



UMEÅ UNIVERSITET

UTREDNING AV PANNBYTE

**Från en fossilt driven ångpanna
till en elångpanna vid
Fittjaverket**

INVESTIGATION OF BOILER REPLACEMENT

**From a fossil-fueled steam boiler
to an electric steam boiler at the
Fittja plant**

Daniela Jakobsson

Examensarbete, 15 hp

Högskoleingenjörsprogrammet i energiteknik, 180 hp

Vt 2025

Abstract

Söderenergi produces district heating and generates electricity for the southern Stockholm region. Currently, 99.4% of their production is based on renewable fuels. At their facility in Fittja, an oil-powered steam boiler with a capacity of approximately 3.3 MW is used to generate steam for an expansion vessel. The steam is used for startup and soot blowing of a wood powder peak load boiler. The steam boiler and its expansion vessel can also be used to maintain pressure in the district heating network, although this function is rarely used as pressure maintenance has been handled from other sites. The steam boiler undergoes multiple start and stop cycles each day, which is believed to cause damage over time.

This thesis investigates the possibility of replacing the existing fossil-fueled steam boiler with an electric steam boiler in order to decrease CO₂ emissions and improve the operational performance. The required power capacity of a new steam boiler was determined through analyses of internal operational data, sample taking and calculations of steamflow. Appropriate pressure, available water quality, available space, compatibility with control system and power grid connection were investigated, as well as climate impact and economic profitability. To estimate the economic profitability an electric steam boiler was compared to a fossil fuel steam boiler in three electricity price scenarios, 32,2 öre/kWh, 55,5 öre/kWh and 154 öre/kWh.

The result shows that an electric steam boiler with a capacity of 1 MW and an operating pressure of 12,5 bar is suitable to replace the existing fossil-fueled boiler. The avoided CO₂ emissions from switching to an electric boiler are calculated to be 490 tons each year. The economic calculations show that the electric steam boiler is the most favorable alternative in two out of three electricity price scenarios. However, with an extreme electricity price of 154 öre/kWh the fossil fuel steam boiler is more profitable. This thesis also resulted in a proposal of a specific and suitable electric steam boiler that meets all requirements regarding power, pressure and other technical specifications.

Sammanfattning

Söderenergi producerar fjärrvärme och genererar el till södra Stockholmsregionen och har idag en produktion som till 99,4% baseras på förnybara bränslen. På deras anläggning i Fittja används en oljedriven ångpanna, med en effekt på ca 3,3 MW, för att generera ånga till ett expansionskärl. Ångan används främst för uppstart och sotning av en träpolvereldad spetslastpanna, men kan även användas för att tryckhålla fjärrvärmenätet även om dessa varit åtskilda i många år och tryckhållning skett från annat håll. Den befintliga ångpannan körs genom flera start- och stoppssekvenser per dygn, vilket tros ha bidragit till ökat slitage hos pannan.

Detta arbete undersöker möjligheten att ersätta den befintliga oljepannan med en eldriven ångpanna, i syfte att minska utsläpp och förbättra driften. Effektbehovet för en ny elpanna dimensionerades genom analys av intern driftdata, stickprov från driftövervakningssystem samt beräkningar av ångbildning. Lämpligt tryck, tillgänglig vattenkvalitet, tillgänglig yta, krav för kompatibilitet med styrsystem, elförsörjning och andra tekniska krav utreddes, liksom klimatpåverkan och ekonomisk lönsamhet. För att bedöma den ekonomiska lönsamheten jämfördes investeringen av en elångpanna mot en oljepanna vid tre olika elprisscenarion, 32,2 öre/kWh, 55,5 öre/kWh och 154 öre/kWh.

Resultatet visar att en elångpanna på 1 MW med ett arbetstryck på ca 12,5 bar är tekniskt lämplig för att ersätta den gamla. De uteblivna utsläppen som ett byte till en elångpanna innebär uppgår till ca 490 ton CO₂ per år. Investeringskalkylen visar att elpannan är mer ekonomiskt fördelaktig än en ny oljepanna vid två av tre analyserade elprisscenarier, men vid extremfallet 154 öre/kWh är oljepannan mest lönsam. Arbetet resulterade även i ett förslag på en specifik elångpanna som uppfyller samtliga definierade krav gällande effekt, tryck och övriga tekniska specifikationer.

Förord

Detta examensarbete utgör det slutliga momentet på min utbildning till högskoleingenjör i energiteknik vid Umeå universitet. Arbetet har genomförts i samarbete med Söderenergi AB och utgör en grund för ett eventuellt pannbyte i deras anläggning i Fittja.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare på Söderenergi Björn Kjeang Funkqvist, för pepp och stöd under arbetets gång. Ett särskilt tack går även till Johan Persson, driftingenjör, och Joel Månsson, processingenjör, för delning av information och kunskap som har varit avgörande för detta examensarbete. Slutligen vill jag tacka samtliga medarbetare på Söderenergi för ett varmt mottagande på mitt första besök i arbetslivet.

A handwritten signature in black ink, reading 'Daniela Jakobsson'. The script is cursive and elegant, with the first letter 'D' being particularly large and stylized.

Daniela Jakobsson
Södertälje maj 2025

Innehåll

1	Introduktion	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Avgränsningar	1
2	Teori	1
2.1	Klimatmålen	2
2.2	Fossila bränslen i el- och fjärrvärmesektorn	2
2.3	Söderenergi	3
2.4	Ångpannor generellt	3
2.5	Ångpanna 1 i Fittja	4
2.5.1	Övergripande fakta	4
2.5.2	Processschema	5
2.5.3	Automation och styrning	6
2.6	Expansion och slitage	6
2.7	Vattenkvalitet	7
2.8	Styrsystem och automation	7
2.9	Skatter och utsläppsrätter	7
2.9.1	Elskatt	7
2.9.2	Bränsleskatt, svavelskatt och CO2-skatt	8
2.9.3	Utsläppsrätter	8
2.10	El-teori	8
2.10.1	Elinfrastruktur	8
2.10.2	Spänning och ström	8
3	Metod	9
3.1	Dimensionering elångpanna	9
3.1.1	Metod 1 – Driftprofil	9
3.1.2	Metod 2 – Driftprofil baserad på stickprov	10
3.1.3	Metod 3 – formel	11
3.1.4	Identifiering av effektoppar	12
3.1.5	Tryck	12
3.2	Elinkoppling	12
3.3	Övriga förutsättningar	13
3.3.1	Dimensioner och belastning	13
3.3.2	Vattenkvalitet	13
3.3.3	Automation och reglering	14
3.3.4	Process	14
3.4	Förslag elångpanna	14
3.4.1	Dimensioner och belastning	14
3.4.2	Vattenkvalitet	14
3.4.3	Automation och reglering	14
3.4.4	Processschema	14
3.4.5	Elinkoppling	15
3.5	Klimatkalkyl	15

3.6	Investeringskalkyl	15
3.6.1	Driftkostnad	16
3.6.2	Investeringskostnad	16
4	Resultat	17
4.1	Dimensionering elångpanna	17
4.1.1	Metod 1	17
4.1.2	Metod 2	18
4.1.3	Metod 3	18
4.1.4	Identifiering av effektoppar	19
4.1.5	Tryck	19
4.2	Elinkoppling	19
4.3	Övriga förutsättningar	19
4.3.1	Dimensioner och belastning	20
4.3.2	Vattenkvalitet	20
4.3.3	Automation och reglering	20
4.3.4	Process	21
4.4	Förslag på elångpanna	22
4.4.1	Dimensioner och belastning	22
4.4.2	Vattenkvalitet	23
4.4.3	Automation och reglering	24
4.4.4	Process	24
4.4.5	Elinkoppling	24
4.5	Klimatkalkyl	25
4.6	Investeringskalkyl	25
5	Slutsats	25
5.1	Effektdimensionering	25
5.2	Tryck	26
5.3	Övriga slutsatser	26
6	Diskussion	26
6.1	Ekonomiska och klimatkopplade parametrar	26
6.2	Över- och under dimensionering	26
6.3	Brister i beräkningarna	27
6.4	Osäkerhet i elinkoppling	27
6.5	Energins värde	28
6.6	Alternativa lösningar	28
Bilaga A: Metod 1 - sammanställning av intern data		i
Bilaga B: Metod 2 - stickprov		ii
Bilaga C: Metod 3 - formel		iii
Bilaga D: Stickprov av effektoppar		iv

Bilaga E: CO₂ beräkningar	v
---	----------

Bilaga F: Investeringskalkyl	vi
-------------------------------------	-----------

Figurer

1	Ursprung utsläpp från el- och fjärrvärmeproduktion 1990-2023 (Naturvårdsverket 2024a)	2
2	Eldrörspanna (Gentili m. fl. 2014).	4
3	Processchema för den befintliga pannan, baserad på granskning av stysystem (ABB u,å.a).	6
4	Bild över 30 dagars drift, utgångspunkt för stickprov.	10
5	Lämpligt intervall(P4 ur drift) valdes, antalet körningar och tiden för dessa noterades.	10
6	En representativ körning valdes, tid och bränsleåtgång noterades.	10
7	Nyttig effekt ångpanna 1, 2020-2024	18
8	Nyttig effekt ångpanna 1 baserat på stickprov, 2020-2024	18
9	Elångpannans processchema med inritad elinkoppling.	21
10	Förslag på uppställning av elpanna och tillhörande komponenter.	23

Tabeller

1	Tillvägagångssätt beräkningar av medeleffekt.	11
2	Tabell över tillgänglig yta samt den befintliga pannans storlek, vikt och belastning.	20
3	Vattenkvalitet i Fittja	20
4	Mått, vikt och belastning för den förslagna pannan.	22
5	Mått för tillhörande komponenter.	23
6	Vattenkvalitetskrav för den specifika elångpannan.	24
7	Beräkningar av nyttig effekt med olika tillvägagångssätt.	25

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Ångpanna 1 i Söderenergis anläggning i Fittja drivs för närvarande av fossila bränslen. Pannan används främst vid uppstart av en träpulvereldad spetslastpanna, panna 4, men kan även användas för att hjälpa till med tryckhållningen i fjärrvärmenätet vid oförutsedda händelser. Söderenergi strävar efter att minska sin klimatpåverkan samtidigt som de levererar fjärrvärme till den södra delen av Stockholmsregionen. Ett byte från en fossilt driven panna till en eldriven är därför i linje med företagets mål att främja hållbarhet. Ångpanna 1 regleras genom att dess brännare stängs av då trycket i pannan är för högt och går ingång då trycket i pannan är för lågt, denna reglering tros ha lett till slitage av pannan och ett byte till en panna med jämnare reglering är att föredra för Söderenergi.

1.2 Syfte

Syftet med detta projekt är att utvärdera ett byte från en fossildriven panna till en eldriven panna på Söderenergis anläggning i Fittja genom att:

- Analysera de ekonomiska fördelarna/nackdelarna med bytet genom att utföra en investeringskalkyl samt utföra en känslighetsanalys för att ta reda på hur olika elprisscenarier påverkar lönsamheten.
- Bedöma den koldioxidminskning som kan uppnås.
- Dimensionera en tänkt elångpanna efter effektbehov och tryckbehov.
- Utreda tekniska förutsättningarna för ett pannbyte, med fokus på plats, styrsystem, reglering, vattenkvalitet samt utreda hur den nuvarande processen påverkas.
- Undersöka om det finns tillräcklig kapacitet att försörja elpannan med elektricitet och om några ändringar behövs i den befintliga elinfrastrukturen.

1.3 Avgränsningar

De tekniska aspekterna som ska utredas avgränsas till drift och teknisk infrastruktur. Därmed kommer inte byggtekniska lösningar ingå i denna utredning. Däremot kommer förutsättningarna för att byta panna i den befintliga anläggningen att utredas, vilket kan inkludera grundläggande byggaspekter. Arbetet omfattar inte en praktisk projektplanering för ett eventuellt genomförande av pannbytet. Gällande den miljömässiga aspekten kommer endast minskningen av koldioxid undersökas. Den del av arbetet som utreder elinkoppling avgränsas genom att endast elinfrastruktur i direkt anslutning till pannan tas i beaktning.

2 Teori

I detta avsnitt presenteras den bakgrundsinformation och den teoretiska fakta som är relevanta för att förstå rapportens kontext. Här redovisas även fakta som utgör grunden för det metodval och de analyser som följer i rapporten.

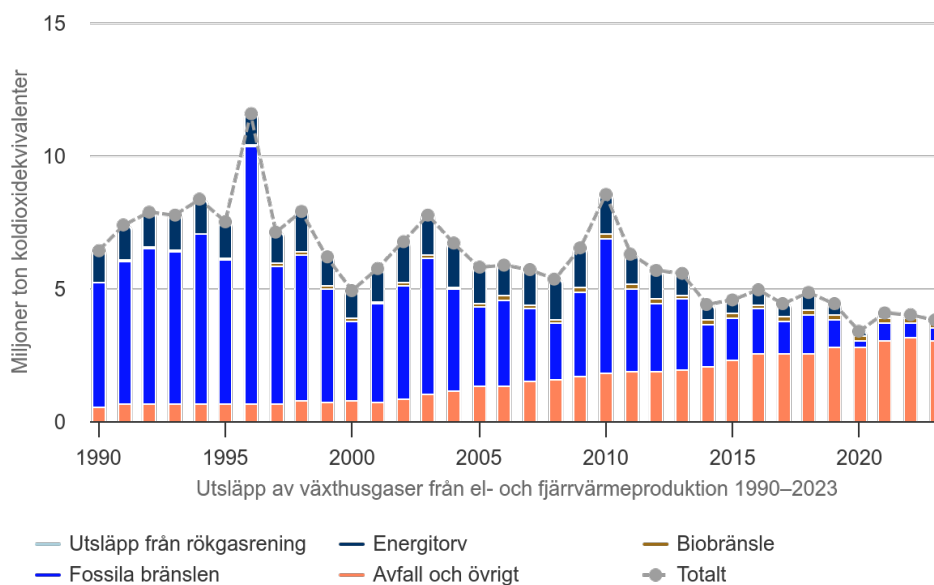
2.1 Klimatmålen

Senast år 2045 ska Sverige ha netto noll i koldioxidutsläpp och därefter ska Sverige nå negativa utsläpp. Detta ska ske genom en utsläppsminskning på 85% jämfört med år 1990. För att nå netto noll ska resterande utsläpp kompenseras för, exempelvis genom infångning och lagring av koldioxid eller utsläppsminskningar i andra länder som sker på initiativ av Sverige (Naturvårdsverket 2024b). Sveriges totala utsläpp uppgick 2023 till 44,4 miljoner ton koldioxidekvivalenter, jämfört med 1990 innebär detta en utsläppsminskning på 38%. I dessa 44,4 miljoner ton koldioxidekvivalenter är utsläpp och upptag kopplade till markanvändning och skogsbruk inte medräknade (Naturvårdsverket 2024c).

