

Luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad och FTX

LÅGAN Rapport
Oktober 2024

Maria Jangsten
Åsa Wahlström

Förord

Bakgrunden till LÅGAN-projektet kommer från en tidigare genomförd förstudie om luft-luftvärmepumpssystem med hög täckningsgrad samt genom de mål och ambitioner som finns för att energieffektivisera småhus med direktverkande el och samtidigt förbättra ventilationen. Projektledare och huvudsaklig utförare har varit Maria Jangsten, CIT Renergy. Åsa Wahlström, CIT Renergy har stått för idé och diskussioner under genomförandet, samt granskning av rapporten.

Vi vill rikta stort tack till vår referensgrupp som består av Andreas Martinsson Björkdahl från Svensk Ventilation, Mattias Järvinen från Svenska Kyl och Värmepumpföreningen, Svein Ruud från BeBo, Agnes Isaksson och Kristina Landfors från BeSmå, Åsa Wahlström från LÅGAN samt Carl-Magnus Palmblad och Nils Johnson från Energimyndigheten.

Ett stort tack till följande företag som har bidragit med värdefull information och synpunkter genom intervjuer och samtal: Kuben Ventilation, Flexit, Komfovent, Systemair, Mitsubishi, Samsung och Bosch. Projektet har finansierats av Energimyndigheten där kontaktpersoner varit Dag Lundblad och Carl-Magnus Palmblad.

Göteborg, oktober 2024
Maria Jangsten



LÅGAN (samverkan för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Byggföretagen, Energimyndigheten, Boverket, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), byggtreprenörer, byggherrar och konsulter.

LÅGAN stöttar regionala nätverk inom byggande av lågenergibygnader och skapar gemensamma projekt och studier för att utveckla och driva byggande och renovering av lågenergibygnader framåt. LÅGAN ska bidra till att Sverige ska nå sina energimål genom att bostads- och lokalsektorn starkt effektiviserar sin energianvändning och ökar byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se



Sammanfattning

I Sverige finns ett stort antal småhus som använder direktverkande el för uppvärmning och många av dessa småhus har en dålig energiprestanda. En lämplig energieffektiviseringsåtgärd är att installera en luft-luftvärmepump. Det är dock sällan som luftspridningen når ut till stora delar utav huset och vanligen räknar man med 50 procents täckningsgrad vilket innebär att det finns en stor energieffektiviseringspotential som inte nyttjas i dessa byggnader.

I en tidigare LÅGAN-förstudie undersöktes det hur luft-luftvärmepumpar med kanaldragnig eller användning av multisplitinomhusenheter kan öka täckningsgraden till upp mot 100 procent. I denna studie undersöks hur denna typ av system kan utformas för att integrera ventilation med värmeåtervinning genom att:

- Uppskatta lönsamhet för luft-luftvärmepumpssystem med hög täckningsgrad och ventilation med värmeåtervinning.
- Identifiera marknadsutbud och behov av produktutveckling för anpassning till befintliga småhus i Sverige.
- Ge en indikation på den nationella energibesparingspotentialen för den här typen av system.

Förstudiens genomförandemoment innebar att först undersöka tillgängliga produkter på den befintliga marknaden genom internetökningar och kontakt med industrin. Baserat på detta sammanställdes därefter olika tekniklösningar för luft-luftvärmepumpar med hög täckningsgrad och integrerad ventilation med värmeåtervinning. Den mest relevanta tekniklösningen användes som utgångsläge i de efterföljande beräkningarna. Beräkningarna innefattade energi- och lönsamhetsberäkningar för att påvisa den valda tekniklösningens lönsamhet. Utöver detta genomfördes beräkningar för att indikera den nationella energibesparingspotentialen för den valda tekniklösningen.

Resultaten från produktsökningen och kontakt med industrin resulterade i ett förslag på ett DX-integrerat FTX-system. Detta innebär att ett värme-kylbatteri av typ direktexpansion (DX), så som återfinns i inledningen av en kanalansluten luft-luftvärmepump, integreras i ett FTX-aggregat (fläktstyrt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning) och är ihopkopplad med luft-luftvärmepumpens utedel, samt att ett kanalsystem med recirkulationsluft adderas. Idag erbjuds inte ett sådant system på marknaden. Resultaten från beräkningarna visar att ett DX-integrerat FTX-system kan generera en energibesparing på ca 80 procent jämfört med ett småhus med direktverkande el och att energiprestandan kan förbättras från G till C (utan eventuella klimatskärmförbättringar). Med en investeringskostnad på 225 000 kr inkl. moms är internräntan för lönsamheten för detta system 6–7 procent beroende på klimatzon. Med krav på 10 procents internränta behöver investeringskostnaden vara under 187 000 kr för ett DX-integrerat FTX-system. Resultaten för den nationella energibesparingspotentialen

visade att ca 1,3 TWh el per år kan sparas om småhus med direktverkande el eller en kombination av eluppvärmning och trivseleldning byter till ett DX-integrerat FTX-system. Detta är ca 0,6 TWh mer än ett sannolikt alternativ att två vanliga luft-luftvärmepumpar installeras. Med andra ord finns det en stor nationell elbesparingspotential om DX-integrerade FTX-system kan introduceras på den svenska marknaden. Utöver energibesparing finns mervärden som förbättrad luftkvalité med filtrerad och uppvärmd tilluft och möjligheter att använda systemlösningen för kyla.

Innehållsförteckning

Förord	2
1 Sammanfattning	3
Innehållsförteckning	5
1. Inledning	7
1.1 <i>Bakgrund</i>	7
1.2 <i>Syfte och mål</i>	8
1.3 <i>Genomförande</i>	8
2 Produktsökning och intervjuer	10
2.1 <i>Tillverkare av FTX-aggregat med integrerad värmepump</i>	10
2.2 <i>Tillverkare av FTX-aggregat</i>	13
2.3 <i>Tillverkare av luft-luftvärmepumpar</i>	14
3 Förslag på tekniska lösningar	17
3.1 <i>Kanalansluten luft-luftvärmepump med Energy Recovery Ventilator</i>	17
3.2 <i>Multisplit luft-luftvärmepump med Energy Recovery Ventilator</i>	17
3.3 <i>DX-integrerat FTX-system med luft-luftvärmepump</i>	17
3.4 <i>Vattenburet värmebatteri i FTX-aggregat med luft-vattenvärmepump</i>	18
3.5 <i>Frånluftsvärmepump och luft-luftvärmepump</i>	18
4 Beräkningar	19
4.1 <i>Översikt</i>	19
4.1.1 <i>Beräkningar självdrag för basfall</i>	20
4.1.2 <i>Antaganden för energiberäkningar</i>	21
4.1.3 <i>Lönsamhetsberäkningar</i>	24
5 Resultat och diskussion	26
5.1 <i>Resultat självdragsberäkningar</i>	26
5.2 <i>Utformning kanalsystem</i>	27
5.3 <i>Resultat lönsamhetsberäkningar</i>	30
5.4 <i>Resultat nationella energibesparingspotentialen</i>	32
6 Diskussion och slutsatser	33
6.1 <i>Förslag på fortsatt arbete</i>	34
7 Bilaga	35



1. Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige finns 72 000 småhus som använder direktverkande el för uppvärmning samt ytterligare 145 000 småhus som använder en kombination av direktverkande el med värmepump och/eller trivseleldning. Utöver detta finns även 270 000 småhus som använder en kombination av direktverkande el och biobränsle för uppvärmning¹. Många av dessa småhus har en dålig energiprestanda. En lämplig energieffektiviseringsåtgärd för dessa små byggnader är att installera en luft-luftvärmepump. Det är dock sällan som luftspredningen når ut till stora delar utav huset och vanligen räknar man med 50 procents täckningsgrad. Det innebär att det finns en större potential att energieffektivisera som inte nyttjas i dessa byggnader.

I tidigare genomförd LÅGAN-förstudie² undersöktes möjligheter för hur luft-luftvärmepumpar med kanaldragning eller användning av multisplitinomhusenheter kan öka täckningsgraden till upp mot 100 procent. Genom beräkningar och jämförelser visades att lönsamheten blir ungefär densamma som för traditionella uppvärmningsalternativ. Vidare påvisades att produkter för den här typen av system redan finns tillgängliga på den svenska marknaden, men att kunskapen om dessa produkter och system ofta är låg. Dock behöver tillgängliga produkter vidareutvecklas för att passa typiska befintliga småhus, samt för att integrera ventilation med värmeåtervinning. Förstudien förankrades hos bland annat tillverkare av värmepumpar och ventilationsprodukter, samt ett flertal relevanta branschorganisationer genom intervjuer och en workshop.

Luftburna värmesystem installerades under en period på 80- och 90-talen i nybyggda småhus. Då togs produkter fram så som FTX-aggregat för uppvärmning och distribuering av tilluft och cirkulationsluft. Det fanns en negativ diskussion om att luftburna värmesystemen i småhus skulle kunna orsaka ohälsa med ett dåligt inneklimat samt att de inte förbättrade driftkostnaderna³. De produkter som fanns på marknaden då finns därför inte kvar idag, och inte heller har en utveckling mot mer avancerad luftvärme med värmepumpar i kombination med FTX-ventilation skett på marknaden. Eftersom utvecklingen vad gäller både ventilations- och värmepumpsprodukter har avancerat sedan de luftburna värmesystemen

¹ Energimyndigheten rapport "Energistatistik för småhus 2022".

² Jangsten och Wahlström, Hinder, möjligheter och potential – luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad, LÅGAN rapport, juli 2023, https://laganbygg.se/UserFiles/Projekt/Rapport_-_Luft-luft_varmepump_med_hog_tackningsgrad.pdf

³ <https://byggochenergiteknik.se/press/Luftvarme.pdf>

installerades på 80- och 90-talen, finns det anledning att undersöka denna möjlighet igen.

1.2 Syfte och mål

Syftet med den här förstudien är att undersöka hur luft-luftvärmepumpssystem kan utformas för att integrera ventilation med värmeåtervinning och uppskatta lönsamheten för ett sådant system. Utöver detta ska förutsättningar för fortsatta utvecklingsinsatser inom området utforskas.

Målen för förstudien är att:

- Beräkna lönsamhet för luft-luftvärmepumpssystem med hög täckningsgrad och ventilation med värmeåtervinning i byggnader med olika bra klimatskärm, olika kombinationer av luftflöde, inblåsningstemperatur och COP på värmepumpen.
- Ge en indikation på den nationella energibesparingspotentialen för den här typen av system.
- Identifiera marknadsutbud och behov av produktutveckling för anpassning till befintliga småhus i Sverige.
- Identifiera vilka aktörer som har potential att erbjuda dessa produkter och systemlösningar.
- Beskriva förutsättningar för ett genomförande av utvecklingsinsats, liksom för att mobilisera aktörssamverkan för fortsatt utveckling.

I förlängningen kan studien leda till att det finns ett attraktivt marknadsutbud för småhusägare att installera luft-luftvärmepumpar med hög täckningsgrad och ventilation med värmeåtervinning. Detta kan i sin tur leda till att byggnadsbeståndet med direktverkande el som uppvärmningssystem konverteras till ett effektivare alternativ och erhåller en bättre energiprestanda.

1.3 Genomförande

Genomförandet av förstudien är uppdelad på följande moment:

- Produktsökning och kontakt med industrin: undersökning av befintliga produkter på marknaden i vilka en luft-luftvärmepump och ventilation med värmeåtervinning är integrerade, inkl. intervjuer med tillverkare av värmepumpar och ventilationsprodukter.
- Beräkningar för uppskattning av den nationella energibesparingspotentialen.
- Energi- och lönsamhetsberäkningar för installation av luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad och ventilation med värmeåtervinning i två typhus

med olika bra klimatskärm, och med olika kombinationer av systemparametrar (så som inblåsningstemperatur och COP).

