

# BYGNINGER

ENERGIEFFEKTIVE  
TEKNOLOGIER



NYUDVIKLET SYSTEM MED VARMEOPTAGERBRØND OG  
VARMEPUMPE KAN SPARE VARMEFORBRUGET TIL VARMT  
BRUGSVAND I NYE OG EKSISTERENDE ETAGEJENDOMME  
VED VARMEGENVINDING AF SPILDEVAND.

PROJEKT 345-046  
Varmepumper i eksisterende bebyggelse - fase 1

## MÅLSÆTNING:

Det er projektets formål at udvikle og afprøve et system med varmegenvinding af spildevand fra etageejendomme. Projektet skal gennem design og test af en prototype eftervise projektgruppens antagelse om, at stort set hele ejendommens varmeforbrug til produktion af varmt brugsvand kan dækkes ved at genanvende spildevandets overskudsvarme. Teknologien skal baseres på en

nyudviklet afløbskomponent med indbygget varmepumpe, varmeveksler, varmeakkumulatorbrønd og rensesystem, der på en enkel og omkostningseffektiv måde kan integreres i den eksisterende vandafledning. Foruden praktisk test af konceptets prototype skal fase 1 omfatte kortlægning af de lovgivningsmæssige rammer.

DET NYUDVIKLEDE SYSTEM FOR VARMEGENVINDING AF SPILDEVAND VIL SKABE EN UNIK MULIGHED FOR AT GENNEMFØRE SIMPLE OG OMKOSTNINGSEFFEKTIVE ENERGIBESPARELSER I ETAGEBYGGERI.

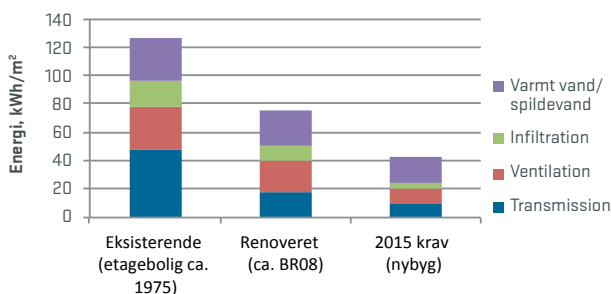
## MÅLGRUPPE:

Konceptet skønnes at være interessant for ca. 30 procent af de danske etageboliger, og det umiddelbare kommercielle marked vil ligge på omkring 30.000 enheder. Det er projektets mål at udvikle et optimeret design og styringsystem, der er velegnet til præfabrikation, og som kan blive en standardforsyningsløsning til nybyggeri og i forbindelse med energirenovering af eksisterende bygninger.

De primære målgrupper er beslutningstagere i ejendomssektoren og disses rådgivere. Men der er også en oplagt mulighed for netselskabernes energirådgivere og andre konsulenter i at bruge det færdigudviklede system som en forholdsvis enkel og omkostningseffektiv metode til at opnå betydelige besparelser på varmeforbruget i bygninger. Konceptet med varmepumpe kan være særligt interes-

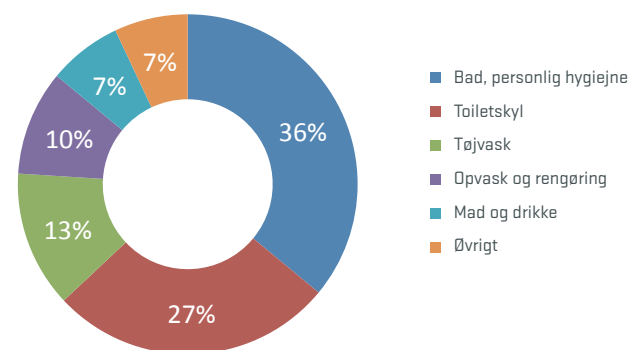
sant for beboelsesejendomme med solcelleanlæg, fordi varmepumpens elforbrug i dagtimerne kan leveres fra solcellerne uden direkte udgift for brugerne.

## TYPISK VARMETAB I BYGNINGER



Hvis ikke der gøres en særlig indsats for at effektivisere energiforbruget til produktion af varmt brugsvand, vil denne del af varmeforbruget snart udgøre næsten halvdelen i nye og energirenoverede bygninger.

