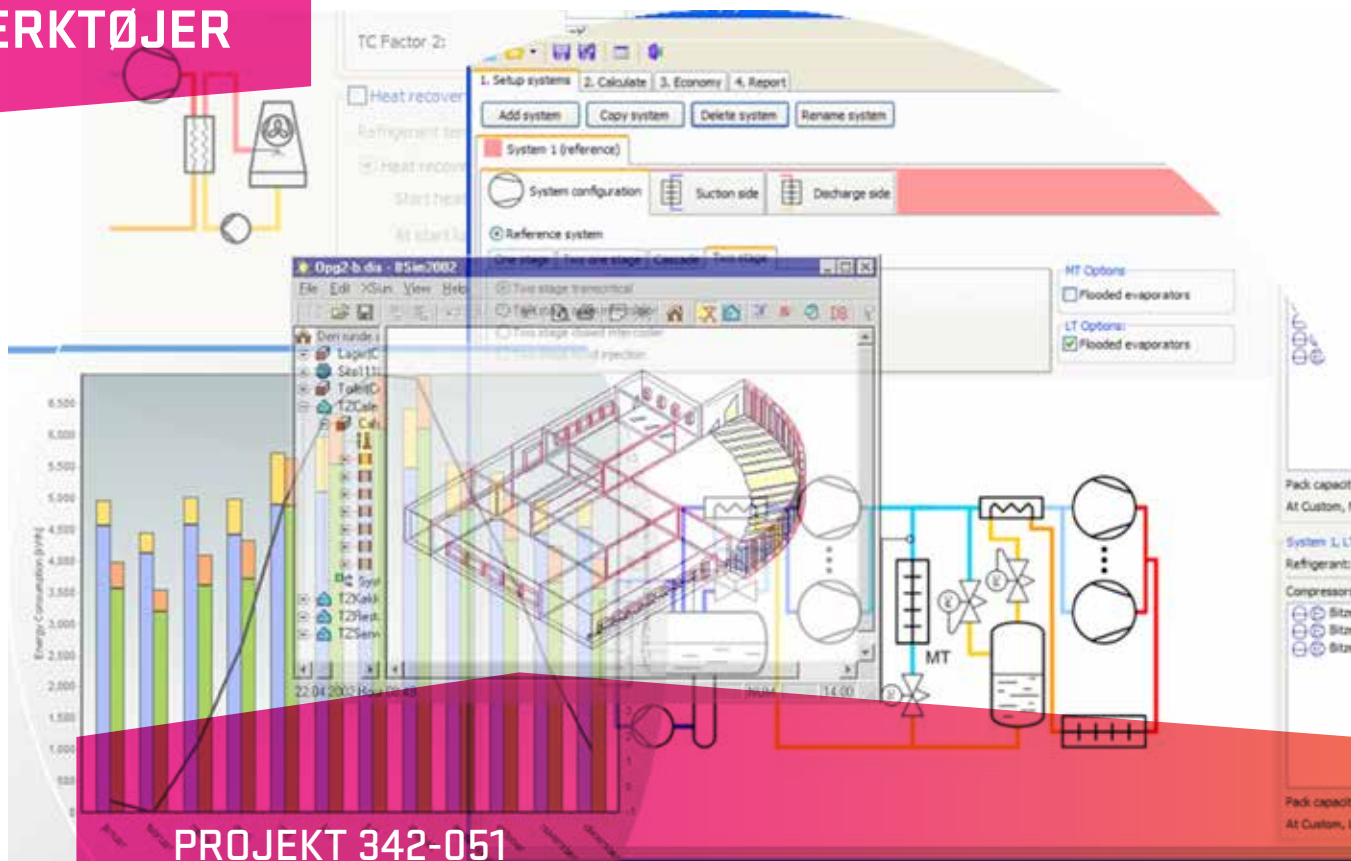


KØLING

VÆRKTØJER



PROJEKT 342-051

Optimering af køle- og varmepumpeanlæg gennem samspil mellem PackCalc og BSim

Kombinationen af de to værktøjer gør det lettere at vælge det køle- eller varmepumpeanlæg, der er optimalt i forhold til anlægsudgift, indeklima og energiforbrug

