



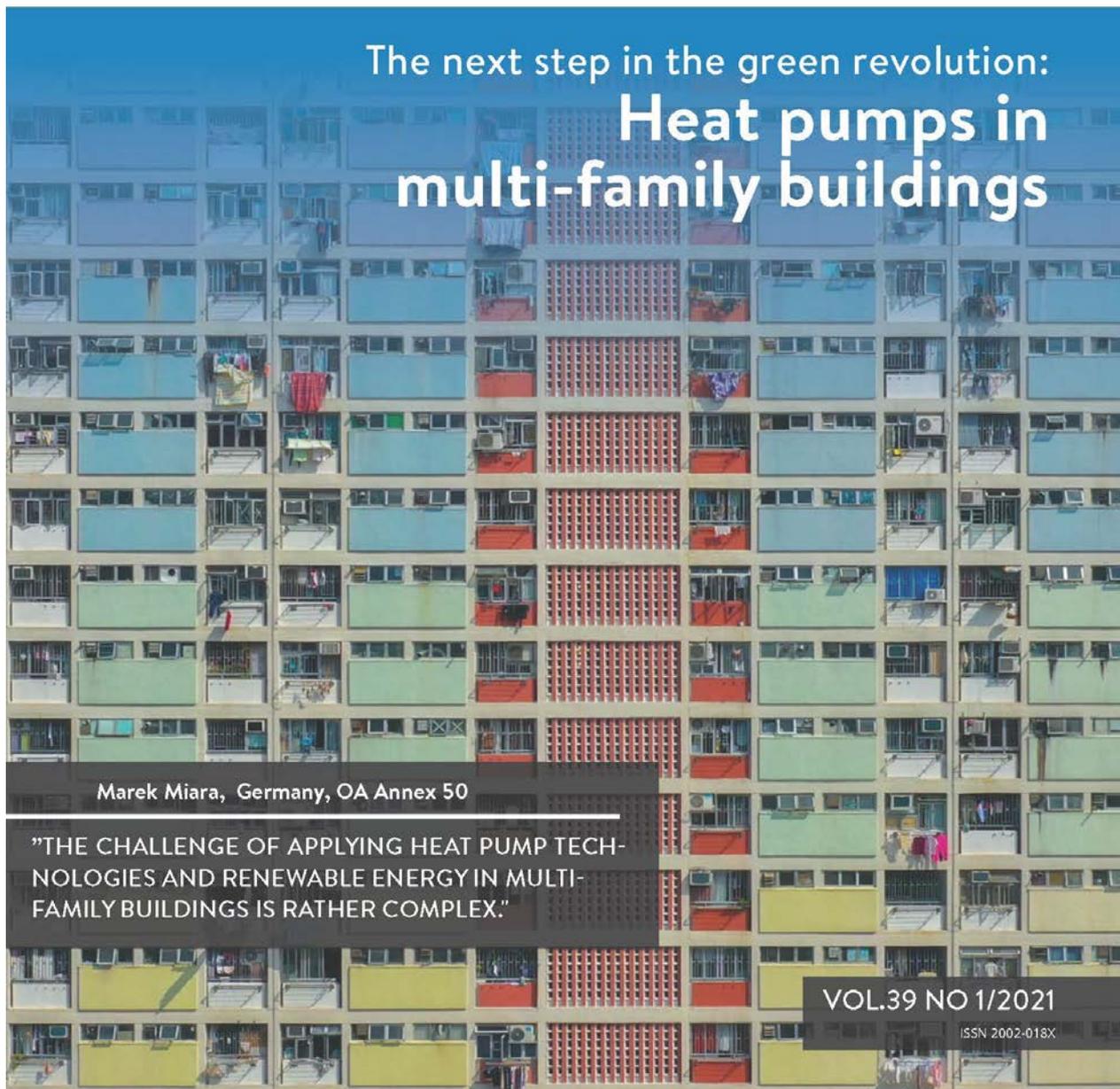
IEA HPT Magazine No 1/2021



国内版第 50 号 (2021 年 7 月 一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター発行)

# Heat Pumping Technologies MAGAZINE

A HEAT PUMP CENTRE PRODUCT



HPT マガジン国内版は、ヒートポンプセンター (IEA HPT TCP の事務局、在スウェーデン) が発行する IEA Heat Pumping Technologies MAGAZINE を日本語要約したものです。原文の IEA HPT MAGAZINE は、ヒートポンプセンターのホームページ <https://heatpumpingtechnologies.org/the-magazine/> からダウンロードが可能です。

# ヒートポンプ技術 マガジン

VOL.39 NO.1 / 2021

この号では・・・

HPT Magazine のこの号は、集合住宅におけるヒートポンプの可能性に焦点を当てています。特集記事ではヒートポンプの推進要因と阻害要因について記載しており、レトロフィットプロジェクトのいくつかの側面についても詳しく取り上げています。

私たちは将来のエネルギーシステムが今日のものとは異なることを認識しています。化石燃料を再生可能エネルギーに置き換えエネルギーシステムを転換しなくてはなりません。そしてその移行においてヒートポンプは、個別としても、システムとしても重要な構成要素となります。

この号では、大きく、非常にユニークなフィンランドのヒートポンプ市場について記載しています。数種類の建築物においてヒートポンプの重要性が高まってきており、再生可能エネルギーを生み出すという重要な役割を果たしています。

コロナウイルスやその影響との戦いは、私たちのほぼ全ての活動に影響を及ぼし、時間とともに国をまたいだ様々な形の制限が続いています。私たちはそれに合わせて行動や計画を変えています。こうした対応の一つとして韓国の済州島で開催される第13回 IEA ヒートポンプ会議をハイブリッド方式の会議へと変更しています。

それではお楽しみください！

Sara Skärhem, 編集者

ヒートポンプセンター

ヒートポンプ技術協力プログラム ( HPT TCP ) のコミュニケーション活動の中心

- 3 まえがき：集合住宅におけるヒートポンプ  
Marek Miara
- 4 コラム：ヒートポンプを活用した技術の多様化へ  
齋藤 潔 氏
- 5 ヒートポンプ技術のニュース
- 7 ヒートポンプ技術協力プログラム 進行中の Annex

## 特集記事

- 15 集合住宅のヒートポンプ 推進要因と阻害要因  
Odile Cauret
- 18 集合住宅のヒートポンプ改修プロジェクト  
-障害物レース  
Nicole Calame
- 22 集合住宅のヒートポンプシステムの分類  
Marek Miara
- 24 マーケットレポート  
フィンランド：ヒートポンプ市場の見通し  
Jussi Hirvonen
- 27 イベント
- 28 ナショナルチームの連絡先

Copyright:  
© Heat Pump Centre

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or

Published by Heat Pump Centre  
c/o RISE - Research Institutes of  
Sweden, Box 857, SE-501 15 Borås,  
Sweden

Disclaimer HPC:  
Neither the Heat Pump Centre, nor  
any

makes any warranty or representation, express or implied, with respect to the accuracy of the information, opinion or statement contained herein; assumes any responsibility or liability with respect to the use of, or damages resulting from, the use of this information

All information produced by Heat Pump Centre falls under the jurisdiction

Publisher:  
Heat Pump Centre  
P.O. Box 857, S-501 15  
BORÅS SWEDEN  
Tel: +46-10-516 53 42  
[hpc@heatpumpcentre.org](mailto:hpc@heatpumpcentre.org)

[www.heatpumpingtechnologies.org](http://www.heatpumpingtechnologies.org)

Editor in chief: Monica Axell  
Technical editors: Caroline Haglund Stignor, Tommy Walfridson, Martin Larsson, Sara Skärhem, Johanna Gisslén, Kerstin Rubenson,  
- Heat Pump Centre.

ISSN 2002-018X

<https://doi.org/10.23697/ea75>

まえがき

## 集合住宅におけるヒートポンプ

気候変動が喫緊の課題であることに疑いの余地はありません。また、将来への影響を軽減するために、温室効果ガスの排出量削減という断固たる行動をとる必要があるということも間違いありません。気候変動の悪影響を増幅させる CO2 の大きな排出源の 1 つが住宅の冷暖房需要です。

ヒートポンプを化石燃料技術の代替として使用することにより、冷暖房分野の CO2 排出量が大幅に削減されています。ヒートポンプは特にヨーロッパのいくつかの国で既に新築戸建て住宅におけるナンバーワン技術となっています。この傾向をさらに継続、発展させる必要があります。



集合住宅におけるヒートポンプ導入の良好事例は存在するものの、新築でも既築でもまだあまり注目されていません。しかし、現在の人口動態は高密度な都市へと向かう傾向が続いており、集合住宅はますます重要になっています。

この観点から、新築および既築の集合住宅へのヒートポンプ導入に最適なソリューションを見出して提供することの必要性は非常に大きいです。

ヒートポンプ技術と再生可能エネルギーを集合住宅に適用する上での課題はかなり複雑です。多くの場合、導入の成功を妨げるのは技術的な障壁だけではありません。例えば、所有権の状況は国によって異なります。集合住宅の所有権が地方都市、コミュニティあるいは住宅会社にある国もあれば、所有権が私有であり個々のアパートに分割されている国もあります。

集合住宅にはさまざまな熱需要特性があります。第一に、熱需要全体に占める温水熱需要の割合は建築基準や気候の違いにより異なります。第二に、暖房システムの温度水準はこれらの要因に加え、設置されている熱搬送システムからも影響を受けます。こうした熱需要特性の多様性が集合住宅により広くヒートポンプを導入する上での課題となります。

HPT Magazine のこの号では Annex 50 「集合住宅ビルのスペース暖房および DHW 用ヒートポンプ」から 3 つの特集記事を取り上げています。参加国の概要から既存建物へのヒートポンプ導入に関するスイスの個別の成功事例に至るまで、Annex 50 内で進行中の活動の結果を紹介します。記事の 1 つでは、可能性のあるソリューションの一般的分類、個々のソリューションの詳細説明、そしてオンラインデータベースを用いて実現される導入システムの可視化を含む Annex50 の全体的アプローチについて述べています。

この号が皆さんにとって楽しく有益なものでありましたら幸いです。

**Marek Miara**

Annex 50 OA

Business Developer Heat Pumps at Fraunhofer ISE, Germany

## ヒートポンプを活用した技術の多様化へ

2050年までに温室効果ガス排出量半減を目指す世界的な要請の中で、科学技術はこの難題にどのように立ち向かうべきなのか大きな課題を突き付けられています。日本では、2020年10月には、菅総理の所信表面演説で2050年までに完全なる脱炭素社会の実現を明言しました。産業界では、これまでのビジネスモデルや戦略を根本的に変える必要があり、政府としても大胆な変革やイノベーションを起こす民間企業の前向きな挑戦を全力で応援することを宣言しています。

ヒートポンプ関連技術は、省エネルギーを実現する冷温熱制御技術として冷凍、空調、給湯、産業技術へと広く応用されてきました。その用途はさらに広がるばかりであり、日本においては、すでに600万台を超えるCO<sub>2</sub>を冷媒とした家庭用ヒートポンプ給湯機が市場投入されました。このような脱炭素実現へ向けて動き出した厳しい状況の中でも引き続き省エネルギーだけではなく、経済をもけん引できる優れた技術として普及していくことでしょう。

ヒートポンプ技術は応用範囲も広く、単なる冷温熱制御技術ではなく湿度を制御することにも応用できます。日本や熱帯気候地域のような夏季に多湿となる地域では、除湿をすることにより、快適性を維持することができます。湿度が下がる冬季には加湿をして湿度を維持することにより、風邪やウイルス感染を予防することも可能とされています。湿度を制御する方法としてはデシカントを用いる方法があります。デシカントを用いたデシカント空調システムは、固体や液体のデシカントによって空気中の水分を吸脱着することにより、湿度管理が可能となります。このシステムを駆動するためには、吸着プロセスの冷却と、脱着のための加熱が同時に必要です。この加熱、冷却プロセスをヒートポンプ一台で行わせることによって、極めて高性能なシステムを構築することが可能となります。これがハイブリッド調湿空調システムです。このシステムは、換気量が増えても高効率な空調が可能なることから、コロナ感染対策技術としても期待されています。

従来、デシカントとしては、固体のシリカゲルや液体としての塩化リチウムが用いられてきました。液体のデシカントを用いた液式の方が熱力学的にも高効率サイクルを構築することが容易ですが、一般的に用いられてきた塩化リチウムは強い腐食性があり、過去には、除加湿された空気にキャリーオーバーし、金属製の建築資材等を腐食する大問題を引き起こし、一旦はほぼ市場から姿を消していました。一方で、私どもの研究グループでは、腐食性がないイオン流体を開発し、改めて液式のデシカント空調システムが一気に注目されるようになりました。我々は、このようなイオン流体のデシカント空調システムと環境負荷のない水を冷媒とするターボ冷凍機を複合することにより、ハイブリッド調湿空調システムを開発しました。このシステムによってCOP7.9を達成することを実証しました。また、様々な用途でこのハイブリッド調湿空調システムを導入した際の導入効果を我々が開発した汎用エネルギーシステム解析シミュレーター「Energy flow+M」によって、解析したところ、地下鉄駅のような潜熱変動が多い用途では年間で60%を超えるCO<sub>2</sub>排出量削減すら可能であることを確認することもできました。

以上のようにヒートポンプ技術は、省エネルギー技術を超えて、感染対策技術のような応用展開もなされ始めています。このようにヒートポンプが作る新たな世界は、まだまだ始まったところです。多様な展開が可能な技術として多様な分野へ応用、発展していくことが期待されます。

齋藤 潔  
教授

基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科  
早稲田大学、日本



## 第13回 IEA ヒートポンプ会議 グリーンな世界に向けての使命

第13回 IEA ヒートポンプ会議 (HPC2020) は HPT Magazine 前号でご案内の通り 2021 年 4 月 26~29 日に開催されます。会場は韓国のラマダプラザホテル済州です。



