

Módulo 1

Introducción a los sistemas de calefacción urbana

SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy communities
Erasmus+ KA220-HED: Asociaciones de cooperación en la educación superior

Institución responsable: BME

Autores: Dr. Balázs Bokor, Zoltán Takács

Fecha: mayo de 2026

Versión 1.1



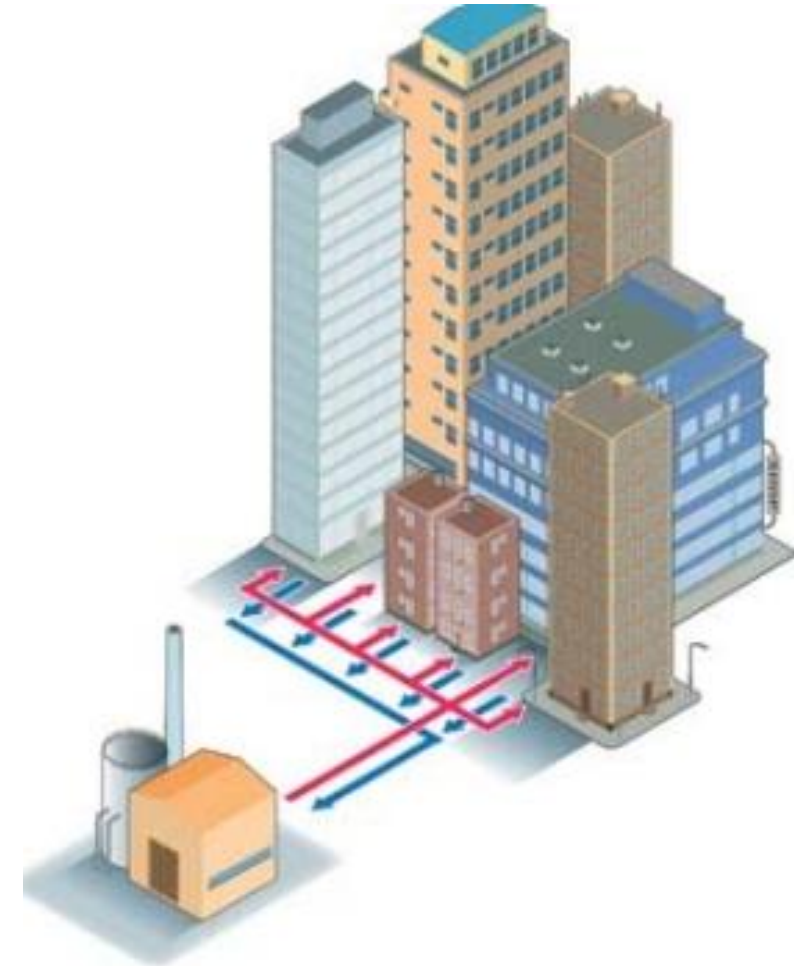
SHaKE

Sharing Knowledge on Energy Communities



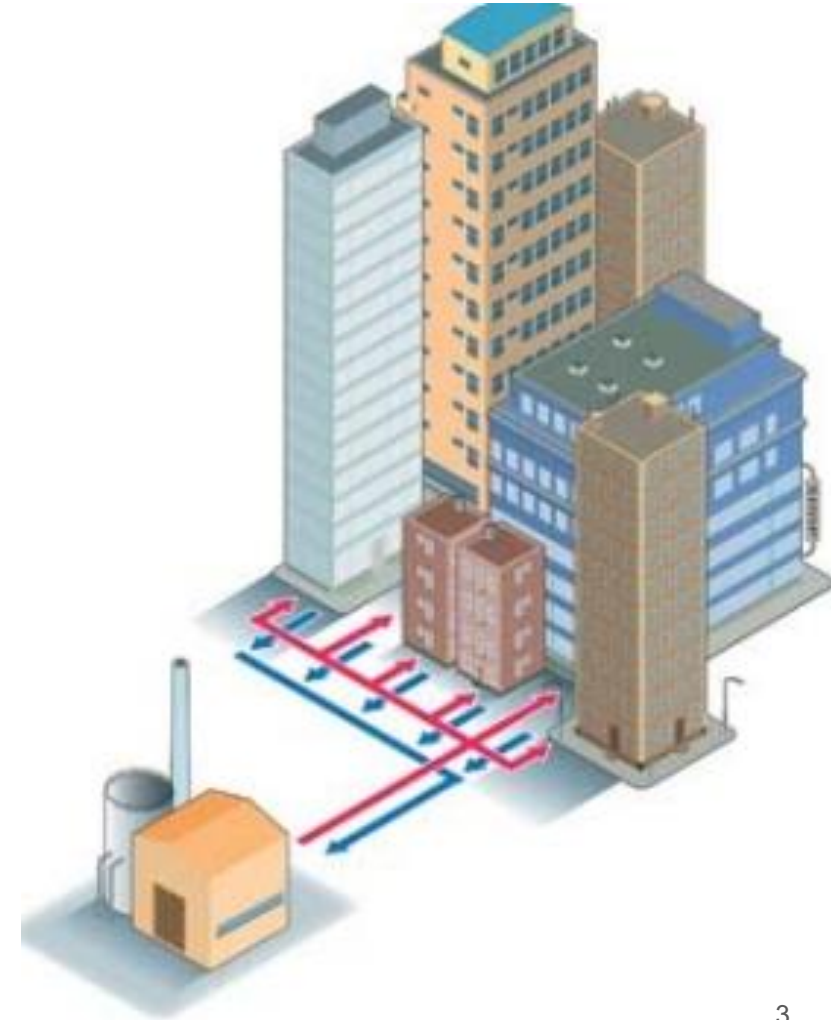
VENTAJAS DE LA CALEFACCIÓN URBANA

- Ventajas:
 - *Económico, más barato, bajo coste de mantenimiento*
 - *Amplio uso de fuentes de energía renovables y calor residual.*
- Desventajas:
 - *Pérdida de energía en las tuberías*
 - *Gran infraestructura*
 - *Cualquier problema en la producción de calor afecta a todo el distrito.*



VENTAJAS DE LA CALEFACCIÓN URBANA

- El calor se produce a distancia, lejos del lugar de consumo.