MÅLSÆTNING:

Ved at integrere værktøjet BSim til bygningssimulering og PackCalculation II (PackCalc) til simulering af køleanlæg ville projektgruppen gøre det lettere for projekterende ingeniører at analysere den energimæssige og komfortmæssige konsekvens ved alternative valg af køleanlæg og/eller varmepumpe. Integrationen af de to værktøjer skulle også kunne beregne alternative valg af komponenter til disse anlæg samt vurdere metoder til styring, regulering og overvågning, herunder beregne muligheder og konsekvenser af et fleksibelt elforbrug i driften af anlæggene.

MÅLGRUPPE:

Sammenkoblingen af de to værktøjer er især beregnet for rådgivende og udførende ingeniører, der kan bruge det avancerede værktøj til at optimere dimensionering af og styringsstrategi for køle- og varmepumpe-anlæg. Desuden kan det benyttes af mindre kølefirmaer, der arbejder med at dimensionere køleanlæg. Det integrerede værktøj er formidlet både nationalt og internationalt og er herunder blevet inddraget i EU-projektet "Improving Cold Storage Equipment in Europe (ICE-E)".

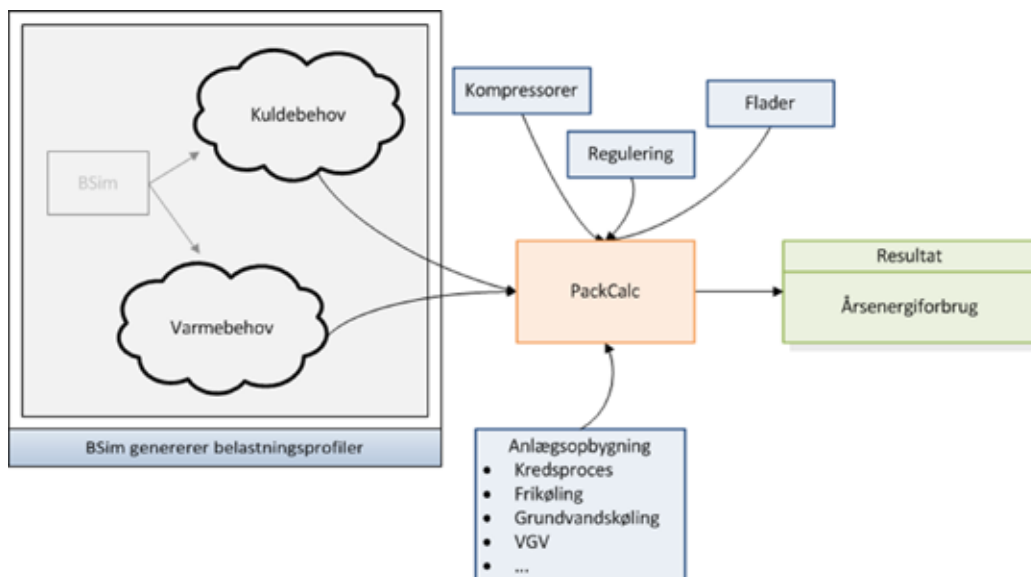
PROCESSEN:

Projektgruppen har været ledet af IPU Køle- og Energiteknik, der også har gennemført praktisk modellering, simulering og programmering af kølesystemer og varmepumper samt sørget for dataudveksling fra PackCalc til BSim. Statens Byggeforskningsinstitut (SBI-AAU) har sikret, at PackCalc kunne integreres med BSim ved at udvikle de nødvendige styringsstrategier og brugerflader i BSim og sikre dataudveksling fra BSim til PackCalc.

Rambøll har bidraget med belastningsprofiler og praktiske tests af værktøjet, mens Teknologisk Institut har udvalgt, beskrevet og programmeret de typer af varmepumper, der er bedst egnet til at opfylde behov for opvarmning og indeklima i belastningsprofilerne. Endelig har Birton, tt-coil og Systemair tilført deres viden som komponentleverandører og gennemført praktiske tests af den udviklede software.