- Två möten med en referensgrupp som har bistått med rådgivning kring tekniska detaljer för beräkningarna samt återkoppling kring projektets resultat. Referensgruppen har bestått av Andreas Martinsson Björkdahl från Svensk Ventilation (SKVP), Mattias Järvinen från Svenska Kyl och Värmepumpföreningen, Svein Ruud från BeBo, Agnes Isaksson och Kristina Landfors från BeSmå, Åsa Wahlström från LÅGAN samt Carl-Magnus Palmblad och Nils Johnson från Energimyndigheten.

2 Produktsökning och intervjuer

Produktsökningen online samt kontakt med industrin genomfördes med målet att identifiera om det finns en befintlig produkt på marknaden för småhus i vilken en luft-luftvärmepump är integrerad med ventilation med värmeåtervinning. Luft-luftvärmepumpen skall klara av hela uppvärmningsbehovet av ett typiskt småhus, och det behöver därför finnas en utedel som kan leverera den effekt som krävs.

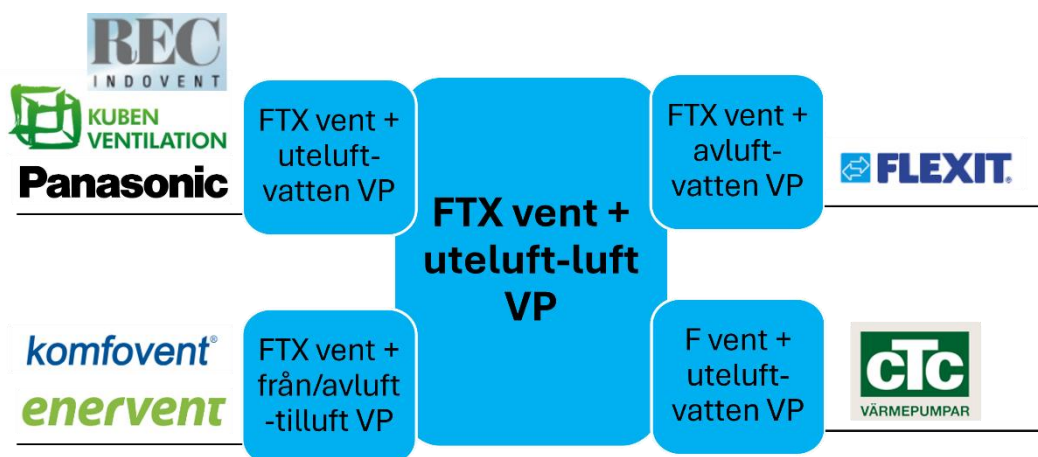
För följande tillverkare har telefon- eller Teamsintervjuer genomförts för att inhämta mer detaljerad information utöver det som funnits tillgängligt via deras hemsidor:

- Kuben Ventilation
- Flexit
- Komfovent
- Systemair
- Mitsubishi
- Samsung
- Bosch

Resultaten är uppdelade på avsnitten "Tillverkare av FTX-aggregat med integrerad värmepump", "Tillverkare av FTX-aggregat" samt "Tillverkare av luft-luftvärmepumpar". I kapitel 3 presenteras de tekniska lösningarna som sammanfattar utfallet från produktsökningen och kontakt med industrin.

2.1 Tillverkare av FTX-aggregat med integrerad värmepump

Följande är exempel på några aktörer som har identifierats tillverka liknande produkter till den som eftersökts: Kuben Ventilation, Panasonic, REC Indovent, Komfovent, Enervent, Flexit, CTC och Nilan. I Figur 1 finns en översikt av de tillverkarna och typ av produkt de erbjuder.



Figur 1: Översikt av produktsökning online.

Som kan ses i Figur 1 har fyra kategorier av produkter identifierats som angränsar till den produkt som har eftersökts. Tillverkarna REC Indovent, Panasonic och Kuben Ventilation erbjuder alla ett FTX-aggregat med en integrerad luftvattenvärmepump. På detta sätt erhålls vattenburen värme, varmvatten och ventilation med värmeåtervinning i samma produktlösning.

Kuben Ventilations FTX-aggregat kan antingen användas för vattenburen värme eller för luftburen värme via ett vattenburet värmebatteri. Grundtanken är dock att den ska användas för vattenburen värme, men trots detta har Kuben sålt ca 20–30 aggregat som används för luftburen värme. För att kunna använda aggregatet för luftburen värme kompletteras det med ett luftvärme- och kylbatteri. Detta batteri är större än det standardbatteri som kommer med FTX-aggregatet. Det behövs även en vattentank som används vid avfrostning. Inblåsningstemperaturen styr mot frånluftstemperaturen och den kan ökas om det behövs⁴.

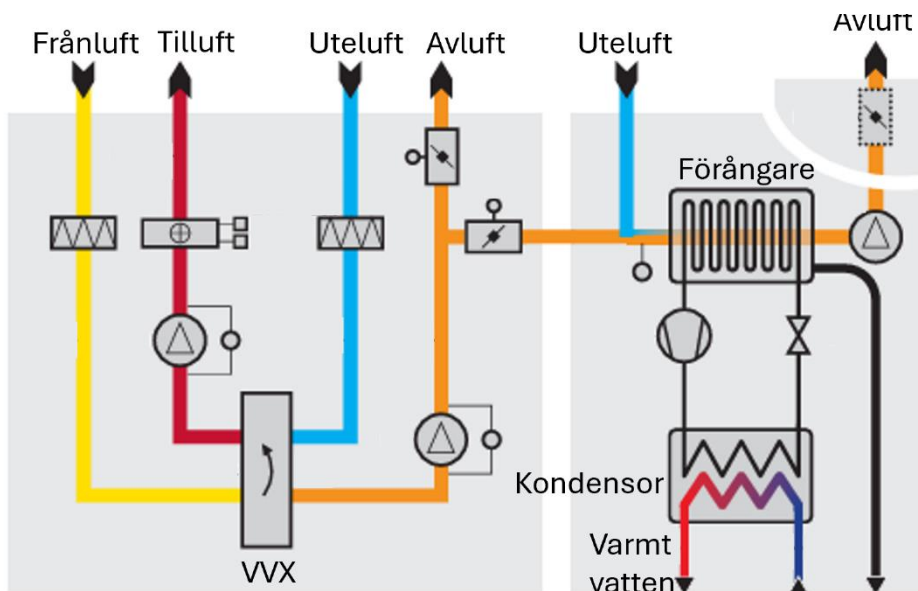
För luftburen värme med Kubens aggregat installeras ett sekundärluftsystem med recirkulerande luft, kanalanslutningar finns förberedda för det på aggregatet. Kuben utför projektering av kanalsystemet där sekundärluften vanligtvis hämtas från hallen. Tilluften förser sovrum och vardagsrum och frånluften tas från kök och badrum. Projektörerna tar fram en schematisk ritning över kanalsystemet och entreprenörerna på plats gör kanaldragningen på lämpligast sätt utifrån husets byggnadstekniska förutsättningar. Ibland behöver kanalerna placeras synligt och ibland kan de byggas in i garderober etcetera. Kontakt med och koordinationen mellan entreprenörer för installation står kunden för själv².

Enervent och Komfovent är tillverkare av FTX-aggregat med integrerade från- eller avluftsvärmepumpar. Förångaren är placerad i från- eller avluftskanalen och kondensorn värmer tilluften. Av denna anledning kan luft-luftvärmepumpen inte täcka hela det värmebehov som finns i typiska småhus med direktverkande el, om

⁴ Intervju med Kuben Ventilation 2024-05-02.

de skulle värmas med luftburen värme från dessa aggregat^{5,6}. Dessa aggregat är därför mest lämpliga för småhus med en klimatskärm som ger låga energibehov, alternativt vid nybyggnation.

Flexit⁷ har tagit fram ett FTX-aggregat med en integrerad luft-vattenvärmepump som kallas för Klimatvärmepump EcoNordic. Förångaren sitter inomhus och arbetar mot en blandning av uteluft och avluft för att generera både värme och varmvatten, se Figur 2. Genom att ta vara på avluften från FTX-aggregatet får värmepumpen en varmare och mer gynnsam temperatur att arbeta med, vilket är fördelaktigt prestandamässigt. Ingen utedel behövs då luften hanteras av FTX-aggregatet och värmepumpen som är placerade inomhus. Luften som behövs tas in via ett galler eller en kombibox. Tidigare hade Flexit ett tredjepartssamarbete kring utvecklingen av värmepumpsmodulen, men sedan ett tag tillbaka beslutade de sig för att framöver även producera dessa i egen regi. Dock erbjuder de inte luft-luftvärmepumpar i dagsläget, men har en plan för hur de ska erbjuda luftburen värme från produkterna framöver. Flexit projekterar kanalsystemet till de produkter de säljer⁸.



Figur 2: Flexit Klimatvärmepump EcoNordic WH4. Grundillustration från Flexit.

CTC erbjuder ett mekaniskt frånluftssystem med en integrerad luft-vattenvärmepump för produktion av vattenburen värme och varmvatten⁹. Det

⁵ <https://www.komfovent.se/sv/c-page/produkter/luftbehandlingsaggregat/rhp>

⁶ <https://www.enervent.se/product/pelican-z/>

⁷ https://p.flexit.no/sv/produkter/klimatvarmepump_econordic/klimatvarmepump_econordic_wh4/

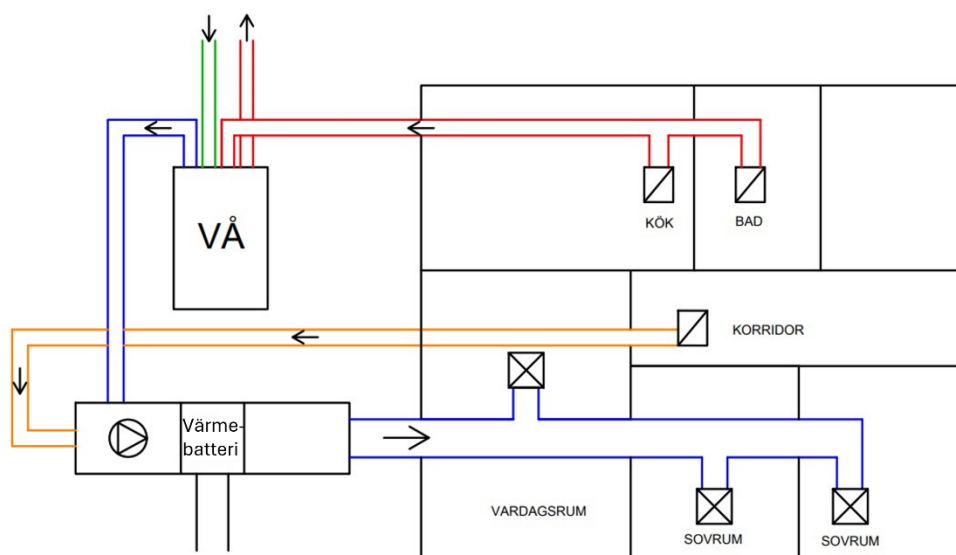
⁸ Intervju med Flexit 2024-05-21.

⁹ <https://ctc.se/produkter/ventilationslosningar/ctc-ecovent-i360f>

finns ingen roterande värmeväxlare och värmen återförs enbart från frånluften till ett vattenburet system utan koppling till ett tilluftssystem.