第13回 IEA ヒートポンプ会議は当初予定より1年遅れての開催となります。コロナウイルスの発生により会議はオンライン・オンサイトのハイブリッドイベントとして開催されます。オンサイト会議は韓国ラマダプラザホテル済州で行われます。今回の会議は国際エネルギー機関 (IEA) ヒートポンプ技術協力プログラム (HPT TCP) が開催する一連の会議の13回目にあたります。アジアで開催される4回目のヒートポンプ会議であり、韓国では初めての開催です。

第13回 IEA ヒートポンプ会議は、ヒートポンプの最新の技術開発について議論し、関連技術に関する市場、政策、基準の情報についての貴重な知見を交換するフォーラム機能を果たします。会議では国内外企業の製品や技術に関する情報を共有する展示会が開催されます。

論文募集の結果、206 を超える質の高い論文が投稿されました。高い質を保証するため、論文は技術委員会による評価、審査、査読が行われました。発表は口頭またはポスターで行われます。テクニカルセッションでは、参加者は多くの最先端のプレゼンテーションを聴講することができます。

オンライン参加者には、会期より長い期間にわたってプレゼンテーションを視聴できるオンライン会議プラットフォームが提供されます。登録者は第13回 IEA ヒートポンプ会議の全ての内容に4月18日から5月1日まで、いつでもどこでもオンデマンドでアクセスできます。

[hpc2020.org](http://hpc2020.org) でプログラムを参照してください>

## 冷房は暖房の未来か？-IEA の解説

2020年12月、IEAはアナリストThibaut AbergelとChiara Delmastroによる解説を発表しました。この解説は高効率ヒートポンプ技術が持続可能な建築物の土台であるとの言及から始まります。冷房と暖房のシステムは建築物運用時の2大エネルギー消費であり、予想される冷房需要の大幅な増加は建築物熱分野の脱炭素化という課題の背後に“冷たい”危機として迫っています。

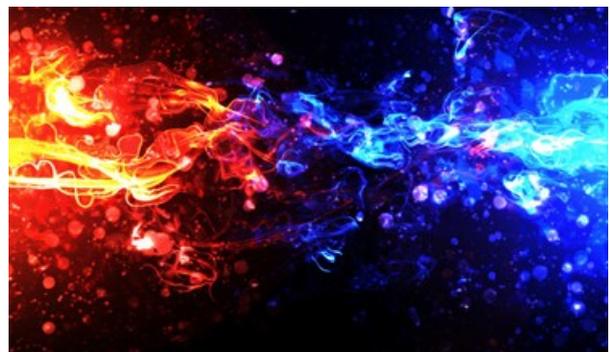
この記事では、建築物の冷暖房の低炭素化には共通の戦略が必要であり、世界人口の3分の1が冷暖房両方にヒートポンプを必要とすることが指摘されています。著者らは冷房と暖房の戦略の相乗効果を活かしたコスト削減を推奨しており、これによってより高効率な冷暖兼用ヒートポンプの導入を加速し、化石燃料設備の段階的廃止を促し、結果として建築物セクターの脱炭素化目標の達成に寄与するとしています。特に暖房用ヒートポンプの売上高は2030年までに3倍になり長期的に主要な技術になる必要があります。「持続可能な開発シナリオ」ではヒートポンプが住宅用と業務用の両方で2050年までに暖房機器ストックの50%以上に達するとしています。

このレポートでは多くのヒートポンプ技術設計が既に市場展開可能であると述べられていますが、建物の種類、消費の需要パターンおよび気候条件の多様性により、様々な動作環境に適応するための更なる強化が求められています。そのため、ヒートポンプの導入加速には技術革新が不可欠です。

著者らは、政府が低炭素な冷暖房の鍵を握っていると結論付けており、導入促進には以下の手段の実行が必要としています。

- » 低炭素暖房技術へのインセンティブ
- » 実性能に基づくラベリング
- » 化石燃料に対する補助金の廃止

[iea.org](http://iea.org) で完全な解説を読む>



## HPT TCP に 2 つの Annex が加わりました!

## ANNEX

## 57

## 多重エネルギーシステムと熱供給網へのヒートポンプ導入による柔軟性

新しい Annex 57 では、地域冷暖房システムへのヒートポンプの導入に焦点を当て、これらの市場におけるヒートポンプのソリューションの可能性と障壁を明らかにします。この Annex では、熱供給網と電力網において考えられる柔軟性を研究します。

世界的にエネルギー利用効率の向上と再生可能エネルギーの使用拡大に政府が注力していますが、これらは化石燃料依存度の低下と温室効果ガス排出量の削減につながります。（国連 SDGs 目標 7「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」）

IEA ヒートポンプ技術協力プログラムの目的は、エネルギー安全保障を確保し、既設・新設のエネルギーシステムや建築物において技術の応用を実証することにあります。もう 1 つの目的は、冷暖房における新たな分野横断的かつ手ごろなソリューションであり、この点でヒートポンプ技術は他の技術協力プログラムとのコラボレーションによってエネルギーシステムの省エネ、柔軟性、応答性を実現できる重要な要素となります。

2019 年 3 月に終了した Annex 47「地域冷暖房システムのヒートポンプ」では地域暖房グリッドにおいてヒートポンプが持つ既存のソリューションや技術に焦点が当てられました。この Annex ではヨーロッパの暖房需要の最大 50%が地域暖房（DH）でカバーでき、ヒートポンプが DH グリッドへのエネルギー供給の最大 25%をカバーできることが示されました。これはヒートポンプの可能性が大きいことを意味しています。Annex 47 はヒートポンプが様々な方法で DH グリッドに統合できることを示しており、これは損失の低減、効率の向上が可能であることを意味しています。

ヒートポンプの導入による地域冷暖房（DHC）システムおよびエネルギーシステム全体における廃熱・大気熱の活用と再生可能エネルギー利用拡大の可能性は、新しい Annex57 の重点分野の 1 つです。さらに、ヒートポンプの活用によってシステム損失を最小化することも目的です。この研究の結果、DHC システムにおけるヒートポンプ導入の可能性と障壁の概要が明らかになるでしょう。

## ANNEX

## 58

## 高温ヒートポンプ

ヒートポンプによる高温の熱供給にはかなりの可能性がありますが、多くの場合様々な課題に直面しています。その可能性を十分に活用するには、高温ヒートポンプが産業エネルギーシステムの中で、主要技術に位置付けられることが重要です。

この Annex は利用可能な技術と市場化に近い技術の全体像を示し、更なる研究開発実証の必要性の概要を明らかにします。高温ヒートポンプの影響力を最大化するために、この Annex では、ヒートポンプベースのプロセス熱供給コンセプトの開発とそれらコンセプトの実践によるプロセス統合についても検討します。

温室効果ガス排出量を削減するという世界的な目標の実現のためには、産業プロセス向けの化石燃料ベースの熱供給を大幅に削減することが必要です。2015 年のヨーロッパでは、プロセス加熱・冷却が産業部門最終エネルギー消費量の約 50%を占めていました。電気駆動ヒートポンプはシステム効率を高め、CO<sub>2</sub> フリーとなる可能性のある電力の使用によって温室効果ガス排出量を削減する有望な技術です。



Unsplash の Martin Adams による写真

Annex の全体的な目的は、技術的な可能性とアプリケーションの全体像を示すと同時に、ヒートポンプによるプロセス熱供給への移行のための概念と戦略を展開することにあります。その目指すところは本技術の可能性に対するメーカー、潜在的なエンドユーザー、コンサルタント、エネルギー計画者、政策立案者など様々な利害関係者らの理解を深めることにあります。加えて、この Annex は産業用アプリケーション向けのヒートポンプベースのプロセス熱供給への移行を促進、強化するための支援資料を提供することも目的としています。

## ヒートポンプ技術協力プログラム 進行中の Annex

HPT TCP 内のプロジェクトは、Annex として知られています。Annex への参加は、特定のプロジェクトの目的に関してだけでなく、国際的な情報交換によっても、国内の知識を高める効果的な方法です。Annex は期間限定で運営されており、目的は研究から新技術の導入までさまざまです。

|                                                  |    |                                                     |
|--------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------|
| nZEB のための<br>ヒートポンプの設計と統合                        | 49 | AT、BE、 <b>CH</b> 、DE、NO、SE、<br>UK、US                |
| 集合住宅ビルのスペース暖房<br>および DHW 用ヒートポンプ                 | 50 | AT、CH、 <b>DE</b> 、DK、FR、IT、NL                       |
| ヒートポンプの音響学的特性                                    | 51 | <b>AT</b> 、DE、DK、FR、IT、SE                           |
| 商業、公共機関向けおよび<br>集合住宅用ビルにおける<br>GSHP システム性能の 長期測定 | 52 | DE、FI、NL、NO、 <b>SE</b> 、UK、<br>US                   |
| 高度な冷却 / 冷凍技術開発                                   | 53 | CN、DE、IT、KR、 <b>US</b>                              |
| 低 GWP 冷媒<br>ヒートポンプシステム                           | 54 | AT、DE、FR、IT、JP、KR、SE、<br><b>US</b>                  |
| 快適性と気候ボックス                                       | 55 | AT、BE、CA*、CH*、CN、DE、<br>IT、 <b>NL</b> 、SE、TR*、UK、US |
| ヒートポンプのための IoT                                   | 56 | <b>AT</b> 、CH、DE、DK、FR、NO、<br>SE                    |
| 多重エネルギーシステムと<br>熱供給網への<br>ヒートポンプ導入による柔軟性         | 57 | <b>DK</b> 、NL                                       |
| 高温ヒートポンプ                                         | 58 | AT、CA、 <b>DK</b> 、DE、FR、NO                          |

\*) エネルギー貯蔵技術協力プログラムから参加



NEW



FINALIZED

ヒートポンプ技術協力プログラムの参加国は次のとおりです。

オーストリア (AT)、ベルギー (BE)、カナダ (CA)、中国 (CN)、デンマーク (DK)、フィンランド (FI)、フランス (FR)、ドイツ (DE)、イタリア (IT)、日本 (JP)、オランダ (NL)、ノルウェー (NO)、韓国 (KR)、スウェーデン (SE)、スイス (CH)、英国 (UK)、および米国 (US)。

**太字の赤い文字**はオペレーティングエージェント (プロジェクトリーダー) を示します。

ANNEX

49

## nZEB のための ヒートポンプの設計と統合

EU は建築物のエネルギー性能に関する指令（EPBD）の改定により、2021 年 1 月 1 日以降に建築される全ての新築建築物を nZEB とするよう義務付けています。米国、カナダ、そして日本と中国では nZEB の目標が 2020 年から 2030 年にかけて導入される予定です。しかしながら、EPBD では nZEB の詳細な定義が各加盟国に委ねられているため、現在 nZEB の定義は評価基準、測定方法、基準値の点で異なっています。EU 加盟国間の比較も、気象データと内部負荷に関する計算方法や境界条件の差異によって困難となっています。定義が異なることで、nZEB 向けに標準化したシステムソリューションの開発も難しくなっています。

nZEB という高い性能レベルの達成には、建築物とシステム技術双方の高い性能と、建物内または近隣の再生可能エネルギー生産が求められます。このように nZEB 建築技術は設計者、企業、暖房業界その他の利害関係者が高い性能要件を満たす上で欠かせないソリューションです。また、政策立案者が要件を決定する上では実際の建物の性能データが必要となります。

ヒートポンプは独自の特徴により、既に nZEB にうまく適用されています。暖房負荷の低い高性能な建築物ではヒートポンプの期間成績係数が高くなり、費用対効果の高い nZEB が可能になります。さらに nZEB では給湯負荷の割合が高くなり、冷房/除湿需要が追加的に生じる可能性があります。ヒートポンプは単一の設備で給湯と冷房の組み合わせなど建築物の全ての負荷を同時にまかなうことができます。したがって、統合されたヒートポンプは nZEB においてより高い性能を発揮します。更にヒートポンプは再生可能エネルギー電力の自家消費を増加させ、蓄熱やスマート制御を用いて電力システムを支える受給調整力の可能性の扉を開くことができます。Annex

49 は nZEB へのヒートポンプ適用について調査しました。Annex は様々な側面を取り扱う 4 つのタスクで構成されています。

タスク 1 では、参加各国の nZEB 導入状況とヒートポンプ適用状況を分析し、導入された nZEB の比較方法を詳しく検討しました。

タスク 2 では、蓄熱との統合だけではなく、ヒートポンプを使った様々な建物のサービスを提供するための統合された選択肢を検討しました。これには建物での再生可能エネルギー生成とヒートポンプシステムとの統合も含まれます。

タスク 3 では、15 を超える nZEB の部分的な長期モニタリングを基に nZEB におけるヒートポンプの実際の運転を評価しました。例えば図 1 は 5 階建てのエネルギー収支プラス建築物、図 2 は Annex 49 でモニタリングを行った、公営住宅会社 NTH によって建てられた 2 軒のパッシブハウスのプレミアム認証を受けた集合住宅です。ヒートポンプを備えた他の住宅用・非住宅用 nZEB をモニタリングしており、数年前から行っているものもあります。

さらに Annex 49 内では、給湯と冷房/除湿機能を持つコンパクトで高度に統合された試作機もいくつか開発され、試験が行われてきました。図 3 に示す太陽光発電駆動の冷暖房用ファサード組込型試作機がグラーツ工科大学の熱工学研究所（IWT）で開発されました。オークリッジ国立研究所（ORNL）では様々な統合型ヒートポンプ（IHP）システムが開発されています。図 4 は空気熱源の試作機です。地中熱システムは既に上市済みです。

タスク 4 では、モニタリングしたシステムのシミュレーションや nZEB におけるヒートポンプの統合、設計、制御に関するその他のシミュレーションの研究によって詳細な分析を行いました。



図 1：Annex 49 でモニタリングした、スイス ヴェッツィーコンの 5 階建てのエネルギー収支プラス建築物（出典：arento AG）。



図 2：公営住宅会社 NTH（出典：NTH）によって建てられたインスブルック フェゲレビヒルのパッシブハウス・プレミアム認証の集合住宅。Annex 49 によりインスブルック大学で 4 年間に亘りモニタリング・シミュレーション研究が行われた。