Företagens och industrins roll i att nå klimatmålen styrs bland annat via styrmedel, både på nationell och internationell nivå, se exempelvis EU:s utsläppshandel och koldioxidskatten (Energi-myndigheten 2020; Svebio u.å). Det kan också antas att vissa företag väljer att ligga steget före, genom satsningar kopplade till klimatet på eget initiativ, för att förbereda sig inför troliga framtida krav men även för att ta ansvar i frågan.

2.2 Fossila bränslen i el- och fjärrvärmesektorn

Utsläppen från el- och fjärrvärmeproduktion, räknat i koldioxidekvivalenter, uppgick till ca 3,8 miljoner ton år 2023. Detta motsvarar ca 9% av Sveriges totala utsläpp. I närtid har utsläppen kommit från förbränning av avfall snarare än förbränning av fossila bränslen som var den dominerande utsläppskällan mellan 1990 och 2013, se Figur 1. Under 2023 uppgick utsläppen från fossila bränslen i el och fjärrvärmesektorn till 0,49 miljoner ton koldioxidekvivalenter (Naturvårdsverket 2024a).



Figur 1: Ursprung utsläpp från el- och fjärrvärmeproduktion 1990-2023 (Naturvårdsverket 2024a)

Idag drivs fjärrvärmesektorn till största del av biobränsle såsom rester från skogsbruk och sågverksindustrin, bioolja och biogent avfall. Skiftet från fossilt till biogent har bidragit till stora utsläppsminskningarna inom sektorn, då biobränslen räknas som koldioxidneutrala. Priset skiljer sig mellan olika biobränslen, exempelvis är biogent avfall billigare än förädlade biobränslen såsom bioolja och pellets. I framtiden väntas priset på biomassa stiga på grund av större efterfrågan bland andra sektorer såsom kemiindustrin och transportsektorn. Inom dessa sektorer är alternativen till fossila bränslen få, vilket gör att betalningsviljan för biomassa kan förväntas bli hög. (Svebio 2020; Naturvårdsverket 2024a; Börjesson och Björnsson 2024). Även effektivisering och väder, i form av mildare vintrar, har bidragit till fjärrvärmesektorns minskade utsläpp. I dag används fossila bränslen i el- och fjärrvärmeproduktion främst under kortare perioder när behovet av värme och el är mycket stort exempelvis på vindstilla dagar eller under mycket kalla perioder (Naturvårdsverket 2023).

2.3 Söderenergi

Söderenergi är Sveriges fjärde största fjärrvärmeproducent och försörjer ca 300 000 invånare med fjärrvärme i den södra Stockholmsregionen. Företaget har anläggningar på flera orter, där den största är Igelsta värmeverk och kraftvärmeverk i Södertälje. Utöver detta finns mindre men viktiga anläggningar i Fittja och Skogås samt reservanläggningar i Södertälje och Huddinge. På en årlig basis producerar Söderenergi ca 2500 GWh värme. Via sin kraftvärmeanläggning genereras varje år ca 500 GWh el som även den distribueras till södra Stockholmregionen. Söderenergi förser även industrier i närområdet med hetvatten och ånga (Söderenergi 2024b).

Under 2024 utgjordes 99,4% av Söderenergis totala energiproduktion av förnybara och återvunna bränslen, däribland träavfall, skogsavfall, utsorterat avfall, träpellets och bioolja. Användningen av fossila bränslen inom Söderenergis verksamhet sker främst vid uppstart av pannor som sedan eldas med annat bränsle samt för att driva spetslastpannor som är i drift under kortare perioder då värmebehovet är högre (Söderenergi 2025b).

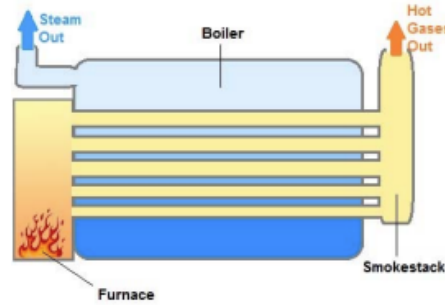
Söderenergis direkta utsläpp, alltså utsläpp från förbränning av bränslen, uppgick under 2024 till 97 800 ton koldioxidekvivalenter (Profu 2025). En fortsatt satsning i Söderenergis hållbarhetsarbete är att införa en bio-CCS anläggning som årligen beräknas kunna fånga in 500 000 ton biogen koldioxid vid Igelstaverket (Söderenergi 2025a).

2.4 Ångpannor generellt

Enkelt beskrivet producerar en ångpanna ånga genom att vatten i en behållare värms upp och förångas, ofta genom att någon typ av bränsle förbränns. I mer avancerade pannor kan ångprocessen omfatta flera olika komponenter såsom en överhettare, som höjer ångans temperatur ytterligare, och en ekonomiser, som förvärmer matarvattnet. Denna rapport fokuserar på en enklare typ av ångpanna där dessa komponenter saknas, därför kommer dessa mer avancerade delar inte att behandlas vidare. Ångpannor förekommer ofta i syfte att generera elektricitet genom att driva ånga genom en turbin (Alvarez 2006). Denna rapport fokuserar på ångproduktion i syfte att trycksätta ett expansionskärl som använder ångan till andra processer.

Det finns olika typer av ångpannor, där eldrörspannor och vattenrörspannor är två av de vanligaste varianterna. I en eldrörspanna leds de heta rökgaserna från förbränningen genom rör som är omgivna av vatten i pannans tryckkärl. Värmen från rökgaserna överförs till vattnet, till den grad att det förångas. Eldrörspannor är vanliga inom produktion av ånga till industriella processer (Gen-

tili m. fl. 2014). Figur 2 illustrerar principen för hur en eldrörspanna fungerar. I en vattenrörspanna



Figur 2: Eldrörspanna (Gentili m. fl. 2014).

är det istället vatten som cirkulerar genom tuber, medan förbränningen sker utanför, i pannans eldstad. Denna panntyp möjliggör högre tryck och temperaturer, och vattenrörspannor används därför oftare i anläggningar med större effektbehov (Gentili m. fl. 2014).

Elångpannor fungerar på ett liknande vis som de bränsleeldade ångpannorna, men istället för att förbränna ett bränsle används elektricitet för att värma och förånga vattnet. En fördel med elpannor är att de har mycket hög verkningsgrad, kring 99%, tillskillnad från oljeeldade pannor som i bästa fall kan uppnå en verkningsgrad på ca 90% (Soleimani-Mohseni m. fl. 2018).

Förångningsprocessen sker under tryck, om den bildade ångan är av samma mängd som ångan som avgår till processen är trycket konstant. Om åtgången på ånga är mindre än den som produceras ökar trycket i pannan och om det går åt mer ånga än pannan producerar sjunker trycket i pannans tryckkärl (Alvarez 2006). Trycksatt vatten har en högre mättnadstemperatur än vid atmosfärstryck och vatten som är över 100 °C kan förekomma i vätskeform beroende på trycket i processen (Soleimani-Mohseni m. fl. 2018).

Ångflödet är direkt kopplat till den nyttiga effekten, högre effekt producerar mer ånga och högre ångbehov kräver mer effekt. Sambandet mellan effekt och ångflöde visas i ekvation 1 (Soleimani-Mohseni m. fl. 2018).

$$P_{\text{nyttig}} = \dot{m}_{\text{ånga}}(h_2 - h_1) \quad (1)$$

P_{nyttig} = Nyttig effekt (kW)

$\dot{m}_{\text{ånga}}$ = Ångflöde (kg/s)

$(h_2 - h_1)$ = Entalpiskillnad mellan mätpunkt 1 och 2 (kJ/kg).

2.5 Ångpanna 1 i Fittja

2.5.1 Övergripande fakta

Samtlig fakta om ångpanna 1 i detta avsnitt är baserad på personlig kommunikation med sakkunnig driftingenjör, Johan Persson¹.

Den befintliga ångpannan har en märkeffekt på 3,275 MW och en maximal kontinuerlig ångalstring på 1,39 kg ånga per sekund (VEÅ AB 2018b). Pannans drivs av eldningsolja 5 och är en eldrörspanna. Ångpannans syfte är att producera ånga till ett expansionskärl. Expansionskärlet är till viss del

¹Personlig kommunikation, Johan Persson, april 2025.

fyllt med vatten och i toppen av expansionskärlet alstras ångan. Denna ånga används av panna 4, som är en träpulverdriven panna men vars uppstart sker med olja, som med hjälp av ångan bildar ett lättantändligt oljemoln. Vid uppstart av panna 4 ökar ångförbrukningen tillfälligt och därmed producerar ångpannan tillfälligt mer ånga. Ångan från expansionskärlet används även när panna 4 ska sotas, dock producerar panna 4 egen ånga till expansionskärlet då den är i drift och sotning behövs endast då panna 4 körs. Under drift av panna 4 behöver ångpanna 1 endast hållas i gång för att bibehålla sitt interna tryck. Eftersom ångbehovet då är mindre, körs ångpannan på låg effekt för eget underhåll och för att snabbt kunna öka produktionen av ånga när panna 4 tas ur drift. För att det ska vara möjligt att starta panna 4 närsomhelst, måste ångpanna 1 alltid förse expansionskärlet med ånga. Även panna 3 är kopplad till ångpanna 1, med den är för tillfället ur drift och behandlas därför inte i detta arbete.

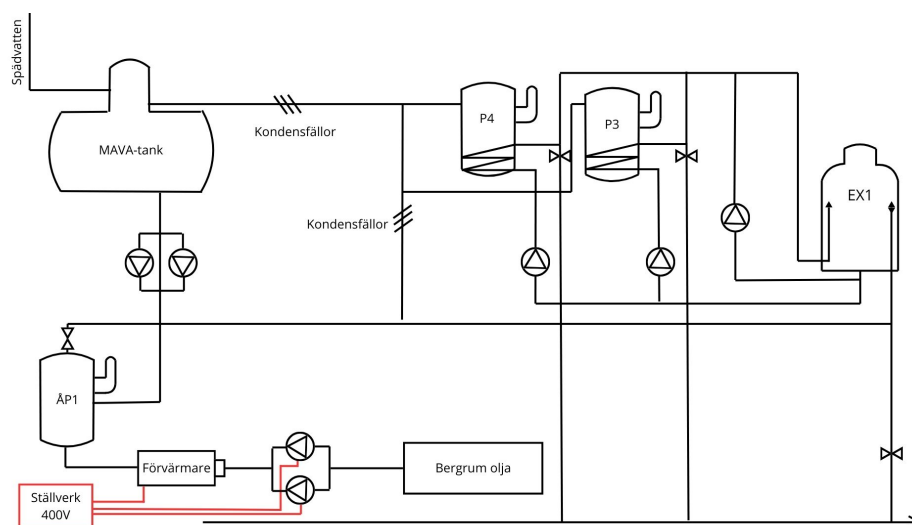
Tidigare var expansionskärlet kopplat till fjärrvärmenätet för tryckhållning. De senaste ca 15 åren har det varit franskt via en ventil och tryckhållning i fjärrvärmenätet har skett via Söderenergis anläggning i Igelsta eller via Stockholm Exergi. Expansionskärlet i Fittja kan ändå fungera redundant ifall något skulle hända med tryckhållningen på de andra orterna. Ifall tryckhållning skulle behövas är det dock troligare att man med hjälp av ångpanna 1 startar panna 4 som får producera ånga till expansionskärlet och på så vis trycksätta nätet.

Den befintliga ångpannan är från 2018. Första ångpannan för tryckhållning och ångbildning i Fittja var på plats 1995 och var i drift till 2005. Sedan dess har tryckkärlet bytts ut två gånger. Inom loppet av 30 år har det alltså funnits tre olika ångpannor. Anledningen till att man har bytt ut pannan så pass ofta är sprickor i tryckkärlet som troligtvis uppstått av många av- och påcykler. Även kvalitetsbrister hos produkten kan vara troliga och eller bidragande faktorer till det snabba slitaget. Den befintliga pannan har enligt besiktningsprotokoll (Dekra 2024) skador som om de förvärras kommer innebära körförbud för pannan. Det finns en till ångpanna på Fittjaverket, ångpanna 2. Denna körs endast när ångpanna 1 inte kan köras av olika anledningar.

2.5.2 Processchema

Processflödet för ångpanna 1 illustreras i Figur 3. Ur figuren framgår hur ånga leds från ångpannan (ÅP1) till expansionskärlet (EX1), samt hur expansionskärlet är kopplat till panna 4 (P4) för uppstart och sotning. För att säkerställa en jämn temperatur i expansionskärlet är en cirkulationspump installerad. Ångpanna 1 förses med vatten från matarvattentanken (MAVA-tanken). Påfyllning av denna sker dels med spädvatten, dels med kondensat som återförs via kondensfällor. Kondensatet uppstår när en del av ångan kyls ner i rörsystemet och kondenseras, det samlas upp av kondensfällor och återanvänds i systemet. Ångpanna 1 eldas med olja som pumpas upp från ett bergrum, effekten för pumparna uppskattas totalt vara ca 3 kW. Oljan förvärms i en förvärmare, med en uppskattad effekt på ca 4 kW, innan den tillförs pannan för förbränning. I Figur 3 är även elinkopplingen för förvärmaren och oljepumparna inritade, dessa är markerade i rött. Elanslutningen tillhör inte själva processen men kan vara relevant då detta arbete kommer utreda elinkoppling av en potentiell elångpanna. Observera att samtliga pumpar och andra eldrivna komponenter är anslutna till ställverk, dessa elanslutningar är dock inte inritade i figuren. Inte heller ledningen som kan tryckhålla nätet är inritad. Effektuppskattningarna och övrig information som ligger till grund för detta avsnitt kommer från Johan Persson, sakkunnig driftingenjör på Söderenergi,², samt granskning av styrsystem (ABB u.å.a).

²Personlig kommunikation, Johan Persson, april 2025



Figur 3: Processchema för den befintliga pannan, baserad på granskning av styrsystem (ABB u.å.a).

2.5.3 Automation och styrning

Justeringar och styrning av den befintliga pannan hanteras via styrsystemet 800xa från ABB. 800xa används i samtliga av Söderenergis anläggningar (ABB u.å.a).

Enligt driftingenjör Johan Persson³ samt enligt vad som går att utläsa ur styrsystemet (ABB u.å.a) styrs den befintliga pannan genom att brännaren startar då trycket i pannan är lågt (10,5 bar) och stängs av när panntrycket blir högt (13 bar). Ventilen mellan ångpannan och expansionskärlet påverkar också regleringen. När trycket i botten av expansionskärlet blir för lågt öppnas ventilen mer och trycket i expansionskärlet ökar medan pannan tappas tryck och så småningom, när minimivärdet för trycket i pannan är uppnått, startar brännaren för att hålla pannans tryck över gränsvärdet. Brännaren styrs alltså mot pannans tryck och ventilen styrs endast av trycket i botten av expansionskärlet. Denna reglering innebär att pannan slår av och på flertalet gånger under ett dygn. Brännaren körs dock inte på full effekt då den går på, utan körs med minsta möjliga effekt som motsvarar 25% av full effekt, ca 0,82 MW. Det finns alltså en viss justering av brännaren men den klarar inte att hålla ett jämnt tryck i pannan genom att konstant köra på det lägsta effektsteget utan behöver stoppas helt för att trycket i pannan ska minska.

