

Frederiksberg svømmehal opnår store energibesparelser

Af seniorkonsulent Karl T. Mohr og ingeniør Ole Bisted, Teknologisk Institut, Center for Svømmebadsteknologi

Frederiksberg Svømmehal har med gennemførelse af et større energiprojekt reduceret energiforbruget markant og spare miljøet for mere end 400 ton CO₂ pr. år.



Frederiksberg Svømmehal.

Historie og fakta

Frederiksberg Svømmehal, der er tegnet af arkitekt A.S. Lauritzen, blev opført i perioden 1931-1934. Det bebyggede areal udgør 2.385 m². Det samlede etageareal er ca. 10.500 m². Frederiksberg Svømmehal er således en af de ældste svømmehaller i Danmark, men samtidig en af de allerstørste. I svømmehallen kan stadig ses de smukke gamle mosaikudsmykninger, som kunstneren Vilhelm Lundstrøm udførte tilbage 1930'erne.

Hallen har altid været meget populær og har et årligt besøgstal på over 500.000 bade-gæster.

Hallens faciliteter

I svømmehallen findes et ca. 400 m² svømmebassin med udspring samt soppebassin, og et varmtvands/babybassin og nedslagbassin for den 105 m lange vandrutsjebane. I et separat afsnit findes et særligt lille træningsbassin, som oprindeligt var indrettet alene for kvinder og små børn.

Under ledelse af hallens dynamiske direktør, Viggo Møller, har Frederiksberg Svømmehal de senere år udviklet sig til også at være et meget velbesøgt kur- og wellnessanlæg, hvor der er indrettet en særlig kurbadsafdeling med saltvandsbassin, Spa-bassin, koldtvandsbassiner samt saunaer og damprum. Et nyere fitnesscenter, der er indrettet i den tidligere gymnastikafdeling, er med sine ca. 1.100 m² et af de mest besøgte i københavnsområdet.

Projekt for energibesparelser

Med udgangspunkt i en energianalyse, udført af Teknologisk Institut, blev der i foråret 2010 igangsat en række energibesparende projekter i svømmehallen.

Lemming og Eriksson Rådgivende Ingeniører a/s forestod projektledelse og projekterede udskiftning af den gamle glasoverbygning over svømmehallen samt udskiftning af gamle vinduer i hallen.

Teknologisk Institut, Center for Svømmebadsteknologi stod for projektering og opdatering af ventilationsanlæg, ny styrings- og reguleringsstrategi for eksisterende CTS-anlæg, opdatering af eksisterende solvarmeanlæg, efterisolering i dele af tagkonstruktionen, nye sandfiltre med lavt skyllevandsforbrug og energibesparende pumper. Et sideløbende arbejdsmiljøprojekt omfattede desuden nye kemikalieanlæg og indretning af nye kemikalierum.

Beskrivelse af de enkelte udførte energiprojekter

Tag og loft

Glasoverbygning på det ca. 480 m² over store bassinrum var oprindeligt udført i 1-lags trådforstærket glas med en skønnet U-værdi på 6 W/m² · K. Temperaturen i glasoverbygningen var som i svømmehallen. Det medførte et meget stort varmetab på grund af glassenes dårlige isoleringsevne og utætheder ved samlinger i konstruktionen og i revnede vinduer.

Glassene var fastgjort i jernprofiler og inddækket med udvendige kobberprofiler. Fra den nedre kant af glaspartierne mod spærfoden er der fast tag med kobberdækning, og den indvendige side mod loftet er udstøbt med cellebeton i en lagtykkelse på ca. 100 mm. Denne del af tagkonstruktionen er på ca. 380 m².

Loftet er en integreret del af bassinrummet, hvorfor ventilationsudsugning fra bassinrummet sker fra både bassinrum og loft.

Loft og bassinrum er synsmæssigt adskilt af nedhængte transparente kunststofplader i jernprofiler, ca. 600 x 600 mm.

Selv om tagkonstruktionen er udført af sammennittede jernprofiler og har været udsat for ydre og indvendige (svømmehalsluft) påvirkninger er konstruktionen i overraskende god stand.



Billedet viser tagkonstruktionen før renovering med nedhængt loft mellem bassin- og loft- rum. Endvidere enkeltlag trådforstærkede glaspartier og nederst mod spærfod cellebeton udstøbt mellem jernspær.

Ved renoveringen blev det gamle glastag med rammejern demonteret, hvorefter et nyt tag af kuldebroisolerede aluminiumsrammer, i samme modulmål som eksisterende, monteret.

Glaskvaliteten blev 3-lags med en U-værdi på ca. 1 W/m²· K. Rammerne er indfarvet som RAL 6009, der farvemæssigt er meget tæt på de oprindelige afdækningsprofiler af irret kobber.