## TYPISK FORDELING AF VANDFORBRUG



Det er kun godt en fjerdedel af det samlede spildevand, der ikke afleveres med en relativ høj temperatur til vandafledningen, nemlig vand fra toiletskyl, og denne del af spildevandet vil i mange tilfælde kunne frasorteres inden varmegenvinding.

## PROCESSEN:

Projektgruppen er ledet af COWI der sammen med Teknologisk Institut har ansvaret for systemintegration, kravspecifikationer til systemet, tekniske beskrivelser, simulering af drift, økonomiske analyser og kortlægning af myndighedskrav.

Teknologisk Institut varetager sammen med GEO-HEAT målinger af energiforbrug, driftstemperaturer m.v. Endvidere varetager GEO-HEAT installationen af fremtidige anlæg, bidrager også til design, dataopsamling og styringsløsninger. Brabrand Boligforening har stillet sin boligafdeling Skovgaardsparken til rådighed som vært for projektets pilotanlæg og bidrager herudover med sin viden om de konkrete driftsforhold i ejendommen.

Ved starten af projektet indsamlede projektgruppen viden om tilsvarende løsninger, både i Danmark og udlandet, og da det viste sig, at lignende koncepter ellers kun blev benyttet ved større anlæg, stod det klart, at der ville være et meget interessant kommercielt marked, hvis systemet lever op til forventningerne. Der blev installeret målere i Skovgaardsparken for at få overblik over vandafledningens vandstrømme, brugsmønstre, temperaturforhold og energibalancer. Disse målinger viste, at systemet kan fungere under praktisk drift.

De driftsdata, der blev indsamlet under projektets indledende litteraturstudie, blev brugt til at udvikle en styringsstrategi, der kan op-

timere udnyttelsen af spildvarmen. Herunder blev potentialet for at tilpasse driften til elsystemets behov for fleksibilitet også analyseret. På dette grundlag blev der designet et kombineret system, hvor en varmeoptagerbrønd blev kombineret med en varmepumpe, og der blev opbygget et pilotanlæg, der blev sat i drift i Skovgaardsparken.

## RESULTATER:

Litteraturstudiet af internationale projekter viste, at spildevandstemperaturen hen over døgnet varierer fra 11-12 °C til godt 30 °C med et gennemsnit på 25-30 °C, nogenlunde svarende til de generelle resultater fra lignende svenske målinger. Når spildevandet fra sådanne ejendomme når frem til de kommunale rensningsanlæg, har vandet afgivet størstedelen af sin varme til de omgivende jordlag, hvor vandtemperaturen er nået ned på et gennemsnit på ca. 12 °C, afhængig af årstiden.

Der er derfor et energioptimeringspotentiale i at genvinde spildevandets overskudsvarme, inden vandet ledes bort fra bygningen. En simpel varmeveksling kan tappe op til 70 procent af varmeenergien i spildevandet, men når varmeoptagerbrønden kombineres med en varmepumpe, kan spildevandet afkøles til 3-4 °C, og der kan på den måde indvindes så megen varme, at det ikke alene kan dække energibehovet til opvarmning af brugsvandet,

men også dække varmetabet under distribution af vandet i bygningen.

Undervejs til rensningsanlægget optager det afkølede spildevand varme fra omgivelserne, så det er på mere end 10 °C, når det når frem til rensningsprocessen, og derfor ikke påvirker denne negativt. Kun i de tilfælde, hvor spildevandet opblandes med koldt smeltevand om vinteren, kan det af hensyn til renseprocessens aktivitet blive nødvendigt at indstille driften af varmepumpen kortvarigt, og det vil styringsstrategien blive afpasset efter.