For at sammenknytte PackCalc og BSim på en hensigtsmæssig måde blev der ved projektets start formuleret en række bruger-situationer, som derefter blev udmøntet i 6 delprojekter:

Integrationsprocessen for de to værktøjer:



INTEGRATIONEN AF DE TO VELFUNDERENDE VÆRKTØJER GØR DET MULIGT AT BEREKNE ENERGIØKONOMIEN I VARMEPUMPE- OG KØLEANLÆG I HELE DERES LEVETID OG DOKUMENTERE DERES EFFEKT PÅ BYGNINGSKOMFORT.

Udveksling af data: I BSim er der genereret et belastningsprofil til et køleanlæg, som blev overført til PackCalc, hvor der blev regnet på en årssimulering, så energiøkonomien kunne fastlægges.

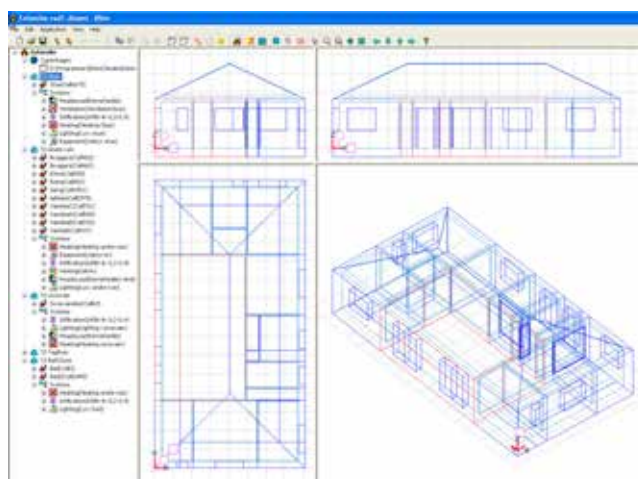
Integration: Løbende dataudveksling mellem de to værktøjer for hvert tidsskridt. BSim har beregnet, om der er behov for køling, og PackCalc har analyseret, hvordan det ønskede kølebehov kan dækkes.

Grundvandskøling og frikøling: PackCalc er udbygget, så frikøling og grundvandskøling kan inkluderes.

Varmepumper: PackCalc er suppleret med varmepumper, og der blev udviklet styringsstrategier til BSim.

Standard belastningsprofiler: Der er udarbejdet en række standard belastningsprofiler for enfamiliehus, kontorhus og kølehus.

Fleksibelt elforbrug: De to værktøjer er udbygget, så BSim kan modtage eksternt definerede temperatursætninger, f.eks. fra et elselskab der ønsker at få flyttet bygningens elforbrug. Konsekvensen for energiforbruget er beregnet med PackCalc og for indeklimaet i BSim.



Skærbillede af BSim-modellen for enfamiliehuset.

RESULTATER:

Delprojektet Udveksling af data er resulteret i, at der i BSim kan laves årssimulering af en bygning, hvorefter resultatet eksporteres til en tekstfil med data på timebasis fra et helt år. PackCalc er modificeret, så det kan modtage tekstfilen med belastningsprofilen. Brugeren kan udvælge de kolonner fra tekstfilen, der indeholder relevante kuldeydelse eller varmebehov.

Integrationen af BSim og PackCalc betyder, at den faktiske køleydelse og effektoptaget til køleprocessen kan beregnes langt mere præcist. Brugere af værktøjerne skal først definere bygningens termiske zoner og de tilhørende anlægssystemer i BSim. Herefter angives på systemniveau, at et varme-/køleforbrug skal trækkes fra en central varmepumpe eller centralt køleanlæg. På det grundlag vælges fra PackCalc, hvilken varmepumpe der skal anvendes, og værktøjet beregner tidskridt for tidskridt, om varmepumpen kan dække behovet. Tilsvarende for køleydelse. Efter denne simulering kan værktøjet generere en komplet opvarmnings- eller køleprofil, som kan bruges til at opgøre varme- eller køleforbrug samt tilhørende effektforbrug.