I glasentreprisen indgik også udskiftning af ca. 100 m² nye vinduer i svømmehallens facader. Vinduesrammer i kuldebroisolerede aluminiumsprofiler blev indfarvet som bygningens øvrige vinduesrammer.

Cellebetonen fra spærfod til underkant af glaspartier blev efterisoleret med 260 mm krydsoplagt Rockwool-batts på bræddeunderlag afsluttende med dampspærre mod tagrummet.

De oprindelige afkasthuse for afkastningsluft mod øst og vest er udført i almindelig pladejern med kobberinddækning på ydersiden. De indvendige sider i husene har altid været uisoleret, så det var ikke overraskende, at jernpladerne var endog meget rustne, når der siden svømmehallens start er strømmet varm og relativ fugtig svømmehalsluft forbi jernpladerne.

De indvendige sider blev grundigt afrenset og overfladebeskyttet, hvorefter de blev kondensisoleret. Der blev ligeledes monteret nye og tætte døre til afkasthuse og loft.

Den årlige besparelse på varmen energi var kalkuleret til **225.000 kr.** for den samlede glasreovering.

Ventilation

Det eksisterende ventilationsanlæg, der blev omfattet af energispareprojektet, bestod i kælderplan af en remtrukken centrifugalventilator til indblæsning i luftfordelingskammer, 2 stk. varmegenvindingsflader (+) med forbindelse til 2 flader (-) i afkastningsluften på loftet (ca. 20 meter over kælderniveau) og 2 stk. serieforbundne varme-flader.

I luftfordelingsrummet var placeret et antal indblæsningskamre med remtrukne indblæsningsventilatorer og plane luftfiltermåtter foran varme-fladen. Via et antal zone-varme-flader fordeles indblæsningsluften til lodrette bygningsmæssige kanaler.



Billedet viser et af flere decentrale indblæsningskamre i luftfordelingsrummet, i gammel litteratur kaldt varmekamre.

Luften fra svømmehallen blev udsuget fra begge sider af det store bassinrum gennem bygningsmæssige kanaler til loftrummet, hvor udsugningen via kanaler blev ført til en udsugningsunit med luftfiltre og varmegenvindingsflader. En del af den samlede udsugede volumenstrøm blev udsuget direkte fra loftrummet.

Afkastning af luft til det fri foregik med 2 stk. remtrukne centrifugalventilatorer og to afkasthuse, henholdsvis mod øst og vest.

Ingen af ventilatorerne var frekvensstyrede og den gamle varmegenvinding med væskekoblede batterier var stort set virkningsløs.

Udsugningsmønsteret som det var, er stort set bibeholdt, men en større del af den udsugede volumenstrøm end tidligere udsuges direkte fra loftet.



Billedet viser det nymonterede glastag. I baggrunden ses det kobberbeklædte hus for afkastningsluft. I forgrunden samlekaske med tilsluttede udsugningskanaler, luftfiltre og genvindingsflader for afkastningsluft.

Ved renoveringen blev de tre store hovedventilatorer udskiftet med direkte drevne aksialventilatorer med tilsluttede frekvensomformere og de små decentrale indblæsningsanlæg i luftkamrene blev udskiftet med direkte drevne kammerventilatorer, afspærringsspjæld og tilsluttede frekvensomformere. En stor del af luftkanalerne på loftet blev udskiftet med nye.

Som supplement til den eksisterende indblæsning/udsugning i lille hal blev der installeret et mindre nyt ventilationsaggregat med direkte drevne kammerventilatorer og pladekrydsveksler i et disponibelt rum ved siden af lille hal.

Hastighedsregulering sker i afhængighed af rummets relative luftfugtighed via indbyggede frekvensomformere i ventilatormotorerne.

Når den eksisterende indblæsning/udsugning fra anlæg i kælder standses uden for brugstiden fortsættes driften med det nye anlæg på nedsat hastighed, men med overvågning af rumtemperatur og luftfugtighed.

Ved renoveringen blev de to eksisterende genvindingsflader på loftet udskiftet med to nye coatede genvindingsflader.

Ny hastighedsreguleret cirkulationspumpe for varmegenvindingskredsen blev monteret. Væskeflowet tilpasses kontinuerligt luftflowet. Væskeflowet i m³/h kan dels aflæses direkte på målerens display, men også på CTS-skærbilledet.

Genvindingssystemets temperaturvirkningsgrad bliver beregnet kontinuerligt og er synligt på CTS-billedet.

Genvunden varme registreres af varmeenergimåler.

Den årlige besparelse på el- og varmenergi var kalkuleret til **420.000 kr.** for de samlede energitekniske forbedringer af hallens ventilationsanlæg.