2.2 Tillverkare av FTX-aggregat

Utöver tillverkarna i Figur 1 har produktutbudet hos FTX-aggregatstillverkare undersökts för att ta reda på om de erbjuder FTX-aggregat med integrerade luft-luftvärmepumpar. Ett närliggande exempel hittades hos Swegon som i sitt CASA CombiWin FTX-aggregat (ersättningsaggregat för BAHCO ACJ) har ett vattenburet värmebatteri som kan förses med värme från fjärrvärme¹⁰. En möjlighet är att byta ut detta vattenburna batteriet mot ett värmebatteri som är kopplat till köldmediekretsen i en luft-luftvärmepump. CASA CombiWin aggregatet är utvecklat för luftburen värme, där recirkulationsluft utnyttjas för att ta vara på den värme som finns i inomhusluften och därmed undvika att värma uteluft utöver hygienluftflöde, se Figur 3.



Figur 3: Skiss av Swegon CASA CombiWin FTX-aggregat med kanalsystem. Notera att värmebatteriet är vattenburet och att det skulle kunna bytas ut mot inledningen av en luft-luftvärmepump.

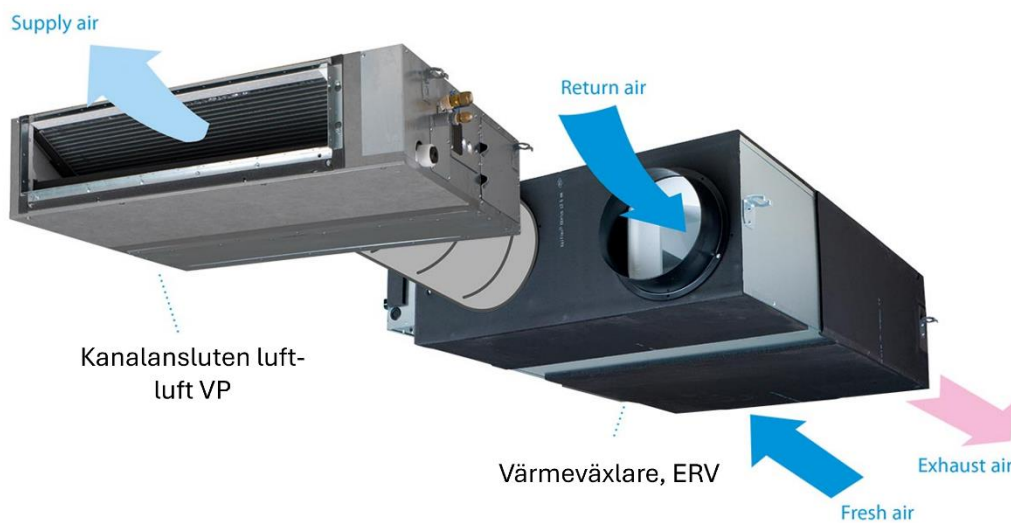
Systemair erbjuder endast FTX-aggregat utan värmepumpar för bostäder. Som kan ses i Figur 1 erbjuder Panasonic ett FTX-aggregat med integrerad luft-vattenvärmepump och det var Systemair som tillverkade FTX-aggregatet för denna produkt¹¹.

¹⁰ <https://www.swegon.com/sv/produkter-och-tjanster/luftbehandling/luftbehandlingsaggregat/casa/casa-combiwin/>

¹¹ Intervju med Systemair 2024-05-13.

2.3 Tillverkare av luft-luftvärmepumpar

Tillverkare av luft-luftvärmepumpar erbjuder inom området ventilation en produkt som kallas "Energy Recovery/Reclaim Ventilator" (ERV), eller "Heat Recovery Ventilator" (HRV), se Figur 4. Mitsubishi, Daikin, Samsung och Bosch är exempel på några tillverkare som erbjuder ERV/HRV. I Figur 4 kan de produkter som Daikin erbjuder ses, där ERVn kan kombineras med en kanalansluten luft-luftvärmepump¹². ERVn består av en korsströmsvärmväxlare där den inkommande uteluften värmväxlas mot den varmare frånluften. I den efterföljande kanalanslutna luft-luftvärmepumpen värms eller kyls tilluften ytterligare till önskad tilluftstemperatur¹³. I Figur 4 är det endast inledningen av luft-luftvärmepumpen som visas.



Figur 4: Daikins produkterbjudande vad gäller Energy Recovery Ventilator (ERV) och kanalansluten luft-luftvärmepump. Illustration Daikin.

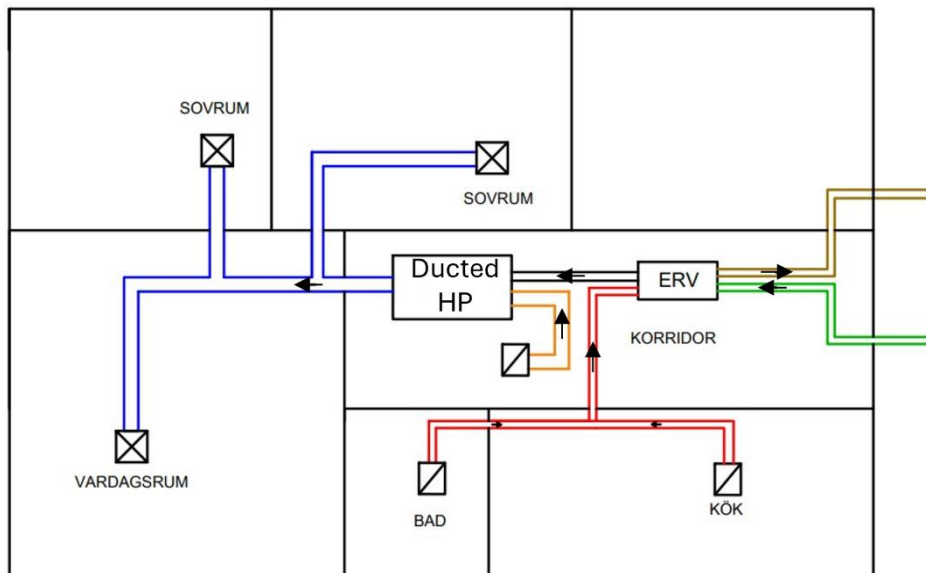
Den ERV som Mitsubishi erbjuder kan även den sammankopplas med en kanalansluten luft-luftvärmepump. Detta erbjuds som en systemlösning exempelvis på marknaden i Nya Zeeland och kallas för "Lossnay Ventilation with Ducted Heat Pump"¹⁴, se Figur 5. Frånluften tas från kök och badrum och skickas till ERVn i vilken värmen i frånluften återvinns till den inkommande uteluften. Därefter värms eller kyls uteluften ytterligare i den kanalanslutna luft-luftvärmepumpen, i vilken även recirkulationsluften blandas med uteluften. På så sätt inhämtas frisk uteluft för ventilation samtidigt som det extra luftflöde som krävs för uppvärmning erhålls från recirkulation av inomhusluften. På så sätt

¹² För mer information om kanalansluten luft-luftvärmepump se Jangsten och Wahlström, Hinder, möjligheter och potential – luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad, LÅGAN rapport, juli 2023, https://laganbygg.se/UserFiles/Projekt/Rapport_-_Luft-luft_varmepump_med_hog_tackningsgrad.pdf

¹³ https://www.daikin.ie/en_gb/products/product.html/VAM-J8.html

¹⁴ <https://www.mitsubishi-electric.co.nz/ventilation/solution.aspx>

undviks att ett onödigt stort uteluftsflöde används för hela uppvärmningsbehovet. Detta överensstämmer med de kanalsystemlösningar som Kuben Ventilation och Swegon CASA Combiwin erbjuder.



Figur 5: Schematisk ritning av Mitsubishi's "Lossnay Ventilation Ducted Heat Pump system" med en kanalansluten luft-luftvärmepump och ERV.

Samsungs ERV är också en fristående korsströmsvärmexlare, men den kan inte sammankopplas med en kanalansluten luft-luftvärmepump. Den går dock att styra via gemensam kontroll med en kanalansluten luft-luftvärmepump. ERVn erbjuds på den svenska marknaden, men värmexlaren är inte optimal för det nordiska klimatet jämfört med en roterande värmexlare då den stängs av vid ca $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ utomhus¹⁵. För att erbjuda ventilation med värmeåtervinning och luftburen uppvärmning har Samsung i stället, vid enstaka tillfällen, köpt in ett tredjepartstillverkat FTX-aggregat och kompletterat det med ett värmebatteri som kopplats till deras luft-luftvärmepump. Denna lösning har de utfört i några småhus, men erbjuder ingen standardlösning för detta.

Mitsubishi's ERV kan även kombineras med multisplit luft-luftvärmepumpar. ERVn är sammankopplad med en kanalansluten luft-luftvärmepump, men kanalsystemet för ventilation förser färre rum/zoner av huset. I de rum/zoner där kanalsystemet inte finns sitter i stället multisplitenheter som förser dessa zoner med värme.

Det har genom intervjuerna med luft-luftvärmepumpstillverkarna framkommit att den värmexlare som används i ERVn inte är lika effektiv som de roterande

¹⁵ Intervju med Samsung 2024-04-24.

värmeväxlare som finns i typiska FTX-aggregat för bostäder i Sverige. Detta då värmeväxlaren i ERVn inte är anpassad för det nordiska klimatet. Ventilationsmarknaden i Sverige har utvecklat FTX-aggregat med roterande värmeväxlare som är anpassade för det nordiska klimatet. Av denna anledning skulle det vara mer fördelaktigt att använda lokalt tillverkade FTX-aggregat och integrera en luft-luftvärmepump i dem, i stället för att erbjuda en lösning med ERV och kanalansluten luft-luftvärmepump på den svenska marknaden¹⁶. Ett annat alternativ är att installera en frånluftsvärmepump som återvinner värmen ur ventilationsluften som används till tappvarmvattenberedning, samt en luft-luftvärmepump som hanterar uppvärmningsbehovet¹⁷.

¹⁶ Intervju med Mitsubishi 2024-05-02.

¹⁷ Intervju med Bosch 2024-04-23.

3 Förslag på tekniska lösningar

I detta avsnitt presenteras förslag på de tekniska lösningar som har identifierats som potentiella lösningar för en luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad integrerat med ventilation med värmeåtervinning. Förslagen är baserade på utfallet från kontakt med industrin och marknadens befintliga produktutbud.

Då vanliga luft-luftvärmepumpar inte används för varmvattenproduktion har detta uteslutits i de tekniska lösningarna och efterföljande beräkningar.

3.1 Kanalansluten luft-luftvärmepump med Energy Recovery Ventilator

Det första förslaget är en kanalansluten luft-luftvärmepump sammankopplad med en "energy recovery ventilator" eller "heat recovery ventilator" (ERV/HRV). ERV är en befintlig produkt på marknaden som ett flertal luft-luftvärmepumpstillverkare erbjuder. Även om de skulle kunna köpas i Sverige är tillverkarna försiktiga med sitt erbjudande då värmeväxlaren inte klarar av det nordiska klimatets förhållanden lika bra som de roterande värmeväxlare som finns i FTX-aggregat gör. Av denna anledning finns det en potential för ERVn, men den behöver utvecklas och anpassas för det nordiska klimatet.