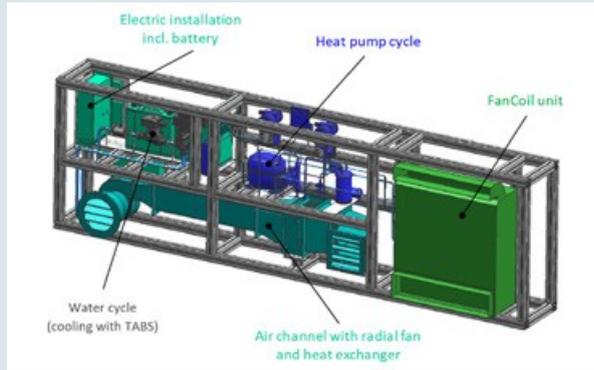


図3：太陽光発電駆動の冷暖房用ファサード組込型試作機  
(出典：グラーツ工科大学 熱工学研究所)

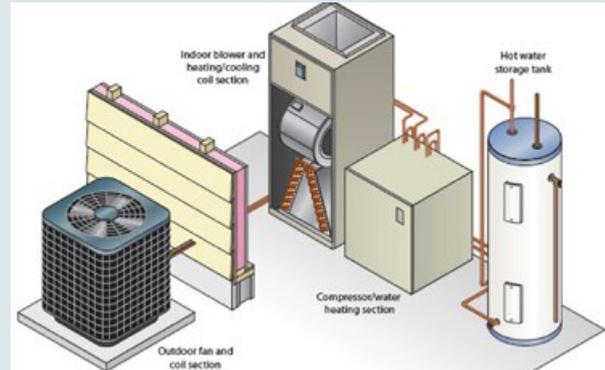


図4：ORNLの統合ヒートポンプ（IHP）開発  
冷暖房および給湯、除湿の機能が統合されている

焦点の1つとして、nZEBの熱バランスの実現に必要なシステム構成と部品設計があります。これは比較的大きな住宅・非住宅建築物で課題となります。タスク4では、システム技術を用いて太陽光発電の自家消費とデマンドレスポンスを増加させるため、自家発電との統合についても調査しました。このタスクは、将来に向けた開発として高性能多機能試作機とともに、nZEB用ヒートポンプシステムに向けたソリューションのフィールド実証・最適化を目的としていました。さらに、部品の設計、制御、統合に関する提案が行われました。

### 目的

- » 多機能運転や受給調整を目的としたヒートポンプと蓄熱など他の建築技術との統合；
- » 参加国でのnZEBモニタリングによる実性能の特性評価。一部、建物・ヒートポンプ性能最適化のためシミュレーションを実施；
- » 性能到達とコスト削減の観点からの、住宅・オフィスビルにおける様々な用途のヒートポンプシステムの設計および制御；
- » 統合ヒートポンプシステムとその試作機開発・試験ならびに戸建て住宅や大規模なnZEBにおけるヒートポンプの設計と制御に向けた提言

### 会議と最終報告

IEA HPT Annex 49は2020年に終了しました。2020年2月下旬にブリュッセルで会議を開催し、最終結果とAnnex49最終報告書での発表について話し合いました。各Annexタスクに関する最終報告書は2020年末に完成し、2021年4月にIEA HPT Annex 49 Webサイトで公開される予定です。

### 結果

タスク3のモニタリング結果

Annex 49の15を超える部分的な長期モニタリングプロジェクトによりnZEBへの適用において、ヒートポンプの高い性能が確認されました。その結果、モニタリング対象建築物の中には各国の法的要件よりも高い設計目標値を持つものもあります。建物サービス全体で5.5もの高い期間成績係数が得られ、これにより高い費用対効果でのnZEB要件達成が容易になります。低温度差用に最適化されたシステムでは、暖房のみの運転時に月間成績

係数は最大で7を記録しました。nZEB要件は高性能の達成に向けて、より大きな建築物においてもヒートポンプ市場の推進力となる可能性があります。

ヒートポンプシステムが高性能である一方、モニタリングではnZEBやエネルギー収支がプラスといった意欲的なエネルギーバランスの基準達成が、建物での再生可能エネルギー生成のための面積に限られる大規模住宅・非住宅建築物においては困難であることも示しています。一部のプロジェクトでは、エネルギープラス収支という意欲的な目標は達成に至りませんでした。

図1の5階建て集合住宅では、2019年のモニタリング期間中、太陽光発電の余剰電力は40%と評価されましたが、この建物はこの期間中ほとんど入居がありませんでした。標準的な入居率の場合、余剰電力は電力と給湯の需要で相殺され、36kWの大規模なファサード組込型太陽光システムを追加しても、家電製品とコンセント負荷を含むnZEBの達成は困難です。

図2の2軒の集合住宅では、建築システムのモニタリングではnZEBに達していませんでした。しかし、4年間の測定データをもとにインスブルック大学の省エネルギー建築部門で詳細なシミュレーションモデルが作成されました。モデルを用いた最適化シミュレーションにより、システム技術に基づいたシステム構成の最適化によってエネルギー収支を達成できることが確認できています。ただし、家庭用電力を含めたトータルの収支達成のためには、外壁への再生可能エネルギー生成の組み込みが必要になるでしょう。図5に各種システム構成での検討結果を示します。

- » 図5に、太陽熱温水システムの有無および、屋上全面を用いた太陽熱温水システムを太陽光発電システムへ置き換えた場合を示す。
- » 図5に、ヒートポンプと暖房システムの直接接続（ケースA）および最適な過熱防止装置を設置した場合を示す（ケースB）。

タスク2とタスク4における設計と制御に関するシステム統合とシミュレーション研究

図5に示すモニタリングプロジェクトの最適化に加え、Annex 49はヒートポンプと蓄熱、蓄電の統合と制御に関

するシミュレーション研究を、一部モニタリングプロジェクトに基づいて実施しました。様々な研究の結果、ルールベースまたはより高度なモデル予測制御手法を用いたスマート制御によって自家生成再生可能エネルギーの自家消費を著しく増加させられることがわかりました。

エネルギー収支プラス戸建て住宅についての調査がブラウンシュヴァイク工科大学で行われました。5年間のモニタリングと蓄エネルギーとの統合の結果を図6に示します。モニタリング期間中の全ての年でエネルギー収支プラスが確認されました。この図は暖房給湯エネルギーのバッファーとしての温水タンクと電池を拡張した際の熱電両方のエネルギー貯蔵量の変化をまとめたものです。建物内での自家消費を増やし、グリッドとの融通を減らすことができます。このようにnZEBのヒートポンプは受給調整力を提供して電力網をサポートすることもできます。

グラーツ工科大学熱工学研究所のシミュレーション研究では、コンクリート埋込式床暖房や天井の冷暖房活用等の躯体蓄熱により、多少単純な制御手法でも受給調整力を高めることができることも確認されています。

ニュルンベルク工科大学のHerzo-Baseプロジェクトの8軒の戸建て住宅群ではデマンドレスポンスのための蓄熱デマンドサイドマネジメントについての調査も行われました。建物は暖房用の熱供給網で接続され、各建物には、個別の温水タンクユニットに蓄熱するためのブースターヒートポンプが分散設置されています。

中央に設置された2台の可変速ヒートポンプには、8軒の各戸建て住宅の屋上に設置された99kWの太陽光発電システムの負荷調整のために蓄電池と蓄熱槽が設置されています。太陽光自家発電の自家消費は、電気と熱の両方の蓄エネルギーとヒートポンプ制御によって増加する可能性があり、シミュレーションによってグリッドとの融通量の低減が確認できます。ルールベースの制御手法

は可変速ヒートポンプの運転を調整し、太陽光発電量が多い際は中央の蓄熱槽と分散設置された温水蓄熱槽を高温に湧き上げ、発電量が少ない時に放熱します。図7に、1~3月の冬期シミュレーションの評価結果を示します。太陽光発電の直接消費を最大21%増加でき、それによりバッテリーへの充電を10%、グリッドへの逆潮流を11%減少できます。その結果、系統への負荷のピークを最大24%削減し、グリッドとの融通も少なくできます。進行中の調査では、モデル予測制御(MPC)を使用したより高度な制御手法も評価中です。

**結論**

統合ヒートポンプはnZEBへの適用において、また標準的なシステムとしてのnZEBの確立において、好ましいシステム技術です。Annex49での15を超える住宅・非住宅建築物での長期モニタリングによって高い性能値が確認されています。しかし、より大きな建築物のモニタリングプロジェクトでは、ネットゼロやエネルギープラス収支のような高いエネルギー目標の達成は依然困難であり高いシステム性能が求められるということも確認されていました。このように、nZEBの導入は、高いエネルギー目標の達成に向けて、より大きな建築物でもヒートポンプ市場の推進力になる可能性があります。暖房、給湯、そして必要に応じて冷房/除湿といった全機能を有する高度に統合されたAnnex 49のヒートポンププロトタイプでは、更なる性能向上と、夏季冷房中などに太陽光自家発電を用いた部分的なエネルギー自給運転ができることが確認できました。nZEBの自家再生可能エネルギー生産により、ヒートポンプは自家発電や電力系統とも相互作用します。併せて行われたシミュレーションでは、ヒートポンプと蓄電、蓄熱との統合によって建物内でのデマンドレスポンスと融通電力量の削減が可能になることを確認しています。これにより、nZEBのヒートポンプはより再生可能で持続可能なエネルギー生成とより柔軟性のある電力網の大きな支えとなることができます。

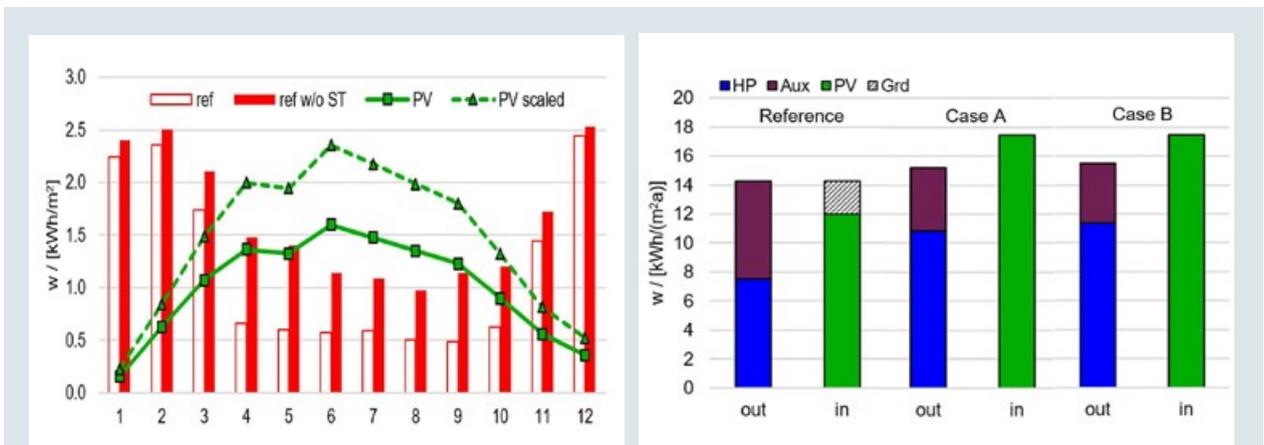


図5：図2に示したモニタリング対象nZEB集合住宅2軒における運転改善に向けた各種システムの検討結果

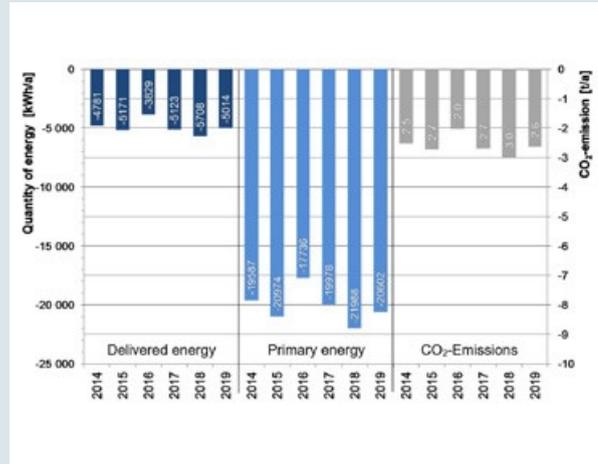


図6：エネルギー収支プラスの戸建て住宅におけるモニタリング結果および太陽光発電自家消費と電力系統サポートに関連した各種蓄エネルギーとの統合と制御の検討結果（出典：ブラウンシュヴァイク工科大学 建築・太陽光技術研究所）

将来の展望としては、nZEBの義務化が地域や既存建築物にも広がり、ヒートポンプの市場機会がもたらされます。欧州各国は、既存建築物でのエネルギー消費量をほぼゼロにすることや、研究で想定しているようなエネルギー収支がプラス、カーボンニュートラルな地区や都市を目指したソリューションの開発が求められています。Annex 49の成果はこれらの将来課題に対するヒートポンプ技術の重要性を確認し、将来の持続可能なエネルギーシステムと建築物環境に向けた重要な技術としてヒートポンプの役割を強調しています。

出版物

Wemhoener, C. (Editor)

HPT TCP Annex 49 - Design and integration of heat pumps for nZEB, Final Report HPT TCP Annex 49, HPT TCP, December 2020

Wemhoener, C., Ochs, F., Betzold, Ch., Dentel, A. Heat pump integration for nZEB - results of IEA HPT Annex 49, 13th IEA Heat Pump Conference, Jeju (KR), 26-29 April 2021