- El calor llega a los consumidores a través de una red de calefacción urbana.
- Lugar de producción de calor:
 - Central térmica
 - Central de cogeneración (central de producción combinada de calor y electricidad)
 - Fuentes de energía renovables (energía solar térmica, geotérmica, etc.)
 - Aprovechamiento del calor residual
- Comunidades energéticas
- Mejor mantenimiento de las instalaciones
- En la central térmica se puede llevar a cabo un control de la potencia más preciso que en el caso de los generadores de calor instalados en los hogares de los usuarios.



VENTAJAS DE LA CALEFACCIÓN URBANA

- La calidad del aire en las zonas densamente pobladas puede verse afectada por los productos de la combustión.
- La chimenea de la central eléctrica de Buda Norte, con sus 203 m, es el edificio más alto de Budapest.



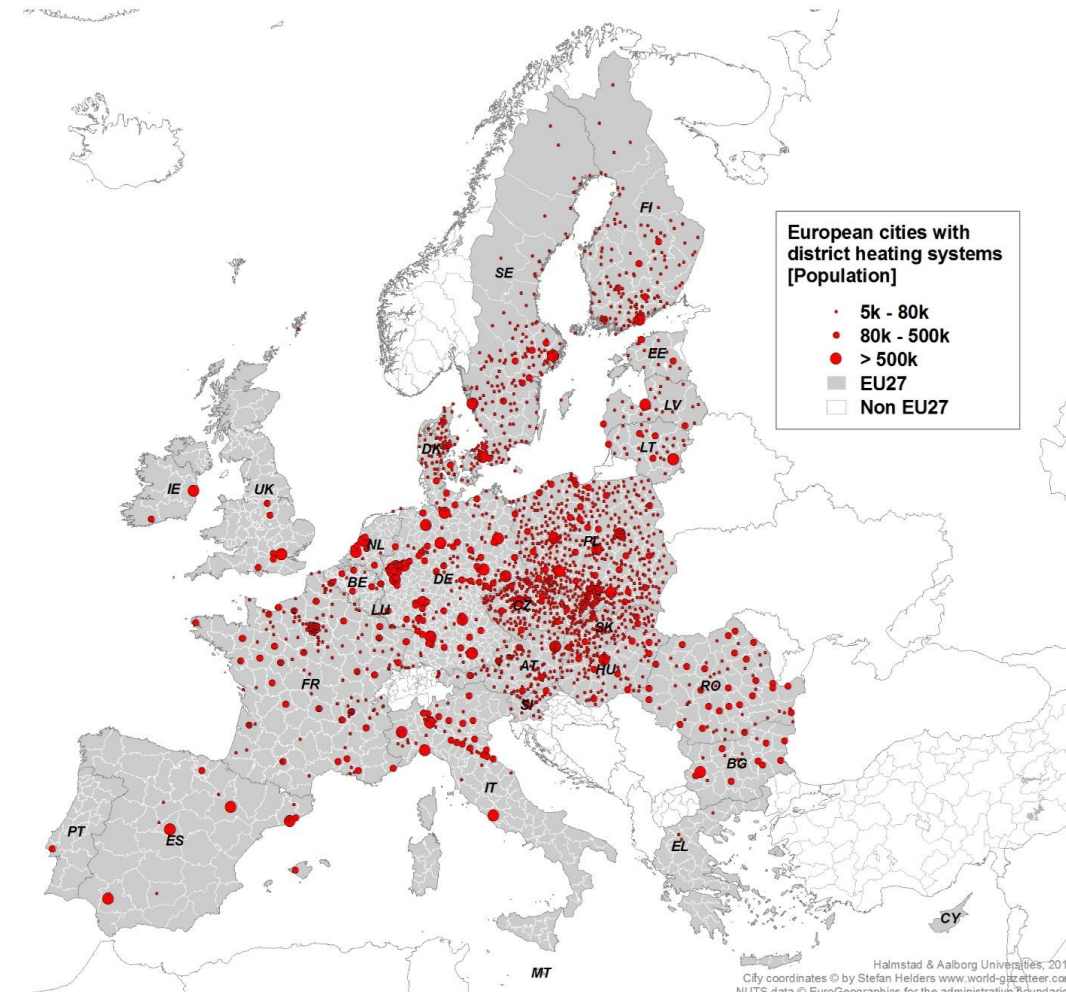
Producción y control centralizados de calor