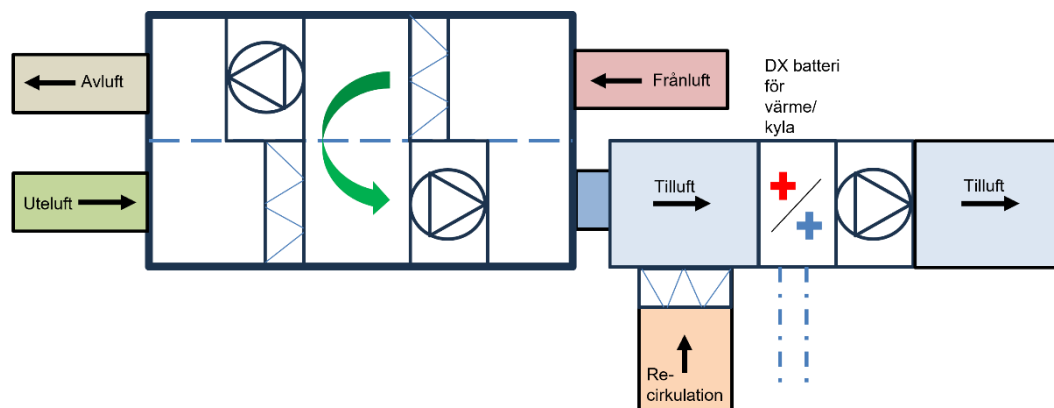
3.2 Multisplit luft-luftvärmepump med Energy Recovery Ventilator

Den kanalanslutna luft-luftvärmepumpen och ERVn kan kombineras med fler multisplitenheter för att täcka husets värmebehov med mindre kanaldragning. Dock krävs i stället köldmedierördragning mellan luft-luftvärmepumpens inomhusdelar och utedelen vilket kan försvåras i och med utfasningen av köldmedier enligt F-gasförordningen som kräver nya köldmedier.

3.3 DX-integrerat FTX-system med luft-luftvärmepump

Alternativ tre är att ett värme-kylbatteri av typ direktexpansion (DX) integreras i ett FTX-aggregat (fläktstyrt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning). DX batteriet motsvarar då inledningen av en luft-luftvärmepump, och det är kopplat till luft-luftvärmepumpens utedel via köldmedierör. Ett DX batteri tillsammans med en reversibel luft-luftvärmepump kan användas för värme då det finns ett värmebehov, och för kyla när det finns ett kylbehov. Swegon erbjuder en liknande produkt för småhus i vilket värmebatteriet förses av fjärrvärme samt att Samsung har erbjudit detta alternativ vid enstaka tillfällen för småhus. Ytterligare

en tillverkare, Temovex¹⁸, har erbjudit detta, men deras FTX-aggregat med integrerad luft-luftvärmepump finns inte kvar på marknaden.



Figur 6: Schematisk ritning över DX integrerat FTX-aggregat med tillhörande kanalanslutningar.

3.4 Vattenburet värmebatteri i FTX-aggregat med luft-vattenvärmepump

Det direktexpanderade värmebatteriet i FTX-aggregatet i Figur 6 kan bytas ut mot ett vattenburet batteri och vara ihopkopplad med en luft-vattenvärmepump. Denna typ av produkt finns redan på marknaden och erbjuds av Kuben Ventilation, som har sålt enheter för användning av luftburen värme. Dock har det genom intervjuer framkommit att det behövs utveckling och mer anpassning för att det ska fungera mer optimalt för luftburen värme. Tillverkarna REC Indovent, Panasonic, Flexit med flera erbjuder liknande produkter, dock inte anpassade för luftburen värme.

Fördelen med ett vattenburet värmebatteri betjänad av en luft-vattenvärmepump är att varmvattenproduktionen kan inkluderas. Utöver detta innebär den reviderade F-gasförordningen att långa rörledningar med köldmedia mellan luft-luftvärmepumpen ute- och innedel behöver frångås, vilket man gör med ett vattenburet värmebatteri.

3.5 Frånluftsvärmepump och luft-luftvärmepump

Ytterligare ett alternativ för att integrera en luft-luftvärmepump med ventilation med värmeåtervinning är att installera en frånluftsvärmepump tillsammans med en eller flera vanliga luft-luftvärmepumpar. Detta kräver ett frånluftskanalsystem som tillsammans med frånluftsvärmepumpen ventilerar huset och återvinner värmen för exempelvis varmvattenproduktion. Husets värmebehov förses av luft-luftvärmepumpen.

¹⁸ https://www.rec-indovent.se/wp-content/uploads/temovex_1200.pdf

4 Beräkningar

I detta kapitel presenteras metodval och antaganden för beräkningar av energianvändning och lönsamhet. Utifrån de presenterade tekniklösningarna i kapitel 3 är det ett DX-integrerat FTX-system som beräkningarna baseras på. Värmebatteriet skulle dock i stället kunna vara vattenburet då beräkningarna är generella vad gäller teknikval och har inte inkluderat exempelvis köldmedieflöde mellan värmepumpens ute- och innedel. I beräkningarna har varmvatten exkluderats och inte heller har för- och eftervärmare i FTX-aggregatet för exempelvis avfrostning inkluderats.

4.1 Översikt

Beräkningarna för energianvändning och lönsamhet har utgått från de två olika typhus som användes i föregående förstudie; ett 1,5-plans hus och ett 1-planshus (för mer information om respektive typhus utformning och planlösning, vänligen se bilaga). För 1,5-planshuset har beräkningar gjorts för 3 klimatzoner: Malmö, Linköping och Östersund och för 1-planshuset har enbart klimatzon Linköping använts. För vardera kombinationen av klimatzon och typhus har ett utgångsfall använts i vilket direktverkande el används för uppvärmning och ventilationen utgörs av ett självdragssystem, kallat basfall. Detta har jämförts med lösningen kanalansluten luft-luftvärmepump med integrerad ventilation med värmeåtervinning kallad "DX integrerat FTX", samt alternativet att installera två vanliga luft-luftvärmepumpar för att erhålla en högre täckningsgrad. I beräkningarna har tappvarmvattenproduktionen bortsetts från. Typhusens klimatskärm har olika U-värden, se Tabell 1, och olika energiprestanda. För typhus 1,5-plan är energiprestandan G (förutom i klimatzon Östersund där den är F), medan typhus 1-plan med bättre U-värden, har energiprestanda F. För beräkning av energiprestanda har varmvatten på 20 kWh/m², år använts.

Tabell 1: U-värden för respektive typhus.

Byggnadsdel	U-värde, typhus 1,5-plan (W/m², K)	U-värde, typhus 1-plan (W/m², K)
Yttervägg*	0,29	0,22
Fönster	2,20	1,5
Dörrar	1,87	1,5
Vind ¹	0,32	0,2
Bottenplatta ¹	0,39	0,27

*U-värde inkluderar 15% påslag för köldbryggor.

För att ta reda på dimensionerande värmeeffektbehov för respektive typhus och klimatzon har en modell i energiberäkningsprogrammet BV² använts. Det dimensionerande värmeeffektbehovet, Q_{dim} , har därefter antagits variera linjärt med utetemperaturen enligt följande samband:

$$Q_{\text{värmebehov}} = \frac{(t_{\text{balans}} - t_{\text{ute}})}{(t_{\text{balans}} - DVUT)} \cdot Q_{\text{dim}} \quad (1)$$

Beräkningarna har därefter utförts på timbasis utgående från klimatdata från respektive ort¹⁹. Dimensionerande vinterutetemperatur (DVUT) för 1-dygn har använts. Antagen balanstemperatur, t_{balans} , för respektive typhus är 17°C. Husens värmetröghet har bortsetts från, vilket innebär att ett värmebehov har antagits för varje timma då utetemperaturen <17°C.

Tabell 2: Effektbehov för respektive typhus och klimatzon med självdrag samt då FTX-systemet har installerats. Effektbehovet minskar som resultat av ett lägre luftläckage med FTX.

	Max effektbehov självdrag (kW)	Max effektbehov FTX (kW)
Linköping, 1,5-plan	5,2	4,5
Malmö, 1,5-plan	4,5	3,9
Östersund, 1,5-plan	6,5	5,6
Linköping, 1-plan	3,1	2,6

4.1.1 Beräkningar självdrag för basfall

För att kunna jämföra basfallet med ett FTX-ventilationssystem med värmeåtervinning har beräkningar genomförts för att ta reda på självdragsventilationsluftflödet.

Självdragsflödet är ett resultat av det totala drivtrycket, Δp_{tot} , som är en kombination av det termiska trycket, Δp_{term} och vindens dynamiska tryck, Δp_{vind} ²⁰. Det termiska trycket, Δp_{term} (Pa), kan beräknas ur följande approximerade ekvation:

$$\Delta p_{\text{term}} = 0,043 \cdot (t_{\text{inne}} - t_{\text{ute}}) \cdot h \quad (2)$$

Där h = skorstenshöjden i meter.

Det dynamiska trycket, Δp_{vind} (Pa), från vinden beräknas från:

$$\Delta p_{\text{vind}} = f_{\text{tot}} \cdot \rho \cdot \frac{U^2}{2} \quad (3)$$

¹⁹ Sveby Klimatdatafiler: https://www.sveby.org/typar_1991_2020_smhi_bov/

²⁰ Utredning av självdragsystem i bostad – bilaga till SWESIAQ-modellen SWESIAQ's råd vid innemiljöutredningar.

Där f_{tot} är den totala formfaktorn för husets fasad och tak, vilken normalt har värdet 0,5, ρ är luftens densitet och U = vindens hastighet (m/s).

Ur ekvationen för det totala trycket kan man beräkna systemets specifika lufthastighet, v_s (m/s).

$$\Delta p_{tot} = \Delta p_{term} + \Delta p_{vind} = \frac{\rho \cdot v_s^2}{2} \quad (4)$$

Det totala luftflödet, Q_s , (m^3/s) erhålls därefter från:

$$Q_s = A_s \cdot v_s \quad (5)$$

Där A_s (m^2) är den totala genomströmmingsarean för hela bostaden som förenklat erhålls genom att ta reda på arean för uteluftdonen, överluftdonen och frånluftskanalerna.

När ett FTX-system installeras i typhusen kommer luftläckaget från det tidigare självdragssystemet att minska. Detta för att ventilationsluften tas in via kanalsystemet i stället för tilluftsventiler och genom otätheter som ger upphov till ett läckageflöde. Det förutsätter dock att tilluftsdon och övriga komponenter för ett fungerande självdrag sätts igen eller tas bort. Då luftläckaget minskar kommer i sin tur det dimensionerande effektbehovet också att minska, se Tabell 2. I BV² var luftomsättningen satt till 0,4 (motsvarande 0,26 l/s, m^2) för självdrag, som resultat av beräkningarna för självdrag (se avsnitt 5.1). Med FTX har denna luftomsättning sänkts till 0,2 (motsvarande 0,08 l/s, m^2).

4.1.2 Antaganden för energiberäkningar

För att beräkna energibesparingspotentialen för luft-luftvärmepumpslösningen med hög täckningsgrad och FTX har elanvändningen för fläktarna och värmepumpen beräknats.

Elanvändning luft-luftvärmepump:

$$\dot{P}_{VP} = \frac{\dot{Q}_{VP}}{COP} \quad (6)$$

Elanvändning fläktar:

$$\dot{P}_{fläktel} = (\dot{V}_{hygienluftflöde} + \dot{V}_{recirkflöde}) \cdot SFP \quad (7)$$

Följande parametrar har antagits variera linjärt:

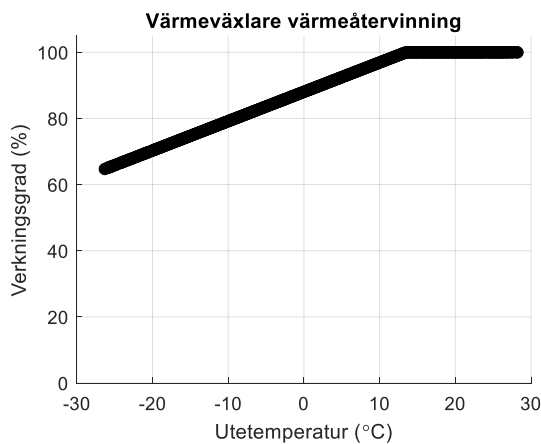
- Värmeväxlarens verkningsgrad.