Annex ウェブサイト

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex49/>

連絡先

Carsten Wemhoener、OST-東スイス応用科学大学  
carsten.wemhoener@ost.ch

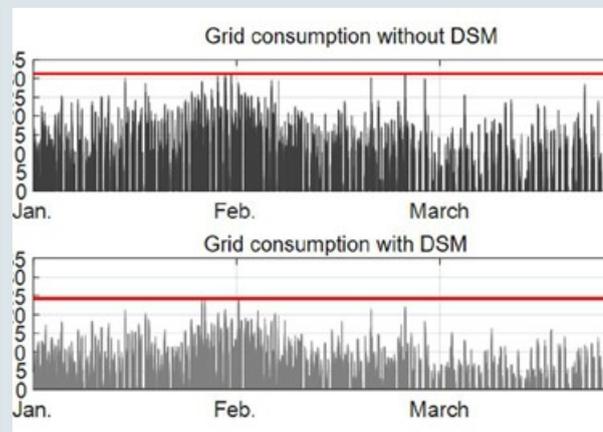
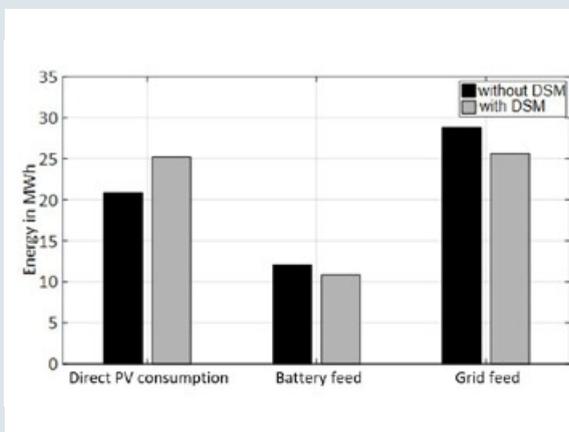


図7：Herzo-Base プロジェクトにおけるルールベースの制御による太陽光発電自家消費量、バッテリー・系統融通量の変化（左）と負荷ピークの削減（右）。

ANNEX  
51ヒートポンプの  
音響学的特性

## 序論

ヒートポンプの更なる採用拡大には運転音の低減が重要です。煩わしい騒音を最小化するためには、定常状態での運転音と様々な運転状態での音響特性の遷移的な挙動に、より焦点を当てる必要があります。音の放出は顕著な指向性を示すため、ヒートポンプの配置も非常に重要です。特に空気-水ヒートポンプは潜在的なエネルギー削減効果を引き出す上で利便性と効果が高く、既設のレトロフィットでよく使用されますが、圧縮機やファン等の騒音を発生する部品を持つため騒音の改善が重要になります。HPT Annex 51 メンバーはまず CETIAT (フランス)、RISE (スウェーデン)、DTI (デンマーク)、ISE (ドイツ) に集まり、その後2回、2020年3月18-19日と9月9日にオンライン会議を行いました。最終会議は、規定された成果物の公開に焦点を当てたもので、成果物は2021年半ばまでに HPT TCP Annex 51 の Web サイトからダウンロード可能となる予定です。

オーストリア科学アカデミーの音響研究所によって、Annex51 で用いられる試験設計へのインプットとなる音響心理学的な試験が行われました。まとめられた音響データセットは現在、音響心理学的聴覚テストを用いて分析されています。興味深い結果が資料にまとめられ、こちらも無料でダウンロード可能となる予定です。IEA HPT Annex 51 の結果を説明する最終ウェブセミナーを2020年11月30日に開催しました(図1)

## 活動成果

- » ヒートポンプの採用増加
- » 様々なレベルでの知見の蓄積
- » 国内および国際的な標準化機関への情報提供
- » 7 回の Annex 会議開催 (5 回の集合での会議 (2017年6月オーストリア ウィーン、2018年1月フランス リヨン、2018年6月スウェーデン ボロース、2019年1月デンマーク オーフス、2019年10月ドイツ フライブルク) と2回のオンライン会議 (2020年3月と2020年9月) )

- » モントリオール ICR2019 でのヒートポンプの音響特性に関するワークショップの開催と IEA HPT Annex 51 Web サイトでのプレゼンテーション公開。
- » 2020年11月締めくくりとなる国際ワークショップ (ウェブセミナー) の開催と会議記録の作成
- » ヒートポンプメーカーへの世界的な展開
- » 様々なレベル (部品、機器および使用レベル) の音響ガイドラインの作成と配布。

タスク 5.1 レポート「騒音影響に重点を置いたヒートポンプの設置」が AIT、グラーツ工科大学、DTI および IBP Fraunhofer で作成され、初版が HPT TCP Annex 51 のウェブサイトからダウンロード可能です。簡易計算ツールから2次元可視化、高度な音伝播計算ツール、そして完全な3次元の音伝播計算までにわたり、音圧レベル計算ツールを提供しています。ヒートポンプの仮想配置アプリ(図2)には、騒音源の計測、可聴化と音伝播の計算方法のほか、モデル化機能、マッピング、可視化と音響特性のためのハードウェア・ソフトウェアが入っています。複数台のヒートポンプの音の相互作用に関する分析について、テラスハウス団地を例に用いて詳細に説明されています。世帯毎に1台、棟ごとに1台、地域単位での暖房供給等いくつかのシナリオの検討が行われました。これらのシナリオに対しては、ペナルティポイントシステムを用いて、関心のあるいくつかの音の放出ポイント(窓や境界など)における最大音圧レベルを計算し、示しました。このレポートでは、機器配置、屋内外音伝播の分析、近傍表面における吸音の可能性の検討、そして、不適切な設置場所、屋上設置、近隣物件の開発、不適切な吸音対策、近隣でのユニット追加設置など、ヒートポンプの配置にあたってよく見られる「賢明でない」意思決定の数々が記載されています。

## Annex ウェブサイト

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex51/>

## 連絡先

Operating Agent is Christoph Reichl, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Austria.

christoph.reichl@ait.ac.at



図1: ウェビナー「ヒートポンプの音響学的特性 Annex 51 の Web サイトでオンラインで表示」。



図2: 拡張現実と音響アプリの一部 [出典: AIT, オーストリア]

ANNEX  
52

商業・公共施設および  
集合住宅向けビルにおける  
GSHP システム性能の  
長期計測

序論

大規模 GSHP システムの長期的な性能を注意深く計測し分析することは、研究者、実務者、建物所有者にとって非常に有益なツールとなります。高品質で長期的な GSHP システムの性能測定を分析した文献はあまり見られず、性能の評価と比較の主要な指標に関する統一見解はありません。

Annex 52 では GSHP システムの長期計測に関する文献がまとめられており、参加メンバーは 55 を超える GSHP システムの性能を測定中です。

この知見に基づき、本 Annex では大規模 GSHP システムの性能をより適切に特徴付けるため、現在の方法論を改訂しています。このシステムは幅広い機能を備えており、戸建て住宅用 GSHP システムよりもかなり複雑となります。拡張したシステム境界スキームを用いたケーススタディにより、世界中の同様の GSHP システムを比較する一連のベンチマークを提供します。このスキームは、複雑でない住宅用ヒートポンプシステム用に開発された SEPEMO システム境界スキームを更に発展させたものです。

本 Annex の成果は、建物の所有者、設計者、技術者が GSHP システムを評価、比較、最適化するのに役立ちます。また、計装および GSHP システム部品のメーカー、モニタリング、制御、および不具合検出/診断のツール開発者にとって有用な手引きとなります。このことは、エネルギーとコストの節約につながります。



図1：Annex 52 ではドイツの6つのGSHPシステムにおいて長期性能の分析が行われました。3つのシステムにはボアホール熱交換器が、3つのシステムにはエネルギーパイルが設置されています。

## 目的

- » 商業・公共施設および集合住宅向けビルを対象とした地中熱ヒートポンプシステム性能の高品質かつ長期的な計測値ライブラリの調査と作成。あらゆる種類の地中熱源と地中熱交換機を対象に含む。
- » 市場で見られる全ての機能を備えた商業・公共施設および集合住宅向けビルの地中熱ヒートポンプシステムの性能をより適切に特徴付け、世界中の地中熱ヒートポンプシステムを比較するための一連のベンチマークを提供できるように現在の手法を改良・拡張する。
- » 極力多くの GSHP システムの特性をカバーできるように SEPEMO プロジェクトのガイドラインを精査、拡張し、ガイドライン文書として正式発行する。

## 最近の進捗

HPT Annex 52 の最終年が始まり、7つの参加国のほとんどがケーススタディレポートを作成中です。SEPEMO スキーマをもとに、より複雑な GSHP 向けに発展させた Annex 52 で開発したシステム境界スキーマが Annex 52 の全ケーススタディで用いられています。ドイツでの6つのケーススタディ（3つにボアホール熱交換器、3つにエナジーパイルを使用）（図1）の性能分析が完了しました。これらのGSHPシステムは10年間の運転期間にわたり、モニタリングとその性能評価が、特に制御手法に重点を置いて行われてきました。ボアホールから直接冷熱を供給するGSHPシステムでは10を超える期間成績係数が達成され、いくつかのシステムは数年間100を超えました。

2つのガイドライン文書がほぼ完成しています。計装と測定ガイドラインと不確実性分析ガイドの草案はいずれも大幅に改訂、拡張されています。いずれの文書もケ

ースタディと将来の研究に有用です。SPF と COP 以外の主要な性能指標の収集と体系化が2020年に開始され、現在進行中です。

Annex でまとめた文献解題には現在、大規模GSHPシステムの長期性能モニタリングが行われ、何らかの形で期間成績係数が報告されている55を超える建築物に関する約80の出版物が含まれている。

2020年のパンデミックによりAnnex会議の調整に苦勞し、計測データの収集、現場への訪問に影響が出ました。また、Annexに関する論文やプレゼンテーションの公開も遅れました。発行済みの4つの学術誌論文に加え、Annex 52のケーススタディの結果を示す新たに公開された学術誌論文が2020年後半に発行されました。Liuら(2020)の学術誌論文ではスウェーデン・ヨーテボリのクラブハウスでの長期性能について記載しています。ここではGSHPの性能の評価と比較にSEPEMOとAnnex52の両境界スキーマが使用され、比較されています。研究では補助システム部品、特にレジオネラ菌保護システムがシステム全体の性能に大きな影響を与える可能性があるとする以前の研究結果がAnnex内で確認されています。

## Annex ウェブサイト

<http://heatpumpingtechnologies.org/annex52/>

## 連絡先

Signhild Gehlin, Swedish Centre for Shallow Geothermal Energy in Sweden.  
[signhild@geoenergicentrum.se](mailto:signhild@geoenergicentrum.se)

## INFORMATION

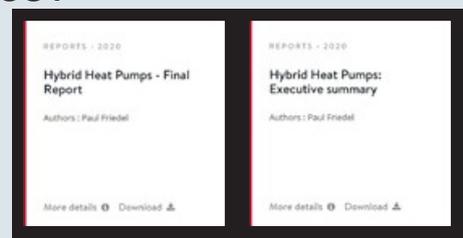
# Do you want to read more about the results and outcome of the HPT TCP Annexes?

### Welcome to the HPT TCP publications database

Here you find the results of the projects implemented by the Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies, HPT TCP, and Heat Pump Centre, HPC.

### Publication database:

<https://heatpumpingtechnologies.org/publications>



# 集合住宅のヒートポンプ 推進要因と阻害要因

Odile Cauret、フランス

ヨーロッパでは、住宅用ヒートポンプ市場がほとんどの国で数年間着実に成長してきました。しかし、建物のタイプによってこれにはばらつきがあります。ヒートポンプは新築の戸建て住宅では最もよく採用されるソリューションとなっている一方、集合住宅（以下、MFB）での市場規模は新築既築ともに依然として小さいままです。



[この記事ダウンロードして共有する](#)

ヒートポンプ技術協力プログラム Annex 50 は MFB に特化しており、MFB におけるヒートポンプ使用状況の明確化と MFB におけるヒートポンプ拡大のために克服すべき個別および共通の阻害要因の究明につながる、個別および共通の建物特性、技術的側面、規制方針の特定に向けて、参加 8 カ国からのデータ収集と分析を目指しています。

## 欧州の建築物におけるヒートポンプの位置づけ

全ての参加国で住宅用ヒートポンプの年間売上高は過去 10 年間、特に 2014 年以降、増加してきました。売上高の増加は、住宅市場への普及という視点で捉えることができます (P.16 図 1 参照)。つまり、好調な販売にも関わらずヒートポンプの普及が依然緩やかである場合もありますが、明らかにだんだん急速に進展してきており、程度の差こそあれ顕著な動きが見受けられます。

ただし、住宅の種類によって具体的な数値にはばらつきがあります。実際に、全ての参加国の既築の建築物全体の暖房システムに占めるヒートポンプの割合は数%から 10%とわずかです。MFB と戸建て住宅でヒートポンプの採用率に大きな違いがある (MFB で 1~7%、戸建てで 10~15%) オーストリア、スイス、フランスなど一部の国を除き、建物のタイプによるヒートポンプ採用率の差異は、既築の建築物においてはさほど顕著ではありません。

しかし、新築建築物においては戸建て住宅と MFB でヒートポンプ市場の拡大の度合いに顕著な差が見られます。オーストリア、フランス、ドイツなどの一部の国では、ヒートポンプは新築戸建て住宅で採用される暖房システムの約 50%以上を占めます。しかし、この割合は全ての参加国の新築 MFB で、程度の差こそあれ急速に増加しています。したがって、前述の 3 カ国で考えると、フランスではヒートポンプは新築集合住宅の暖房システムの 4~

5%に過ぎませんが、ドイツとオーストリアでは 20%以上に上ります。

## 推進要因：政策枠組み

全ての参加メンバーはヨーロッパ諸国を代表しています。スイスを除いて各国は同じ政策的状況に置かれており、建築物エネルギー性能、エネルギー効率、エネルギー関連機器の省エネ性能要件に関する主要な欧州指令を受けています。さらに、これらの国は CO2 排出削減、エネルギー効率、再生可能エネルギー利用に関する 2020 年、2030 年目標の影響を受けています。

目標達成に向けて、各参加国は再生可能エネルギーを促進し、建築部門のエネルギー消費量を削減するための個別の規制方針を構築してきました。各国で行われているあらゆる規制のうち 2 つの規制、すなわち新築建築物の規制と既築建築物へのインセンティブプログラムが暖房システム市場の主要な推進要因となっています。

