, D., Terrier, C., & Maréchal, F. (2026). From servers to services: Modeling data centers as heat-active urban energy prosumers. *Applied Energy*, 402, 127049. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.127049>
- Regeringskansliet. (2025). Så fungerar stödmodellen för finansiering av ny kärnkraft. <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/karnkraftsfinansiering/sa-fungerar-stodmodellen-for-finansiering-av-ny-karnkraft/>
- Regeringskansliet. (2026). Regeringen har tagit emot ansökan om etablering av ny kärnkraft. <https://www.regeringen.se/artiklar/2026/03/regeringen-har-tagit-emot-ansokan-om-etablering-av-ny-karnkraft/>
- Regeringskansliet, R. och. (2025). Ny kärnkraft i Sverige [Text]. Regeringskansliet. <https://doi.org/10/sou-2025104/>
- Region Stockholm. (2025). Fjärrvärme för framtiden – en nyckel till ett robust och hållbart energisystem.
- Rohracher, H. (2018). Analyzing the Socio-Technical Transformation of Energy Systems: The Concept of “Sustainability Transitions”. I D. J. Davidson & M. Gross (Red.), *Oxford Handbook of Energy and Society* (s. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190633851.013.0004>
- Rydegran, E. (2024). Så gör man fjärrvärme. Energiföretagen. <https://www.energiforetagen.se/energifakta/fjarrvarme/fjarrvarmeproduktion/>
- SCB. (2025). Fjärrvärme (GWh). Statistikmyndigheten SCB. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/tillforsel-och-anvandning-av-energi/arlig-energistatistik-el-gas-och-fjarrvarme/pong/tabell-och-diagram/fjarrvarme-gwh/>
- Schaffer, M., Widén, J., Vera-Valdés, J.E., Marszal-Pomianowska, A. & Larsen, T.S. (2024). Disaggregation of total energy use into space heating and domestic hot water: A city-scale suited approach. *Energy*, vol. 291(C).
- Shorten, A., & Smith, J. (2017). Mixed methods research: Expanding the evidence base. *Evidence-Based Nursing*, 20(3), 74–75. <https://doi.org/10.1136/eb-2017-102699>
- Skidmore, Z. (2025). EdgeMode partners with Vertical Data to explore development of 20MW AI data center in Marviken, Sweden. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/edgemode-partners-with-vertical-data-to-explore-development-of-20mw-ai-data-center-in-marviken-sweden/>
- SMHI. (2026a). Ladda ner väderobservationer. <https://www.smhi.se/data/hitta-data-for-en-plats/ladda-ner-vaderobservationer>
- SMHI. (2026b). SMHI Energi-Index och Graddagar – normalårskorrigerad värme. <https://www.smhi.se/professionella-tjanster/hallbara-stader/smhi-energi-index-och-graddagar--normalarskorrigering-varme>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*.
- Stockholm Data Parks. (u.å.). Stockholm Data Parks sets new standards for sustainable data centers. <https://stockholmdataparks.com/>
- STUK. (u.å.). Small modular reactors. Säteilyturvakeskus STUK. <https://stuk.fi/en/small-modular-reactors>
- Summers, J. (2024). Liquid cooling of the immersion kind. Datacentre Solutions, (7 2024).
- Svenska Kraftnät. (2026). Information om pågående anslutningsärenden. <https://www.svk.se/aktorsportalen/anslut-till-transmissionsnatet/information-om-pagaende-anslutningsarenden/>
- Svensk Ventilation. (u.å.). Värmeväxlare. Svensk Ventilation. <https://www.svenskventilation.se/ventilation/varmevaxlare/>
- Trafikverket. (2012). Kalkylperioder och restvärdesberäkningar vid långsiktiga infrastrukturinvesteringar. WSP. <https://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/pages/PublikationVisa.aspx?PublikationId=1482>

