



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Manual

HP-FAT

Heat Pump First Assessment Tool

Højtryksbeholder

Absorber pumpe

Titel:

HP-FAT
Heat Pump First
Assessment Tool

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Køle- og Varmepumpeteknik
Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C

Februar 2018

Forfatter:

Lars Reinholdt

Indholdsfortegnelse

0. Forord.....	4
1. Baggrund og motivation	5
2. Overordnet beskrivelse	6
3. Energiberegninger	6
4. Økonomiske beregninger	8
5. Kort om programmet	9

0. Forord

Nærværende dokument er en kort manual til programmet HP FAT (Heat Pump First Assessment Tool), der er et gratis freeware baseret på EES. Programmet må ikke sælges på kommercielle vilkår.

Dokumentet er ikke en egentlig forklaring og dokumentation af programmet og dækker kun den almindelige brug. Gennem EES-plattformen indeholder programmet andre funktioner som parametriske tabeller og følsomhedsanalyse, men disse er ikke dækket af nærværende dokument.

HP FAT er tænkt som et hjælpeværktøj til den første undersøgelse af en mulig varmepumpeapplikation, og vi vil meget gerne have jeres idéer til, hvordan dette værktøj kan gøres bedre og mere anvendeligt.

Idéer og kommentarer kan sendes til undertegnede.

God fornøjelse.

Lars Reinholdt
Mail: ire@teknologisk.dk

Disclaimer:

Dette program er gjort tilgængeligt, som det er og forefindes uden nogen form for udtrykt eller implicit garanti med hensyn til brugen, anvendeligheden eller egnetheden til specifikke formål.

Teknologisk Institut garanterer ikke for, at oplysningerne i programmet er korrekte eller fuldstændige. Teknologisk Institut kan på ethvert tidspunkt foretage ændringer i programmet, uden at Teknologisk Institut derved påtager sig noget ansvar.

Brugen af programmet sker på brugerens eget ansvar og for egen risiko. Teknologisk Institut kan under ingen omstændigheder holdes ansvarlig for tab, der kan tilskrives brugen af dette program, herunder funktionsfejl eller andre fejl eller udeladelser i oplysninger, serviceydelser eller software, der er tilgængelige på dette websted. Denne begrænsning af ansvar gælder for alle tab, direkte eller indirekte, herunder tabt fortjeneste, driftstab, tab af data, programmer eller andre data på brugerens databehandlingssystem.

Teknologisk Institut er ikke ansvarlig for brugerens anvendelse af indholdet på dette websted, herunder i forbindelse med krænkelse af tredjeparts rettigheder ved at bruge dette program.

1. Baggrund og motivation

I konverteringen af det danske energisystem fra fossile energikilder til vedvarende energi vil en større og større del af den primære energiforsyning være baseret på elektricitet. Elektriske varmepumper er udset til at spille en central rolle i denne konvertering, idet varmepumper kan levere mere varmeydelse end tilført elektrisk effekt og føre til en større og mere effektiv udnyttelse af overskudsvarme.

Økonomien i en varmepumpeløsning er stærkt afhængig af, hvor effektivt den tilførte elektricitet konverteres til varme, hvilket udtrykkes som COP (Coefficient Of Performance), som er forholdet mellem leveret varme ("hvad man får ud af det") og den tilførte elektricitet ("det man betaler").

COP afhænger stærkt af de temperaturer, varmepumpen arbejder under, samt af designet af varmepumpen. En analyse af en given anvendelse er derfor oftest en iterativ proces, hvor flere konfigurationer undersøges. Dette sker i dag oftest ved, at varmepumpeleverandører estimerer den mulige COP samt anlægspris, hvilket – ud over valg af varmepumpeteknologi og kølemiddel – indebærer et ret stort arbejde, da der forventes et forslag, der kan realiseres, og som har en ret god nøjagtighed.

Programmet "HP FAT" (Heat Pump First Assessment Tool) udnytter, at der findes et teoretisk maksimum for COP for et sæt givne temperaturer. Denne teoretiske værdi reduceres til en realistisk forventelig værdi, hvorefter man kan foretage estimering af varmeydelser og simple økonomiske nøgletal.