ほとんどの国において建築物の規制は最大エネルギー消費量に基づいて行われてきました。計算に含まれる最大エネルギー消費量や用途は国毎に異なります。エネルギー需要を最小化するために躯体の性能要件が加えられている規制もあり、これによってエネルギー消費量削減に向けた躯体とシステム効率の両面での取り組みが促進されています。他には、エネルギー消費量の要件がより厳しいため躯体性能に関する要件が無くても結果的に両面での取り組みが求められるような規制も存在します。フランスは集合住宅に対する要件が戸建て住宅と異なり、より緩やかである唯一の国であるという点には注意が必要です。

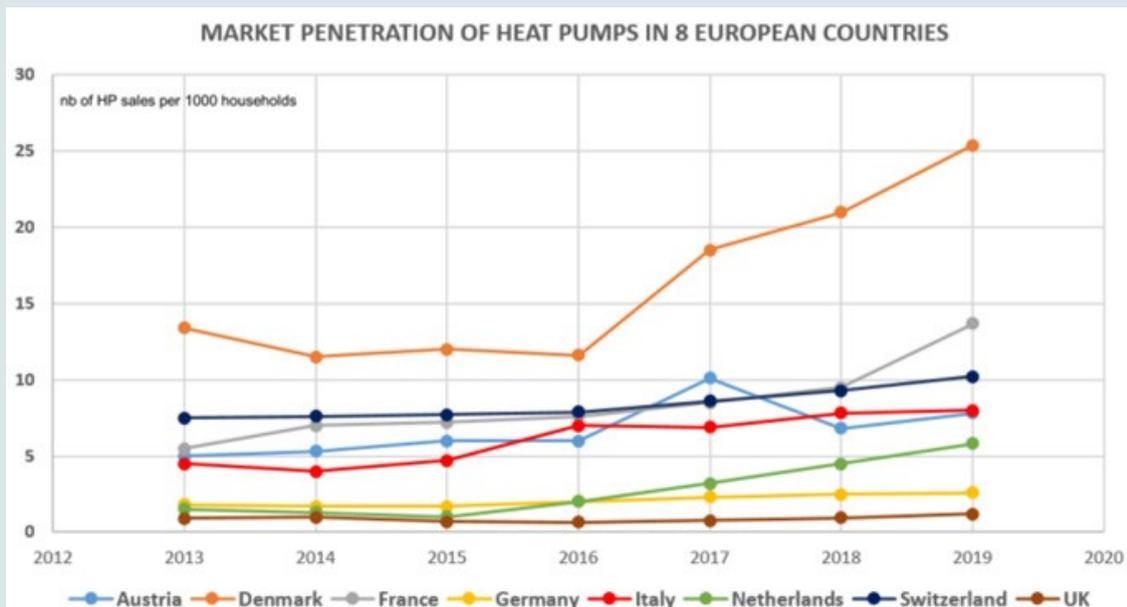


図1：8つの参加国における住宅市場への普及（出典 EHPA [http://www.stats.ehpa.org/hp\\_sales/country\\_cards/](http://www.stats.ehpa.org/hp_sales/country_cards/)）

さらに、いくつかの国では新築建築物で天然ガスを含む化石燃料が禁止されているか、禁止が予定されています（2013年デンマーク、2018年オランダ、2021年フランス、2025年英国（予定））。化石燃料廃止の要求を明記するほど徹底的ではないものの、他の国でもヒートポンプのような高効率なシステムの拡大を促進する上で、暖房と給湯のエネルギー消費に関して十分厳しい制約が設けられています。

インセンティブ制度には国によって様々な形態があります。全ての市場分野における高効率技術の促進、エネルギー多消費事業者の省エネ措置による貢献（省エネルギーまたはエネルギー効率認証）、幅広い補助対象技術による既存建築物・設備の改修補助、既存建築物の化石燃料ボイラー置き換えに特化したプログラムなどが存在します。インセンティブの意図のいかんによらずヒートポンプの設置は制度に含まれ、更にはその中心的存在にさえなっています。全ての参加国でヒートポンプは助成金、税制優遇、減税等による補助を受けています。

結論として、政策が厳しくなるにつれて建築物におけるヒートポンプの拡大に有利な状況になっています。戸建て住宅と比べて集合住宅でヒートポンプの拡大が緩やかであることは、規制のわずかな違いだけでは完全に説明することはできません。つまり、MFBにおけるヒートポンプの持続的な拡大には、規制上の阻害要因だけでなく、他の阻害要因も克服する必要があります。

## 克服すべき阻害要因

### 技術的な阻害要因

#### 加熱能力と供給温度

全ての参加国で既築の集合住宅はかなり築年数が経過しており、平均で建物の52~60%が1970年以前築となっています。既築のMFBの大部分は最初の建築物規制以前に建てられており、これらのMFB（1970年以前築）の暖房熱需要は120~150 [kWh/m<sup>2</sup>/年]です。改修を行わない場合、このようなMFBでは高温の暖房温度（60℃以上）が必要であり、ヒートポンプを容易に適用することはできません。

さらに、ほとんどの国において最新型のヒートポンプの暖房能力は50kW未満ですが、この種の製品は断熱性の高い建築物にのみ適用が可能であり、築年数が経過した建築物における集約的な暖房熱供給には適していません。

#### 熱源へのアクセス

ほとんどの集合住宅は都市にあり、建物の密集度はかなり高くなっています。したがって熱源、特に地中熱源へのアクセスは複雑になります。空気熱源ヒートポンプの場合、何台もの室外機が外部から見えることを避ける唯一の解決策は集中熱源であることが多いですが、これらは建築上の観点から統合が難しい、あるいは禁止されている場合もあります。集中熱源の場合、テラスの屋根を前提とした屋根上または機械室付近の屋外駐車場や庭に特殊な室外機を設置する必要があります。

## 経済的な阻害要因

### 資本コスト

MFBでは、資本コストが高いことが化石燃料ボイラーや電気ヒーター加熱に対するヒートポンプの優位性に影響します。この判断基準は多くの場合（全体の75%）民間ディベロッパーが管理する新築物件では特に重要です。民間事業者の主な関心事は集合住宅のコストと、その結果としての販売価格です。実際、ディベロッパーは新築物件毎に部屋のタイプや立地等の条件に応じて最高販売価格を算出します。これらの条件の中で再生可能エネルギーを用いた暖房システムであるということは最優先事項となりません。ディベロッパーが建物内のヒートポンプ暖房を評価することはめったにないため、この非常に高価な暖房システムは販売価格に影響を与えることなく原価に直接影響します。現時点で施主とディベロッパーの理解を得ることはできません。

### エネルギー価格

現在の石油、天然ガス、バイオマスの価格はヒートポンプ市場に大きな影響を与えます。

原油等の化石燃料エネルギー源の価格が近年下落し、低水準で安定的に推移していることは、電気を用いた新しい暖房技術への投資にとっての大きな障壁となっています。電気料金は参加国によって大きく異なりますが、ガス価格より常に高く、電気とガスの価格比は1.7から4となります。平均期間成績係数（SPF）を3程度と考えた場合、いくつかの国（デンマーク、ドイツ、英国）ではこのSPFではエネルギー価格比を埋めることができません。これは、ガスボイラーよりもヒートポンプを設置する方がランニングコストさえ高くなってしまいう可能性があるということを意味しています。

## 結論

Annex 50 参加の欧州7か国においてヒートポンプは戸建て住宅では急速に拡大していますが、いずれの国でもヒートポンプ設置にますます有利な規制が設けられているにも関わらず、集合住宅での市場シェア獲得には依然として悪戦苦闘しています。共通する阻害要因は明らかになっており、それは技術的なもの（熱源へのアクセス、利用可能な製品の能力）である場合や経済的なもの（投資コスト、エネルギー価格）である場合があります。

全ての国に共通する重要な点も付け加える必要があります。それは建築業界サイドと顧客サイドの認識不足です。ヒートポンプは依然として多くの場合戸建て住宅向け機器と見なされています。集合住宅でのヒートポンプの持つポテンシャルに光を当てするには、実証の取り組みが大いに求められます。

**ODILE CAURET**

Électricité de France (EDF)

France

odile.cauret@edf.fr

<https://doi.org/10.23697/tfvr-ya76>

## INFORMATION

Be a part of the Heat Pumping Technologies TCP



<https://twitter.com/HeatPumpingTech>



<https://se.linkedin.com/company/hpt-tcp-iea-technology-collaboration-program-me-on-heat-pumping-technologies>

Meet us in social media!

# 集合住宅のヒートポンプ改修プロジェクト —障害物レース

Nicole Calame, スイス

既築の集合住宅でヒートポンプを活用することは、都市部の熱需要という観点から建築物セクターの脱炭素化に大いに貢献し得る重要かつ未活用の可能性を有しています。しかし、ヒートポンプ物件を妨げる、あるいは完全に停止させるような課題が生じる可能性があります。ここでは法律面、技術面、管理面、経済面、認知面に関して考慮すべき点をスイスの状況から振り返ります。教訓からは状況への対処に有用な具体例を得ることができません。課題への対処に向けた解決策の提案とヒートポンプのさらなる採用に向けて明らかにした道筋について述べます。



この記事ダウンロードして共有する

## 序論

家庭に持続可能な熱を供給することはスイスのエネルギー戦略において重要な役割を果たします。暖房と給湯の熱需要は国の CO2 排出量の約 30% を占めます。スイスで販売されるヒートポンプは改修物件での使用が増えていますが、大規模建築物では依然ごくわずかしか使用されていません。スイスの人口の 72% 以上が集合住宅に住んでおり、これは建物環境の約 43% を占めます。そして、将来の住居の大半を占めるのは既築の建築物です。ここを国内の熱利用分野の脱炭素化に向けた主なターゲットだと考えると、なぜヒートポンプを用いた大規模建築物の改修は未だに遅れているのでしょうか。その主な理由は、長い間非現実的だと考えられてきたことです。実際、そのようなプロジェクトは分野横断的であり課題が多くなりがちです。以下、物件の妨げとなるおそれのある様々な実用上の要考慮事項を、スイス固有の事項と一般的にあてはまる事項の両面から振り返ります。

## 規制面、経済面で考慮すべき点

「エネルギー規制モデル」が発効済みで暖房システム更新時に 10% または 20% 以上の再生可能エネルギーが必須となっており MFB の改修物件でヒートポンプを活用した物件が増加している州において、本政策の適用が効率的なツールとなっていることが明らかになりました。

実現可能性調査の結果、都市においては、エアトウーウォーターヒートポンプが唯一可能な解決策であることが多く、これらの規制要件への適合が難しいことが明らかになりました。規制モデルは様々な地域に対し一致するように設けられ、建築計画と建築承認手続きに適用されますが、国内の多くの地域では最新版 (MoPEC 2014) に基づく完全施行にはまだ至っていません。

資金調達に関しては、ヒートポンプへの置き換えに補助金を出さない政策から、水配管システムの改修も対象に含む寛大な政策まで差異があります。補助金が設けられないのは技術的な抵抗感からか、それとは対照的に長期的に最もコストの安い選択肢と見なされていることに起因します。地中熱ヒートポンプを要求したり、電気暖房

システムの交換のみを申請したりする人もいます。興味深いことに、魅力的な資金調達があることは必ずしも完工物件数に反映されているわけではありません。インセンティブがないにもかかわらずヒートポンプが多く使用されている地域もあり、それは施工業者の技術がより認識され、信頼されているためであると考えられます。他の要因には高地での信頼性への懸念がありますが、その一方で地方では騒音問題への懸念は少なくなる傾向があります。ヒートポンプへの改修に対する補助制度は通常、定額のベース補助金と暖房能力に応じて変動する補助金で構成されています。一方、過大設備を防止し、建築外皮の改修によって暖房負荷の削減を促進するため、撤去する暖房システムの大きさやモデル建物の外皮性能に応じて補助金を定めているものもあります[1]。

スイスの借家法は阻害要因となります。大規模な建築物の賃借人はたいがい、エネルギー料金が安くなる恩恵を受けられても暖房システムの更新には支出しません。そのため建物所有者には再生可能エネルギーというソリューションを選択するインセンティブがありません。ヒートポンプ物件の実施を可能にするエネルギー契約システムがジュネーブの公共のエネルギー会社 SIG によって行われ、成功を収めています。

ヒートポンプの実装には建築面の対応が必要になることが多く、そのための建築許可申請手続きが必要となります。管理上、このことは悪夢となる可能性があります。騒音、環境、防火、記念物と遺跡、都市計画やコミュニティーの計画について、関連するあらゆる機能が調査されます。1 つでも機能が否定されると申請全体が却下されます。ジュネーブでは、14 もの様式の記入が必要です。このような管理上の重い負担は物件を停止させたり所有者に多額のコスト超過の可能性をもたらしたりし、ヒートポンプへの更新の弊害となります。



図1：ドイツDresdenのアルトマルクトギャラリーで実現した歴史的建造物への統合の模範的事例（出典：Güntner GmbH）

建築物や屋上設置の高さ制限が大きな問題となり、ヒートポンプの設置場所を見つけることが難しくなる場合があります。機器外観の改善によって都市調和型エアトウウォーターヒートポンプとして受容性を高められる可能性があります。屋内設置は免れず、場合によっては大きな給排気口により外郭の変更が必要となります。ユニットの分割はこれらの課題を軽減できる可能性があります。旧市街の中心部では文化財保護法によって状況は更に厳しくなり、旧来の文化財保護によってプロジェクトが終了に追い込まれてしまうおそれがあります。但し、これは図1のように克服できます。ここでは熱交換器が塗装された格子部分の下に巧妙に隠されています。

#### 技術面で考慮すべき点

2019年、スイスではヒートポンプが化石燃料ボイラーより多く販売され、うち84%が20kW未満（97%が50kW未満）の暖房能力です[2]。成長市場ではありますが、大容量向けの、標準化されて静音性に優れたヒートポンプが無いことが依然課題です。小型モジュールをカスケード接続するか、住宅向けでない大型の産業用の製品を採用するかの二者択一となっています（図2）。オーダーメイド品を活用するという代替手段もあります。