- Värmepumpens COP.
- Specific Fan Power, SFP.

Värmeväxlarens verkningsgrad, η , har antagits variera linjärt som funktion av utetemperaturen enligt följande samband:

$$\eta(t_{ute}) = 0,8874 \cdot t_{ute} + 88,055 \quad (8)$$

Sambandet är baserat på labbtester av roterande värmeväxlare. Effekten från värmeväxlaren antogs vara noll när utetemperaturen ≥ 17 °C. För $t_{ute} > 15$ °C har 100% ansatts, vilket inkluderar den värmeökning som tilluftfläkten genererar.



Figur 7: Värmeväxlarens verkningsgrad som funktion av utetemperatur, beräknad för klimatzon Linköping.

Värmepumpens COP har antagits variera linjärt som funktion av utetemperaturen enligt följande samband²¹:

$$COP(t_{ute}) = 0,0941 \cdot t_{ute} + 4,331 \quad (9)$$

Föregående ekvation har använts då inblåsningstemperaturen är 30 °C, men eftersom värmepumpens COP kommer påverkas av vilken inblåsningstemperatur den producerar har anpassningar gjorts för högre inblåsningstemperaturer enligt följande:

För inblåsningstemperatur 50 °C:

$$COP(t_{ute}) = 0,0941 \cdot t_{ute} + 4,331 - 1,5 \quad (10)$$

För låga utomhustemperaturer har COP <1 justerats för så att 1 är lägsta tillåtna COP.

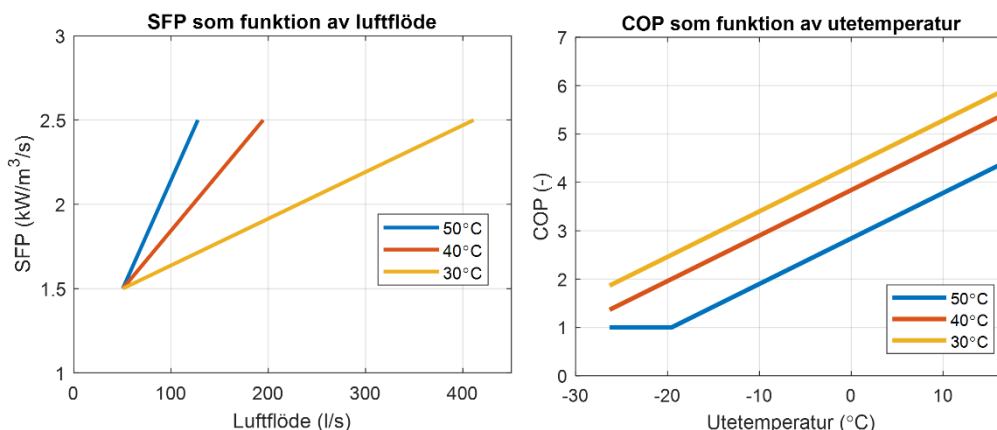
²¹ Ekvation hämtad från: Marsik, T.; Stevens, V.; Garber-Slaght, R.; Dennehy, C.; Strunk, R.T.; Mitchell, A. *Empirical study of the effect of thermal loading on the heating efficiency of variable-speed air source heat pumps*, Sustainability 2023, 15, 1880.

För inblåsningstemperatur 40 °C:

$$COP(t_{ute}) = 0,0941 \cdot t_{ute} + 4,331 - 0,5 \quad (11)$$

Sambandet enligt ekvation (9) tar endast hänsyn till utetemperatur, men COP varierar också med värmepumpens last²¹. Av denna anledning beräknades även värmepumpens elanvändning med ett icke-linjärt samband för COP där både utetemperatur och last varierades, för att kontrollera om approximationen enligt ekvation (9) var tillräcklig. Differensen i elanvändningen över ett år mellan de två sambanden för COP var 0,7%, varpå ekvation (9) bedömdes vara adekvat.

FTX-systemets specifika fläkteffekt (SFP) beror av trycket (luftbehandlingsaggregatets interna tryckfall och det externa tryckfallet) samt fläktens verkningsgrad. Detta tryck ökar även med luftflödet^{22,23}. För ett högre luftflöde blir också tryckfallet i kanalsystemet högre. För det dimensionerande luftflödet är kanalsystemets tryckfall som störst, och det är baserat på detta tryckfall som fläktarna väljs. Det dimensionerande flödet är det som krävs vid DVUT, alltså den lägsta utetemperaturen. För resten av året när utetemperaturen är högre än DVUT kommer luftflödet vara lägre. Detta innebär således att tryckfallet kommer att vara lägre än det vid dimensionerande utetillstånd (kyla har inte beaktats). SFP för typiska FTX-aggregat för bostäder är mellan 1 och 2 kW/m³/s, men varierar beroende på tryckdifferens och luftflöde²⁴. Om man antar att SFP = 1,5 kW/m³/s som lägst och 2,5 kW/m³/s för dimensionerande luftflödet så kan man använda ett linjärt samband för att beräkna SFP för varje luftflöde, se Figur 8. Detta samband kommer även bero av vald inblåsningstemperatur för luft-luftvärmepumpen eftersom ett högre luftflöde krävs för en lägre inblåsningstemperatur.



²² <https://blog.swegon.com/sv/kanalsystemtryck-och-sfp>

²³ <https://www.svenskventilation.se/2021/11/rekommenderade-sfp-definitioner-med-berakningar-och-testmetoder/>

²⁴ <https://www.swegon.com/sv/produkter-och-tjanster/luftbehandling/>

Figur 8: vänster: SFP som funktion av luftflöde för respektive inblåsningstemperatur, beräkningar för typhus 1,5-plan, klimatzon Linköping. Höger: COP som funktion av utetemperatur för respektive inblåsningstemperatur.

4.1.3 Lönsamhetsberäkningar

Lönsamhetsberäkningarna för de två alternativen DX-integrerad FTX och två vanliga luft-luftvärmepumpar är baserad på internräntemetoden som är en metod att bedöma lönsamheten för en betydande investering²⁵, se ekvation (12). Lönsamhetsberäkningarna har endast utförts på typhus 1,5-plan.

$$\frac{a}{B_0} = P(r_i, n) \quad (12)$$

Kalkyltiden, n , är 15 år för respektive alternativ. För alternativ "2 st vanliga luft-luftvärmepumpar" har investeringskostnaden, B_0 , antagits vara 50 000 kr. inkl. moms och exkl. ROT-avdrag. Då inga produkter för alternativ "DX integrerad FTX" finns på marknaden idag har dels en antagen investeringskostnad på 225 000 kr inkl. moms använts (inkl. aggregat och kanalsystem), dels att en internränta, r_i , på 10 procent ansatts för att beräkna investeringskostnaden.

För att beräkna den årliga besparingen, a kr/år, har elnätspriser inkl. moms för respektive ort använts, samt elhandelspriser för respektive elområde, se Tabell 3. Elhandelspriser är hämtade från Bixias rörliga månadspris i öre/kWh för 2023 inkl. moms, se Tabell 4. Till detta har ett administrativt påslag på 5 öre/kWh adderats samt en fast månadskostnad på 39 kr/mån²⁶.

Tabell 3: Elnätspriser för respektive ort, priser inkl. moms samt totalt jämförelsepris per kWh för respektive tekniklösning för uppvärmning (inkl. elnät och elhandel enligt Tabell 4).

	<i>Malmö</i> ²⁷	<i>Linköping</i> ²⁸	<i>Östersund</i> ²⁹
<i>Abonnemangsavgift* (kr/år)</i>	7 095	1 860	5 040
<i>Överföringsavgift (öre/kWh)</i>	30,7	13,2	10,0
<i>Effektavgift (kr/kWh)</i>	NA	40 kr nov-mars** 20 kr apr-okt	NA
<i>Skatt (öre/kWh)</i>	53,5	53,5	53,5
	Totalt jämförelsepris (kr/kWh)		
<i>Basfall</i>	2,6	2,0	1,7

²⁵ CIT Energy Management AB, "Totalmetodik - Handbok för genomförande och kvalitetssäkring," 2017.

²⁶ <https://www.bixia.se/elavtal/rorligt-elpris>

²⁷ <https://www.eon.se/content/dam/eon-se/swe-documents/swe-prislista-lag-syd-240801.pdf>

²⁸ <https://www.tekniskaverken.se/kundservice/priser-avtal/priser-elnat-2024/#konsumtionsabonnemang-lkpg>

²⁹ https://www.jamtkraft.se/wt/documents/367/Avgiftsbilaga_for_sakringsabonnemang_fr_o_m_2024-07-01.pdf

<i>2 luft-luft VP</i>	2,9	2,1	1,9
<i>DX-integrerad FTX</i>	4,3	2,5	2,4

* 75% av redovisad abonnemangsavgift har använts i lönsamhetsberäkningarna eftersom elanvändningen för uppvärmning utgör en större del av den totala elanvändningen i ett småhus.

** Enligt prislista "standard".

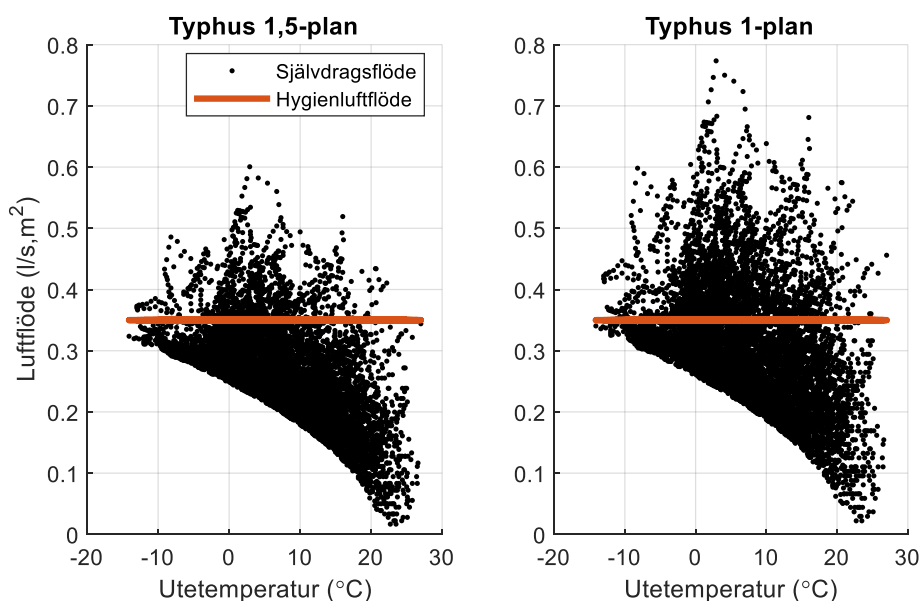
Tabell 4: Rörliga elhandelspriser (öre/kWh) inkl. moms för respektive elhandelsområde hämtat från Bixia för 2023.