2. Overordnet beskrivelse

For at benytte HP FAT skal vinduet: "Main Diagram Window" være åbent. Alle andre vinduer skal være lukkede. Man vælger, hvilke vinduer der er åbne, i menuen "Windows" i toppen af skærmen. Her ligger "Main Diagram Window" i undermenuen "Diagram Window".

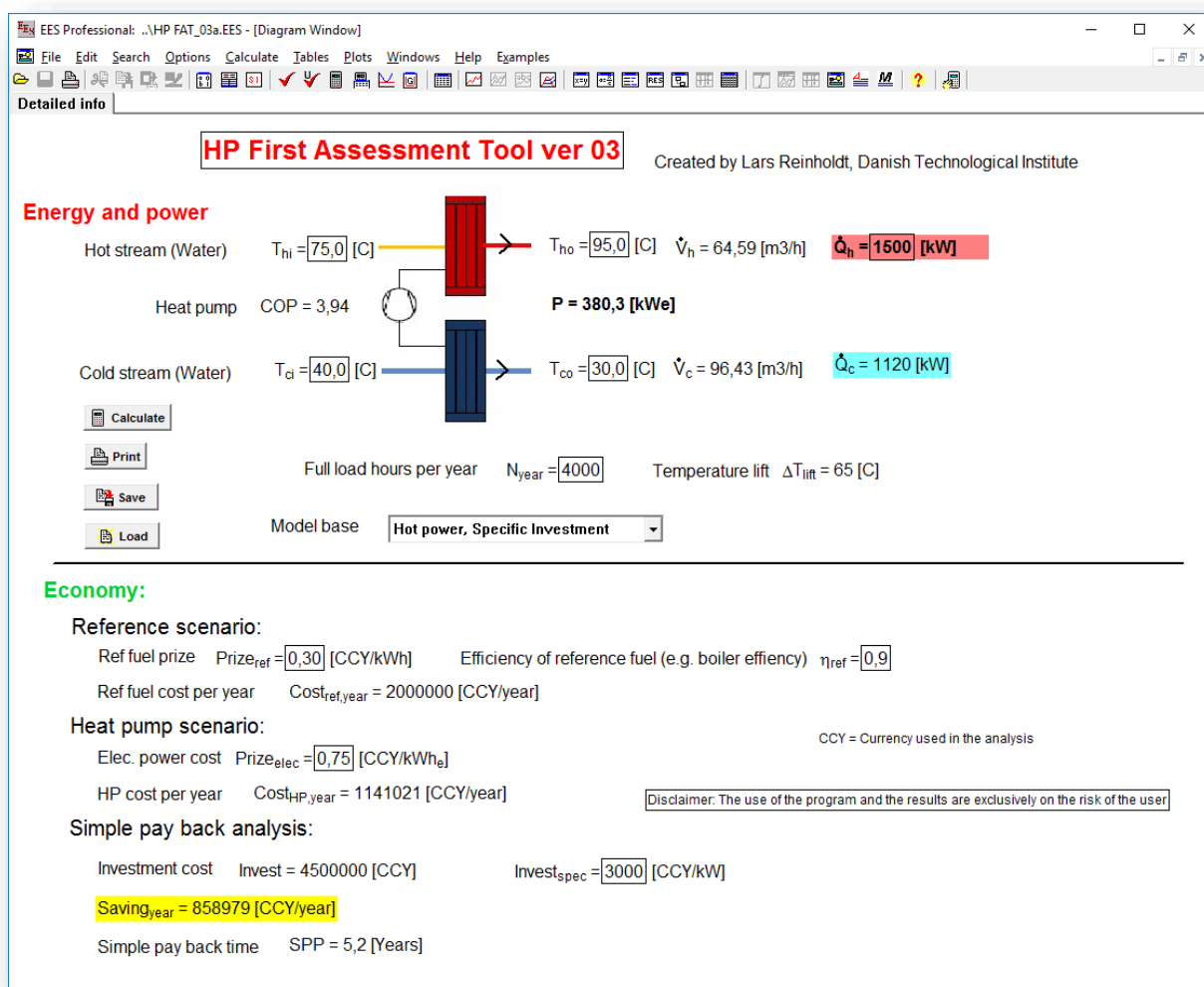
Når der er indtastet værdier i programmet, opdateres de beregnede værdier ikke, før der er trykket på "Calculate".