許容最大騒音レベルは設置場所の地域が持つ基準によって異なります。しきい値は法制化されており、発生地点でなく観測地点での遵守が必要です。比較的騒音が大きいヒートポンプの影響を、設置の工夫と騒音振動対策の追加によって抑えることが可能です。都市部における隣地までの平均距離を勘案すると、音響パワー目標値としては約50～55 dB(A)であることが必要です。選択した機器のエネルギー効率（COPまたはCOPA）はコストメリットのある運転の鍵です。高温を得ることは可能ではありますが、供給温度の低減の試みが課題となります。

屋内設置、屋外設置、分割設置という選択肢（図3）に対し、様々な設置方法が存在します。各設置方法にはそれぞれ異なる問題もありますが、現地の制約条件への対処にも役立ちます。主に2つの設置方法が可能です。すなわち単独設置（100%ヒートポンプによる熱供給）または他熱源とのハイブリッドです。後者は過剰容量とならずに通年で暖房需要を確実に満たすことのできる実用的かつ経済的なソリューションです。ヒートポンプは50°C未

満（地域固有の標準暖房負荷がおおよそ75 W/m<sup>2</sup>未満）で稼働する床暖房とラジエーター用の単独熱源として用いることが理想的です。

ヒートポンプを既存の暖房給湯配管の制約とうまく統合させるための水配管統合手法をメーカーと特別に開発する必要があります。

利用可能スペースが不足すると物件の障害となるおそれがあるため、ヒートポンプと貯湯タンクの寸法と重量は重要です。特に高さは大容量かつ温度成層が適切な蓄熱を確保することで絶えず発停することを防ぐための、重要な考慮事項です。設置場所にアクセスするのに十分なスペースも必要です。屋内設置の際の給排気口は、騒音の発生や吸引の問題（真空効果による通気不良）を起こさないよう大きなサイズが求められます。機器とボイラー室との接続が難しくなることもあります。直径が無視できない絶縁配管を建物中に走らせる必要が生じる場合があります。屋外配管は1つの選択肢となります。

既存の構造物に重量のあるヒートポンプを設置するには、経験豊富な土木技師による静的な予備評価が必要であり、水、冷媒、架台、配管部品を含むヒートポンプ重量の考慮が必要です。スラブ（床版）を介して反響する固体伝播音はコンプレッサーが引き起こす振動から生じる可能性があるため注意が必要です。建物の電気設備容量も見落とせない実際の必要考慮事項の一つです。起動時の消費電力が大きく既存設備の増強が必要となる可能性があり、大幅なコスト超過を招くおそれがあります[4]。

大型のヒートポンプにはかなりの冷媒量が充填されています。密閉された室で必要となる保護対策については、新しいHFO冷媒も自然冷媒アンモニアも同じ課題に直面しています。これは特に、大きな換気能力により関連コストが高くなる可能性があることを意味します。



図2：ジュネーブでのエアトウォーターヒートポンプを用いた屋上設置の2物件。右：発生地点で騒音80dB(a)超の産業用ヒートポンプに遮音壁を設置（出典：SIG /CSD Ingénieurs SA）

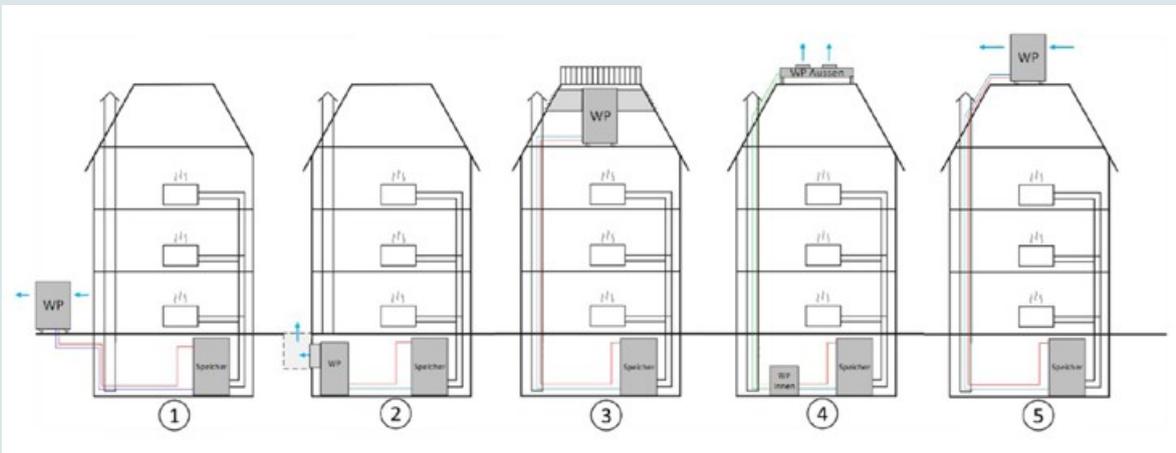


図3：ヒートポンプ（WP と表示）と貯蔵タンク（Speicher と表示）の設置方法[3]

期待される性能との差が見られるおそれがあります[5]。経験上、差異は施工段階に起因することが多く、設備業者の作業を注意深くフォローアップする必要があります。結果が最終的に確認されるまで施工を最適化するために、計測を伴う試運転期間を設けることを強く推奨します。

補助的な作業を適切に管理するという点が、集合住宅の改修物件の難しいところですが、これによりエアトウォーターヒートポンプの初期投資は化石燃料ベースの暖房システムより3~6倍高くなっています。しかし、初期投資に運転、保守を加味した年間暖房費で見るとそこまでの差とはなりません（図4）。

このような物件には技術的工学的な専門知識および法やファイナンスに関するしっかりとした理解が求められます。小規模物件で求められる通常のスキルでは不十分です。エネルギーとインセンティブに関するコンサルティングだけでなく設備業者やエンジニア向けの様々な専門的な育成コースが今日利用可能です。国、州、地方自治体レベルで情報発信が行われています。

もう1つのベクトルは完工済み物件の実証ですが、これに関しては文献[1]の13.5~220kW（3~77世帯）の32事例、文献[3]の暖房負荷30~186kWの8物件、文献[6]のHPT TCP Annex 50による欧州全体の事例等があります。

**結論**

集合住宅における大規模なヒートポンプ改修物件においては、技術面、規制面、経済面、あるいは知識の欠如や単に解決不可のものも含め、様々な課題が立ちどころおそれがあります。しかし、様々な規模や用途で実現した事例は同様の物件を更に刺激、促進するでしょう。環境意識と資産価値維持の欲求により、既に建物所有者はより大きな建築物でもヒートポンプを選択するようになってきています。エネルギー移行戦略に基づく規制の枠組みが進化し、適合するツールやトレーニングを開発しようという動きが見られることから、このテーマが確立し様々なレベルで取り組まれていることは明らかです。幅広いアプリケーションとメリットの可能性を考えた時、これは心強いことです。

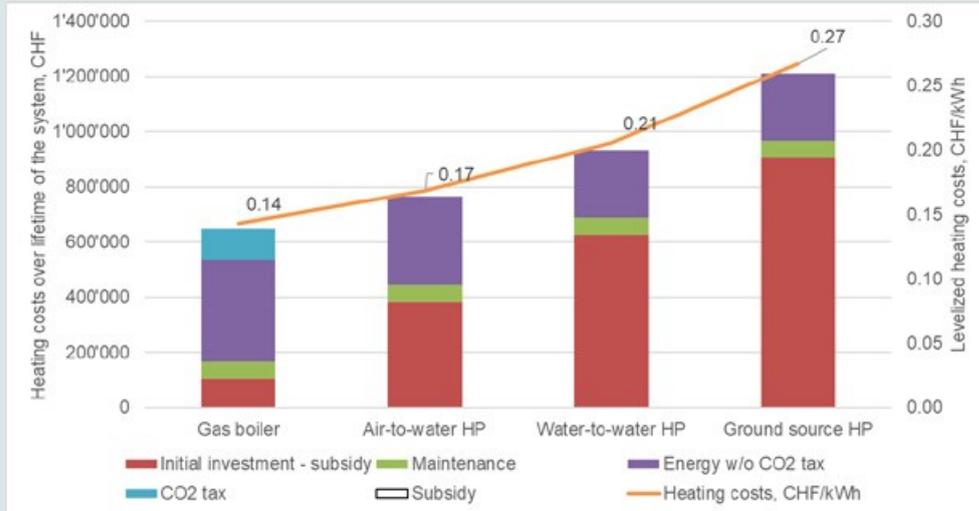


図4：平均的な集合住宅（1,700 m<sup>2</sup> ERA、加熱能力 113kW）の熱源別暖房費。棒グラフは投資金額を、オレンジ色の線は暖房費 [CHF / kWh] を示します [5]。

### 参考文献

- [1] Varga, M., et al, 2018. « Heizungsersatz durch Luft-Wasser-Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern - Übersicht über realisierte Projekte, Studien und Fördermittel der Kantone », EnergieSchweiz. Switzerland. In French or German.
- [2] FWS, Swiss professional association for heat pumps. <https://www.fws.ch/fr/statistiques/>
- [3] Gasser, L., 2019. “Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Bestand“. Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik - Amt für Hochbauten Stadt Zürich, EnergieSchweiz. Zürich, Switzerland.
- [4] SIG, CSD Ingénieurs SA, 2018. « Vademecum PAC air-eau en toiture, Guide pratique pour l’implémentation de pompes à chaleur air-eau en toiture dans les immeubles résidentiels de petite et moyenne taille ». OFEN, Switzerland. In French or German.
- [5] Calame, N., et al, 2019. “Air to water heat pumps for heating system retrofit in urban areas: understanding the multi-faceted challenge”. J. Phys. Conf. Ser. 1343 012079. CISBAT 2019, Lausanne, Switzerland.
- [6] IEA HPT Annex 50 Web サイト、  
<https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/case-studies/>

**NICOLE CALAME**  
**CSD Ingénieurs SA**  
 Switzerland  
 n.calame@csd.ch  
<https://doi.org/10.23697/vqcy-qn56>

### INFORMATION

Always visit our website for news, the latest updates and more information:

[heatpumpingtechnologies.org](https://heatpumpingtechnologies.org)

# 集合住宅のヒートポンプシステムの分類

Marek Miara, ドイツ

いくつかの国の数多くの事例が示すように、ヒートポンプシステムは既に集合住宅で使用されています。にもかかわらず、管理面と技術面の両方の理由により、この技術が熱の供給に広く採用されていることを示す証拠はまだありません。Annex 50「集合住宅ビルのスペース暖房およびDHW用ヒートポンプ」の枠組みで、集合住宅のヒートポンプシステムが取り得るソリューションの形態をより高いレベルで分類する概念を開発し、結果として5つの「ソリューショングループ」を提示しました。並行して事例を特定し、標準化された方法で解説しました。全ての事例はAnnexのWebサイト ([www.heatpumpingtechnologies.org/annex50/case-studies/](http://www.heatpumpingtechnologies.org/annex50/case-studies/)) からご覧頂けます。



この記事ダウンロードして共有する

## 序論

建築物セクターは、あらゆる国のエネルギー消費において重要な役割を果たしており、発電部門と運輸部門に次ぐ温室効果ガスの主要排出源です。そのため、建築物のCO2相当排出量の大幅削減は、気候に影響を与えない建築物セクターという長期目標の達成と一体として見る必要があります。

新築の住宅建築物は多くの場合、省エネルギー設計された外皮や暖房システムと、ヒートポンプ等の再生可能エネルギー技術を使用する可能性を備えて建てられます。集合住宅ではヒートポンプ技術と再生可能エネルギーを使用するという課題はより複雑なものとなります。集合住宅の所有権のあり方はヒートポンプ技術協力プログラムの参加国毎にまちまちです。集合住宅が地方自治体や住宅組合によって所有されていることが多い国もあれば、建物の所有権が区分所有者に分割されている国もあります。集合住宅では暖房に関する様々な要考慮事項が重要となります。第一に、熱需要全体に占める給湯需要の割合は建築基準や気候の違いにより異なります。第二に、暖房システムの温度水準は、建物のエネルギー条件と立

地場所だけでなく、設置されている伝熱システムの影響も受けます。したがって、多様な熱需要特性に対応することが集合住宅におけるヒートポンプ普及拡大の道のりについての課題となります。

## 「ソリューションマトリックス」

Annex 50の枠組みのプロジェクトパートナーは、集合住宅で考えられるヒートポンプ適用のソリューションを分類し、説明し、可視化する包括的なアプローチを提案してきました。手法全体（内部では「ソリューションマトリックス」と呼んでいる）を図1に図式化します。

**第1ステップ**—コンセプトグループの概要—では可能性のあるソリューションをいわゆる「ソリューションファミリー」にグループ分けして示します。集合住宅向けヒートポンプソリューションを区別し、グループ化する方法には多くの可能性があります。主要な着眼点（「全体像」という観点と1つ以上の要因の詳細レベルの観点で、手法は変わってきます。区別する基準を多数設けると多次元のマトリクスができますが、非常に広範となり明快さが損なわれてしまうおそれがあります。



図1: 「ソリューションマトリックス」-集合住宅のヒートポンプソリューションを分類し、説明し、可視化する包括的なアプローチ

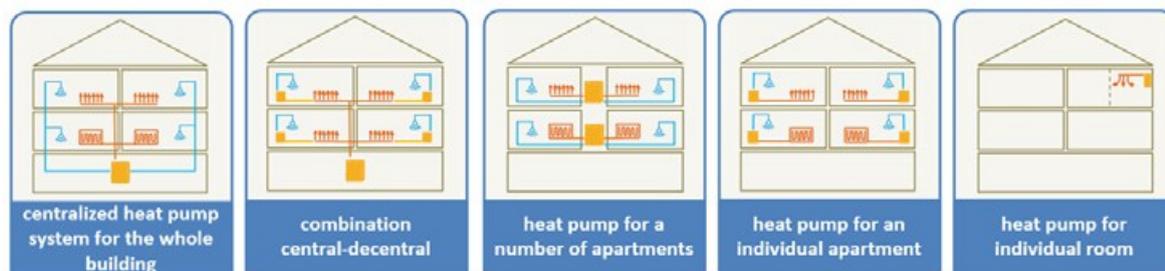


図2：集合住宅ヒートポンプソリューションのグループ化の提案。5つの「ソリューションファミリー」。

Annex 50 の枠組みではシンプルかつ包括的なグループ化と表示の方法（したがって、いくらか不完全なものとなります）を開発しました。その結果、集合住宅のヒートポンプソリューションの一般類型を表す5つの「ソリューションファミリー」を作成しました（図2参照）。各ファミリーは主となるソリューションの様々なバリエーションを示す複数の「ファミリーメンバー」で構成されます。今回提案された方法では、ほとんどのファミリーで熱源を特定していません。伝熱システムの種類も同様にほとんどの場合特定しておらず、床暖房からラジエーター等の「従来型」ソリューションのいずれかとなっています。