Optimeringen af det integrerede værktøj har også gjort det muligt på en overskuelig måde at sammenligne grundvandskøling med eksisterende kølekoncepter. Grundvandskøleanlægget kan enten være stand-alone eller en kombination med konventionel

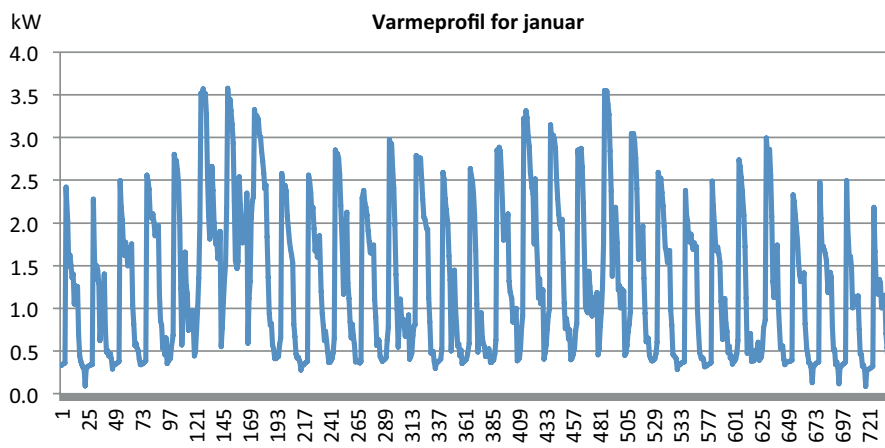
kompresorkøling. Programmet medtager også anlæggets energiforbrug til termisk balancering om vinteren, inkl. energiforbrug til pumper og tørkølere. På den måde fås i PackCalc et mere retvisende billede af fordelene ved grundvandskøling i den konkrete bygning.

Der er udviklet en model af en varmepumpe i PackCalc, så værktøjet også kan udregne bygningens energiforbrug til opvarmning. Varmepumpen er implementeret som en simpel et-trins kredspocess. Brugeren kan vælge mellem jord og luft som varmekilde for fordampere.

Projektet er også resulteret i tre standard belastningsprofiler. En BSim-model af et enfamiliehus på 122 m² rummer realistiske modeller for alle normale BSim-systemer, inkl. udluftning og solafskærmning. Der er

defineret reguleringsstrategier for hhv. hverdage og weekends. Den anden profil omfatter et to etagers kontorhus på 875 m² med syd- og nordvendte kontorer. Bygningen er inddelt i to termiske zoner mod syd og én mod nord. Endelig er der opbygget en meget simpel BSim-model af et kølehus på 1040 m².

Endelig er projektet resulteret i en ny funktionalitet i BSim, hvor sætpunktstemperaturerne er gjort variable for både opvarmning og køling. Der kan desuden specificeres en maksimal kapacitet af varmepumpen, der betyder, at det resterende varmebehov skal dækkes af en elpatron. Disse data kan indlæses i BSim på samme måde som vejrdata med en værdi for hver time i et referenceår. Værdierne skal genereres eksternt i forhold til BSim på grundlag af historiske eller beregnede elpriser.