2.6 Expansion och slitage

Många start- och stoppcykler kan resultera i termisk eller termomekanisk utmattning för en panna. Termisk eller termomekanisk utmattning beror på expansion respektive kontraktion i material på grund av skiftande temperatur och är vanligt i kraftvärmeanläggningar där ångpannan utgör en central roll. Utmattningen utvecklas i flera steg. Inledningsvis uppstår förändringar i mikrostrukturen på pannan. Därefter bildas mikrosprickor, som med tiden kan växa och sammanlänkas till större sprickor, så kallade makrosprickor. Makrosprickorna kan fortsätta att växa och detta kan till

³Personlig kommunikation, Johan Persson, april 2025

slut leda till brott i pannan (Storesund 2015).

2.7 Vattenkvalitet

Skador kopplade till vattenkvalitet kan uppstå i en panna vid otillräcklig vattenkvalitet. Hög kvalitet på matarvattnet och spädvattnet är kopplat till mindre risk för driftstörningar. Pannvattnet är i grunden samma vatten som matarvattnet men eftersom vattnet cirkulerar i systemet och ånga avges, sker en uppkoncentrering av ämnen i pannan (Hellman 2015).

Vattenkvaliteten innefattar flera faktorer, exempelvis konduktivitet, pH-värde, hårdhet och syrehalt. Hög konduktivitet innebär hög elektrisk ledningsförmåga och är kopplat till korrosionsskador. Med korrosion menas nedbrytning av metaller. Även vattnets pH-värde och syrehalt är kopplade till korrosion, ett lågt pH-värde och hög syrehalt i vattnet bör undvikas. Vattnets hårdhet beror på koncentrationen av joner från vissa metaller, exempelvis kalcium och magnesium, hög koncentration av dessa ökar risken för beläggningar i pannan och framför allt på pannans värmeöverförande ytor (Hellman 2015).

2.8 Styrsystem och automation

Inom industriella anläggningar används styr- och reglersystem för att övervaka, reglera och optimera drift av maskiner och processer. Systemet samlar in data från mätanordningar, bearbetar informationen och skickar styrsignaler till komponenter som reglerar driften, exempelvis motorer och ventiler (Soloman 2011).

Ett överordnat system samlar in information från flera olika, underordnade och lokala styrsystem, och sammanställer den. Det är denna samlade information som används för övervakning och kontroll av operatören. SCADA och DCS är exempel på överordnade system som övervakar och styr hela driften. PLC-system och RUI-enheter är exempel på system som styr mer lokala processer och komponenter. Dessa underordnade system fungerar automatiskt men kan övervakas och justeras genom de överordnade systemen. En PLC är ett digitalt, programmerbart styrsystem som kan lagra och utföra instruktioner. Den kan bland annat hantera in- och utgångssignaler, logiska funktioner, tidtagning, räkning, PID-reglering, kommunikation samt data- och filhantering (Krutz 2017).

För att ett överordnat system ska kunna samverka med de underordnade och lokala systemen kan ett bussystem användas. Ett bussystem är ett digitalt nätverk som möjliggör kommunikation mellan olika system exempelvis PLC och DCS (PI North America 2012).

2.9 Skatter och utsläppsrätter

2.9.1 Elskatt

I Sverige är all elanvändning skattepliktig, oavsett om det gäller hushåll, företag eller industrier (Vattenfall 2012). Elskatten för företag i Sverige ligger på 43,9 öre/kWh. I vissa delar av norra Sverige kan dock både företag och hushåll få en skattereduktion på 9,6 öre/kWh (Skatteverket u.å.b). Företag inom produktionsindustri kan ansöka om skatteåterbetalning av elskatt och som lägst betala en nettoskatt på 0,6 öre/kWh, produktion av fjärrvärme till fjärrvärmenätet omfattas inte av detta (Skatteverket 2025a).

Elskatten i de närmaste grannländerna skiljer sig från Sveriges relativt höga elskatt. I Norge är industrier och producenter av fjärrvärme berättigad reducerad skatt, vilket innebär en elskatt på 0,6 norska ören per kWh (Skatteetaten u.å). Elskatten i Finland är 0,063 cent/kWh för industrier,

även elpannor och värmepumpar omfattas av denna skattesats (Vero skatt 2022). I Danmark är elskatten dyrare än i Sverige, men för momspliktiga verksamheter kan ett avdrag göras som innebär att nettoskatten blir 0,4 öre/kWh (Skat 2025).

2.9.2 Bränsleskatt, svavelskatt och CO2-skatt

Energiskatt gäller inte bara el utan även bränslen, för bränslen tillkommer även koldioxidskatt. För exempelvis eldningsolja uppgår energiskatten till 318 kr/m³ och koldioxidskatten ligger på 3642 kr/m³. (Skatteverket 2025b). Historisk data över skattesatser visar att koldioxidskatten för eldningsolja har ökat sedan 2008, medan bränsleskatten både ökat och minskat under samma period. Koldioxidskatten och bränsleskatten för eldningsolja tillsammans har däremot ökat sedan 2008 (Skatteverket u.å.a.). Om bränslet innehåller svavel tillkommer även svavelskatt. Denna beräknas utifrån svavelinnehållet i bränslet, och uppgår till 27 kr per kubikmeter för varje tiondels viktprocent svavel (Skatteverket 2025a).

2.9.3 Utsläppsrätter

Företag med koldioxidutsläpp omfattas inte av koldioxidskatten om de är med i EU-ETS (Svebio u.å.). EU-ETS är ett system på EU-nivå för handel med utsläppsrätter. Handeln med utsläppsrätter bygger på att det finns en begränsad mängd utsläppsrätter, dessa tilldelas via auktion till de företag som omfattas av handeln, en viss mängd utsläppsrätter delas ut kostnadsfritt. Utsläppsrätterna kan köpas och säljas, detta skapar en marknad där priset styrs av utbud och efterfrågan. Ungefär 13 000 anläggningar i EU omfattas av utsläppshandeln varav 740 är svenska, dessa anläggningar motsvarar ungefär 45 procent av EU:s totala utsläpp (Energimyndigheten 2020).

2.10 El-teori

2.10.1 Elinfrastruktur

Elinfrastruktur kan dimensioneras och utformas olika beroende på vad som ska försörjas med el. Elen som används i städer, hushåll och industrier (med undantag om företaget genererar egen el) kommer från elnätet. När el ska tas in i en fastighet behöver den ofta konverteras från leverantörens högspänningsnivå till en lägre spänning som är anpassad för lokal användning. Detta sker via en transformator som justerar spänningsnivån till den önskade. Därefter leds elektriciteten till ett ställverk vars uppgift är att fördela ut strömmen till olika maskiner och apparater som förbrukar el. Ställverket är utrustat med säkringar som kan skydda apparaterna och maskinerna vid fel (Vattenfall u.å.a; ABB u.å.c).

2.10.2 Spänning och ström

Förhållandet mellan effekt, spänning och ström i ett trefasssystem följer formeln i ekvation 2 (Bergström och Nordlund 2012).

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\theta \quad (2)$$

P = Effekt (W)

U = Spänning (V)

I = Ström (A)

$\cos\theta$ = Effektfaktorn

Att avläsa från formeln är att strömmen blir lägre då spänningen är hög, detta möjliggör låg ström även vid hög effekt, med kravet att spänningen är hög. Högre ström är förenat med större risker både vad gäller personskada med även skador på anläggning och material (Elsäkerhetsverket 2017). Olika komponenter i elinfrastrukturen har ett maxtak för hur stark ström de klarar, vilket ofta är mer begränsande än deras spänningsgräns. Därför är högre spänning och lägre ström ofta att föredra då hög effekt ska kopplas in, detta enligt elkraftsingenjör Magnus Perhsson⁴.

För fullt resistiva laster är effektfaktorn ($\cos\theta$) lika med 1 (Bergström och Nordlund 2012). Med en last menas allt som i en krets förbrukar ström. En apparat eller maskin som konverterar elektrisk energi till värme anses vara en resistiv last (Cadena 2014).

3 Metod

I metodavsnittet beskrivs de olika tillvägagångssätt som använts för att besvara arbetes frågeställningar. Detta omfattar hur effektbehovet dimensionerades, hur effektoppar identifierades samt hur ett lämpligt arbetstryck för den nya elångpannan fastställdes. Vidare redogörs varför och hur övriga tekniska och praktiska förutsättningar för ett pannbyte undersöktes. Avsnittet beskriver också hur relevant information samlades in och bearbetades för att användas som underlag för de valda metoderna.

3.1 Dimensionering elångpanna

Ingen data över den ångmängd som expansionskärlet behöver finns. Den ångmängd som den befintliga pannan producerar har hittills visat sig vara tillräcklig. Då ångbehovet är direkt kopplat till effekten (Soleimani-Mohseni m. fl. 2018), dimensionerades elångpannan endast efter pannans nyttiga effekt. Den befintliga pannans drift är ojämn, den nya pannan antas ha en jämnare drift, därför dimensionerades denna utifrån hur effekten för den befintliga pannan sett ut över tid.

Den nyttiga effekten beräknades med tre olika metoder. Samtliga metoder har respektive svagheter, metoderna tillsammans ger en mer fullständig bild över den befintliga pannans drift.

3.1.1 Metod 1 – Driftprofil

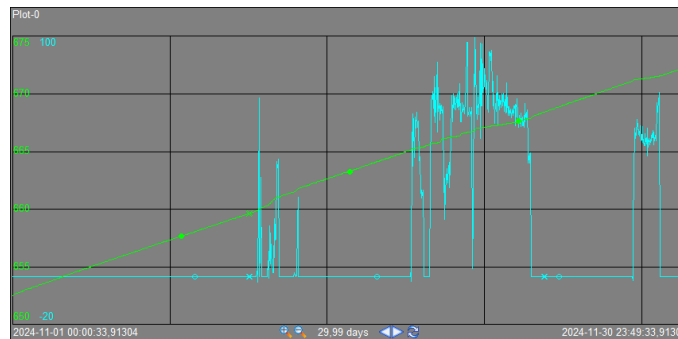
En driftprofil över den befintliga pannan togs fram, denna baserades på intern data (Söderenergi 2024d) över tillförd effekt till ångpanna 1 på en månadsbasis. Ej relevant data sorterades bort exempelvis data då ångpanna 2 körts istället för ångpanna 1. Pannans sanna verkningsgrad är okänd men uppskattades till 90% med hänsyn till vad en trolig verkningsgrad för en oljepanna är (Soleimani-Mohseni m. fl. 2018) och i samråd med processingenjör Joel Månsson⁵. Ur driftprofilen över nyttig effekt togs en trendlinje samt ett medelvärde fram som representerar ett medel över den nyttiga effekten. Driftprofilen och dess trendlinje användes för att illustrera hur en jämn drift skulle kunna se ut men även för att identifiera mindre effektoppar.

⁴Personlig kommunikation, Magnus Perhsson, april 2025

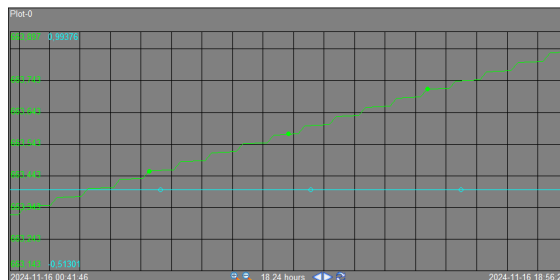
⁵Personlig kommunikation, Joel Månsson, april 2025

3.1.2 Metod 2 – Driftprofil baserad på stickprov

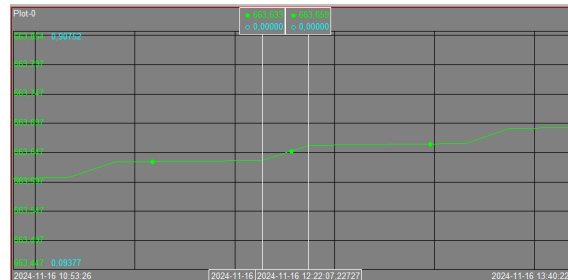
Förutom driftprofilen baserad på intern data togs ytterligare en driftprofil fram, denna baserades på stickprov ur ett internt driftövervakningsprogram (Söderenergi 2024c). Stickproven togs från samma månader och år som driftprofilen i metod 1 är byggd på. Driften av ångpanna 1 är till viss del beroende av panna 4s drift och stickproven togs då panna 4 var ur drift för att representera normal drift. Även i detta fall sorterades ej relevant data bort, exempelvis data då ångpanna 2 körts istället för ångpanna 1. I Figur 4–6 illustreras ett exempel för hur stickproven togs. Den tillförda effekten för respektive stickprov beräknades genom att först beräkna tidsspannet för varje stickprov, detta genom att subtrahera provets sluttid från starttid. Antalet körningar av pannan inom detta tidsintervall noterades, och delades med tidsspannet för att få fram ett medelvärde för antal körningar per timme, se Figur 5. Därefter valdes en representativ körning inom varje stickprov och bränsleåtgången för den specifika körningen noterades, se Figur 6. Även körningens varaktighet noterades. Denna tid multiplicerades med 24 timmar och med antalet körningar per timme. Energiinnehållet för en körning beräknades genom att multiplicera mängden olja per körning med värmevärdet (H_i) för EO5. För att få ut effekten under den specifika körningen dividerades energin med körningens varaktighet. Eftersom pannan inte är i drift konstant, justerades detta effektvärde genom att multiplicera det med andelen av dygnet som pannan faktiskt är i drift. Denna andel beräknades genom att dividera total drifttid per dygn med antalet sekunder på ett dygn.



Figur 4: Bild över 30 dagars drift, utgångspunkt för stickprov.



Figur 5: Lämpligt intervall (P_4 ur drift) valdes, antalet körningar och tiden för dessa noterades.



Figur 6: En representativ körning valdes, tid och bränsleåtgång noterades.

Ovan beskrivna beräkningar användes för att få fram ett medelvärde för tillförd effekt under ett dygn, baserat på det aktuella driftmönstret och är baserade på en omskrivning av ekvation 3 (Soleimani-Mohseni m. fl. 2018).

$$P_{\text{tillförd}} = \dot{m}_{\text{bränsle}} \cdot H_i \quad (3)$$

$P_{\text{tillförd}}$ = Tillförd effekt (MW)

$\dot{m}_{\text{bränsle}}$ = Massflöde, bränsle (kg/s)

H_i = Effektivt värmevärde (MJ/kg)

Slutligen multiplicerades den tillförda effekten med den uppskattade verkningsgraden. I Tabell 1 sammanfattas ovan beskrivna beräkningar, vilka värden som användes samt vad de resulterade i. Värden hämtade från det interna driftövervakningsprogrammet är markerade med orange färg, övriga värden är beräknade, värmevärdet är hämtat ur (Soleimani-Mohseni m. fl. 2018) och gäller för EO5 vid 15°C.