ファミリーの特徴の概要説明：

- ▶ 「全棟用セントラル型ヒートポンプシステム」：建物内の全住戸に1台以上のヒートポンプからセントラル方式で熱が供給されます。暖房も給湯もセントラル方式で行われます。
- ▶ 「セントラル・個別分散の組み合わせ」：全住戸にセントラル型のヒートポンプから熱を供給します。給湯は各住戸に個別分散設置されたブースターヒートポンプで供給されます。
- ▶ 「多住戸用ヒートポンプ」：1台のヒートポンプで複数住戸（階毎など）に熱を供給します。これは分散型とセントラル型の中間的なソリューションです。
- ▶ 「戸別設置ヒートポンプ」：各住戸に個別分散型のヒートポンプを設置します。ヒートポンプは通常、給湯と暖房の両方を供給します。
- ▶ 「室別設置ヒートポンプ」：住戸の各室に小型のエアトウウォーターヒートポンプで個別に熱を供給します。このソリューションに給湯は含まれません。

**第2ステップ**では13種類の「ファミリーメンバー」それぞれについて詳しく解説しています。ソリューションの主な概略図、キーとなる事実、詳細説明とともに、ソリューションの得失についても解説しています。

**第3ステップ**は（第2ステップの理論上のファミリーメ

ンバーに）対応する事例から成り、完工済み物件が示されています。全ての事例を収集し、専用のWebサイトに掲載しています。

[www.heatpumpingtechnologies.org/annex50/case-studies/](http://www.heatpumpingtechnologies.org/annex50/case-studies/)

### 次のステップ

今回説明した手法の各ステップはまだ開発・改善中です。第1ステップは完了済みと見ることができます。Annex 50の現在の活動では各ソリューションを解説する第2ステップに焦点が置かれています。ステップ3「事例データベース」はAnnexのWebサイトで既に利用可能ですが、新しい事例を拡張中です。Annex参加メンバーは今回提案した手法をさらに発展させ、ソリューションファインダーという名称のオンラインツールの作成も目指しています。このツールは、さまざまな選択基準（例えば建物の種類、エネルギー需要、熱源など）を勘案してファミリーのソリューションメンバーから事前選択されたソリューションをユーザーに提案します。

### まとめ

集合住宅のヒートポンプは依然標準的なソリューションとはなっておらず例外的なものに留まっています。規制面と技術面の両方の課題がヒートポンプ技術のより広い実装の妨げとなっています。しかし、多くの国で見られる事例から、ヒートポンプシステムを集合住宅に適用できることは明らかです。Annex 50「集合住宅ビルのスペース暖房およびDHW用ヒートポンプ」の枠組みで、考えられるソリューションを簡単に分類する概念を開発し、結果として5つのソリューションファミリーを特定しました。並行して既存の事例を収集し、標準化された方法で解説し、事例データベースの形で、オンラインで可視化しました。

**MAREK MIARA**

**Business Developer Heat Pumps at Fraunhofer ISE  
Germany**

[marek.miara@ise.fraunhofer.de](mailto:marek.miara@ise.fraunhofer.de)

<https://doi.org/10.23697/bqz9-9363>

# フィンランド：ヒートポンプ市場の見通し

Jussi Hirvonen, Finnish Heat Pump Association

フィンランドでは最近になりヒートポンプ設置台数が100万台に達しました。人口550万人のフィンランドでは、一人あたりヒートポンプ販売台数とストック台数は世界有数です。ヒートポンプは年間12 [TWh]以上、フィンランド暖房需要の15%以上を供給しています。ヒートポンプへの投資額は現在までに60億ユーロに上ります。昨年、ヒートポンプの販売は成長を続け、10万台以上のヒートポンプに6億ユーロ以上が投じられました。最近の調査によれば2030年には200万台のヒートポンプが年間22[TWh]の熱を供給するとされています。フィンランド政府が最近2035年カーボンニュートラルを発表しましたが、これはヒートポンプにとっては年間35 [TWh]という非常に高い目標となることを意味しています。



この記事ダウンロードして共有する

## 序論

ヒートポンプは新築戸建て住宅では群を抜いて最もよく採用される暖房形式であり、ヒートポンプは既存建築物の石油や電気の暖房や地域暖房にますます取って代わっています。階数の多い建築物やショッピングセンター、物流センター等の大規模な業務用建築物においてもヒートポンプの重要性が高まっています。また、ヒートポンプの使用は熱回収や産業プロセスソリューション、地域冷暖房においても増加し続けています。フィンランドにおける再生可能エネルギー源としてのヒートポンプの役割は今日でも太陽光発電や風力発電等の役割よりもはるかに大きくなっています。

## フィンランドのヒートポンプ市場

欧州においてフィンランドのヒートポンプ市場は大きく、非常にユニークです。ヒートポンプ市場はタイプ別の台数では空気熱源ヒートポンプが支配的ですが、ユーロ換算の金額や再生可能エネルギー源としては地中熱ヒートポンプが支配的です。戸建て住宅の建築主の75%がヒートポンプを選択しています。既に15万本のチューブで地中熱が採熱されており、深度を合計すると地球の半周以上(25,000 km)に上ります。

成功の背後にある主な要因は明らかです。フィンランドではヒートポンプシステムは非常に収益性の高い設備投資なのです。

フィンランドのヒートポンプ累計販売台数 (台)

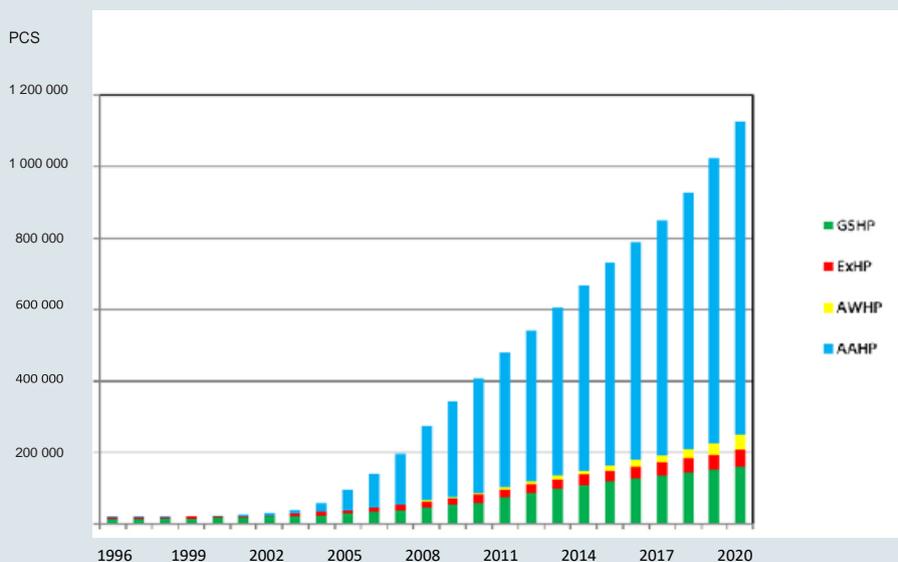


図1：フィンランドの1996 - 2020年ヒートポンプ累計設置台数 [1]

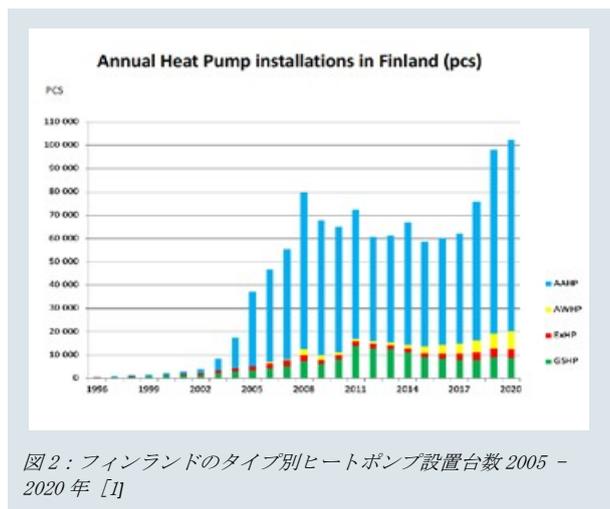


図2：フィンランドのタイプ別ヒートポンプ設置台数 2005 - 2020年 [1]

投資の回収は多くの場合、年間 10～15%です。ヒートポンプの設置作業に対して請求できる世帯課税の控除を除き、フィンランド政府のヒートポンプ物件に対する補助制度は非常に限られています。

フィンランドの気候において冷房の役割は大きくありません。しかし、住宅の快適性の理由や ZEB により冷房の需要は高まっています。暖房と冷房は同じ設備投資で供給できるため、このことは投資の収益性に影響し始めています。

### ヒートポンプ販売台数が 10 万台に到達

フィンランドヒートポンプ協会 (SULPU ry) の統計[1]によると 2020 年に 10 万 2 千台のヒートポンプが販売されました。販売台数は空気熱源ヒートポンプが 8 万台余り、地中熱ヒートポンプは 9 千台、エアトウーウォーターヒートポンプは 8 千台、排気ヒートポンプは 3 千 5 百台でした。石油暖房の置き換えに対する補助金が特にエアトウーウォーターヒートポンプの売上を牽引しました。販売台数は 25%増加し、地中熱ヒートポンプは 4%の微減となりましたが、販売されたヒートポンプシステムの規模が大きく増加したため、このセクターのユーロ換算の売上高は増加しました。

### 大型ヒートポンプの導入

地中熱ヒートポンプ、排気ヒートポンプ、そしてそれらの組み合わせが集合住宅で急速に普及しつつあります。ヒートポンプは通常、地域暖房からの代替となります。既に約 500 棟の集合住宅に、排気の熱を回収するヒートポンプが設置されています。ヒートポンプによって建物の地域暖房その他のエネルギー消費量が最大 50%削減されます。地中熱ヒートポンプを排気ヒートポンプと組み合わせ設置し、地域暖房からヒートポンプベースの冷暖房に完全に切り替える住宅会社が増えています。

### 電力デマンドレスポンスにおける重要な役割

ヒートポンプがデマンドレスポンスと系統電力の需要管理において完璧なツールであるという事実は、将来的に極めて重要となります。ヒートポンプは熱と電気を結びつける他に無い技術となります。この技術には、大量の水、建物、熱源、そして双方向的な冷房・暖房機能をエネルギーの貯蔵に使用することができます。ヒートポン

プの能力をデマンドレスポンスと接続することでヒートポンプは既に約 5,000 MW 相当の能力を供給でき、昨年は更に約 500MW が追加されました。現在のヒートポンプの市場ストックでおよそ約 1,500～2,000MW の電力を制御することが可能だと考えられます。

### 集合住宅における未利用の可能性

ヒートポンプのポテンシャルは確実に存在します。フィンランドでは約 12 万～15 万世帯の住宅が石油によって暖房されています。一年中、23 度の排気が 2 時間ごとに 3 万部屋分屋外に出されます。仮に 10 万世帯分の石油暖房のクリーン暖房への置き換えが奨励され、1 万世帯の排気の熱回収に排気ヒートポンプが用いられた場合[3]、これは約 30 億ユーロに相当する現地雇用をもたらすことのできる迅速かつ実行可能な投資となります。政治的な意思があれば、この投資は合理的で巧みな餌と鞭のアプローチと金融商品の助けを借りることで、現実的に 5 年で実行できます。この「餌」の大半は付加価値税やその他の税、雇用、経済回復、輸出という形で国に還元されるでしょう。これらの 2 つの例だけでも年間約 5 TWh もの CO2 排出・燃焼の無い熱供給と数百万トンもの CO2 の排出削減が可能です。

### まとめ

ヒートポンプ産業はフィンランドの重要な再生可能エネルギー事業になりました。100 万台を超えるヒートポンプが年間 12 [TWh]の熱を供給しており、これは既にフィンランドの建築物の暖房全体の 15%を占めています[5]。ヒートポンプの見通しは良好であり市場は将来確実に発展するでしょう。ヒートポンプ事業は再生可能エネルギーと電気と冷暖房の熱との間でそれらを相互に統合し、懸け橋となる技術だと言えます。ヒートポンプ技術とその応用は、CO2 を排出しない時代への橋渡しと捉えることもできます。

調査[2]によれば 2030 年には 200 万台のヒートポンプが年間 22[TWh]の熱を供給するとされています。それまでに合計 100 億ユーロ以上がヒートポンプに投資されることとなります。2035 年までにフィンランドをカーボンニュートラルにするという政治的な約束により、ヒートポンプに対するより多くの圧力あるいは可能性が生み出されました。この目的のために、Smart Energy Transition コンソーシアムは、ヒートポンプによる熱供給を 2040 年までに年間 38[TWh]に増やす必要があると推定する研究結果を発表しました[4]。フィンランドの暖房システムでは地域暖房が重要な役割を果たし、暖房市場の約 50%を占めています。ヒートポンプによる暖房市場の脱炭素化は、地域暖房の熱供給で多数のヒートポンプが用いられることだけでなく、個々の家に設置されたヒートポンプによる地域暖房の供給熱量の節減も意味します。

