

SPA-PED

Structural path analysis for quantifying the bi-directional contribution between district heating/cooling and PED

Programm / Ausschreibung	KNS 24/26, Internationale Kooperationen, Driving Urban Transitions (DUT) Ausschreibung 2025 (PED)	Status	laufend
Projektstart	01.01.2027	Projektende	31.12.2029
Zeitraum	2027 - 2029	Projektlaufzeit	36 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 399.985		
Keywords	Keyword 1: Structural path analysis Keyword 2: Bi-directional contribution Keyword 3: Integration guidance Keyword 4: Adaptable strategies Keyword 5: Key performance indicators		

Projektbeschreibung

Fernwärme- und Fernkältesysteme (DHC) hatten die Möglichkeit über Jahrzehnte in städtischen Energieversorgungssystemen auszureifen. „Positive Energy District“ (PED) hingegen ist ein relativ neues Konzept, das sich in DHC-Systeme integrieren kann, um einen nachhaltigen Beitrag zur Energiewende zu bieten. Die Beziehung zwischen diesen beiden Konzepten ist jedoch nach wie vor eher qualitativer Natur, vor allem weil es keine standardisierte Methode gibt, um ihre direkten und indirekten Wechselwirkungen zu quantifizieren.

Das Projekt SPA-PED zielt darauf ab, die wechselseitigen Beiträge in den Bereichen Energie, Umwelt, Wirtschaft und Energiearmut (EEEE) („Wechselwirkungen“) zwischen Fernwärme und dezentralen Energieversorgungssystemen (PEDs) aus einer systemischen Perspektive zu quantifizieren. Die angewandte Methode, die Strukturanalyse (SPA), wird Schritt für Schritt die proportionalen Wechselwirkungen der Teilsysteme zwischen Fernwärme und PEDs aufzeigen. Ein Energiearmutsindex (EPI), der die Dimensionen Erschwinglichkeit, Angemessenheit und Gerechtigkeit berücksichtigt, wird in das SPA-Rahmenwerk integriert, um die sozialen Auswirkungen auf Teilsystemebene zu quantifizieren.

Das Projekt umfasst vier Fallstudien in Schweden (Stockholm), Lettland (Jūrmala), Italien (Campolattaro) und Österreich (Bruck an der Leitha), die verschiedene zentralisierte und dezentrale Fernwärme- und -kälteversorgungs-konfigurationen in unterschiedlichen Klimazonen und städtischen Größenordnungen repräsentieren. Gewichtungsfaktoren werden partizipativ und mit wichtigen internen Parametern mittels einer Monte-Carlo-Sensitivitätsanalyse getestet. Die Validierung wird mittels realer Betriebsdaten, Labortests und Szenario-basierte Stresstests ermittelt, um die Robustheit unter unterschiedlichen Übergangsbedingungen sicherzustellen.

Die Ko-Kreation baut auf die Analyse, wie sich die vier Fernwärme- und -kälte-Systeme auf die Integration dezentraler

Energieerzeuger (PED) auswirken. Der Vergleich wird anhand einer SWOT-Analyse und einer PED-Matrix strukturiert und konzentriert sich auf die bestehende Infrastruktur, soziale Gerechtigkeit, lokale Politik, die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien, CO₂-Emissionen und Geschäftsmodelle. Es werden anpassungsfähige Strategien erarbeitet, um die Integration von Fernwärme und -kälte sowie dezentralen Energieerzeugern zu harmonisieren und auszuweiten. Die Ergebnisse werden dazu beitragen, quantitative Leistungskennzahlen (KPIs) zu definieren.

SPA-PED verfolgt vier konkrete Ziele:

- (1) Ermittlung der proportionalen EEEE-Beiträge;
- (2) Normalisierung der Beiträge verschiedener Teilsysteme;
- (3) Internationaler Vergleich von Fallstudien; und
- (4) Empfehlung von KPIs für PED-Bewertungssysteme und die EU-Taxonomie.