Solvarmeanlæg

Omkring 1996 var der blevet installeret 96 m² solfangere på taget mod syd/øst. Solvarmeanlægget forvarmer det kolde vand til varmtvandsbeholder via en varmespiral i en forvarmebeholder.

Ved den tekniske og energimæssige gennemgang kunne det konstateres, at anlæggets ydelse var meget lille, ca. 14 MWh/år, svarende til ca. 146 kWh/år /m² solfanger. I energirapporten havde vi anført, at ydelsen burde kunne komme op på ca. 350 kWh/år/m² solfanger.

Renoveringen bestod i at rense varmespiralen i forvarmetanken, installere en ny hastighedsreguleret cirkulationspumpe og en ny 300 liters ekspansionsbeholder. Påfyldning af glykolblandet vand og udlufte systemet. Solvarmeanlægget blev først sat i drift igen omkring den 1. oktober 2010, så det har endnu ikke vist sin ydelse i en varm periode af året. Solvarmeanlæggets ydelse følges ved månedlige aflæsninger af varmeenergimåleren.

Den årlige besparelse på varmenergi var kalkuleret til **10.000 kr.** ved energioptimering af solvarmeanlægget.

Automatik

Det eksisterende CTS-anlæg, fabrikat TAC (nu Schneider Electric) blev genstand for gennemgribende ændringer, bl.a. blev tidligere anlægsbilleder opgraderet, således at de dynamiske skærbilleder blev i overensstemmelse med de faktiske forhold.

Reguleringsstrategien for de renoverede ventilationsanlæg blev markant ændret, idet alle motorerne nu var forsynet med frekvensregulering. Nye temperatur- og luftfugtighedsfølere blev installeret, bl.a. i store og lille hal.

Hovedindblæsningsanlægget indblæser forvarmet udeluft i luftfordelingskammeret med en fast temperatur på 22°C.

De decentrale indblæsningsanlæg indblæser luft til de forskellige rum og etager. I de rum, hvor der ønskes højere rumtemperaturer, hæves indblæsningstemperaturen i zonevarmeblader til det ønskede niveau.

Til hastighedsregulering af hovedindblæsningsventilatoren og de to udsugningsventilatorer på loftet blev der installeret en differenstrykstransmitter, der føler trykket i luftfordelingskammeret i forhold til kælder.

Når der sker trykmæssige ændringer i luftfordelingskammeret, bl.a. når de decentrale indblæsningsanlæg standses uden for brugstiden (nat), ændres trykket og de tre store ventilatorer reducerer deres omdrejninger til der igen opnås det ønskede differenstryk i luftfordelingskammeret.

Vandbehandling

De store gamle tryksandfiltre, som var de oprindelige ståltanke tilbage fra 1935, blev udskiftet med nye tryksandfiltre i korrekt dimension således at skyllevandsforbruget kunne nedsættes markant. Det skønnes, at de nye sandfiltre årligt sparer over 1.000 m³ skyllevand.

Bassincirkulationspumperne for store og lille svømmebassin blev udskiftet med nye lavenergipumper tilkoblet frekvensregulator.

Den årlige besparelse på el-energi var kalkuleret til **30.000 kr.** ved energioptimering af cirkulationspumperne.

Hvilke energibesparelser har svømmehallen så opnået i praksis?

De samlede energibesparende foranstaltninger blev afsluttet ultimo juli 2010.

Der foreligger således nu en registrering af el- og varmeenergiforbrugene for et halvt års drift (1/8-2010 til 1/2-2011).

Ud fra aflæste el- og varmeenergimålere er besparelserne for den første halvårige periode opgjort til:

Besparelse på el-energi i forhold til tidligere forbrug:	135.500 kWh ≈	187.000 kr.
Besparelse på varmeenergi i forhold til tidligere forbrug:	414.000 kWh ≈	157.000 kr.
Samlet besparelse for de første 6 måneders driftsperiode:		344.000 kr.

(alle priser er ekskl. moms og beregnet ud fra de aktuelle energipriser for Frederiksberg Svømmehal)

Vi forventer, at det næste halve års besparelser vil blive i nogenlunde samme størrelsesorden og muligvis lidt større, når solvarmeanlægget kan udnyttes optimalt i den varme periode. Den samlede årlige besparelse i Frederiksberg Svømmehal vil således blive i størrelsesordenen **700.000 kr.** med de nuværende energipriser. Til sammenligning havde vi som grundlag for gennemførelse af hele energiprojektet kalkuleret med en samlet besparelse på **690.000 kr.** Virkeligheden ser således ud til at opfylde vore teoretiske beregninger.

Investeringen i de energibesparende dele af det samlede projekt i Frederiksberg Svømmehal er opgjort til ca. 7 mio. kr. I dette beløb indgår også samtidige forbedringer, specielt hvad angår svømmehallens tagkonstruktion.

30. maj 2011
ob/kmo/leb