- En la central térmica se puede llevar a cabo un control y un mantenimiento más precisos del rendimiento que en el caso de los generadores de calor instalados en los hogares de los usuarios.



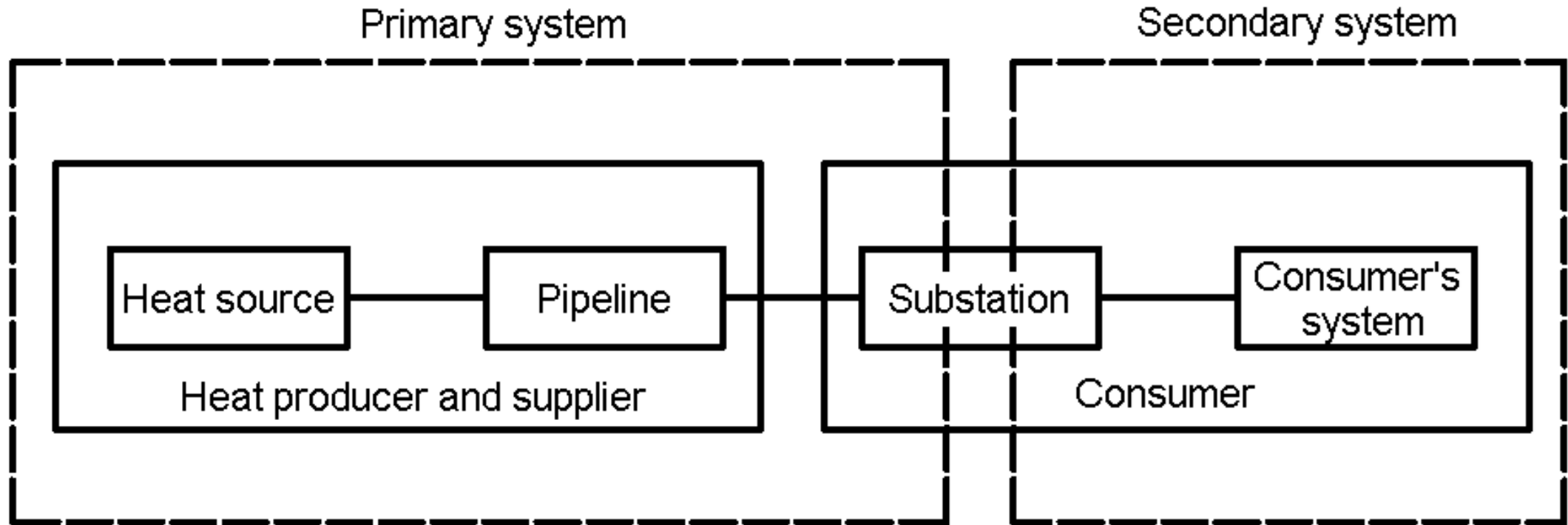
LA CALEFACCIÓN URBANA EN EUROPA

- Europa del Norte, Escandinavia
 - Amplia difusión y larga tradición de la tecnología de calefacción y refrigeración urbanizadas
- Europa Occidental
 - Ciudades y localidades de mayor tamaño; la tecnología de calefacción y refrigeración urbanizadas está actualmente en pleno auge.
- Europa del Este
 - La calefacción urbana fue una prioridad durante la era socialista, pero se utilizó de forma inadecuada para calentar urbanizaciones.