- Török, L. (2026). The European Union's Energy Security Challenges: Import Dependency, Volatility, and Differences Across Member States. *Energies*, 19(5), 1362.  
<https://doi.org/10.3390/en19051362>
- Ullmann, J., Mašata, D., Závorka, J., Jiříčková, J., & Škoda, R. (2026). Flexible nuclear district heating with the Teplator concept: ORC cogeneration, load shifting, and data center integration. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 87, 104912.  
<https://doi.org/10.1016/j.seta.2026.104912>
- Varberg Energi. (2025). Fjärrvärme och städernas motståndskraft.  
<https://www.varbergenergi.se/nyheter/fjarrvarme-och-stadernas-motstandskraft>
- Vattenfall. (2021). Lågtempererad fjärrvärme—Framtidens värmelösning. Energyplaza.  
<https://energyplaza.vattenfall.se/blogg/lagtempererad-fjarrvarme-framtidens-varmelosning>
- Vattenfall. (u.å.). Ågesta kraftverk. Vattenfalls historia och kulturarv.  
<https://historia.vattenfall.se/stories/agesta-kraftverk>
- Vela Solaris. (u.å.). Heating Demand Estimation Analogue to Heating Degree Days. POLYSUN.  
<https://www.velasolaris.com/en/handbuch/polysun-designer/energy-demand-circuit/thermal-consumers/building/degree-days/>
- Vinterbäck, J. (2026). Trädbänsle-, torv- och avfallspriser. Energimyndigheten.  
<https://www.energimyndigheten.se/statistik/officiell-energistatistik/prisutveckling-inom-energiomradet/tradbransle--och-torvpriser/>
- Värri, K., & Seppälä, P. (2019). Small Modular Reactors—Market Survey. Energiforsk. Fortum.
- Wakter, S. (2022). Nuclear Beyond Electricity. Energiforsk. AFRY.
- Wahlroos, M., Parssinen, M., Manner, J., & Syri, S. (2017). Utilizing data center waste heat in district heating e Impacts on energy efficiency and prospects for low-temperature district heating networks.
- Waltz, E. (2024). Big Tech Embraces Nuclear Power to Fuel AI and Data Centers. *IEEE Spectrum*.  
<https://spectrum.ieee.org/nuclear-powered-data-center>
- Wang, P., Kowalski, S., Gao, Z., Sun, J., Yang, C.-M., Grant, D., Boudreaux, P., Huff, S., & Nawaz, K. (2024). District heating utilizing waste heat of a data center: High-temperature heat pumps. *Energy and Buildings*, 315, 114327. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114327>
- Wegrzyn, M., & Carlini, S. (2024). Small Modular Nuclear Reactors Suitability for Data Centers. Schneider Electric. [https://www.se.com/ww/en/download/document/SPD\\_WP186\\_EN/](https://www.se.com/ww/en/download/document/SPD_WP186_EN/)
- Wijnbladh, O. (2025). Varningen: Stora datacenter kan höja elpriset. Sveriges Radio.  
<https://www.sverigesradio.se/artikel/varningen-stora-datacenter-kan-hoja-elpriset>
- Wilson, V. (2012). Research Methods: Interviews. *Evidence Based Library and Information Practice*. World Nuclear Association. Små modulära reaktorer. <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-power-reactors/small-modular-reactors/small-modular-reactors>
- World Nuclear Association. (2024). Kärnprocessvärme för industrin. <https://world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/industry/nuclear-process-heat-for-industry>
- World Nuclear News. (2025). Swedish partnership for nuclear-powered data centres. <https://world-nuclear-news.org/articles/swedish-partnership-for-nuclear-powered-data-centres>
- Yang, T., Liu, W., Kramer, G. J., & Sun, Q. (2021). Seasonal thermal energy storage: A techno-economic literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110732.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110732>
- Yuan, X., Liang, Y., Hu, X., Xu, Y., Chen, Y., & Kosonen, R. (2023). Waste heat recoveries in data centers: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 188, 113777.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113777>