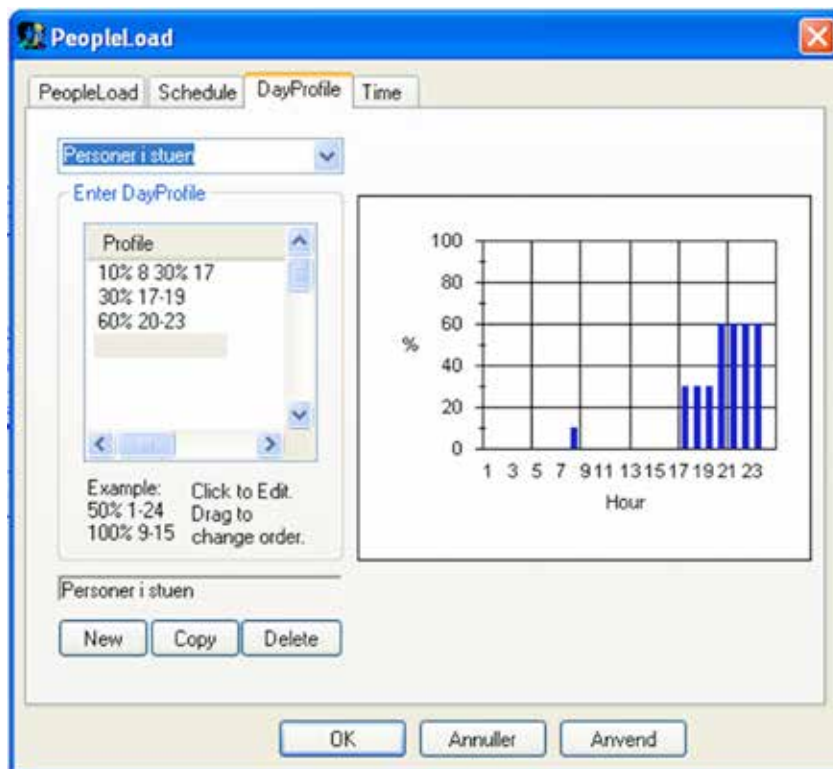
Udskrift af opvarmningsprofil for enfamiliehuset i januar måned.

EFFEKT:

De optimerede værktøjer er allerede under projektperioden blevet formidlet bredt til de primære målgrupper blandt projekterende ingeniører og arkitekter samt til leverandører af køleanlæg og varmepumper. Der har også været stor international interesse for projektets resultater.

Sammenkoblingen af BSim og PackCalc åbner mulighed for, at man i detaljer og med hidtil uset nøjagtighed kan simulere scenarier, hvor bygninger benyttes som energilagere, dvs. at man i perioder med lave elpriser enten opvarmer mere eller afkøler mere, end det aktuelle behov tilsiger for til gengæld at kunne skrue ned for varme- eller kølebehov, når elprisen bliver højere.

I kraft af sammenkoblingen kan rådgiverne også simulere konsekvenserne for indeklimaet, hvis man undlader at køle eller varme i en periode, og man kan samtidig få overblik over konsekvenserne for bygningens årlige energiforbrug og energitudgifter ved tidsmæssigt at forskyde energiforsyningen.



Dagnprofil for personbelastning i den termiske zone stue.

HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Det er projektgruppens forventning, at sammenkoblingen af BSim og PackCalc vil fremme valg af de mest energioptimale løsninger inden for køleanlæg og varmepumper. PackCalc, der oprindeligt er udviklet gennem ELFORSK-projekt 337-004, har i forvejen gjort det lettere at identificere de totaløkonomisk mest attraktive køleløsninger, og værktøjet har været med til at fremme udviklingen af CO₂-chillers og udbredelsen af CO₂ som miljøvenligt kølemiddel.

Med den sammenkobling, der er udført i dette projekt, bliver det muligt for brugere af BSim

ikke alene at beregne et køle- eller varmebehov, men også at angive, hvordan dette skal dækkes og konsekvenserne for energiøkonomi og miljø. Det betyder, at opfyldelse af indeklimate mål kan afvejes med anlægspris, driftsøkonomi og miljøbelastning og dermed øge fokus på energiøkonomiske løsninger.

Samtidig forventes PackCalc, der i forvejen har over 700 registrerede professionelle brugere, at få større udbredelse, fordi værktøjet nu i højere grad kan bruges til at analysere anlæg til bygningskomfort. Det optimerede værktøj kan også få stor betydning for

markedsføringen af varmepumpeløsninger, der kan få en central rolle i håndteringen af fluktuerende vindmøllestrøm og Smart Grid-løsninger mere generelt.

Varmepumper betragtes som en vigtig forudsætning for at gøre energiforbrug til opvarmning mindre afhængig af olie og gas, fordi de direkte kan erstatte olie- og gasfyr. Med brug af PackCalc bliver det lettere at identificere den mest rentable varmepumpeløsning i konkrete bygninger og dermed gøre det endnu mere attraktivt at vælge varmepumper.