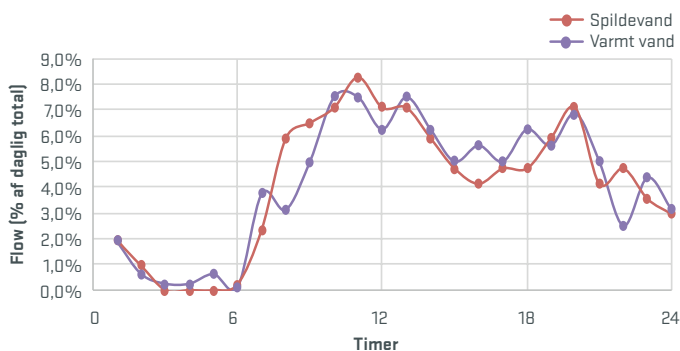
Designet af konceptet tager højde for, at kølemidlet i spildevandsbrøndens varmepumpe separeres fra det varme brugsvand med veksler, og at kredsen trykovervåges. Der er etableret overtryk i brugsvandskredsen, så der ikke er nogen sundhedsrisici forbundet med varmegenvindingen.

Varmeoptagerbrønden skal udføres af en autoriseret kloakmester. I brønden monteres varmeoptageren, som kan udformes på forskellige måder afhængig af dimensioner og forbrug. Konceptet benytter eksisterende afløbsrør som overløb. Varmepumpe med tilhørende styring monteres i bygningen, og brugsvandet, der opvarmes af varmepumpen, tilføres den eksisterende varmtvandsbeholder.

Der er til pilotprojektet udviklet en regnearksmodel, der kan benyttes til at bestemme optimale parametre for styring og dimensionering af enkeltdele i det samlede system.

Der er derfor tale om en forholdsvis simpel og omkostningseffektiv installation med en stor energioptimeringseffekt, der kan etableres i både nye og eksisterende etagebygninger.

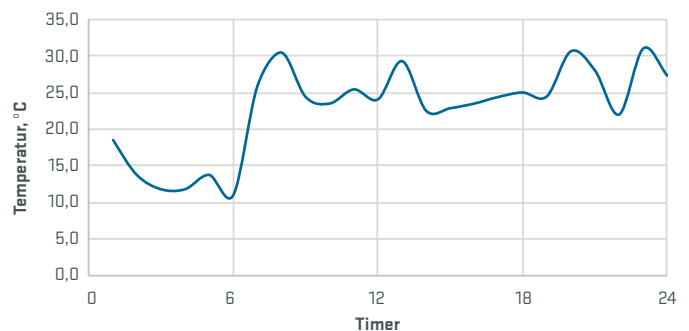
### TYPISK FLOWFORDELING AF VANDFORBRUG



Afledningen af spildevand følger i store træk vandforbruget og er størst om morgenen og om aftenen pga. bad og madlavning/opvask.

Kilde: Norconsult AS

### VURDERET SPILDEVANDSTEMPERATUR



Ud fra litteraturstudier af internationale erfaringer vurderer projektgruppen, at gennemsnitstemperaturen på spildevandet fra en etageboligejendom ligger på 28-30 °C. Temperaturen er højst i dagtimerne, hvor vandforbruget også er størst

## EFFEKT:

Generelle erfaringstal for energiforbruget i bygninger vidner om, at ca. en femtedel af varmekonsumet anvendes til at producere varmt brugsvand. Det maksimale besparelsespotentiale for den nyudviklede løsning kan på det grundlag opgøres til ca. 21.600 GWh/år. Det er dog projektgruppens vurdering, at det formentlig kun er i knap en tredjedel af etageboligerne, at varmegenvindingssystemet kan installeres på en simpel og omkostningseffektiv måde.

Til gengæld er det et meget attraktivt energibesparende virkemiddel, fordi det ikke forudsætter indgreb i de enkelte boliger og ikke indeholder de risici for indeklimaet og udfordringer for bygningens arkitektoniske udtryk, som ofte er forbundet med efter-

**GENVINDINGSSYSTEMET GØR DET MULIGT AT REDUCERE ENERGI-FORBRUGET TIL VARMT BRUGSVAND, DER ELELRS KOMMER TIL AT UDGØRE EN VOKSENDE ANDEL AF VARMEFORBRUGET I NYE OG ENERGIRENOVEREDE BYGNINGER.**

isolering. I nybyggeriet kan systemet på en omkostningseffektiv måde bidrage til at overholde de skærpede energikrav i BR 2015. Tilbagebetalingstiden er attraktiv, når man tager beboernes samlede boligudgifter i betragtning. Udgiften til varmt brugsvand betales særskilt som en del af varmeregningen, som økonomisk dårligt stillede beboere kun undtagelsesvist kan få tilskud til, mens udgiften til installation afskrives over ejendommens driftsbudget og betales over huslejen, som der kan gives boligtilskud til.