Rörligt elhandelspris 2023 öre/kWh	SE4 Malmö	SE2 Linköping	SE2 Östersund
<i>Januari</i>	152,4	137,5	106,8
<i>Februari</i>	148,5	122,3	83,4
<i>Mars</i>	135,6	121,4	88,3
<i>April</i>	110,3	103,3	98,6
<i>Maj</i>	107,6	68,1	55,5
<i>Juni</i>	143,5	80,1	74,8
<i>Juli</i>	65,8	60,5	59,9
<i>Augusti</i>	77,5	61,3	42,4
<i>September</i>	79,6	44,9	25,2
<i>Oktober</i>	59,2	56	34,2
<i>November</i>	130,2	122,6	90,4
<i>December</i>	116,5	114,9	104,2

5 Resultat och diskussion

I följande kapitel presenteras resultaten från beräkningarna. I avsnitt 5.1 återfinns resultaten från självdragsberäkningarna för respektive typhus och i 5.2 redovisas utformningen av kanalsystemen för vardera typhus med tilluftskanaler, frånluftskanaler samt recirkulationsluftskanaler. I avsnitten 5.4 och 5.4 finns resultaten från energi- och lönsamhetsberäkningarna sammanställda och i 5.5 presenteras resultaten från den nationella energibesparingspotentialen.

5.1 Resultat självdragsberäkningar



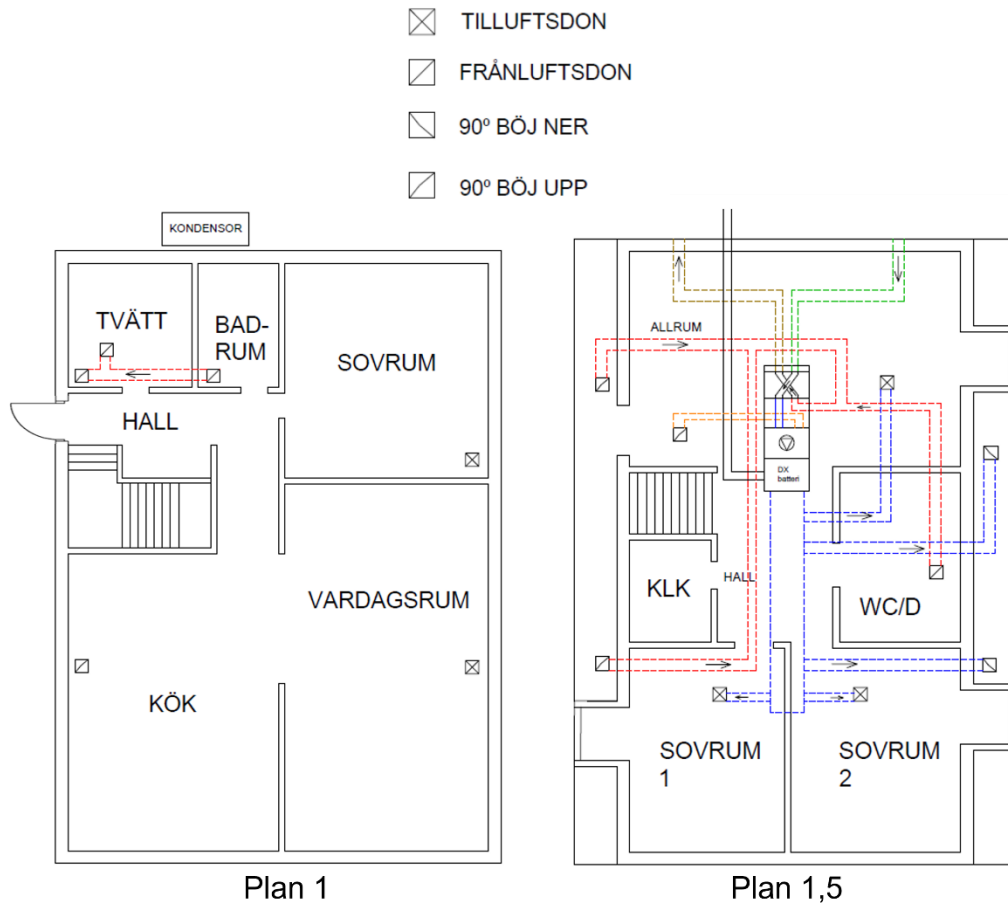
Figur 9: Resultat från beräkning av självdragsflödet för klimatzon Linköping för de två olika typhusen.

Resultaten från beräkningen av självdragsflödet för respektive typhus för klimatzon Linköping kan ses i Figur 9. Medelvärde över hela året är 0,26 l/s, m² för typhus 1,5-plan och 0,31 l/s, m² för typhus 1-plan. Minimiflödet är 0,02 l/s, m² och max luftflöde är 0,60 l/s, m² för typhus 1,5-plan och 0,77 l/s, m² för typhus 1-plan. De årliga medelvärdena kan jämföras med de självdragsflöden som uppmättes i BETSI-studien vilka var ca 0,23 l/s, m².

De datapunkter i Figur 9 som ligger över den orangea linjen (hygienluftflödet) leder till en överventilation och således en energiförlust. För typhus 1,5-plan motsvarar denna energiförlust 1,0 kWh/år, m² och för typhus 1-plan är den 3,7 kWh/år, m². Detta kan delvis förklaras med att typhus 1-plan har en större omslutande area i förhållande till golvyta än vad typhus 1,5-plan har. Eftersom det inte finns någon värmeåtervinning innebär alla datapunkter i Figur 9 en energiförlust som uppstår från självdragsventilationen. Denna energiförlust är för typhus 1,5-plan 42 kWh/år, m² och 49 kWh/år, m² för typhus 1-plan, vilken till stor del kan återvinnas med värmeåtervinning.

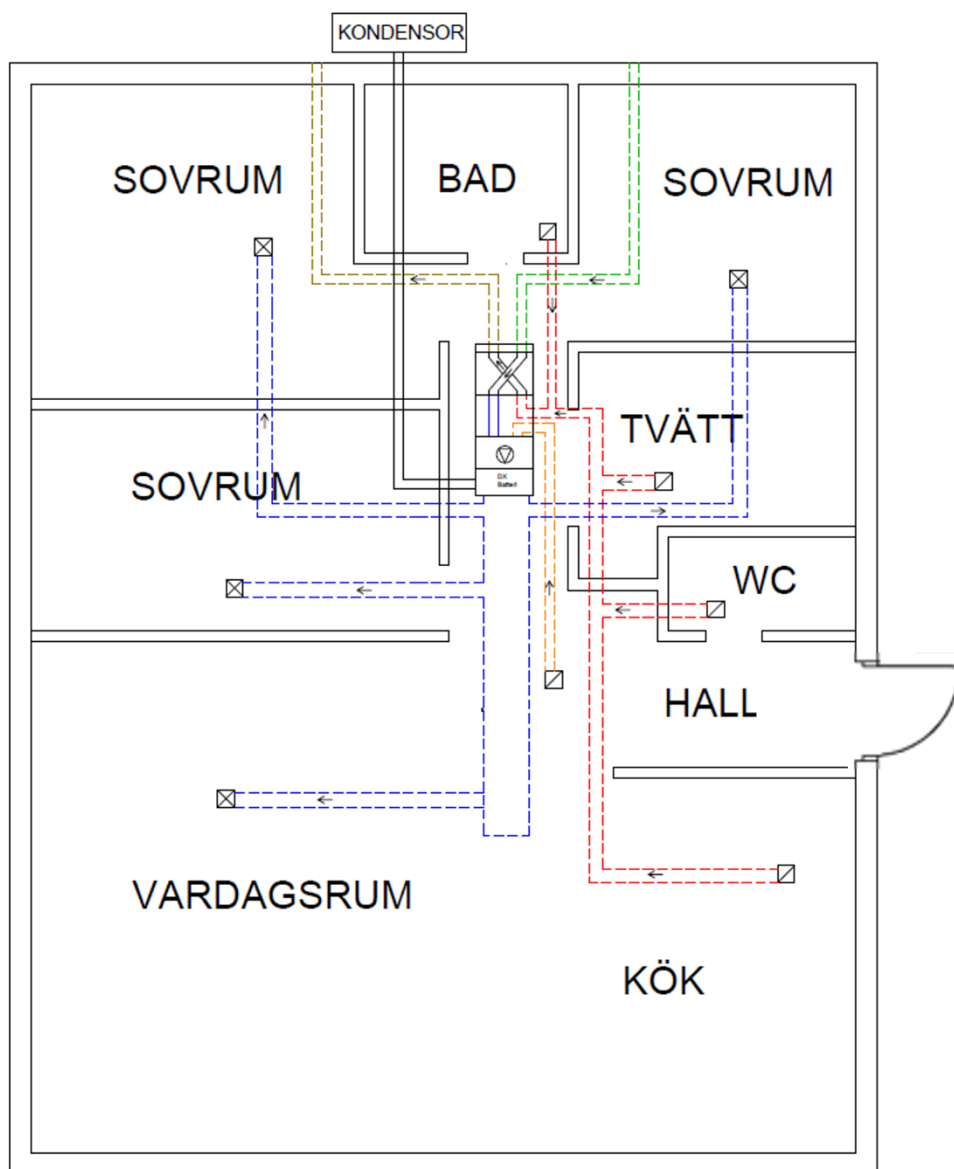
5.2 Utformning kanalsystem

För respektive typhus behövs kanaldragning göras för att installera det DX-integrerade FTX-systemet. FTX-aggregatet placeras på vinden och kanaldragningen görs från vinden till taket i plan 1,5. Kattvinden har antagits kunna användas för kanaldragning till plan 1, se Figur 10.



Figur 10: Kanalsystem för typhus 1,5-plan. Blå kanaler är tilluft, röda kanaler är frånluft, orangea kanaler är recirkulationsluft. Uteluft och avluft visas med bruna respektive gröna kanaler.

För typhus 1-plan placeras även här aggregatet på vinden och kanaldragning görs från vinden till taket i plan 1, se Figur 11. För båda typhusen är kanalsystemet utformat så att tilluften förses i sovrums och vardagsrum, frånluften tas från kök och badrum och recirkulationsluften tas från hallen.



Figur 11: Kanalsystem för typhus 1-plan. Blå kanaler är tilluft, röda kanaler är frånluft, orangea kanaler är recirkulationsluft. Uteluft och avluft visas med bruna respektive gröna kanaler.

Den dimensionerande vägen för tryckfallet i kanalsystemet för typhus 1,5-plan är ca 30 Pa. Till detta kommer engångstryckfall över komponenterna i FTX-aggregatet så som filter, värmeväxlare, värme- och kylbatteri men även ljuddämpare. Motsvarande tryckfall för kanalsystemet för typhus 1-plan är ca 26 Pa.