Når man trykker på "print", printes det, der ses i diagramvinduet.

Når man trykker på "save", gemmes en datafil med de indtastede værdier. Man kan senere hente de indtastede værdier ind i programmet ved at trykke på "load" og vælge en i forvejen gemt datafil.

3. Energiberegninger

Input og visning af resultater sker i samme skærbillede, der ses i **Figur 1**.



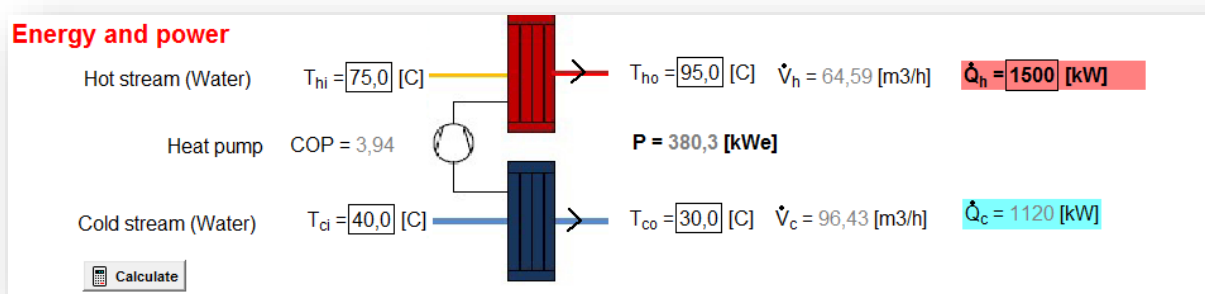
Figur 1: Hoveddiagramvindue ("Main Diagram Window") for HP FAT ver 3.

Skærbilledet er delt op i to dele:

- A. Energiberegninger
- B. Økonomiberegninger.

For beregning af COP skal nogle specifikke værdier være kendte/estimeret (info: generelt for programmet er de krævede inputværdier vist med ramme om feltet), som vist i Figur 2:

- Temperaturen før og efter for det, der opvarmes ("Hot Stream").
- Temperaturen før og efter for det, der nedkøles ("Cold Stream").



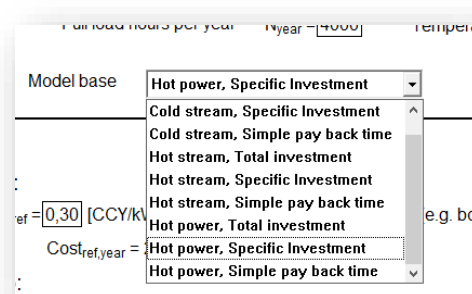
Figur 2: Inputdel for energi- og COP-beregning.

Hermed kan COP beregnes ved tryk på "Calculate".

Det er strømmenes temperaturer og ikke kølemid-deltemperaturen, der skal indtastes.

NB: Den videre energiberegning er baseret på vand som medie for den kolde hhv. varme strøm.

I punktet "Model base" findes en "drop down-menu", jf. Figur 3, hvormed man kan vælge forskellige kombinationer af input.



Figur 3: Model base "drop down-menu"

Hvis volumenstrøm af det opvarmede vand er kendt, vælges en model, hvor "Hot Stream" indgår i menuen "Model Base". Tilsvarende vælges en model, hvor "Cold Stream" indgår, hvis volumenstrøm er kendt for det vand, som varmepumpen afkøler. Kendes den ønskede producerede varmemængde, vælges en model, hvor "Hot power" indgår.

Afhængigt af dette valg kan man angive volumenstrømmen for én af følgende:

- Det producerede varme vand (\dot{V}_h , m³/h)
- Det vand, som varmepumpen samtidig afkøler (\dot{V}_c , m³/h)
- Den ønskede producerede varmemængde (\dot{Q}_h , kW) (vist som eks. i Figur 3).

Hermed beregnes energistrømmene (kold og varm) og varmepumpens elforbrug.

4. Økonomiske beregninger

Ved også at angive antallet af fuldlasttimer pr. år (" N_{year} ", se Figur 1) kan energimængderne pr. år beregnes.

Den økonomiske beregning i HP FAT, som ses i Figur 4, er baseret på sammenligning med et referencescenarie, hvor varmemængden \dot{Q}_h produceres med en kedel med virkningsgraden η_{ref} .