I den almene boligsektor vil der desuden være mulighed for at få dækket en del af anlægsudgiften over midler fra Boligselskabernes Landsbyggefond, fordi der er tale om et energi- og miljømæssigt forbedringsprojekt. Foruden det danske hjemmemarked, som projektgruppen har beregnet til ca. 30.000 anlæg, er der et meget større europæisk eksportmarked, som vil udvikle sig i takt med, at EU's medlemslande skal leve op til skærpede krav om energieffektivisering.



### Projektledelse:

Peter Weitzmann  
COWI A/S  
Parallelvej 2  
2800 Lyngby

E-mail: pewe@cowi.dk  
Telefon: 56 40 23 97  
Web: www.cowi.dk

### Projekt:

Titel: Varmepumper i eksisterende  
bebyggelse – Fase 1a  
Nr. 345-046  
PSO Program 2013  
Budget i alt: 898.212 kr., hvoraf 599.998 kr.  
i tilskud fra Dansk Energi  
Tidsplan: 01.03.2013-31.03.2015

### Program-koordinator:

Forskningskoordinator Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi  
Rosenørns Allé 9  
1970 Frederiksberg C.

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

*Forsidefoto: I Brabrand Boligforenings nye bebyggelse Havnehusene kan det nyudviklede varmegenvindingssystem for spildevandet afprøves i 5 brønde med varierende design for at få testet de parametre, der kan skabe det optimale systemdesign. Bebyggelsen projekteres af Luplau & Poulsen Arkitekter.*

**COWI**



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**

**ELFORSK**

*Projektets første pilotanlæg testes i Brabrand Boligforenings afdeling Skovgaardsparken, hvor det lokale driftspersonale har bidraget meget entusiastisk til forsøget. Foto: COWI*

## HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

De praktiske driftserfaringer fra fase 1a-pilot-anlægget i Skovgaardsparken har vist, at konceptet lever op til projektgruppens forventninger, selv om de første forsøg med varmeveksler af plast har været generet af specielle eksterne påvirkninger. Det er således projektgruppens vurdering, at en hullet kloakledning har medført indtrængen af sand i pumpebrønden. En anden driftsudfordring har været fedtaflejring fra spildevandet i brønden, der helt som forventet har reduceret varmeoverførslen i veksleren og dermed reduceret systemets virkningsgrad.

Det bliver derfor en vigtig opgave at afprøve, hvordan denne udfordring bedst håndteres under faktiske driftsforhold, da effekten af denne form for tilsmudsning (fouling) er meget vanskelig at beregne og derfor skal kortlægges gennem målinger.

På den baggrund har projektgruppen søgt Dansk Energi om projekttilskud til en fase 1b. Her er det planen at teste to forskellige udviklingsspor. Det ene udgøres af en videreudvikling af den

eksisterende brønd i Skovgaardsparken, det andet er en ny type præfabrikeret varmeoptager, der nemt kan installeres i en ny eller eksisterende brønd, og som med lidt varierende design skal afprøves i fem brønde i Brabrand Boligforeningens nye boligafdeling Havnehusene, der er under opførelse. I denne fase vil der være særligt fokus på fouling på den udvendige side af varmeveksleren og den selvrensende sis funktionsdygtighed.

Herefter er det tanken, at varmegenvindingssystemet skal demonstreres i større skala og produktmodnes til industriel prækvalifikation for yderligere at forenkle installationen. På det grundlag forventer projektgruppen, at der vil være et godt grundlag for udbredelse både på det danske hjemmemarked og det europæiske eksportmarked, hvor systemet kan bidrage til at realisere strategier for reduktion af energiforbruget i bygninger ifølge EU's energieffektiviseringsdirektiv.