Tabell 1: Tillvägagångssätt beräkningar av medeleffekt.

Indata		Utdata
Tidsspann stickprov (h)	Körningar inom tidsspann (st)	Körningar i timmen (körning/h)
Olja per körning (m ³ /körning)	H_i (MJ/m ³)	Energi/körning (J/körning)
Energi/körning (J/spec körning)	Tid/spec körning (s/spec körning)	Effekt/spec körning (W/spec körning)
Tid/spec körning (h/spec körning)	Körningar i timmen * Timmar per dygn (h)	Drifttid/dygn (h/dygn)
Drifttid/dygn (h/dygn)	Timmar per dygn (24h)	Andel tid pannan körs per dygn
Andel drifttid per dygn	Effekt/spec körning (W/spec körning)	Medel tillförd effekt över ett dygn (W)
Medel tillförd effekt över ett dygn (W)	VG	Medel nyttig effekt över ett dygn (W)

3.1.3 Metod 3 – formel

Den befintliga pannan har en maximal ånbildningskapacitet som är betydligt högre än expansionskärllets ångbehov. Enligt driftenjör Johan Persson⁶ körs pannan vid normal drift på 25% av sin maximala effekt, därför antas ångalstringen vid normal drift vara proportionerligt mot pannans effekt, dvs 25% av det maximala ångflödet. Ånga bildas dock endast när pannan är i drift, därför användes medelvärdet för drifttiden från stickproven i metod 2. Det gjordes även en beräkning baserad på stickprovet med den längsta drifttiden. Ekvation 4 användes för att beräkna ett medelvärde

⁶Personlig kommunikation, Johan Persson, april 2025

för ångflödet (kg/s), detta baserat på pannans faktiska drifttid. Medelvärde över tid representerar en jämn drift av pannan, alltså utan frekventa start- och stoppsekvenser, vilket är relevant då elångpannans drift förväntas vara stabil och kontinuerlig.

$$\dot{m}_{\text{medel}} = \dot{m}_{25\%} \cdot t_{\text{dygn}} \cdot \frac{1}{3600 \cdot 24} \quad (4)$$

$\dot{m}_{\text{medel}}$ = Ångflöde, medelvärde över ett dygn (kg/s)

$\dot{m}_{25\%}$ = Ångflödet vid 25% av effekten (kg/s)

t_{dygn} = Körtid per dygn (s/dygn)

Genom att använda det beräknade massflödet ($\dot{m}_{\text{medel}}$) för ångan och entalpiskillnaden mellan matarvattnet som går in i pannan samt ångan som produceras beräknades den nyttiga effekten, se ekvation 5 (Soleimani-Mohseni m. fl. 2018). Entalpierna hämtades från ångtabell (Soleimani-Mohseni m. fl. 2018), matarvattnet antogs vara mättat vatten och ångan antogs vara mättad ånga.

$$P_{\text{nyttig}} = \dot{m}_{\text{ånga}}(h_{\text{ånga}} - h_{\text{mava}}) \quad (5)$$

P_{nyttig} = Nyttig effekt (kW)

$\dot{m}_{\text{ånga}}$ = Ångflöde (kg/s)

$h_{\text{ånga}}$ = Entalpi ånga (kJ/kg)

h_{mava} = Entalpi matarvatten (kJ/kg)

3.1.4 Identifiering av effekttoppar

Data från det interna driftövervakningssystemet (Söderenergi 2024c) analyserades grafiskt för att undersöka ifall bränsleförbrukningen för ångpanna 1 var signifikant högre än genomsnittet vid något tillfälle. Stickprov av dessa tillfällen togs och det åtgångna bränslet räknades sedan om till effekt baserat på den specifika tiden med ökad bränsleåtgång, detta gjordes med samma metod som visas i Tabell 1. Detta för att synliggöra de riktigt stora effekttopparna som inte uppträder så ofta sett till tiden normal drift. Stickprov togs inte i lika stor omfattning som stickproven i metod 2 utan grafisk analys avgjorde när i tid proven togs.

3.1.5 Tryck

Den befintliga pannans tryck samt expansionskärlets tryck undersöktes och användes för att bestämma ett lämpligt tryck för elångpannan. Detta för att säkerställa att expansionskärlet kan lagra samma mängd ånga, med samma tryck och temperatur, som idag. Om ånga med för lågt tryck, och därmed för låg temperatur, tillförs expansionskärlet kan denna kondensera. Det beror på att ånga vid ett för lågt tryck, och vid en för låg temperatur, inte förekommer i gasform i miljön som råder i expansionskärlet (Soleimani-Mohseni m. fl. 2018).

3.2 Elinkoppling

Vilka komponenter som krävs för elförsörjningen utreddes. De behövda komponenterna ligger till grund för de elkostnader som inkluderades i investeringskalkylen.

För att kunna dimensionera kablagen beräknades den totala ström som ska överföras mellan ställverket och elpannan. Beräkningen utfördes med hjälp av ekvation 6.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta} \quad (6)$$

P = Maskinens effekt
 U = Spänning (V)
 I = Ström (A)
 $\cos\theta$ = effektfaktorn

Effekten sattes till närmaste heltal i MW uppåt avrundat från den högsta effekttoppen. För att undvika stor ström räknades det med en spänning på 690V. Att koppla in en elpanna på 400V skulle kunna vara ett alternativ, detta kräver dock komponenter gjorda för att klara högre ström. I slutändan bör krav från tillverkaren vara avgörande för vilken spänning pannan kopplas in på. Effektfaktorn sattes till 1 då elångpannan antogs vara en fullt resistiv last. Efter att den totala strömbelastningen mellan ställverket och elpannan beräknats, dimensionerades kraftkablarna med hänsyn till att denna ström kan fördelas över flera parallella kablar. Bedömningen av antalet kablar och deras strömgräns gjordes utifrån tillgänglighet på marknaden. Förslag på kablar baserat på nämnda faktorer gjordes av Erik Fisk⁷, konsult på EAF.

3.3 Övriga förutsättningar

I detta avsnitt undersöktes andra tekniska förutsättningarna för ett pannbyte. Tillgänglig yta för en ny panna utreddes, kvalitet på tillgängligt vatten och det befintliga styrsystemets kompatibilitet med andra system undersöktes.

3.3.1 Dimensioner och belastning

För att fastställa förutsättningarna gällande utrymme för en ny panna mättes den befintliga pannans placering, och marginaler, upp. Detta utgör underlag för vilka mått en ny panna maximalt kan ha för att kunna installeras på samma plats, utan att ytterligare byggnation krävs. Måtten, samt vikten, hämtades från ritningarna från den befintliga pannan (VEÅ AB 2018a) och genom mätning på plats undersöktes marginalerna.

Ingen data över hur stor belastning bjälklagen tål finns utan den befintliga pannans belastning beräknades och användes som riktlinje. Belastningen beräknades genom att dividera pannans tyngd (kg) med dess understödsyta (m²).

3.3.2 Vattenkvalitet

Kvaliteten på det vatten som är tillgänglig för den planerade elångpannan undersöktes. Detta i syfte att ha riktlinjer att följa då den nya pannan bestäms. Data om det tillgängliga vattnet tillgodosågs via kemiingenjör Niklas Berg⁸.

⁷Personlig kommunikation, Erik Fisk, maj 2025

⁸Personlig kommunikation, Niklas Berg, april 2025

3.3.3 Automation och reglering

Det befintliga övergripande styrsystemet och dess möjligheter att kommunicera med underordnade styrsystem undersöktes för att klargöra vilka system den nya pannan behöver vara kompatibel med. Det undersöktes även hur en elångpannas effektregering bör se ut för att undvika att köras så som den befintliga pannan körs. Ett ungefärligt medeleffektbehov baserat på resultatet av effektdimensioneringen användes som utgångspunkt i detta.

3.3.4 Process

Ett ungefärligt processschema togs fram för att förstå elpannans process och framförallt den del av processen som skiljer sig mot den befintliga pannans process. För att ta fram processschemat användes den befintliga pannans process som grund, se Figur 3. Även en specifik elångpanna (Compab 2025) användes som utgångspunkt i framtagningen av processschemat.

3.4 Förslag elångpanna

När dimensioneringen för de grundläggande parametrarna gjorts presenterades ett förslag på en elångpanna utifrån detta. Det utreddes och säkerställdes att den förslagna elångpannan uppfyller praktiska krav såsom mått, vikt, vattenkvalitet och kompatibilitet med befintligt styrsystem. Den specifika pannans reglering samt process utreddes även.

3.4.1 Dimensioner och belastning

Den tänkta elångpannans dimensioner undersöktes i syfte att säkerställa att den får plats på den avsedda ytan, även den tänkta pannans belastning beräknades och jämfördes med den befintliga pannans belastning. Tillhörande komponenter för den specifika elångpannan togs i beaktning. Samtlig information tillhandahölls från panntillverkaren och leverantören (BOSCH 2025a; Compab 2025).

3.4.2 Vattenkvalitet

Kraven på vattenkvalitet för den specifika pannans matarvatten undersöktes, detta för att se ifall matarvattnet i Fittja uppfyller dessa krav eller om åtgärder behövs för att kunna använda vattnet i den specifika pannan. Information om vattenkrav hämtades från tillverkaren (BOSCH 2020).

3.4.3 Automation och reglering

Det utreddes vad som behövs för att den specifika pannans styrsystem ska vara kompatibelt med det befintliga övergripande styrsystemet. Det utreddes även hur regleringen av den nuvarande pannan fungerar i praktiken, detta genom information från pannleverantören (BOSCH 2025b) och information om den specifika pannans styrsystem (SIMENS 2024).

3.4.4 Processchema

Hur den specifika pannan förhåller sig till den befintliga processen utreddes, information om detta hämtades från leverantören och tillverkaren för den specifika elpannan (BOSCH 2025b; Compab 2025).

3.4.5 Elinkoppling

Utefter den specifika pannans effekt och krav på spänning utreddes hur elinkopplingen för den specifika pannan kan se ut. Även den specifika pannans komponenter och deras krav på ström och spänning undersöktes.

3.5 Klimatkalkyl

Utsläppen av koldioxid från den befintliga ångpannan beräknades utifrån mängden förbränd eldningsolja (EO5) och dess specifika utsläppsfaktorer. För att beräkna utsläpp per bränsleenhet multiplicerades bränslets emissionsfaktor (Gode m.fl. 2011) med bränslets värmevärde (Soleimani-Mohseni m.fl. 2018). Utsläppen per bränsleenhet multiplicerat med förbrukningen EO5 per år användes för att beräkna den totala mängden utsläppt koldioxid per år. Mängden åtgånget bränsle baserades på data över förbrukat bränsle mellan 2010-2024 (Söderenergi 2024a). I beräkningarna togs endast CO₂ utsläpp från eldningsolja 5 i beaktning. Det togs inte hänsyn till de CO₂-utsläpp som el och en elförsörjd ångpanna innebär då dessa är mycket små i förhållande till utsläpp från förbränd EO5. Även den befintliga pannan förbrukar en viss mängd el denna els utsläpp försummas också i beräkningarna.

3.6 Investeringskalkyl

Elångpannans ekonomiska lönsamhet i jämförelse med en ny oljepanna beräknades med annuitetsmetoden. Den fortsatta driften av den befintliga oljepannan är begränsad, därför är det relevant att jämföra kostnaden för en helt ny oljedriven ångpanna med en ny elångpanna. Annuiteten för respektive alternativ beräknades med ekvation 7 (Soleimani-Mohseni m.fl. 2018). För att ta fram de parametrar som krävs för annuitetsberäkningen användes ekvation 8-11 (Soleimani-Mohseni m.fl. 2018). Annuiteterna jämfördes för att se vilken investering som är mest ekonomiskt gynnsam.

$$A = f_A * NNV \quad (7)$$

A = Annuiteten

f_A = Annuitetsfaktorn

NNV = Anläggningens nettonuvärde

$$f_A = \frac{1}{f_N} \quad (8)$$

f_N = Nusumme faktorn

$$NNV = N - G \quad (9)$$

N = Anläggningens nuvärde

G = Grundinvestering

$$N = f_N \cdot a + R_N \quad (10)$$

f_N = Nusumme faktorn

a = Årligt intäktsöverskott (intäkter – kostnader)

R_N = Nuvärdet av anläggningens restvärde

$$f_N = \frac{(1 - (1 + r)^{-n})}{r} \quad (11)$$

r = Kalkylräntan

n = Ekonomisk livslängd

Kalkylräntan sattes i samtliga beräkningar till 5%. Livslängden för oljepannan uppskattades till 10 år, baserat på tidigare ångpannor i Fittjaverket och dessas livslängd, och elpannans livslängd uppskattades till 25 år.

3.6.1 Driftkostnad

Investeringskalkylen undersöker tre olika elprisscenarion baserat på tidigare elpriser men som ligger nära i tiden. Scenario 1 utgår från det genomsnittliga elpriset under år 2020, ett år med generellt låga elpriser. Scenario 2 utgår från snittpriset för år 2022, ett år med ovanligt höga elpriser. Scenario 3 representerar ett mellanalternativ mellan scenario 1 och 2 och utgår från 2024 års snitt på elpriser. Samtliga elpriser hämtades från Vattenfall (Vattenfall u.å.b.).

Parametrar som togs med i beräkningarna för oljepannans driftkostnader är elkostnaden för oljepumparna och förvärmaren i de tre olika scenarierna samt dess elskatt, kostnaden för den förbrukade oljan under ett år och dess bränsleskatt, koldioxidskatt och svavelskatt. Elkostnaden är beroende av hur mycket el som förbrukas därför bestämdes drifttiden av förvärmaren och pumparna med hänsyn till pannans drifttid (h) och multiplicerades med effekten (kW) och elpriset (kr/kWh). Samma princip applicerades på bränslekostnaden och pannans tillförda effekt sattes till den tillförda effekt som framkom i metod 1. Då effekten i metod 1 motsvarar ett medelvärde angavs drifttiden till 8 760 h, vilket motsvarar 1 års konstant drift. Enligt Björn Kjeang Funkqvist⁹, processoptimerare på Söderenergi, omfattas i dagsläget hela Fittjaverket av EU ETS. Årsskiftet 2026 kommer detta att upphöra och pannan kommer istället betala koldioxidskatt, då skiftet är i närtid omfattas endast koldioxidskatten i beräkningarna. Samtliga skattesatser hämtades från Skatteverket (Skatteverket 2025a; Skatteverket u.å.b; Skatteverket 2025b) och oljepriset sattes till det pris Söderenergi sålt av olja för under 2024, denna information tillhandahölls av Anders Dahlberg¹⁰, protförförvaltare biobränsle på Söderenergi. Även årlig besiktning av pannan räknades med bland driftkostnaderna, detta värde uppskattades av och tillgodosågs via processingenjör Joel Månsson¹¹.