## Appendix A1

### Översikt över intervjuade person

| Beteckning | Position på respondent          | Typ av företag | Datum                     |
|------------|---------------------------------|----------------|---------------------------|
| DC1        | Hållbarhetsansvarig             | Datacenter     | 03.03.2026                |
| DC2        | Hållbarhetsansvarig             | Datacenter     | 18.03.2026                |
| FV1        | Teknisk expert                  | Fjärrvärme     | 24.02.2026                |
| FV2        | Person i ledningsgruppen        | Fjärrvärme     | 09.04.2026                |
| FV3        | Affärsområdeschef               | Fjärrvärme     | 26.02.2026                |
| SMR1       | Kärnkraftexpert                 | WSP            | 19.03.2026                |
| SMR2       | Ledande person                  | SMR            | 24.03.2026                |
| TEK1       | Teknisk expert                  | Värmeväxlare   | 19.02.2026                |
| TEK2       | Teknisk expert                  | Värmepump      | 08.04.2026                |
| TEK3       | Teknisk expert                  | Värmeväxlare   | 31.03.2026                |
| TEK4       | Fjärrvärmeexpert                | WSP            | 30.03.2026,<br>16.04.2026 |
| TEK5       | Fjärrvärmeexpert                | WSP            | 21.04.2026                |
| TEK6       | Fjärrvärme expert               | WSP            | 26.04.2026                |
| UNI1       | Datacenteransvarig              | KTH            | 03.03.2026,<br>17.03.2026 |
| UNI2       | Fjärrvärmeforskare              | UU             | 27.01.2026                |
| Frennfelt  | Teknisk expert<br>värmeväxlare  | SWEP           | 04.2026<br>Mailkontakt    |
| Wahlström  | Teknisk expert<br>fjärrvärmerör | Logstor        | 04.2026<br>Mailkontakt    |

## Appendix A2

### Övergripande intervjufrågor

#### **Datacenteraktör**

Hur ser ni på värdet av att återvinna spillvärme från datacenter?

Vilka drivkrafter (ekonomiska, tekniska, hållbarhetsmässiga) påverkar ert arbete med värmeåtervinning?

Vilka möjligheter respektive utmaningar ser ni kopplat till integration i fjärrvärmesystem?

Vilka tekniska val (t.ex. kylsystem och temperaturnivåer) är särskilt viktiga för att möjliggöra effektiv värmeåtervinning?

Vilken temperaturnivå har spillvärmen som genereras i er anläggning?

Hur ser er lastprofil ut och hur påverkar den möjligheten att leverera spillvärme?

Vilken typ av kylsystem använder ni idag och hur påverkar det möjligheten till värmeåtervinning?

Hur påverkar säsongsvariationer i fjärrvärmenätet era möjligheter att leverera spillvärme?

Hur hanterar ni situationer där fjärrvärmenätet inte kan ta emot värme, exempelvis under sommarperioden?

Vilken roll spelar redundans i ert system kopplat till värmeleverans?

Vilka typer av avtalsmodeller för värmeleverans ser ni är vanligast på marknaden idag?

Hur ser ni på utvecklingen mot högre temperaturer, exempelvis vätskekylning, och dess betydelse för spillvärmeproduktion?

Hur bedömer ni att värdet av spillvärme och avtalsstrukturer kan komma att förändras framöver?

#### **SMR-aktör**

Hur ser ni på möjligheterna för SMR i Sverige?

Vilka är de största drivkrafterna respektive hindren för utvecklingen?

Vilken roll ser ni att SMR kan spela i framtidens energisystem, exempelvis i relation till fjärrvärme?

Vilka tekniska förutsättningar är avgörande för att möjliggöra leverans av värme från SMR till fjärrvärmesystem?

Hur ser ni på möjligheter och begränsningar kopplat till kombinerad produktion av el och värme?

Hur påverkar driftaspekter, såsom revisionsperioder, möjligheten att leverera värme?

Hur bedömer ni att regelverk och lokaliseringskrav påverkar integrationen med fjärrvärmesystem?

Hur ser kostnadsbilden ut för värmeproduktion från SMR i relation till andra värmekällor?