Economy:

Reference scenario:

Ref fuel prize $\text{Prize}_{\text{ref}} = 0,30$ [CCY/kWh] Efficiency of reference fuel (e.g. boiler efficiency) $\eta_{\text{ref}} = 0,9$

Ref fuel cost per year $\text{Cost}_{\text{ref,year}} = 2000000$ [CCY/year]

Heat pump scenario:

Elec. power cost $\text{Prize}_{\text{elec}} = 0,75$ [CCY/kWh_e] CCY = Currency used in the analysis

HP cost per year $\text{Cost}_{\text{HP,year}} = 1141021$ [CCY/year] Disclaimer: The use of the program and the results are exclusively on the risk of the user

Simple pay back analysis:

Investment cost $\text{Invest} = 4500000$ [CCY] $\text{Invest}_{\text{spec}} = 3000$ [CCY/kW]

Saving_{year} = 858979 [CCY/year]

Simple pay back time $\text{SPP} = 5,2$ [Years]

Figur 4 Input- og resultatdel for økonomisk beregning.

Ved at angive brændselsprisen $\text{Prize}_{\text{ref}}$ i den valgte valuta (f.eks. 0,30 kr. pr. kWh for naturgas) beregnes den årlige omkostning for referencescenariet ($\text{Cost}_{\text{ref,year}}$) i valutaen.

Ved også at angive prisen for elektricitet $\text{Prize}_{\text{elec}}$ beregnes den årlige omkostning for drift af varmepumpen ($\text{Cost}_{\text{HP,year}}$).

Hermed kan den årlige driftsbesparelse beregnes: $\text{Saving}_{\text{year}}$.

Afhængigt af valget af "Model base" (se Figur 3) kan de økonomiske nøgletal beregnes baseret på "simpel tilbagebetalingstid". Hertil skal én af følgende kendes:

- Størrelsen af den totale investering (" Invest ", vælg "Total investment" i "Model base")
- Størrelsen af den specifikke investering (" $\text{Invest}_{\text{spec}}$ ", vælg "Specific investment" i "Model base")
- Ønsket simpel tilbagebetalingsperiode (" SSP ", vælg "Simple payback time" i "Model base").

Herefter beregner HP FAT de to øvrige ikke-indtastede værdier.

Følgende skal bemærkes:

- A. "Total investment" er det samlede beløb for hele varmepumpeinstallationen – herunder indkøb af varmepumpe samt rør og installation m.m.
- B. "Specific Investment" er den totale investering pr. kW, som varmepumpen yder. En typisk værdi, som er baseret på erfaringer fra realiserede store varmepumper, er 2.500 til 3.000 kr./kW for selve varmepumpeenheden, hvortil skal lægges omkostningerne til resten af varmepumpeinstallationen (tilkobling, rørsystemer, vekslere og evt. bygninger etc).

5. Kort om programmet

I øverste venstre hjørne af vinduet "Main Diagram Window" er der en fane, der hedder "Detailed Info". Hvis man klikker på "Detailed Info", åbnes et nyt vindue. Dette vindue er det samme program som det i "Main Diagram Window", men med flere viste størrelser. De størrelser, som kan indtastes i "Main Diagram Window", kan ikke indtastes i "Detailed Info". I "Detailed Info" kan virkningsgraden af varmepumpen indtastes η_{COP} . Denne udtrykker, hvor tæt en reel varmepumpe kan komme på den teoretisk maksimale COP. Baseret på erfaringer fra realiserede store varmepumper bliver denne meget sjældent over 0,6, og defaultværdien er sat 0,55. Hvis man har mere kendskab til en aktuel varmepumpe, kan denne værdi ændres, hvorved sammenligningen mellem varmepumpen og kedlen forbedres.

Selve beregningskoden ligger tilgængeligt ved at trykke "Ctrl." + "E". Grundlæggende er modellen baseret på Lorenz-COP, der er en udvidet udgave af Carnot-COP, hvor der tages højde for muligheden for at udnytte temperaturændringen på både den kolde og varme side af varmepumpen. Populært sagt er Lorenz-COP den samlede COP for uendeligt mange seriekoblede varmepumper, der hver har Carnot-COP.