Elpannans driftkostnader innefattar kostnaden av elen som behövs för att driva pannan samt elskatt, skattesatsen på el hämtades från Skatteverket (Skatteverket u.å.b). För att beräkna den förbrukade elen antogs elpannans tillförda effekt vara densamma som oljepannans nyttiga effekt, detta för att elpannor generellt sett har mycket hög verkningsgrad. Även kostnader för en årlig besiktning räknades med och sattes till samma pris som den årliga besiktningen för oljepannan.

3.6.2 Investeringskostnad

I investeringskostnaden inkluderades kostnaden för elångpannan, en första besiktning, kostnader för projektledning, nettorivningskostnader samt kostnaden för byggnation av den elinfrastruktur som krävs för försörjning av elektricitet. Elångpannans pris är ungefärligt och baserades på den förslagna

⁹Personlig kommunikation, Björn Kjeang Funkqvist, maj 2025

¹⁰Mejlkommunikation, Anders Dahlberg, mars 2025

¹¹Personlig kommunikation, Joel Månsson, april 2025

elångpannans pris, priset tillhandahölls av leverantör (Compab 2025). Installationskostnaden ingår i pannans pris, men anslutning till ställverk är inte inkluderat. Kostnaden för projektledning uppskattades baserat på tidigare liknande installationer (Söderenergi u,å). Nettorivningskostnaden uppskattades av processingenjör Joel Månsson¹². Kostnaden för elinfrastruktur omfattades av kostnaden för ett ställverksfack och montage av detta, kraftkablage, kabel för jordning, styrkabel, kabelstege samt projektering, besiktning och driftsättning. Priset för kraftkablarna uppskattades utifrån beräknad kabeldimensionering samt kablarnas längd.

Investeringskostnaden för en ny oljepanna utgjordes av ett nytt tryckkärl samt rivning av det gamla, kostnad för projektledning och en första besiktning. Då oljepannan är bytt ett antal gånger användes kostnaden för ett tidigare byte som underlag för denna kostnad (Söderenergi u,å).

4 Resultat

I detta avsnitt presenteras resultatet från effektdimensioneringen, utredningen om lämpligt arbetstryck och utredningarna för övriga tekniska förutsättningar som är relevanta för ett pannbyte. Baserat på dessa faktorer presenteras ett förslag på en elångpanna. Här presenteras även en beräkning av den potentiella klimatnyttan samt en investeringskalkyl som utgår från tre olika elprisscenarion.

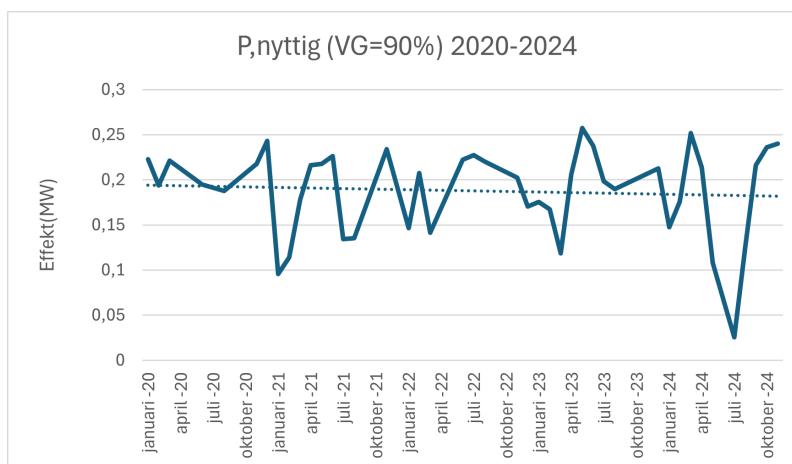
4.1 Dimensionering elångpanna

Elångpannan behöver uppfylla vissa grundläggande krav för att kunna ersätta den befintliga pannan, främst avseende ångproduktion och arbetstryck för att bibehålla rätt miljö i expansionskärl. Detta avsnitt redovisar resultaten från utredningen av dessa krav.

4.1.1 Metod 1

Figur 7 visar den befintliga pannans medeleffekt över tid, från januari 2020 till december 2024. Diagrammet är baserat på intern data över medel tillförd effekt per månad i ångpanna 1 (Söderenergi 2024d). Månader då ångpanna 2 varit i drift, och därmed inte ångpanna 1, är borttagna ur datasetet, därav luckorna på x-axeln. Medelvärde för den nyttiga effekten mellan 2020 och 2024 ligger på 0,19 MW och maxeffekten under denna tid har, enligt datan Figur 7 är baserad på (Söderenergi 2024d), uppgått till 0,26 MW. Se Bilaga A för dokument med exakta värden för beräkningarna.

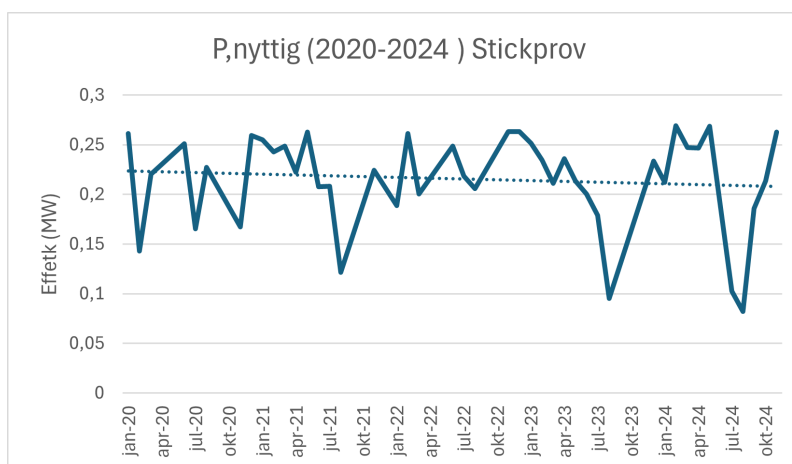
¹²Personlig kommunikation, Joel Månsson, april 2025



Figur 7: Nyttig effekt ångpanna 1, 2020-2024

4.1.2 Metod 2

Den nyttiga effekten visas även i Figur 8. Figur 8 är baserad på stickprov (Söderenergi 2024c) från samma månader som presenterades i Figur 7. Medelvärde för den nyttiga effekten för denna metod är 0,22 MW och det stickprov med den högst uppmätta effekten har en effekt på 0,27 MW. Se Bilaga B för beräkningarna och stickproven.



Figur 8: Nyttig effekt ångpanna 1 baserat på stickprov, 2020-2024

4.1.3 Metod 3

Det ångflöde som motsvarar 25% av det maximala ångflödet är ca 0,35 kg/s. Baserat på medeldrifttid blir detta ca 0,06 kg ånga per sekund i snitt övertid. För att producera 0,06 kg ånga per sekund

behövs en nyttig effekt på ca 0,15 MW enligt ekvation 5. För stickprovet med den högst uppmätta drifttiden blev ångflödet 0,09 kg/s vilket motsvarar en nyttig effekt på 0,21 MW. Se Bilaga C för dokument med exakta värden för beräkningarna.

4.1.4 Identifiering av effekttoppar

Vid uppstart av panna 4 används ånga från expansionskärlet och innan panna 4 är uppe i tillräcklig effekt för att själv förse expansionskärlet med tillräckligt med ånga behöver ångpannan köras på högre effekt och producera mer ånga. Under denna period ökar bränsleförbrukningen, vilket syns i intern grafisk data (Söderenergi 2024c). De effekttoppar som uppdagades vid start av panna 4 uppgick som mest till 0,96 MW men i snitt till 0,65 MW. Stickproven återfinns i Bilaga D.

4.1.5 Tryck

Den befintliga ångpannan har ett inställt börvärde på 12,5 bar, men det faktiska drifttrycket varierar mellan 10,5 och 13 bar på grund av den ojämna driften (ABB u.å.a). Eftersom en del av ångan kondenseras på väg till matarvattentanken uppstår en viss tryckförlust, vilket innebär att ångtrycket i expansionskärlet är något lägre än trycket i pannan. Trycket från enbart ångan i expansionskärlet har inget inställt börvärde, då det justeras med avseende på trycket i botten av expansionskärlet. Börvärdet för trycket i botten av expansionskärlet är 12,3 bar, även detta tryck pendlar en del. För att upprätthålla det önskade trycket, 12,3 bar, krävs att ångan i expansionskärlet tillsammans med vattenpelaren utgör ett tryck i denna storlek. Vattenpelaren är, som det låter i vätskeform, och har en temperatur kring 182 - 183 °C, denna temperatur kan dock variera något ytterligare än det angivna spannet. För att ångan som tillförs expansionskärlet inte ska kondensera måste denna ha en högre temperatur än detta, vilket motsvarar ett tryck på ca 10,75 bar för 183 °C och 10,51 bar för 182°C.

4.2 Elinkoppling

Den totala strömmen mellan ställverket och pannan, i ett räkneexempel med en effekt på 1 MW och en spänning på 690 V, är 837 A om denna ström fördelas över fyra kablar blir strömmen i varje kabel ca 210 A. Ett exempel på en kabel som klarar denna ström och anses lämplig är en kabel med dimensionen 4//3x240/72mm². Denna kabel ligger till grund för kabelkostnaden i investeringskalkylen. Kabelns längd uppskattas till 35 m som är den ungefärliga längden mellan den tänkta positionen för ställverken och pannans tänkta yta inklusive marginaler. Utöver ställverk och kraftkabel behövs en kabel för jordning samt en styrkabel.

Som det ser ut nu finns inget ställverk på 690 V att koppla in pannan på i Fittjaverket. Det finns dock planer att bygga ställverk på 690V för att försörja en rad andra projekt. Därför antas det att ställverk kommer finnas och att det som behöver införskaffas på området el endast är utmatande grupp samt kablage mellan ställverket och pannan. Utrustning som tillhör pannan såsom styrskåp har en mycket lägre effekt och kan därför kopplas in på 400V. Lediga fack i 400V ställverk finns, ytterligare plats bör tillkomma i samband med avveckling av oljepumpar och förvärmare.

4.3 Övriga förutsättningar

Detta avsnitt svarar på frågeställningen om de andra tekniska förutsättningarna för ett pannbyte, med fokus på plats, vattenkvalitet, påverkan av process och kompatibilitet med styrsystem.

4.3.1 Dimensioner och belastning

Den avsedda ytan för den nya ångpannan är där den befintliga ångpannan står idag. Denna yta är ca $6,34 \times 3,32 \text{ m}^2$ där dagens panna utgör $5,54 \times 2,35 \text{ m}^2$. Belastningen som den befintliga pannan utgör mot de bärande balkarna är 3388 kg/m^2 . Se Tabell 2 för samtliga mått och vikt. Datan i Tabell 2 är hämtade ur ritningar för den befintliga pannan (VEÅ AB 2018a).

Tabell 2: Tabell över tillgänglig yta samt den befintliga pannans storlek, vikt och belastning.

	Befintlig panna	Tillgänglig yta
Längd (mm)	5541	6340
Höjd (mm)	2576	Ej begränsande faktor
Bredd (mm)	2345	3320
Längd fundament (mm)	3050	
Bredd fundament (mm)	1800	
Vikt (kg)	18600	
Belastning (kg/m^2)	3388	

4.3.2 Vattenkvalitet

På Söderenergins anläggning i Fittja består matarvattnet av avgasat fjärrvärmevatten. Samtliga parametrar om vattnet på Söderenergins anläggning i Fittja har tillgodosetts via kemiingenjör Niklas Berg¹³ och är listade i Tabell 3. Gällande vattnets hårdhet så är $<0,1$ °d det interna kravet för hårdhet, det verkliga värdet ligger långt under.

Tabell 3: Vattenkvalitet i Fittja

	Värden vattenkvalitet
pH	9-10,
Hårdhet (°d)	$< 0,1$
O_2 (ppb)	<20
Konduktivitet ($\mu\text{S/cm}$)	20

4.3.3 Automation och reglering

Det befintliga övergripande styrsystemet är 800xa från ABB. Detta är kompatibelt med ett brett urval av styrsystem, så länge kommunikation sker via protokoll som är stödda hos de båda systemen. De protokoll som 800xa är kopatibelt med är (ABB u,å.b):

- Foundation fieldbus
- HART
- Profibus

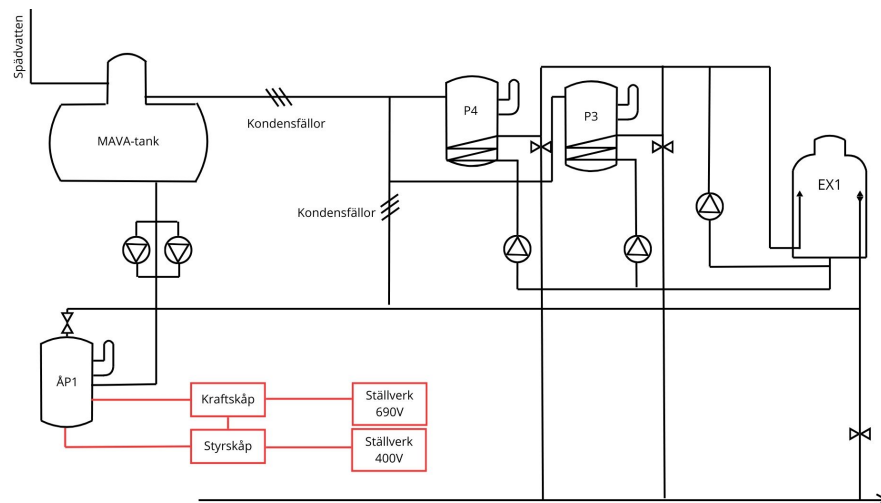
¹³Personlig kommunikation, Niklas Berg, april 2025

- Profinet
- EtherNet IP
- DeviceNet
- IEC 61850
- Modbus TCP
- OPC UA

Den befintliga pannan har ett lägsta effektsteg på ca 0,8 MW, vilket medför frekventa start- och stoppsekvenser. Resultatet från effektdimensioneringen visar att den genomsnittliga effektbelastningen över tid ligger på ca 0,2 MW. För att möta detta behov bör den nya pannan kunna leverera en lägsta effekt som motsvarar minst 0,2 MW, men helst ännu lägre för att möjliggöra mer exakt reglering.

4.3.4 Process

Ett troligt exempel över elångpannans plats i processen samt dess elanslutning illustreras i Figur 9. Automationssystemet matas i detta exempel med 400 V, medan själva pannan är kopplad till 690 V. Styrskåpet är därför anslutet till ett ställverk på 400 V, en koppling mellan styrskåpet och kraftskåpet är utritad då samtliga komponenter kan tänkas styras från styrskåpet. Elkopplingarna är markerade med rött i Figur 9. Observera att processen är densamma som i Figur 3 men med skillnaden att komponenter kopplade till olja är borttagna samt att elinfrastruktur för pannan finns med. Observera att elinkoppling för övriga eldrivna komponenter inte är inritade i processchemat. Processemat är baserat på hur inkopplingen för en specifik elångpanna på 1 MW och 690 V ser ut (Compab 2025).