PROJEKTET GØR DET LETTERE FOR PROJEKTERENDE RÅDGIVERE AT UDNytte KØLE- OG VARMEPUMPEANLÆG TIL FLEKSIBELT ELFORBRUG PÅ EN MÅDE, DER OPTIMERER TOTALØKONOMIEN FOR BRUGERNE.

Projektledelse:

Morten Juel Skovrup
IPU Køle- og Energiteknik
Bygning 403, Nils Kobbels Allé
2800 Kgs. Lyngby
E-mail: mjs@ipu.dk
Telefon: 45 25 41 20
Web: www.ipu.dk

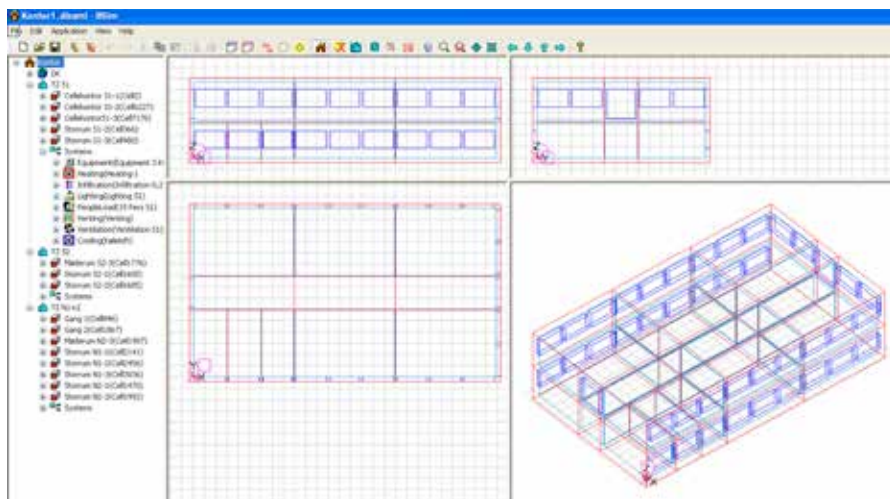
Projekt:

Titel: Optimering af køle- og varmepumpeanlæg gennem samspil mellem PackCalc og BSim
Nr. 342-051
PSO Program 2010
Budget i alt: 2.810.295 kr., hvoraf 1.410.295 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.03.2010-31.07.2012

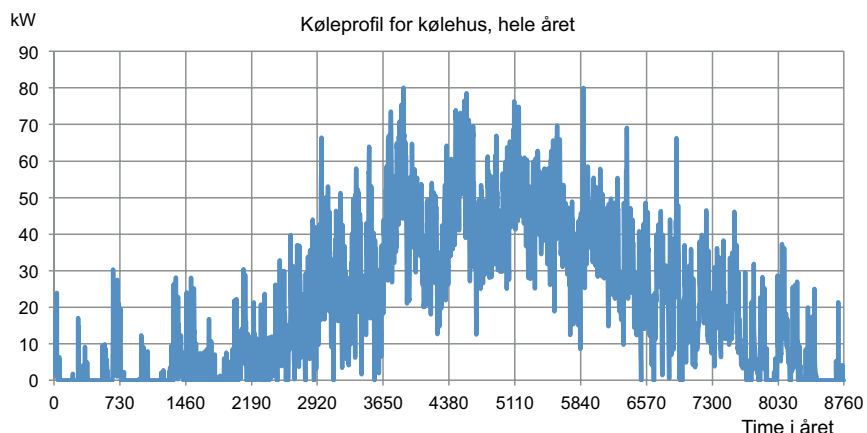
Program-koordinator:

Forskningskoordinator
Jørn Borup Jensen
Dansk Energi

E-mail: jbj@danskenergi.dk
Telefon: 35 300 934
Web: www.elforsk.dk



Skærmbillede af BSim-modellen for kontorhuset.



Køleprofil for kølehus på 1040 m². Temperaturen i kølehuset søges holdt på 2,0 °C.