5.3 Resultat energiberäkningar

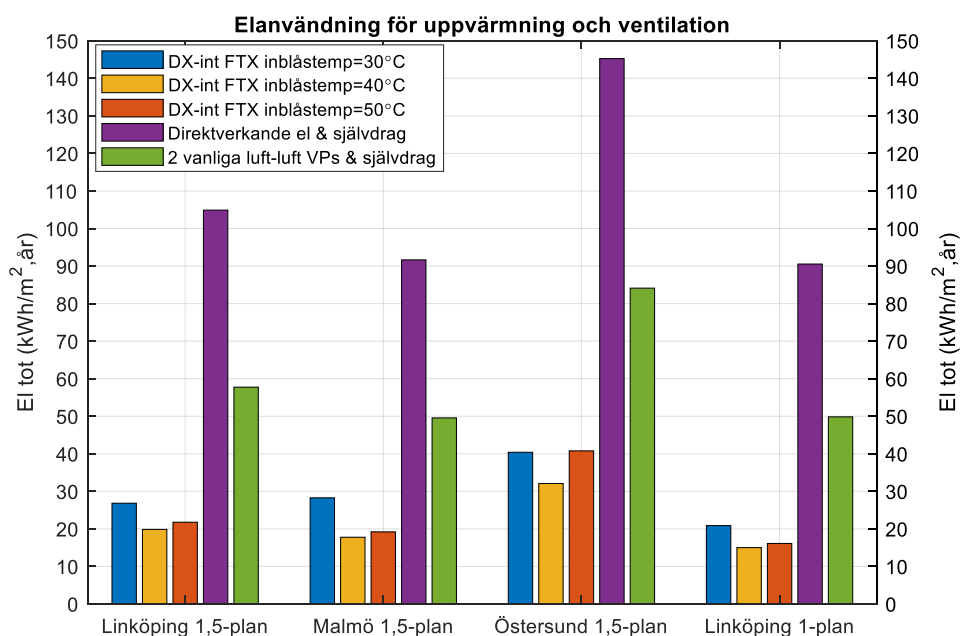
I följande avsnitt är resultaten från energiberäkningarna sammanställd. För det DX-integrerade FTX-systemet kan återvunnen värmeenergi från värmeväxlaren ses i Tabell 5, samt den dimensionerande eleffekten för till- och frånluftsfläktarna samt fläkten för recirkulationsluftflödet.

Tabell 5: Resultat från energiberäkningarna. Återvunnen värmeenergi per år samt max eleffekt för fläktarna.

	Linköping, 1,5-plan	Malmö, 1,5-plan	Östersund, 1,5-plan	Linköping, 1-plan
Värmeåtervinning (kWh/år, m ²)	45,6	34,9	56,7	45,6
Eleffekt fläktar (kW), hygienluftflöde	0,13	0,13	0,13	0,09
Eleffekt fläkt (kW), recirkulationsflöde*	0,36	0,32	0,55	0,20

*: Inblåsningstemperatur = 40°C

I Figur 12 är den totala elanvändningen sammanställd för alternativ DX-integrerat FTX-system för tre olika inblåsningstemperaturer (30, 40 och 50 °C) jämfört med basfallet och 2 vanliga luft-luftvärmepumpar. Den totala elanvändningen inkluderar el för fläktarna i FTX-aggregatet för ventilation (se Figur 6) samt el för värmepumpen för uppvärmning. Elanvändningen för de tre olika inblåsningstemperaturerna för DX-integrerad FTX indikerar att en optimal inblåsningstemperatur återfinns omkring 40°C, då den temperaturen resulterar i lägst total elanvändning. För en inblåsningstemperatur på 30°C ökar luftflödet och därmed också elanvändningen för fläktarna. För en inblåsningstemperatur på 50°C ökar elanvändning för värmepumpen eftersom COP är sämre för en högre inblåsningstemperatur jämfört med en lägre (se Figur 8). Detta blir tydligast för klimatzon Östersund där värmebehovet är högst av de tre klimatzonerna, men leder även till högre total elanvändning för Linköping och Malmö jämfört med 40°C. Samma trend gäller för både typhus 1,5-plan och 1-plan.



Figur 12: Total elanvändning för lösning DX-integrerat FTX-system med tre olika inblåsningstemperaturer jämfört med direktverkande el och 2 vanliga luft-luftvärmepumpar med självdrag. Beräkningar har gjorts för tre klimatzoner (Malmö, Linköping och Östersund) för typhus 1,5-plan och för klimatzon Linköping för typhus 1-plan.

Figur 12 visar att total elanvändning är högre per kvadratmeter i typhus 1,5-plan jämfört med typhus 1-plan för klimatzon Linköping. Detta beror på att klimatskärmen är bättre för typhus 1-plan jämfört med 1,5-plan.

Tabell 6: Energiförbrukning för de två typhusen för de olika uppvärmningsalternativen.

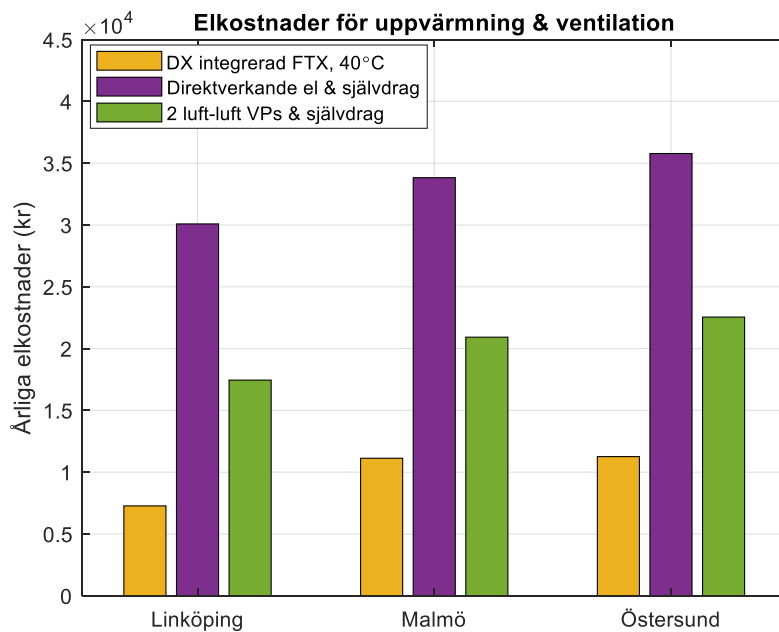
<i>Energiförbrukning</i>	<i>Basfall: direktverkande el & självdrag</i>	<i>2 st vanliga luft-luft VPs & sjelvdrag</i>	<i>DX-int FTX, inblåsning- temperatur 40°C</i>
<i>Linköping, 1,5-plan</i>	G	E	C
<i>Malmö, 1,5-plan</i>	G	E	C
<i>Östersund, 1,5-plan</i>	F	E	C
<i>Linköping, typhus 1-plan</i>	F	D	B

Energiförbrukningen för typhus 1,5-plan är G för basfallet. Om 2 vanliga luft-luftvärmepumpar med en total täckningsgrad på 60 procent av husets yta installeras, och inga åtgärder sker vad gäller husets klimatskärm, förbättras energiförbrukningen till E. Om ett DX-integrerat FTX-system med tillhörande kanalsystem installeras tillsammans med tätning av tilluftsventiler och övriga komponenter i självdragssystemet, förbättras energiförbrukningen till C. För typhus 1-plan, med energiförbrukning F för direktverkande el och självdrag förbättras energiförbrukningen till D för två luft-luftvärmepumpar och till B med DX integrerat FTX-system. Robustheten i resultaten kan ses genom att övervägande samma resultat i energiförbrukningsförbättring har erhållits för respektive klimatzon.

Husens värmetröghet är i praktiken något som påverkar husets värmeeffektbehov på timbasis under året. Detta har inte tagits i beaktande i energiberäkningarna vilket gör att resultaten vad gäller högsta värmeeffekt per månad samt energibehov är överskattat. Dock är denna överskattning samma för alla fall och jämförelsen mellan de olika fallen kan fortfarande göras.

5.4 Resultat lönsamhetsberäkningar

Lönsamhetsberäkningar har gjorts för typhus 1,5-plan för de tre klimatzonerna. I Figur 13 kan de årliga elkostnaderna för respektive klimatzon och teknislösning ses. Elkostnaderna inkluderar elnätspriser för respektive ort inkl. moms och skatt samt elhandelspriser för respektive elområde inkl. moms (se avsnitt 4.1.3). För lönsamhetsberäkningarna valdes inblåsningstemperatur 40 °C för det DX-integrerade FTX-systemet eftersom det genererade lägst elanvändning.



Figur 13: Årliga elkostnader för uppvärmning och ventilation för de tre alternativen: DX-integrerad FTX, direktverkande el med självdrag och 2 vanliga luft-luftvärmepumpar med självdrag. Beräkningar är gjorda för typhus 1,5-plan och respektive klimatzon och inkluderar elnät- och elhandelskostnader för respektive ort och elhandelsområde.

Tabell 7 visar internräntan för respektive alternativ DX-integrerat FTX-system och två vanliga luft-luftvärmepumpar. Eftersom ett DX-integrerat FTX-systemet inte finns på marknaden idag redovisas lönsamhetsberäkningarna på två olika sätt. Först har investeringskostnaden uppskattats baserat på kostnaden för liknande aggregat med FTX och integrerad värmepump, samt kostnaden för ett kanalsystem vid installation av ett vanligt FTX-system. Investeringskostnaden uppskattas till 225 000 kr inkl. moms för aggregat och kanalsystem. Därefter har det beräknats hur hög investeringskostnaden kan få vara för att uppnå en internränta på 10 procent, vilket resulterar i en investeringskostnad på 173 000 till 187 000 kr inkl. moms beroende på klimatzon. Resultatet kan jämföras med installation av två vanliga luft-luftvärmepumpar med en investeringskostnad på 50 000 kr inkl. moms där den resulterande internräntan är 24 till 26 procent beroende på klimatzon.

Tabell 7: Resultat för internränta alternativt investeringskostnad för DX-integrerat FTX-system i jämförelse med internränta för installation av 2 st vanliga luft-luftvärmepumpar.

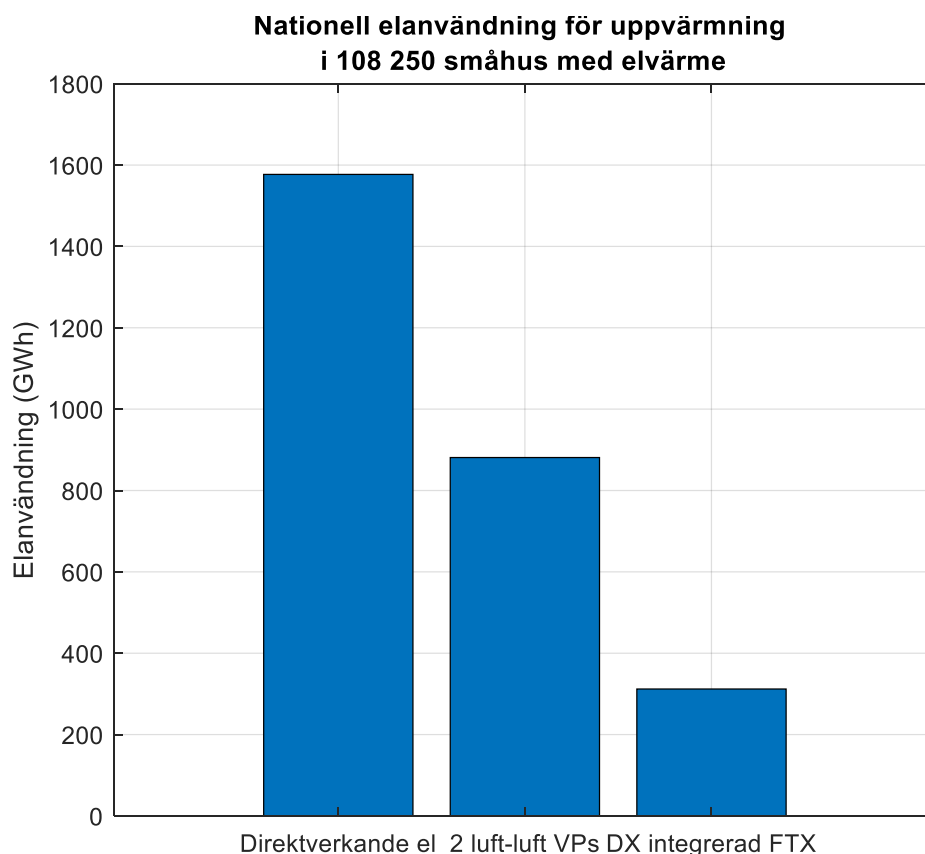
	Internränta DX-integrerad FTX Inv. kostnad = 225 000 kr	Internränta 2 vanliga luft- luft VP	Inv. kostnad DX- integrerad FTX Internränta = 10 %
Linköping	5,8 %	24,3 %	173 500 kr
Malmö	5,7 %	24,9 %	172 600 kr
Östersund	6,9 %	25,6 %	186 500 kr

5.5 Resultat nationella energibesparingspotentialen

I Sverige finns 72 000 småhus som använder direktverkande el för uppvärmning samt ytterligare 145 000 småhus som använder en kombination av direktverkande el med värmepump och/eller trivseleldning³⁰. För att uppskatta den nationella energibesparingspotentialen för ett DX-integrerat FTX-system, antags det att 25% av de 145 000 småhus med en kombination av eluppvärmning använder samma mängd el för uppvärmning som de 72 000 småhusen med enbart direktverkande el. Detta motsvarar 36 250 småhus och totalt innebär det 108 250. Elanvändningen för uppvärmning av dessa småhus är mellan 91 och 145 kWh/m², år beroende på typhus och klimatzon, se Figur 12. Detta motsvarar ca 9 till 21 MWh/år och hus, med ett medelvärde på 14,6 MWh/år (varmvatten exkluderat). Den totala elanvändningen för uppvärmning av dessa småhus är därmed ca 1 570 GWh/år, se Figur 14.