Figur 9: Elångpannans processchema med inritad elinkoppling.

4.4 Förslag på elångpanna

Utifrån resultatet samt vad som finns tillgängligt på marknaden är ELSB 3 från BOSCH med följande tekniska specifikationer en rimlig kandidat att ersätta den gamla ångpannan (BOSCH 2025b; Compab 2025):

- 1 MW
- Maximalt ångflöde: 1500 kg/h dvs ca 0,42 kg/s
- Arbetstryck 5-13 bar
- Maxtryck: 16 bar
- 690V

Pannan är gjord utav stål och är cylindriskt formad, den är isolerad med mineralull som täcks av en aluminiumklädnad. Pannan har ett eget integrerat expansionskärl och exempel på komponenter är nivåindikator, dräneringsventil till pannan, säkerhetsventil för trycköverbelastning, backventil för matarvattnet samt en ventil för att stänga till matarvattnet finns. Till pannan medföljer ett styrskåp samt ett kraftskåp. Styrskåpet och dess automation och reglering utreds vidare under 4.4.3 *Automation och reglering*. Kraftskåpet är den komponent där ställverket kopplas in (BOSCH 2025b; Compab 2025).

4.4.1 Dimensioner och belastning

Tabell 4 visar den specifika elångpannans mått, vikt och belastning. Genom att jämföra med Tabell 2 kan det konstateras att elångpannan får plats på den tänkta ytan samt har en lägre belastning än den befintliga pannan. De befintliga bjälklagen kan dock behöva anpassas för att överensstämma med den nya pannans längd. Måtten i Tabell 4 är hämtade ur ritningar för elpannan (BOSCH 2025a).

Tabell 4: Mått, vikt och belastning för den förslagna pannan.

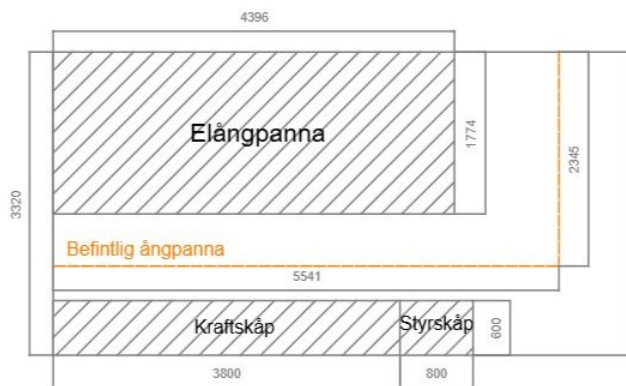
	ELSB 3
Längd (mm)	4396
Höjd (mm)	2182
Bredd (mm)	1774
Vikt (kg)	5230
Längd, fundament (mm)	2600
Bredd, fundament (mm)	790
Belastning, fundament (kg/m ²)	2546,3

Andra komponenter som hör till pannan men inte sitter fast i pannan ska även beaktas i frågan om plats. I Tabell 5 framgår dimensionerna för komponenterna samt vilka komponenter det handlar om (Compab 2025).

Tabell 5: Mått för tillhörande komponenter.

	Styrskåp	Kraftskåp
Djup (mm)	600	600
Bredd (mm)	800	3800
Höjd (mm)	2000	2200

I Figur 10 visas en möjlig uppställning av den specifika elångpannan och dess tillhörande komponenter. Det orangea området motsvarar den befintliga pannan.



Figur 10: Förslag på uppställning av elpanna och tillhörande komponenter.

4.4.2 Vattenkvalitet

Den specifika elångpannan kan köras med hög eller låg salthalt den kan även köras med helt saltfritt pannvatten. Lägre salthalt i pannvattnet kräver högre kvalitet på matarvattnet. För den specifika pannan förhåller sig salthalten i matarvattnet och pannvattnet på så vis att 5% av konduktiviteten i pannvattnet godtas i matarvattnet (BOSCH 2020). För att kunna driva pannan med Söderenergis vatten passar därför drift med låg salthalt. Kravet om konduktivitet för den specifika pannan vid denna drift är 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i matarvattnet, dvs < 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i pannvattnet, och Söderenergis matarvatten ligger på 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$. För saltfri drift krävs en konduktivitet av pannvattnet på <150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, som i sin tur kräver en konduktivitet på max 7,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hos matarvattnet, detta klarar inte Söderenergis vatten utan vattenbehandling eller annan åtgärd.

I Tabell 6 presenteras vattenkvalitetskraven för elångpannan från BOSCH dessa kommer från tillverkaren (BOSCH 2020).

Enligt Tabell 6 uppfyller Söderenergis vatten samtliga riktlinjer för pannan vid drift med låg salthalt, med undantag för det lägre spännet för pH-värdet. Ett alternativ kan vara att installera en

Tabell 6: Vattenkvalitetskrav för den specifika elångpannan.

	Krav vattenkvalitet
pH	>9,2
Hårdhet (°d)	< 0,05
O ₂ (ppb)	<50
Konduktivitet (µS/cm)	<100

vattenbehandlingsenhet, vilken kan levereras tillsammans med pannan. Enligt kemiingenjör Niklas Berg¹⁴ bör det dock vara möjligt att använda det befintliga vattnet ändå eftersom inga riktvärden överskrids i större omfattning, men avstämning med leverantör bör ske för att säkerställa att detta inte har några större konsekvenser. Av leverantörens dokument över vattenkrav (BOSCH 2020) framgår att garanti på pannan inte gäller om inte samtliga krav kopplade till vattenkvalitet uppfylls. Det framgår även att garantin uteblir om inte regelbundna vattenprover tas och dokumenteras enligt de intervall som anges av leverantören.

4.4.3 Automation och reglering

Elångpannans styrsåkåp är en separat enhet och är kopplad till pannans kopplingsdosa. Styrsystemet för den specifika pannan är Siemens S7-1500. Genom exempelvis bussystemet PROFINET kan de båda systemen samverka (SIMENS 2024). Automationen i form av ett PLC-system är placerad i styrsåkåpet. Denna övervakar och styr driften, med basfunktioner såsom effektregering, nivåregering och insamling av driftdata. Effektregeringen fungerar på så vis att effektnivån kan regleras från 0–100% på 120 sekunder som snabbast. 108 elektriska element används för att värma vattnet. Effekten regleras i 11 steg, vilket innebär att den lägsta möjliga effekt som pannan kan arbeta med är cirka 0,09 MW, detta möjliggör en relativt finjusterad effektregering sett till den gamla pannans reglering (BOSCH 2025b).

4.4.4 Process

Processbilden i Figur 9 är baserad på den specifika elångpannan, ELSB 3, och visar hur den befintliga processen skulle påverkas samt hur den specifika elångpannans komponenter kopplas i förhållande till varandra.

4.4.5 Elinkoppling

Den tänkta elångpannan kräver en spänning på 690V (Compab 2025). Denna panna följer räknexemplet i 4.2 *Elinkoppling* då den specifika elångpannan har en effekt på 1 MW och kräver en spänning på 690 V. Därför behövs samma komponenter för elinkopplingen inklusive fyra kraftkablar i dimensionen 4//3x240/72mm². Den specifika pannans styrsåkåp kräver 400V, ledigt ställverk på 400V finns och ytterligare kommer tillkomma.

¹⁴Personlig kommunikation, Niklas Berg, maj 2025.

4.5 Klimatkalkyl

En sammanställning av intern data (Söderenergi 2024a) mellan 2010-2024 visar att det varje år går åt ungefär 159 ton EO5 för att köra ångpanna 1. Ett byte till en elångpanna skulle därför innebära att förbränningen av 159 ton eldningsolja varje år uteblir. Detta motsvarar ca 490,4 ton koldioxid per år och skulle innebära en sänkning på ca 0,5% av verksamhetens direkta CO₂-utsläpp. Se Bilaga E för ett urklipp från excelarket med de fullständiga beräkningarna.

4.6 Investeringskalkyl

En ny elångpanna innebär en större investeringskostnad än en ny oljepanna, framförallt för att anläggningen i dagsläget är anpassad för en oljepanna och byggnation av ny elinfrastruktur innebär stora kostnader. Däremot visade investeringskalkylen att beroende på elpriset kan elångpannan vara mer lönsam än oljepannan, i två av de tre elpriscenariona var elångpannan det mest lönsamma alternativet. I scenariot med ett elpris på 32,2 öre/kWh är elpannan 21,4 % billigare än oljepannan och 2,9 % billigare då elpriset är 55,5 öre/kWh. Men med ett elpris på 154 öre/kWh är oljepannan det billigare alternativet, detta med hela 42,85% jämfört med elpannan. Se Bilaga F för överblick över parametrarna som användes för beräkningarna i investeringskalkylen, vissa värden är blurrade på grund av sekretess.

5 Slutsats

Här dras en slutsats om vilken effekt och vilket tryck den nya pannan bör ha baserat på det sammanställda resultatet. Det dras även slutsatser gällande de övriga förutsättningarna.

5.1 Effektdimensionering

En elångpanna med en effekt på 1 MW bedöms vara tillräcklig för att täcka det aktuella ångbehovet. Vid vissa tillfällen har den befintliga pannan uppnått effekttoppar nära 1 MW i nyttig effekt, detta i samband med start av panna 4. Det ska dock betonas att dessa effekttoppar inte förekommer speciellt ofta, majoriteten av starterna har visserligen medfört en viss ökad effekt men snittet för effekten vid uppstart av panna 4 är ca 0,65 MW och det ökade effektbehovet har inte uppstått över speciellt låg tid sett till tid normal drift.

Sannolikt kommer den nya pannan att drivas kring de medeleffektvärden som framgår av Tabell 7. Maxeffekterna i Tabell 7 visar den högsta påträffade effekten för respektive dataset och är inte att förväxla med de kraftiga och tillfälliga effekttopparna. Tillfälliga effekttoppar, särskilt i samband med uppstart av panna 4, kan förekomma men dessa är sällsynta. Det är dock viktigt att beakta även dessa i dimensioneringen, för att säkerställa att systemet klarar av kortvariga effekttökningar.

Tabell 7: Beräkningar av nyttig effekt med olika tillvägagångsätt.

	Metod 1	Metod 2	Metod 3
Medel (MW)	0,19	0,22	0,15
Max (MW)	0,26	0,27	0,21

5.2 Tryck

Den nya pannan ska klara av att leverera ånga som tillsammans med vattenpelaren i expansionskärlet ska utgöra ett tryck på 12,3 bar. Ångan som når fram till expansionskärlet ska bidra till att upprätthålla ett ångtryck i expansionskärlet som ska vara högre än 10,75 bar, detta gäller då vatten förekommer vid 183°C och 10,75 bar. På grund av förluster måste trycket på ångan som pannan producerar vara högre än värdet som utgör gränsen för kondensering. Baserat på hur den befintliga pannan arbetar bedöms ett arbetstryck på 12,5 bar vara lämpligt för den nya pannan, men en viss marginal kan vara att föredra. Om tryckkravet inte möts och ångan som tillförs expansionskärlet har för lågt tryck, och därmed också för låg temperatur, riskerar denna att kondenseras.

5.3 Övriga slutsatser

De andra förutsättningarna bör uppfyllas i den mån det går, men samtliga är inte avgörande. Exempelvis är det inte kritiskt ifall elångpannan inte passar exakt på den avsedda ytan, eftersom ombyggnationer eller alternativ placering kan vara möjliga lösningar. Eller om vattenkvalitetskraven inte uppfylls är vattenbehandling ett alternativ.

6 Diskussion

6.1 Ekonomiska och klimatkopplade parametrar

Resultatet visar att det i två av de tre scenariona är ekonomiskt lönsamt att byta till en elångpanna, detta är då elpriserna ligger på 32,2 öre/kWh och 55,5 öre/kWh. Om elpriserna däremot skulle nå den nivå som rådde under 2022, alltså 154 öre/kWh, anses inte elångpannan lönsam jämfört med att byta till en ny oljepanna. Däremot innebär samtliga scenarion en lika stor koldioxidminskning, dvs en minskning på 490 ton CO₂ årligen. Utifrån detta kan Söderenergi bedöma hur mycket man är villig att investera för att minska koldioxidutsläppen, samt överväga om möjligheten till lönsamhet är tillräckligt stor för att motivera ett pannbyte.

Sveriges grannländer har en betydligt lägre elskatt för produktion av fjärrvärme. Om Sverige skulle följa den nordiska skattetrenden skulle detta innebära en markant lägre driftkostnad för elpannan, som idag har en årlig skattekostnad på ca 720 000 kr för el. Den svenska elskatten på elpannor är ca 63,6 gånger högre än den finska, vilket innebär att en motsvarande elpanna i Finland skulle kosta ca 11 300 kr per år i elskatt. Samtidigt pekar utvecklingen för skatter på fossila bränslen, såsom eldningsolja, mot stigande nivåer. I nuläget uppgår oljepannans skatter till cirka 730 000 kr årligen, och om denna trend fortsätter kan kostnaden komma att bli ännu högre framöver för oljepannan. Därför bör investeringen i en ny elångpanna ses som en strategisk investering, inte bara för Söderenergis omställning mot en fossilfri produktion, utan även för att möta troliga framtida krav och styrmedel.

6.2 Över- och under dimensionering

Den befintliga oljepannan på Fittjaverket är kraftigt överdimensionerad, vilket resulterar i ojämn drift med många start- och stoppcykler. Det finns dock en risk med att sänka effekten för den nya pannan då det kan tänkas att det finns en tanke bakom den kraftiga överdimensioneringen. Kanske för att producera tillräckligt med ånga för att kunna starta både panna 3 och 4 samtidigt. Dock är panna 3 förtillfället inte i drift och det är inte säkert att den kommer att starta på ånga då den är i

drift igen, detta talar för en neddimensionering. En annan möjlig anledning till överdimensioneringen kan vara kapacitet att tryckhålla nätet. Det som idag talar för att inte ta detta i beaktning i dimensioneringen är att denna funktion inte utnyttjats på ca 15 år och ifall nätet skulle behöva tryckhållas hade det kunnat göras genom att panna 4, som har högre effekt, förser expansionskärlet med ånga. Nackdelen med detta är att det tar tid för panna 4 att starta och börja producera ånga. Även ångpanna 2 finns ifall ångpanna 1 inte klarar att tryckhålla nätet själv. Det är även värt att tillägga att det finns tryckhållning på två andra orter, och något måste fela med dessa för att det ska bli aktuellt med tryckhållning i Fittja. Här får nackdelarna vägas mot fördelarna. En överdimensionerad panna kan innebära en för hög lägsta drifteffekt och start och stoppkörning är ett faktum, denna körning innebär skador, slitage och tigare intervall för pannbyte. En panna med lägre effekt kan ha en jämn drift men kanske inte är optimal då det kommer till akut tryckhållning av nätet och som inte kan täcka ångbehov över 0,417 kg/s som skulle kunna uppstå om två pannor stannar upp på ånga samtidigt.