フィンランドのヒートポンプ年間投資額（百万 EUR）

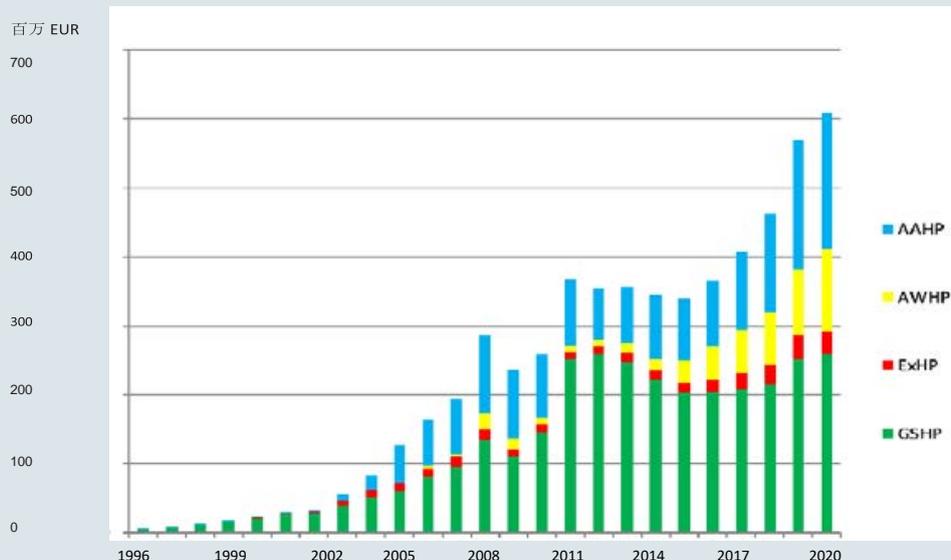


図3 フィンランドのヒートポンプ投資金額（ユーロ換算）、2005 - 2020年[1]

（メガワット級の地域冷暖房、ショッピングセンター、管理用ビル、産業用ヒートポンプおよび計画分、サービス分等はグラフに含まれません。）

成功の背後にある主な要因は明らかですが、この要因はヨーロッパ大で見ても際立っています。フィンランドにおいて、ヒートポンプシステムは非常に収益性の高い設備投資です。多くの場合、初期投資に対する回収は年間 10~15%です。ヒートポンプの設置作業に対して請求できる世帯課税の控除を除き、フィンランド政府のヒートポンプ物件に対する補助制度は非常に限られています。

ヒートポンプは使い易く、手間がかからず、スペースをほとんど必要とせず、冷房機能を備えています。これらはヒートポンプという選択に追い風となる点です。電気料金が安価であること、ガス網が無いこと、北欧の気候条件により暖房需要が多いこと、地盤が掘削に適していること、そして使い勝手のいいヒートポンプシステムが市場に供給されていることは全て、投資の収益性にとって好都合な条件となっています。

2020年にヒートポンプ 100万台のビジョンを達成した今、2030年にヒートポンプ 200万台という次なる目標設定が考えられます。

#### 参考文献

[1] The Finnish Heat Pump Association SULPU ry, 2021, Statistics 2020

- [2] Pesola, A., Karttunen, V., Vanhanen, J., 2015, Lämpöpumpuinvestointien alueellinen ja kansataloudellinen tarkastelu, Gaia Group report.,
- [3] Rämä, M., Niemi, R., Similä, L., 2015. Poistoilmalämpöpumput kaukolämpöjärjestelmässä, VTT, asiakasraportti p.4.
- [4] Rinne, S., Freda, A., Auvinen, K., Ruggiero, S., Temmes, A., 2018, Discussion paper: Clean district heating – how can it work? (pdf). Publication of the Smart Energy Transition project funded by the Academy of Finland's Strategic Research Council.
- [5] Finnish Energy, Statistics 2019

#### JUSSI HIRVONEN

Finnish Heat Pump Association SULPU ry  
Finland  
jussi.hirvonen@sulpu.fi  
<https://doi.org/10.23697/n11d-qp51>

## イベント 2021

参加する予定の会議の最新情報を確認してください。パンデミックにより、会場と日程が変更になる場合があります。

### 2021 年

**26-29 April**  
**13th IEA Heat Pump Conference 2020**  
(postponed to 2021)  
Jeju, South Korea & Virtual  
<http://hpc2020.org/>

**3-5 May**  
**Euroheat & Power**  
Vilnius, Lithuania & Virtual  
<https://www.ehpcongress.org/>

**23-28 May**  
**Purdue International Compressor Engineering, Refrigeration & AC, High Performance Buildings Conferences**  
<https://engineering.purdue.edu/Herrick/about/news/Conferences>

**7-11 June**  
**9th International Conference on Caloric Cooling and Applications of Caloric Materials (Thermag IX)**  
Virtual Conference  
<https://ceee.umd.edu/events/thermag-ix>

**16-18 June**  
**2nd IIR Conference on HFOs and Low GWP blends (HFO2021)**  
Virtual Conference  
<https://biz.knt.co.jp/tour/2021/06/hfo/index.html>

**21-23 June**  
**Healthy Buildings, Europe 2021**  
Virtual and possibly also Oslo, Norway  
<https://www.hb2021-europe.org/index.html>

**26-30 June**  
**ASHRAE Annual Conference**  
Virtual Conference  
<https://www.ashrae.org/conferences/2021-annual-conference-phoenix>

**22-25 August**  
**International Sorption Heat Pump Conference 2021**  
Berlin, Germany  
[https://www.eta.tu-berlin.de/menue/ishpc\\_2021](https://www.eta.tu-berlin.de/menue/ishpc_2021)

**25-27 August**  
**8th International Building Physics Conference (IBPC)**  
Copenhagen, Denmark (possibly hybrid)  
<https://www.ibpc2021.org/>

**1-3 September**  
**13th IIR Conference on Phase-Change Materials and Slurries for Refrigeration and Air Conditioning**  
Vicenza, Italy (possibly virtual)  
<http://static.gest.unipd.it/PCM2021/>

**1-3 September**  
**6th IIR Conference on Thermophysical Properties and Transfer Processes of Refrigerants**  
Vicenza, Italy (possibly virtual)  
<http://static.gest.unipd.it/TTPR2021/>

**3-4 September**  
**52nd AiCARR International Conference**  
Vicenza, Italy  
<http://www.aicarr.org/Defaulten.aspx>

**6-8 September**  
**12th International Conference on Compressors and their Systems**  
London, UK  
<https://www.city.ac.uk/news-and-events/events/2021/09/12th-international-conference-on-compressors-and-their-systems-registration>

**13-15 September**  
**IAQ 2020: Indoor Environmental Quality Performance Approaches - Transitioning from IAQ to IEQ**  
Athens, Greece  
<https://www.ashrae.org/conferences/topical-conferences/indoor-environmental-quality-performance-approaches>

**16-18 September**  
**9th IIR Conference on Ammonia and CO2 Refrigeration Technologies**  
Ohrid, Macedonia  
<https://iifir.org/en/events/9th-iir-conference-on-ammonia-and-co2-refrigeration-technologies>

**22-24 September**  
**2021 ASHRAE Building Performance Analysis Conference**  
Denver, Colorado, USA  
<https://www.ashrae.org/conferences/topical-conferences/2021-ashrae-building-performance-analysis-conference>

**14-15 October**  
**International Symposium on New Refrigerants and Environmental Technology 2020**  
Check link for more info.  
<https://www.iraia.or.jp/english/symposium/index.html>

# National Team CONTACTS

## AUSTRIA

Dr. Thomas Fleckl  
Austrian Institute of Technology  
Tel: +43 50550-6616  
[thomas.fleckl@ait.ac.at](mailto:thomas.fleckl@ait.ac.at)

## BELGIUM

Ms. Jozefien Vanbecelaere  
Beleidsmedewerker PVen  
Warmtepompen  
Tel: +32 2 218 87 47  
[jozefien.vanbecelaere@ode.be](mailto:jozefien.vanbecelaere@ode.be)

## CANADA

Dr. Sophie Hosatte Ducassy  
CanmetENERGY  
Natural Resources Canada  
Tel: +1 450 652 5331  
[sophie.hosatte-ducassy@canada.ca](mailto:sophie.hosatte-ducassy@canada.ca)

## CHINA

Prof Xu Wei  
China Academy of Building Research  
Tel: +86 10 84270105  
[xuwei19@126.com](mailto:xuwei19@126.com)

## DENMARK

Mr. Svend Pedersen  
Danish Technological Institute  
Tel: +45 72 20 12 71  
[svp@teknologisk.dk](mailto:svp@teknologisk.dk)

## FINLAND

Mr. Jussi Hirvonen  
Finnish Heat Pump Association  
Tel: +35 8 50 500 2751  
[jussi.hirvonen@sulpu.fi](mailto:jussi.hirvonen@sulpu.fi)

## FRANCE

Mr. Paul Kaaijk  
ADEME  
Tel: +33 4 93 95 79 14  
[paul.kaaijk@ademe.fr](mailto:paul.kaaijk@ademe.fr)

## GERMANY

Dr. Rainer Jakobs  
Informationszentrum Wärmepumpen  
und Kältetechnik  
Tel. + 49 6163 57 17  
[jakobs@izw-online.de](mailto:jakobs@izw-online.de)

## ITALY

Dr. Maurizio Pieve  
ENEA, Energy Technologies Dept.  
Tel. +39 050 621 36 14  
[maurizio.pieve@enea.it](mailto:maurizio.pieve@enea.it)

## JAPAN

Mr. Tetsushiro Iwatsubo  
New Energy and Industrial Technology  
Development Organization  
Tel +81-44-520-5281  
[iwatsubotts@nedo.go.jp](mailto:iwatsubotts@nedo.go.jp)

Mr. Hideaki Maeyama  
Heat Pump and Thermal Storage  
Technology Center of Japan (HPTCJ)  
Tel: +81 3 5643 2404  
[maeyama.hideaki@hptcj.or.jp](mailto:maeyama.hideaki@hptcj.or.jp)

## NETHERLANDS

Mr. Tomas Olejniczak  
Netherlands Enterprise Agency (RVO)  
Tel: +31 88 60 233 17  
[tomas.olejniczak@rvo.nl](mailto:tomas.olejniczak@rvo.nl)

## NORWAY

Mr. Rolf Iver Mytting Hagemoen  
NOVAP  
Tel. +47 971 29 250  
[river@novap.no](mailto:river@novap.no)

## SOUTH KOREA

Mr. Hyun-choon Cho  
KETEP  
Tel: +82 2 3469 8301  
[energykorea@ketep.re.kr](mailto:energykorea@ketep.re.kr)

## SWEDEN

Dr. Emina Pasic  
Swedish Energy Agency  
Tel: +46 16 544 2189  
[emina.pasic@energimyndigheten.se](mailto:emina.pasic@energimyndigheten.se)

## SWITZERLAND

Mr. Stephan Renz  
Beratung Renz Consulting  
Tel: +41 61 271 76 36  
[info@renzconsulting.ch](mailto:info@renzconsulting.ch)

## UNITED KINGDOM

Mr. Oliver Sutton  
Department for Business, Energy &  
Industrial Strategy  
Tel: +44 300 068 6825  
[oliver.sutton@decc.gsi.gov.uk](mailto:oliver.sutton@decc.gsi.gov.uk)

## THE UNITED STATES

Mr. Van Baxter – Team Leader  
Building Equipment Research  
Building Technologies Research &  
Integration Center  
Tel: +1 865 574 2104  
[baxtervd@ornl.gov](mailto:baxtervd@ornl.gov)

Ms. Melissa Voss Lapsa – Coordinator  
Building Envelope & Urban Systems Research  
Building Technologies Research & Integration  
Center  
Tel: +1 865 576 8620  
[lapsamv@ornl.gov](mailto:lapsamv@ornl.gov)

### International Energy Agency

The International Energy Agency (IEA) was established in 1974 within the framework of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) to implement an International Energy Programme. A basic aim of the IEA is to foster co-operation among its participating countries, to increase energy security through energy conservation, development of alternative energy sources, new energy technology and research and development.

### Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies (HPT TCP)

International collaboration for energy efficient heating, refrigeration, and air-conditioning.

### Vision

Heat pumping technologies play a vital role in achieving the ambitions for a secure, affordable, high-efficiency and low-carbon energy system for heating, cooling and refrigeration across multiple applications and contexts.

The Programme is a key worldwide player in this process by communicating and generating independent information, expertise and knowledge related to this technology as well as enhancing international collaboration.

### Mission

To accelerate the transformation to an efficient, renewable, clean and secure energy sector in our member countries

and beyond by performing collaborative research, demonstration and data collection and enabling innovations and deployment within the area of heat pumping technologies.

### Heat Pump Centre

A central role within the HPT TCP is played by the Heat Pump Centre (HPC). The HPC contributes to the general aim of the HPT TCP, through information exchange and promotion. In the member countries, activities are coordinated by National Teams. For further information on HPC products and activities, or for general enquiries on heat pumps and the HPT TCP, contact your National Team at [www.heatpumpingtechnologies.org/contact-us/](http://www.heatpumpingtechnologies.org/contact-us/)

The Heat Pump Centre is operated by RISE Research Institutes of Sweden.



Heat Pump Centre  
c/o RISE Research Institutes of Sweden  
P.O. Box 857  
SE-501 15 Borås  
Sweden  
Tel: +46 10 516 55 12  
[hpc@heatpumpcentre.org](mailto:hpc@heatpumpcentre.org)

[www.heatpumpingtechnologies.org](http://www.heatpumpingtechnologies.org)

この HPT Magazine の効果的な活用のため、今後改善を図っていきたいと考えておりますので、忌憚のないご意見、ご要望などを下記事務局までお寄せ下さい。

事務局連絡先：(一財) ヒートポンプ・蓄熱センター 国際・技術研究部  
IEA HPT TCP 日本事務局 前山 英明  
TEL: 03-5643-2404 FAX: 03-5641-4501  
e-mail: [maeyama.hideaki@hptc.j.or.jp](mailto:maeyama.hideaki@hptc.j.or.jp)