Energibesparingspotentialen för ett DX-integrerat FTX-system är 78–81 % i typhus 1,5-plan beroende på klimatzon och 83 % för typhus 1-plan i klimatzon Linköping. Om detta system skulle installeras i dessa småhus skulle den nationella elanvändningen minska till 312 GWh/år (se Figur 14), vilket motsvarar en besparing på 1 265 GWh/år. Utöver detta innebär denna åtgärd även mervärden så som bättre inomhusluft, om självdragsventilation byts ut mot ett mekaniskt till- och frånluftssystem.

³⁰ Energimyndigheten rapport ”Energistatistik för småhus 2022”.



Figur 14: Nationell elanvändning för uppvärmning för 108 250 småhus med direktverkande el eller en kombination av elvärme samt värmepump och/eller trivseledning. Jämfört med den nationella elanvändningen för installation av 2 vanliga luft-luftvärmepumpar eller ett DX-integrerat FTX-system i dessa småhus.

Om i stället två vanliga luft-luftvärmepumpar installeras åtgärdas inte heller ventilationen i de småhusen som har självdrag. Den nationella elanvändningen för uppvärmning av dessa småhus sjunker till 880 GWh/år (se Figur 14), vilket motsvarar en energibesparingspotential på 42–46% beroende på klimatzon och typhus.

Utöver de 108 250 småhus som har inkluderats i denna analys finns det även 270 000 småhus som använder en kombination av direktverkande biobränsle och el för uppvärmning³¹.

6 Diskussion och slutsatser

Ett DX-integrerat FTX-system har fördelar att inomhusluften kan förbättras då självdragsventilation byts ut mot mekaniskt till- och frånluftssystem. Andra mervärden är att förutom uppvärmning så finns det även möjlighet att kyla med

³¹ Energimyndigheten rapport "Energistatistik för småhus 2022".

ett DX-integrerat FTX-system, något som dock inte har undersökts närmre i denna förstudie.

En viktig slutsats i denna förstudie är att det finns en stor nationell energibesparingspotential på ca 1,3 TWh/år om uppvärmnings- och ventilationssystemen i småhus som idag använder direktverkande el och olika kombinationer av direktverkande el, värmepump och biobränsle för uppvärmning eller trivselvärme åtgärdas. Denna siffra kan jämföras med den totala elanvändningen i Sverige som år 2023 var 135 TWh³². Om inga åtgärder vidtas för att främja ett mer energieffektivt system som inkluderar ett ventilationssystem med värmeåtervinning, kommer förmodligen det billigare och mer välkända teknikvalet luft-luftvärmepump att väljas av småhusägarna vid ett eventuellt byte av uppvärmningssystemet. Detta innebär i sin tur att en nationell energibesparingspotential på ca 0,6 TWh el/år går förlorad samtidigt som möjligheten att förbättra luftkvaliteten med filtrerad och uppvärmd tilluft också går förlorad.

6.1 Förslag på fortsatt arbete

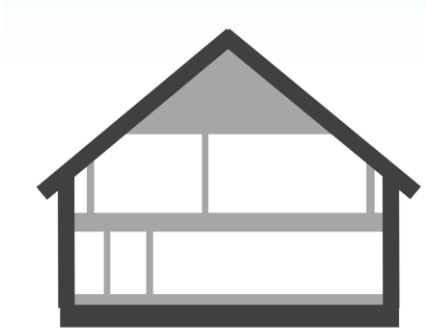
I detta projekt har två referensgruppsmöten genomförts i vilka diskussioner kring nästa steg och förslag på framtida arbete har diskuterats. Referensgruppen identifierade att det behövs någon form av praktisk utvärdering av det föreslagna DX-integrerade FTX-systemet i denna förstudie, men även att det finns en bättre möjlighet genom att låta industrin lösa problemet med teknikval. De produkter som finns på marknaden idag innebär systemlösningar med ett vattenburet värmedistributionssystem. För småhus med direktverkande el som uppvärmningssätt innebär detta att värmesystemet måste konverteras till ett vattenburet. Det finns inte några färdiga produkter eller systemlösningar på marknaden idag som avser att energieffektivisera uppvärmningssystemet och samtidigt åtgärda ventilationssystemet i småhus med direktverkande el och självdrag, utan att installera ett vattenburet värmedistributionssystem. I stället för att specificera för industrin vilket typ av system som kan lösa problemen i dessa småhus, kan industrin själva få inkomma med teknikförslag på hur problemen kan lösas. Detta skulle kunna göras genom en tekniktävling som baseras på utvalda småhus, i vilka situationsbaserade koncept tas fram utifrån husets byggnadstekniska förutsättningar. Denna tekniktävling skulle kunna genomföras teoretiskt, där vinnaren blir utsedd att genomföra konceptlösningen i praktiken.

³² <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2024/minskad-elanvandning-och-elproduktion-under-2023/>

7 Bilaga

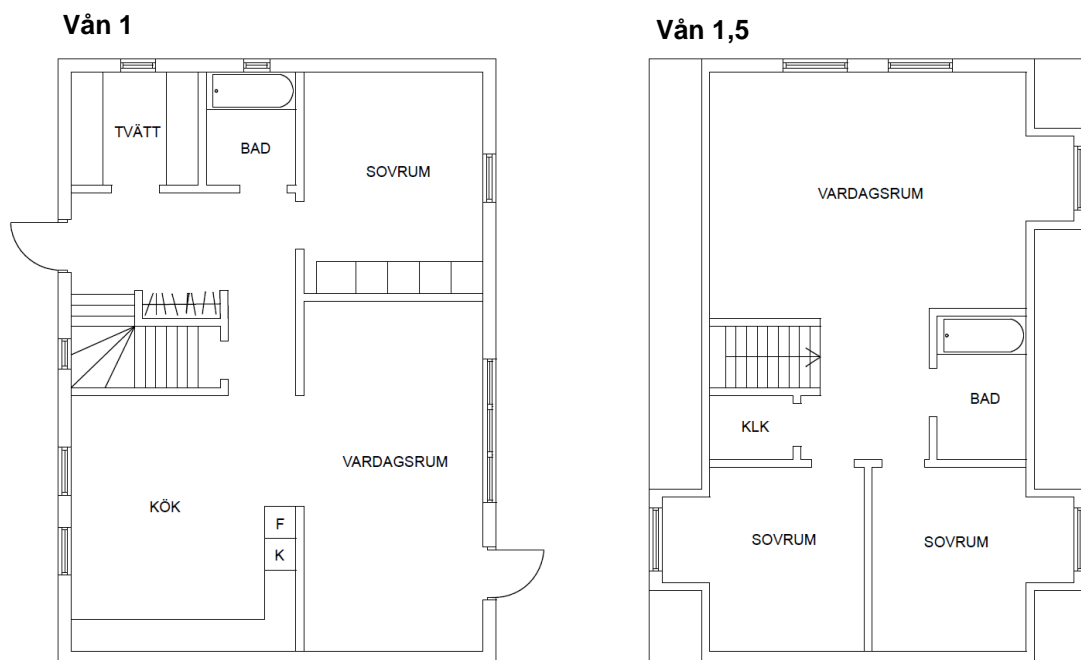
Denna bilaga innehåller skisser och planlösningar för de två typhusen som beräkningarna utförts på.

Typhus 1,5-plan



Figur 15: Typhus 1,5-plan.

Typhus 1,5-plan, se Figur 15, är en 1,5-plans villa utan källare med planlösning i Figur 16. Inspirationen till vald planlösning är hämtad från ett 70-talshus på Hemnet. Total A_{temp} är 144 m², fördelat på 82 m² för plan 1 och 62 m² för plan 1,5.



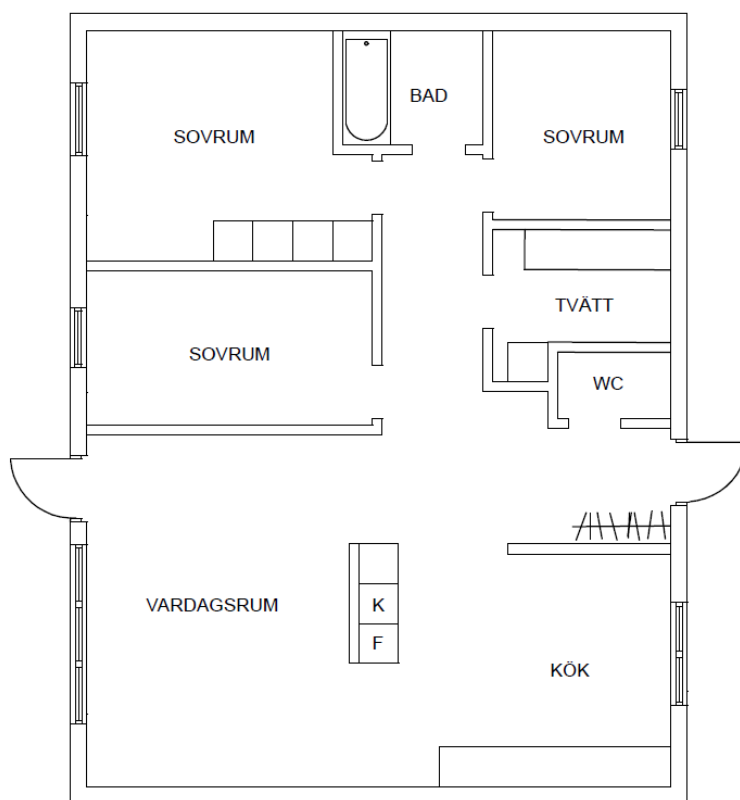
Figur 16: Planlösning för typhus 1,5-plan.

Typhus 1-plan



Figur 17: Typhus 1 plan.

Typhus 1-plan, se Figur 17, är en 1-plans villa utan källare med planlösning i Figur 18 och total A_{temp} på 99 m². Även för detta typhus är inspiration till dess planlösning hämtad från ett 70-talshus på Hemnet.



Figur 18: Planlösning för typhus 1-plan.



LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Byggföretagen, Energimyndigheten, Boverket, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), byggtreprenörer, byggherrar och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se