6.3 Brister i beräkningarna

Effektdimensioneringen bygger på effektberäkningar med tre olika metoder. I fallet med data på en månadsbasis (metod 1) har verkningsgraden uppskattats, samma gäller för fallet med stickproven (metod 2), där har stickproven dessutom tagits under normaldrift och medelvärdet påverkas därför av att inte ha med särskilda händelser som påverkar effekten. Den tredje metoden (metod 3), där effekten beräknats via ångflöde och entalpiskillnad tillsammans med genomsnittlig drifttid, bygger på antaganden om matarvattnets och ångans tillstånd samt samma stickprov för drifttid som i metod 2. Varje metod har sina begränsningar därför ger de tillsammans en mer nyanserad bild av ångpannans verkliga driftprofil. Resultaten från de olika metoderna visar hur den nya pannan förväntas drivas under största delen av tiden, samt uppmärksammar lägre effekttökningar. Dimensioneringen har gjorts med hänsyn till detta, men hänsyn till att klara de mer sällan förekommande, högre effekttopparna har varit avgörande för att bestämma det maximala effektbehovet. Därför har brister och osäkerheter i beräkningarna av den normala driften en begränsad inverkan på den slutliga dimensioneringen.

6.4 Osäkerhet i elinkoppling

För enkelhetens skull utreddes endast de komponenter som krävs för att ansluta pannan från ett ställverk. Detta ställverk existerar i dagsläget inte men en rad andra projekt, liksom detta projekt, är beroende av att detta och tillhörande elinfrastruktur byggs. Eftersom detta projekts ansvarsområde slutar vid ställverket, innebär det att kostnader för övrig elinfrastruktur behöver bäras av övriga projekt. Denna avgränsning gjordes eftersom en elinfrastruktur dimensionerad enbart för elångpannan inte hade kunnat försörja övriga projekts elbehov, samt för att en samordnad utredning med andra projekt hade krävt mer omfattande arbete än vad detta examensarbete är avsatt för. Förutom osäkerheten ifall bygget av elinfrastrukturen blir av är även kostnaden för el-delen i detta arbete räknat med nackdel till de andra projekten. Det är därför svårt att säga om den nuvarande kostnadsfördelningen blir den slutliga. Baserat på den information som finns i nuläget, ser det dock ut att fördelas på detta sätt.

6.5 Energins värde

Det kan ifrågasättas att man som energibolag använder el för en ångpanna, som är i drift dygnet runt, årets alla timmar, för att ibland starta en spetslast som producerar fjärrvärme. Detta kan ses som en konflikt mellan energins värde och dess användningsområde. Med tanke på den ansträngda elsituationen i södra Sverige kan det ifrågasättas om det är lämpligt att använda el för att driva en ångpanna i Fittja. För att försvara elpannan så kan det betonas att den effekt pannan kommer köras på under majoriteten av tiden ligger kring 0,2 MW och är hyfsat lågt relativt dess maxeffekt på 1 MW. Här kan även tilläggas att då elbehovet och konkurrensen på el är som störst bör värmebehovet vara som störst och då är panna 4 i drift och elåpannan förbrukar mindre effekt än vanligt.

6.6 Alternativa lösningar

Detta examensarbete har utrett ett byte av en oljedriven ångpanna till en ny elångpanna. En relevant frågeställning är dock vilka alternativa lösningar som skulle kunna övervägas.

Ett alternativ kan vara en ångpanna driven med bioolja, detta skulle innebära en lika stor nettoklimatnytta som elpannan. Att bygga om anläggningen för anpassning av bioolja skulle dock innebära stora kostnader. Att bygga om anläggningen för en elpanna innebär också stora kostnader men möjligheten till billig drift då elpriset är lågt finns. Bioolja är ett relativt dyrt bränsle och prognosen lutar åt att det kommer bli ännu dyrare i framtiden på grund av ökad konkurrens. Ett byte till bioolja från den befintliga pannan skulle nog inte bidra nämnvärt till lägre driftkostnader och en kostsam ombyggnation skulle vara ett faktum. Gällande en biodriven panna jämfört med en eldriven är det värt att poängtera att elen oftast är dyrast under kalla perioder, då är troligtvis panna 4 igång och försörjer expansionskärlet med ånga vilket innebär en lägre effektförbrukning och en lägre elkostnad än vid normal drift.

En tanke är ifall det skulle vara möjligt att bygga om panna 4 så att ånga inte krävs vid uppstart exempelvis ersätta ångan med tryckluft för att skapa ett likdanande oljemoln som ångan gör, eller starta pannan med ett annat bränsle. Om detta skulle vara möjligt behövs ändå ångan för sotning av panna 4. Visserligen producerar panna 4 egen ånga under drift, men denna måste kunna lagras i ett expansionskärl för att vara tillgänglig vid behov. Om expansionskärlet inte underhålls av ångpannan tappar det dessutom tryck och temperatur vilket försvårar lagring av panna 4s ånga i expansionskärlet. Om panna 4 byggs om på så vis att expansionskärlet inte behövs och sotning sker direkt med egenproducerad ånga kombinerat med att uppstart kan ske utan ånga hade drift utan expansionskärlet teoretiskt sätt varit möjligt. Nackdelen med detta är att kapaciteten att tryckhålla nätet försvinner i och med att expansionskärlet försvinner, samtidigt har tryckhållning från Fittja inte varit aktuellt på många år, vilket kan tala för att expansionskärlet inte längre behövs. Som en fortsatt del i detta arbete skulle en utredning om en ångpanna överhuvudtaget behövs kunna göras samt utvärdera kostnaden för en omfattande ombyggnation av panna 4 och jämföra den med den alternativa kostnaden för en ångpanna som presenteras i detta arbete.

Referenser

- ABB (u.å.a). *800xA* (6.1). [Programvara]. URL: <https://new.abb.com/control-systems/system-800xa> (hämtad 2025-05-20).
- (u.å.b). *ABB Ability™ System 800xA Fieldbus protocols*. URL: <https://new.abb.com/control-systems/system-800xa/800xa-dcs/fieldbus-protocols> (hämtad 2025-05-17).
- (u.å.c). *Ställverket - fördelar el och skyddar nätet*. URL: <https://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/stallverk> (hämtad 2025-04-26).
- Alvarez, H (2006). *Energiteknik del 2*. uppl 3. Studentlitteratur.
- Bergström, L och L Nordlund (2012). *Ellära, krets- och fältteori*. uppl 3. Liber.
- BOSCH (2020). *B002 - Guideline on Water Characteristics*. [Publicerad data].
- (2025a). *DA433 - dokument över mått och vikt*. [Publicerad data].
- (2025b). *Technical data*. [Publicerad data].
- Börjesson, P och L Björnsson (2024). *Perspektiv på bioenergi - Biomassans framtida roll i en föränderlig värld*. INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK OCH SAMHÄLLE — LUNDS UNIVERSITET. URL: https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/173045013/Rapport_133_2024_Perspektiv_pa_bioenergi.pdf (hämtad 2025-05-22).
- Cadena, R (2014). *Electricity for the Entertainment Electrician Technician*. uppl 2. Routledge.
- Compab (2025). *Quotation Electrical steam boiler*. [Publicerad data].
- Dekra (2024). *REVISIONSKONTROLL ÅP1*. [Intern dokumentation]. Söderenergi.
- Elsäkerhetsverket (2017). *Elsäkerhet och elektrisk infrastruktur för transportsektorn*. Elsäkerhetsverket. URL: <https://www.elsakerhetsverket.se/globalassets/publikationer/rapporter/elsak-rapport-elvagar-2017.pdf> (hämtad 2025-04-09).
- Energimyndigheten (2020). *Om utsläppshandel*. URL: <https://www.energimyndigheten.se/klimat/handel-med-utslappsraatter/om-utslappshandel/> (hämtad 2025-04-28).
- Gentili, P., C. Landini, S. D'Ovidio, E. Lusardi, C. Rohde, A. Aydemir, S. Hirzel, B. Ostrander, S. Karellas och K. Braimakis (2014). *Ecodesign Preparatory Study on Steam Boilers*. PwC, ICCS och Fraunhofer ISI. URL: <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/047c9c07-1a08-4dfe-8bdd-0b0fefae0eda/content> (hämtad 2025-05-13).
- Gode, J, F Martinsson, L Hagberg, A Öman, J Höglund och D Palm (2011). *Miljöfaktaboken 2011- Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter*. Värmeforsk. URL: <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/17907/miljoefaktaboken-2011-vaermeforskrapport-1183.pdf> (hämtad 2025-04-04).
- Hellman, M (2015). *HANDBOK I VATTENKEMI FÖR ENERGIANLÄGGNINGAR*. Energiforsk. URL: <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/18602/handbok-i-vattenkemi-foer-energianlaeggningar-energiforskrapport-2015-113.pdf> (hämtad 2025-05-13).
- Krutz, R (2017). *Industrial Automation and Control System Security Principles - Protecting the Critical Infrastructure*. uppl 2. International Society of Automation (ISA).
- Naturvårdsverket (2023). *Väder och växthusgasutsläpp*. URL: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslappens-samband-med-vadret/> (hämtad 2025-05-10).
- (2024a). *El och fjärrvärme, utsläpp av växthusgaser*. URL: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-el-och-fjarrvarme/> (hämtad 2025-05-11).

- Naturvårdsverket (2024b). *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk*. URL: <https://www.naturvardsverket.se/annesomraden/klimatomställningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/> (hämtad 2025-05-11).
- (2024c). *Sveriges utsläpp och upptag av växthusgaser*. URL: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/sveriges-utslapp-och-upptag-av-vaxthusgaser/> (hämtad 2025-05-11).
- PI North America (2012). §1.3 – *Fieldbus: What & Why*. URL: https://us.profinet.com/profinet_tech/fieldbus-what-why/#:~:text=Fieldbus%20is%20a%20digital%20industrial%20networking%20technology%20for,the%20purposes%20of%20controlling%20production%20lines%20and%20equipment. (hämtad 2025-05-12).
- Profu (2025). *Klimatbokslut 2024*. Profu AB. URL: <https://www.soderenergi.se/wp-content/uploads/2025/03/Klimatbokslut-2024-Sodra-Stockholms-Fjarrvarme.pdf> (hämtad 2025-05-11).
- SIMENS (2024). *SIMATIC S7-1500, ET 200MP, ET 200SP, ET 200AL, ET 200pro, ET 200eco PN Communication*. SIMENS. URL: <https://www.elsakerhetsverket.se/globalassets/publikationer/rapporter/elsak-rapport-elvagar-2017.pdf> (hämtad 2025-05-17).
- Skat (2025). *Generelt om godtgørelse af energiafgifter og CO2-afgift*. URL: <https://skat.dk/erhverv/afgifter-paa-varer-og-ydelser-punktafgifter/godtgoerelse-af-energiafgifter/generelt-om-godtgoerelse-af-energiafgifter-og-co2-afgift>.
- Skatteetaten (u.å). *Avgift på elektrisk kraft*. URL: <https://www.skatteetaten.no/bedrift-og-organisasjon/avgifter/saravgifter/om/elektrisk-kraft/>.
- Skatteverket (u.å.a). *Historik Skattesatser*. URL: <https://www.skatteverket.se/download/18.386bd4b919276cc86c42ae8/1732884933875/Skattesatser%20t.o.m.%202024-12-31.pdf> (hämtad 2025-04-28).
- (2025a). *Lag (1994:1776) om skatt på energi*. URL: <https://www4.skatteverket.se/rattsligvagledning/2785.html> (hämtad 2025-04-28).
- (2025b). *Skatt på bränsle*. URL: <https://www.skatteverket.se/foretag/skatterochavdrag/punktskatter/energiskatter/skattpabransle.4.15532c7b1442f256bae5e56.html> (hämtad 2025-04-28).
- (u.å.b). *Skatt på el*. URL: <https://www.skatteverket.se/foretag/skatterochavdrag/punktskatter/energiskatter/skattpael.4.15532c7b1442f256bae5e4c.html> (hämtad 2025-04-28).
- Soleimani-Mohseni, M., L. Bäckström och R Eklund (2018). *Formelsamling i energiteknik*. uppl 2. Studentlitteratur.
- Soloman, S (2011). *Industrial sensors and control–The basics–Part I*. URL: <https://www.eetimes.com/industrial-sensors-and-control-the-basics-part-i/> (hämtad 2025-04-24).
- Storesund, J (2015). *HANDBOK FÖR LIVSLÄNGDSARBETE*. Energiforsk. URL: https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/19692/handbok-for-livslangdsarbete-med-energianlaggningar-energiforskrapport-2015_150.pdf (hämtad 2025-05-13).
- Svebio (2020). *FÄRDPLAN BIOENERGI – så möter vi behovet av bioenergi för fossilfritt Sverige*. Svebio. URL: <https://www.svebio.se/wp-content/uploads/2020/03/Svebio-FaCC%88rdplan-Bioenergi-2020.pdf> (hämtad 2025-05-22).
- (u.å). *Koldioxidskatt*. URL: <https://www.svebio.se/vi-verkar-for/koldioxidskatt/> (hämtad 2025-04-28).
- Söderenergi (2024a). *Bränsleförbrukning per panna 2010-2024*. [Intern, opublicerad data].

- Söderenergi (2024b). *Organisation*. URL: <https://www.soderenergi.se/var-miljotjanst/organisation/> (hämtad 2025-05-11).
- (2024c). *PI-processbook, stickprov 2020-2024*. [Intern, opublicerad data].
- (u,å). *Resultatbudget - byte ÅP1*. [Intern, opublicerad data].
- (2025a). *Söderenergi satsar på att fånga in koldioxid*. URL: <https://www.soderenergi.se/soderenergi-satsar-pa-att-fanga-in-koldioxid/> (hämtad 2025-05-11).
- (2024d). *Tillförd energi per panna 2020-2024*. [Intern, opublicerad data].
- (2025b). *Vår Miljötjänst*. URL: <https://www.soderenergi.se/var-miljotjanst/> (hämtad 2025-05-11).
- Vattenfall (2012). *Prishistorik över rörligt elpris*. URL: <https://www.vattenfall.se/elavtal/elpriser/rorligt-elpris/prishistorik/> (hämtad 2025-04-26).
- (u,å.a). *Elnätets uppbyggnad*. URL: <https://www.vattenfalleldistribution.se/om-elnatet/elnatets-uppbyggnad/> (hämtad 2025-04-26).
- (u,å.b). *Prishistorik över rörligt elpris*. URL: <https://www.vattenfall.se/elavtal/elpriser/rorligt-elpris/prishistorik/> (hämtad 2025-04-26).
- Vero skatt (2022). *Skattetabeller för elström, naturgas, biogas, brännstovv och tallolja*. URL: https://www.vero.fi/sv/foretag-och-samfund/skatter-och-avgifter/punktbeskattning/elstrom-och-vissa-branslen/skattetabeller_for_elstrom_och_vissa_br/.
- VEÅ AB (2018a). *Sammanställningsritning*. [Opublikerat dokument].
- (2018b). *Tillverkningskylt*. [Opublikerat dokument]. VEÅ AB.