Zu den wichtigsten Ergebnissen zählen:

- (1) ein strukturelles Analyse-Tool zur Quantifizierung von Wechselwirkungen;
- (2) Leitlinien für die Integration erneuerbarer und CO₂-armer Lösungen in DHC-Systeme;
- (3) Strategien zur Skalierung und Replikation von DHC-Lösungen in PEDs; und
- (4) quantitative KPIs zur Steigerung der sozioökonomischen Wirkung.

Durch die erstmalige mehrdimensionale Quantifizierung der beidseitigen Beiträge von DHC und PED stärkt SPA-PED die methodischen Grundlagen für eine klimaneutrale und sozial integrative Umstellung der städtischen Wärme- und Kälteversorgung in ganz Europa.

Abstract

District heating and cooling (DHC) systems have been well developed for urban energy supply for decades. Positive Energy Districts (PEDs) are relatively new concepts that can be incorporated with DHC systems to offer a sustainable urban transition pathway. However, the relationship between these two concepts remains qualitative, largely because no standardised method exists to quantify their direct and indirect interactions.

This project (SPA-PED) aims to quantify bi-directional energetic, environmental, economic and energy-poverty (EEEE) contributions ('bi-contributions') between DHC and PEDs from a system perspective. The methodology, structural path analysis (SPA), will reveal step-by-step proportional bi-contributions of subsystems between DHC and PED. Key renewable and low-carbon heating and cooling subsystems, including geothermal systems, heat pumps, solar thermal/photovoltaic systems, thermal storage, waste heat recovery and building energy efficiency, will be assessed by normalising their bi-contributions based on context-specific weighted factors. An Energy Poverty Index (EPI), integrating affordability, adequacy and equity dimensions, will be embedded into the SPA framework to quantify social impacts at subsystem level.

The project includes four case studies in Sweden (Stockholm), Latvia (Jūrmala), Italy (Campolattaro) and Austria (Bruck an der Leitha), representing diverse centralised and decentralised DHC configurations across different climates and urban scales. Weighted factors will be co-determined through stakeholder workshops and tested alongside key internal parameters via Monte Carlo sensitivity analysis. Validation will combine real operational data benchmarking, laboratory testing and scenario-based stress testing to ensure robustness under varying transition conditions.

A co-learning process will compare how the four DHC systems impact PED integration. SWOT analysis and a PED Matrix will structure the comparison, focusing on existing infrastructure, social fairness, local policy, renewable availability, carbon emissions and business models. Adaptable strategies will be proposed to harmonise and upscale DHC-PED integration, particularly regarding off-site production, system losses, renewable shares and dynamic interactions. Findings will contribute to defining quantitative key performance indicators (KPIs) for PEDs.

SPA-PED has four specific objectives:

- (1) trace proportional EEEE bi-contributions between DHC and PED;
- (2) normalise bi-contributions of different subsystems;
- (3) compare case studies through co-learning to develop scalability and replicability strategies; and
- (4) recommend KPIs for PED rating systems and EU taxonomy.

Key results include:

- (1) a structural path analytical tool for quantifying bi-contributions;
- (2) guidelines for integrating renewable and low-carbon solutions in centralized and decentralized DHC systems;
- (3) strategies for scaling and replicating DHC solutions in PEDs; and
- (4) quantitative KPIs to increase socio-economic impact. By providing the first multi-dimensional quantification of DHC-PED bi-contributions, SPA-PED strengthens the methodological foundations for climate-neutral, socially inclusive urban heating and cooling transitions across Europe.

Projektkoordinator

- Wonderland - platform for european architecture

Projektpartner

- Bürger*innenKRAFTwerk Schönbühel-Aggsbach
- Energiepark Bruck/Leitha
- Kompost und Biogas Verband Österreich, kurz: KBVÖ
- OurPower Energiegenossenschaft SCE mit beschränkter Haftung