Vilka affärsmodeller eller samarbeten ser ni som mest relevanta för leverans av värme till fjärrvärmeaktörer?

Vilka ser ni som de huvudsakliga kunderna för SMR-baserad energi?

Hur bedömer ni att regelverk och marknadsförutsättningar kan komma att utvecklas

framöver?

Hur ser ni på den framtida rollen för SMR i integrerade energisystem med exempelvis datacenter och fjärrvärme?

### **Fjärrvärmeaktör**

Vilka tekniska komponenter och lösningar krävs för att ansluta externa värmekällor till fjärrvärmenätet?

Vilka faktorer är avgörande för att integrationen ska fungera effektivt (t.ex. temperatur, effekt, lokalisering)?

Hur hanterar ni säsongsvariationer i värmebehov och hur påverkar det möjligheten att ta emot spillvärme?

Hur ser ni på investerings- och driftkostnader kopplade till anslutning av externa värmekällor?

Vilka ekonomiska faktorer avgör om spillvärme är konkurrenskraftigt jämfört med alternativ produktion?

Vilka typer av avtalsmodeller används idag och hur ser incitamenten ut för olika aktörer?

Hur bedömer ni statusen på dagens fjärrvärmesystem och dess utvecklingsbehov?

Vad ser ni som fjärrvärmens största utmaningar framöver, och vilka lösningar bedömer ni som mest relevanta?

Hur ser ni på en utveckling där fjärrvärmeaktörer i större utsträckning köper in värme istället för att producera den själva?

## Appendix B

Parametervärden för värmeberäkning av datacenter och SMR.

| Parametrar                         | Värde             | Källa                                                    |
|------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|
| $PUE$                              | 1.15              | IEA, 2025                                                |
| $\eta_{system}$                    | 0.95              | Atherton m.fl., 2025                                     |
| $\eta_{värmeväxlare}$              | 0.9               | Svensk Ventilation, u.å; SWEP, 2026                      |
| $COP$                              | 3.4               | Wang m.fl., 2024; Yuan m.fl., 2025; Atlas Copco, 2026    |
| $\alpha_{el\text{ reduktion}}$     | 0.1               | Håkansson m.fl., u.å; Lavialle m.fl., 2024; Larson, 2024 |
| $\kappa_{väremåtervinningsfaktor}$ | 4                 | Håkansson m.fl., u.å; Lavialle m.fl., 2024; Larson, 2024 |
| $P_{rörförlust}$                   | 80 [W/m]          | Logstor, 2026                                            |
| $avstånd$                          | 5000 [m]          | Antagande                                                |
| $Revisionsmånader$                 | 2 (juli, augusti) | Antagande                                                |

Sammanfattning kostnader för datacenter och SMR.

|                       | CAPEX                  | OPEX                                                                                                                                                                                                                                      | Livslängd |
|-----------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Datacenter-anslutning | 9 miljoner [SEK/MWh]   | Drift och underhåll: 4% av CAPEX<br>El: spotpris per timme SE3 2025 (NordPool, 2026)<br>Effektavgift: Ellevios effektabonnemang L10L (Ellevio, 2026)<br>Viktat biobränslepris: 367 [SEK/MWh] (Vinterbäck, 2026; Energimyndigheten, 2025a) | 25 år     |
| SMR                   | 4.6 miljoner [SEK/MWh] | Drift och underhåll: 3% av CAPEX                                                                                                                                                                                                          | 25 år     |

---

Kärnbränsle: 80 [SEK/MWh]

(Lavialle m.fl., 2024)

Viktat biobränslepris: 367 [SEK/MWh]

(Vinterbäck, 2026; Energimyndigheten, 2025a)

---

Rörkostnader

| Rörkostnad per värmeeffekt | Livslängd 80 år |
|----------------------------|-----------------|
| 10–30 MW                   | 12 000<br>SEK/m |
| 31–50 MW                   | 20 000<br>SEK/m |
| 51–200 MW                  | 25 000<br>SEK/m |

---