Bilaga A: Metod 1 - sammanställning av intern data

År	Månad	Effekt (MW) ÅP1	Effekt(MW) ÅP2	Dagar/ månad	Effekt (MW)
2020	jan	184	7	31	0,247312
	feb	150	2	29	0,215517
	mars	183	0	31	0,245968
	april	126	76	30	0,175
	maj	188	13	31	0,252688
	jun	156	0	30	0,216667
	jul	158	0	31	0,212366
	aug	155	0	31	0,208333
	sep	106	59	30	0,147222
	okt	177	55	31	0,237903
	nov	174	0	30	0,241667
	dec	201	0	31	0,270161
2021	jan	79	0	31	0,106183
	feb	85	1	28	0,126488
	mars	147	0	31	0,197581
	april	173	0	30	0,240278
	maj	180	0	31	0,241935
	jun	181	0	30	0,251389
	jul	111	0	31	0,149194
	aug	112	0	31	0,150538
	sep	104	51	30	0,144444
	okt	94	71	31	0,126344
	nov	187	0	30	0,259722
	dec	104	18	31	0,139785
2022	jan	121	0	31	0,162634
	feb	155	0	28	0,230655
	mars	117	0	31	0,157258
	april	150	35	30	0,208333
	maj	6	193	31	0,008065
	jun	178	0	30	0,247222
	jul	188	0	31	0,252688
	aug	182	0	31	0,244624
	sep	128	100	30	0,177778
	okt	0	180	31	0
	nov	162	9	30	0,225
	dec	141	0	31	0,189516
2023	jan	145	0	31	0,194892
	feb	125	0	28	0,186012
	mars	98	0	31	0,13172
	april	165	0	30	0,229167
	maj	213	0	31	0,28629
	jun	190	0	30	0,263889
	jul	164	0	31	0,22043
	aug	157	0	31	0,211022
	sep	119	33	30	0,165278
	okt	159	26	31	0,21371
	nov	73	79	30	0,101389
	dec	176	0	31	0,236559
2024	jan	122	0	31	0,163978
	feb	136	0	29	0,195402
	mars	208	0	31	0,27957
	april	171	0	30	0,2375
	maj	89	0	31	0,119624
	jun	0	0	30	0
	jul	21	0	31	0,028226
	aug	104	0	31	0,139785
	sep	173	7	30	0,240278
	okt	195	0	31	0,262097
	nov	192	4	30	0,266667
	dec	99	140	31	0,133065

Sammanfattning (MW)			
P,tillförd,medel	0,209	P,nyttig, medel	0,188
P, tillförd,max	0,286	P,nyttig, max	0,258

P,tillför P,nyttig (VG=0,9)		
jan-20	0,247	0,223
feb-20	0,216	0,194
mar-20	0,246	0,221
jun-20	0,217	0,195
jul-20	0,212	0,191
aug-20	0,208	0,188
nov-20	0,242	0,218
dec-20	0,27	0,243
jan-21	0,106	0,096
feb-21	0,126	0,114
mar-21	0,198	0,178
apr-21	0,24	0,216
maj-21	0,242	0,218
jun-21	0,251	0,226
jul-21	0,149	0,134
aug-21	0,151	0,135
nov-21	0,26	0,234
jan-22	0,163	0,146
feb-22	0,231	0,208
mar-22	0,157	0,142
jun-22	0,247	0,223
jul-22	0,253	0,227
aug-22	0,245	0,220
nov-22	0,225	0,203
dec-22	0,19	0,171
jan-23	0,195	0,175
feb-23	0,186	0,167
mar-23	0,132	0,119
apr-23	0,229	0,206
maj-23	0,286	0,258
jun-23	0,264	0,238
jul-23	0,22	0,198
aug-23	0,211	0,190
dec-23	0,237	0,213
jan-24	0,164	0,148
feb-24	0,195	0,176
mar-24	0,28	0,252
apr-24	0,238	0,214
maj-24	0,12	0,108
jul-24	0,028	0,025
aug-24	0,14	0,126
sep-24	0,24	0,216
okt-24	0,262	0,236
nov-24	0,267	0,240

Bilaga B: Metod 2 - stickprov

Värmevärde E05	
HHV (MJ/m ³)	38600
V/G (uppskattad)	0,9

Stickproven har tagits då P4 inte varit i drift.

Sammanfattning	
P, tillförd, medel (MW)	0,23949
P, tillförd, topp (MW)	0,29909
P, nytt ig, medel (MW)	0,21555
P, nytt ig, topp (MW)	0,26918

Värden för vidare beräkningar:	
drifttid/dygn, medel (s)	15900,9
drifttid/dygn, max (s)	22468
drifttid/dygn, medel (h)	1612,18

Day	Jan	Feb	Mar	April	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Yearly Total
Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Jan-20	20-01-01	20-01-02	20-01-03	20-01-04	20-01-05	20-01-06	20-01-07	20-01-08	20-01-09	20-01-10	20-01-11	20-01-12	20-01-13
Feb-20	20-02-01	20-02-02	20-02-03	20-02-04	20-02-05	20-02-06	20-02-07	20-02-08	20-02-09	20-02-10	20-02-11	20-02-12	20-02-13
Mar-20	20-03-01	20-03-02	20-03-03	20-03-04	20-03-05	20-03-06	20-03-07	20-03-08	20-03-09	20-03-10	20-03-11	20-03-12	20-03-13
Apr-20	20-04-01	20-04-02	20-04-03	20-04-04	20-04-05	20-04-06	20-04-07	20-04-08	20-04-09	20-04-10	20-04-11	20-04-12	20-04-13
May-20	20-05-01	20-05-02	20-05-03	20-05-04	20-05-05	20-05-06	20-05-07	20-05-08	20-05-09	20-05-10	20-05-11	20-05-12	20-05-13
Jun-20	20-06-01	20-06-02	20-06-03	20-06-04	20-06-05	20-06-06	20-06-07	20-06-08	20-06-09	20-06-10	20-06-11	20-06-12	20-06-13
Jul-20	20-07-01	20-07-02	20-07-03	20-07-04	20-07-05	20-07-06	20-07-07	20-07-08	20-07-09	20-07-10	20-07-11	20-07-12	20-07-13
Aug-20	20-08-01	20-08-02	20-08-03	20-08-04	20-08-05	20-08-06	20-08-07	20-08-08	20-08-09	20-08-10	20-08-11	20-08-12	20-08-13
Sept-20	20-09-01	20-09-02	20-09-03	20-09-04	20-09-05	20-09-06	20-09-07	20-09-08	20-09-09	20-09-10	20-09-11	20-09-12	20-09-13
Oct-20	20-10-01	20-10-02	20-10-03	20-10-04	20-10-05	20-10-06	20-10-07	20-10-08	20-10-09	20-10-10	20-10-11	20-10-12	20-10-13
Nov-20	20-11-01	20-11-02	20-11-03	20-11-04	20-11-05	20-11-06	20-11-07	20-11-08	20-11-09	20-11-10	20-11-11	20-11-12	20-11-13
Dec-20	20-12-01	20-12-02	20-12-03	20-12-04	20-12-05	20-12-06	20-12-07	20-12-08	20-12-09	20-12-10	20-12-11	20-12-12	20-12-13
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13	20-03-01	20-03-13	20-04-01	20-04-13	20-05-01	20-05-13	20-06-01	20-06-13	20-07-01
Yearly Total	20-01-01	20-01-13	20-02-01	20-02-13									

Bilaga C: Metod 3 - formel

Ångflöde och effekt		
ångflöde, (kg/s)	0,3475	<----- $(0,25 \cdot 1,39)$
h,mava (kJ/kg)	419,06	
h,ånga	2779,26	
Medel	Effekt stickprov Medel	Effekt stickprov Max
drift/dygn (s)	15900,9225	22468,01463
ångbildning/dygn	5525,570569	7807,635084
ångflöde, medel (kg/s)	0,063953363	0,090366147
P,nyttig (kW)	150,9427275	213,2821797
P,nyttig (MW)	0,150942728	0,21328218

Den nya pannan bör dimensioneras efter den högsta nyttiga effekten + marginal.

Bilaga D: Stickprov av effekttoppar

Dag	Från	Till	Kontid	Kontid(h)	Konting	Konting(h)	oljapex	starttid	sutid	dinttd/konting	dinttd/konting	dinttd/dygn	Energy/konting	Effekt/konting	Konting anslut	Tillförd effekt, medel	Nyttig effekt, medel	Effekt/effekt, medel	Effekt/effekt, medel
2024-11-12	08:47:36	17:35:13	08:47:37	8,79:38:11	12	1,38:46:27	0,058	16:15:50	16:44:51	00:29:01	1741	57019,57861	2238,8	1,285927628	0,659948826	0,848646429	0,783781786	0,783781786	0,783781786
2024-11-13	13:13:11	16:49:31	03:36:20	3,60:55:56	5	1,38:47:49	0,057	16:17:49	16:43:55	00:26:06	1566	52119,59857	2200,2	1,404980843	0,603235747	0,847534669	0,782781202	0,782781202	0,782781202
2024-10-29	06:02:36	07:56:58	01:54:22	1,90:51:11	3	1,57:39:85	0,062	06:50:27	07:19:13	00:28:46	1726	65196,61906	2383,2	1,388556517	0,754590498	1,046283882	0,941655484	0,941655484	0,941655484
2024-09-29	07:06:43	09:11:54	02:05:11	2,06:53:89	3	1,45:79:81	0,065	07:41:45	08:11:19	00:29:34	1774	61219,65118	2509	1,44317926	0,708560778	1,002130209	0,901917188	0,901917188	0,901917188
2024-05-08	08:09:29	13:09:21	04:59:52	4,99:77:78	2	0,40:07:78	0,154	09:32:59	10:56:36	01:23:37	1417	13605,24855	5944,4	4,150659986	0,157514451	0,66078257	0,594704313	0,594704313	0,594704313
2024-04-03	15:49:20	17:53:22	02:04:02	2,06:72:22	2	0,46:74:82	0,054	16:04:24	16:32:37	00:28:13	1693	39310,72592	2084,4	1,23118742	0,454985219	0,560171997	0,504154797	0,504154797	0,504154797
2024-03-19	19:03:35	20:01:13	00:57:38	0,90:05:56	1	1,04:06:4	0,05	19:17:43	19:43:21	00:25:38	1538	38427,76171	1930	1,244876463	0,444765761	0,558120064	0,502313476	0,502313476	0,502313476
2024-02-19	13:50:19	16:09:08	02:18:49	2,31:36:11	2	0,86:44:5	0,063	14:01:15	14:33:38	00:32:23	1943	40311,00973	2431,8	1,251569738	0,466462613	0,363839647	0,555542082	0,555542082	0,555542082
2024-01-12	15:54:20	18:38:45	02:44:25	2,74:02:78	3	1,09:47:8	0,004	17:46:24	17:56:05	00:10:31	1631	16579,3411	1312,4	2,079973217	0,191890522	0,399107957	0,359107162	0,359107162	0,359107162
2023-12-23	10:08:37	13:57:30	03:48:53	3,84:47:22	6	1,57:28:54	0,008	12:00:17	12:19:06	00:18:49	128	42619,04413	1466,8	1,289202834	0,4832644	0,648950506	0,576766455	0,576766455	0,576766455
2023-06-06	20:03:56	21:46:47	01:42:51	1,74:46:67	2	1,86:74:8	0,033	20:37:50	20:50:00	00:12:10	790	20414,43954	1273,8	1,748181507	0,236590604	0,413834225	0,371650802	0,371650802	0,371650802
2023-04-24	16:44:01	18:54:07	02:10:06	2,18:53:53	5	2,30:59:19	0,043	17:44:07	17:59:23	00:15:16	916	50653,51284	1659,8	1,81208754	0,586728136	1,063195546	0,968840892	0,968840892	0,968840892

Värmevärdet E05 HVV(NJ/m3)	38600
VG	0,9

Sammenligning	
Pr. nyttig, medel (MW)	0,646767
Pr. nyttig, max (MW)	0,966841

Bilaga E: CO₂ beräkningar

År	Använd olja(ton)			År	Utsläppt CO2 (ton)
2010	140,77			2010	435,5029644
2011	165,86			2011	513,1243992
2012	170,45	Densitet EO5 (kg/m3)		2012	527,324574
2013	179,55		950	2013	555,477426
2014	195,2	HHV (MJ/kg)		2014	603,894144
2015	198,49		40,6	2015	614,0724828
2016	201,56	Emissionsfaktor (kg CO2/MJ)		2016	623,5702032
2017	109,29		0,0762	2017	338,1126588
2018	102,68	Utsläppt CO2/bränsleenhet		2018	317,6631696
2019	185,98		3,09372	2019	575,3700456
2020	171,19			2020	529,6139268
2021	136,49			2021	422,2618428
2022	133,47			2022	412,9188084
2023	155,65			2023	481,537518
2024	131,15			2024	405,741378
medel,tot	158,5186667	omräknat till m3 --->	166,8618	medel,tot	490,4123694
mede,10	164,983		173,6663	mede,10	510,4112068
medel, 20	145,59		153,2526	medel, 20	450,4146948

Bilaga F: Investeringskalkyl

Drifttid elpanna (h)	8760	Tillfördefekt oljepanna, Drifttid oljepump (h)	208,7	Oljepumpareffekt (kW)	1612,2
Längd olja (m3/år)		Oljepris (kr/m3)	Drifttid förvärmare (h)	Förvärmareffekt (kW)	
166.8817544		6053	1612,2		
166.8817544		6053	1612,2		

[illegible]

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Digipanna			
N			
N			
NNV			
A			
Etipanna			
a			
N			
NNV			
A			

Vård/en elpanna	
n (år)	25
r	0,05
fn	14,09394457
fa	0,070952457
Rn	0

Vården oljepanna	
n (år)	10
r	0,05

investering	kostnad (kr)
Elpanna	
Elinkoppling	
Panna	
Besiktning	
Projektlösning	
Rivning	
net	
auto	
tot	

Jämförelse	Epänna	öppnarna	Diff	Diff (%)	Diff (%)
				% tillgängare öppnarna är i öppnarna	% tillgängare öppnarna är i öppnarna
Scenario 1					21,4
Scenario 2					2,9
Scenario 3					42,8

Elskatt	
Elskatt (kr Inköpt/MWh)	439
Eipanna	722326,5612
Oilepanna	4954,2906

Andra kostnader	
Årlig besiktning	
Bärselskostnad (kr/år)	3962
CO2 skatt (kr/m ³)	318
Bärselskost (kr/m ³)	108
Svavelskatt	732189,3782
Tot kostnad skatter oella	

Investering ny oljepanna	Drivning panna Projektering i Besiktning Lot
--------------------------	--