Fuente: Universidades de Halmstad y Aalborg, 2014; Base de datos sobre calefacción y refrigeración urbanas de la Universidad de Halmstad; datos NUTS; Euro Geographics para los límites administrativos

SUBSISTEMAS DE CALEFACCIÓN URBANA



- Producción de calor
- Distribución del calor

- Transferencia de calor
- Consumo de calor

1ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

- Caudal: vapor
- Retorno: condensado



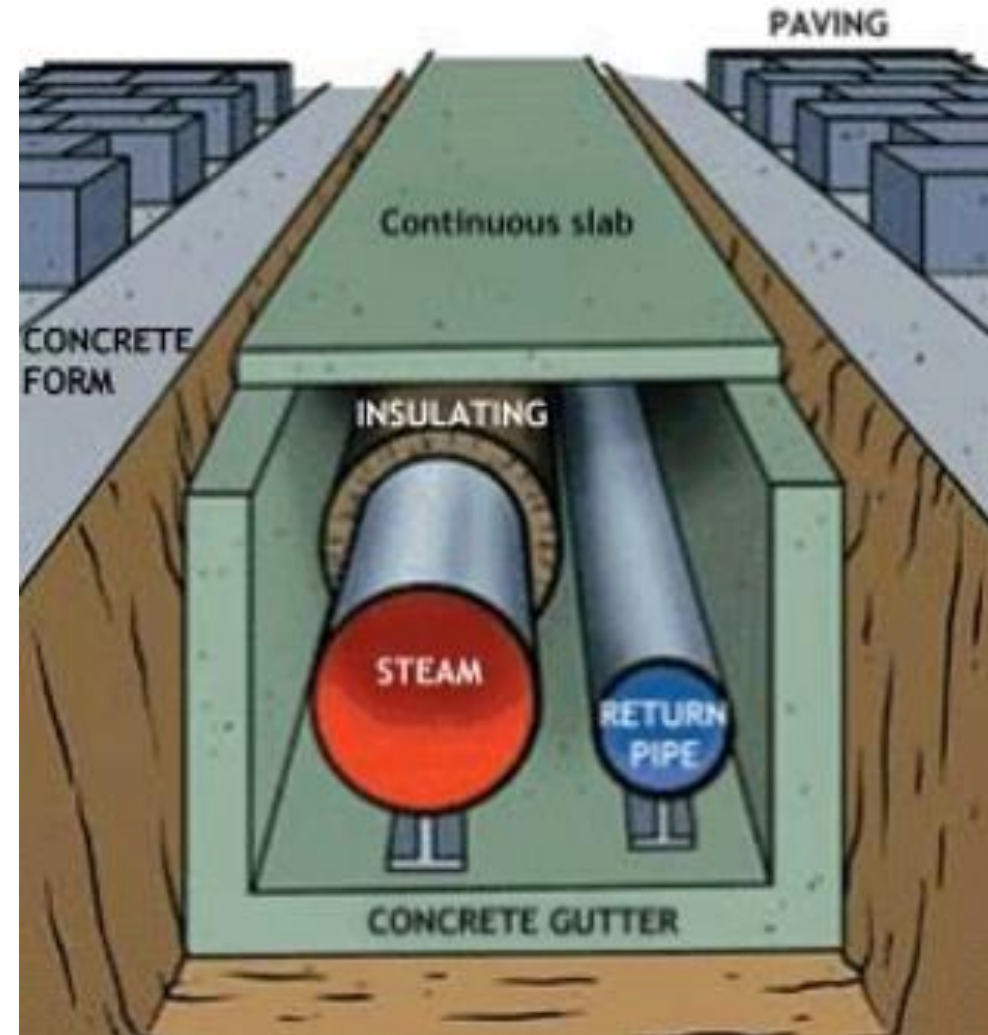
1ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE VAPOR



- Birdsill Holly (1820-1894), ingeniero mecánico estadounidense
- El suministro de calefacción debe estar al alcance de todos, al igual que el de agua, gas y electricidad.
- En el invierno de 1878/79 construye un prototipo de sistema de calefacción urbana en sus instalaciones, que abastece de vapor a las fincas vecinas.
- Más tarde, establece sistemas de calefacción urbana en varias ciudades de EE. UU.

1ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

- Se introdujo en Estados Unidos en la década de 1880.
- La razón principal de su desarrollo fue reducir los accidentes con calderas en edificios residenciales.
- El vapor se condensa durante la disipación del calor.
- En muchos casos, el condensado se ha filtrado debido a la corrosión.



1ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

- En Manhattan todavía se utiliza una red de tuberías de vapor.
- En 2020, los sistemas de calefacción urbana por vapor se consideran muy obsoletos.
- Se han renovado en Salzburgo, Hamburgo, Múnich y Copenhague.
- En muchos casos, la red de tuberías de vapor ha demostrado ser peligrosa. Explosiones, lesiones a peatones, casos de muerte.



2ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE

- El agua caliente es un medio de transferencia de calor con una temperatura superior a 100 °C.
- Apareció en 1930 y fue la opción predominante en las instalaciones hasta 1970.
- Normalmente, se trataba de un par de tuberías tendidas en una canaleta de hormigón.
- Se utilizaba principalmente en la Unión Soviética.
- En muchos casos, era habitual que el control del rendimiento fuera deficiente.
- Requería mucha mano de obra in situ durante la instalación.



2ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE



- Tuberías aéreas en Hungría



- Las curvas en U compensan la expansión térmica en la tubería.

2ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE



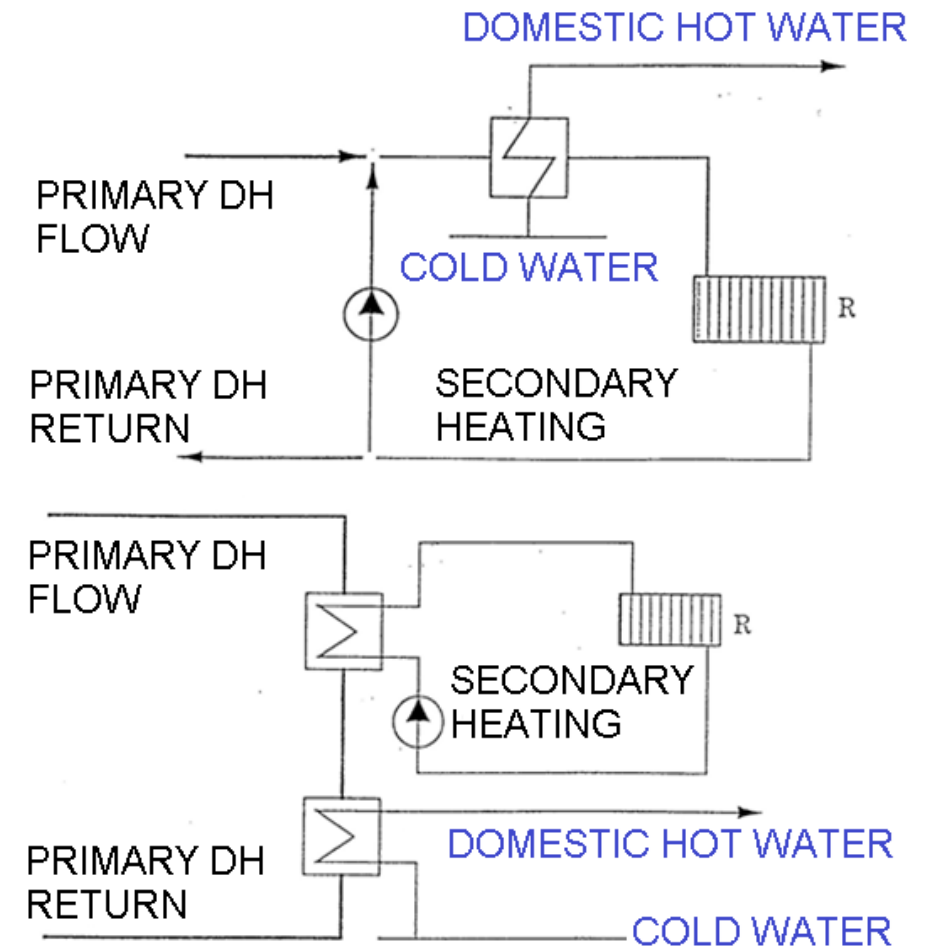
2ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE



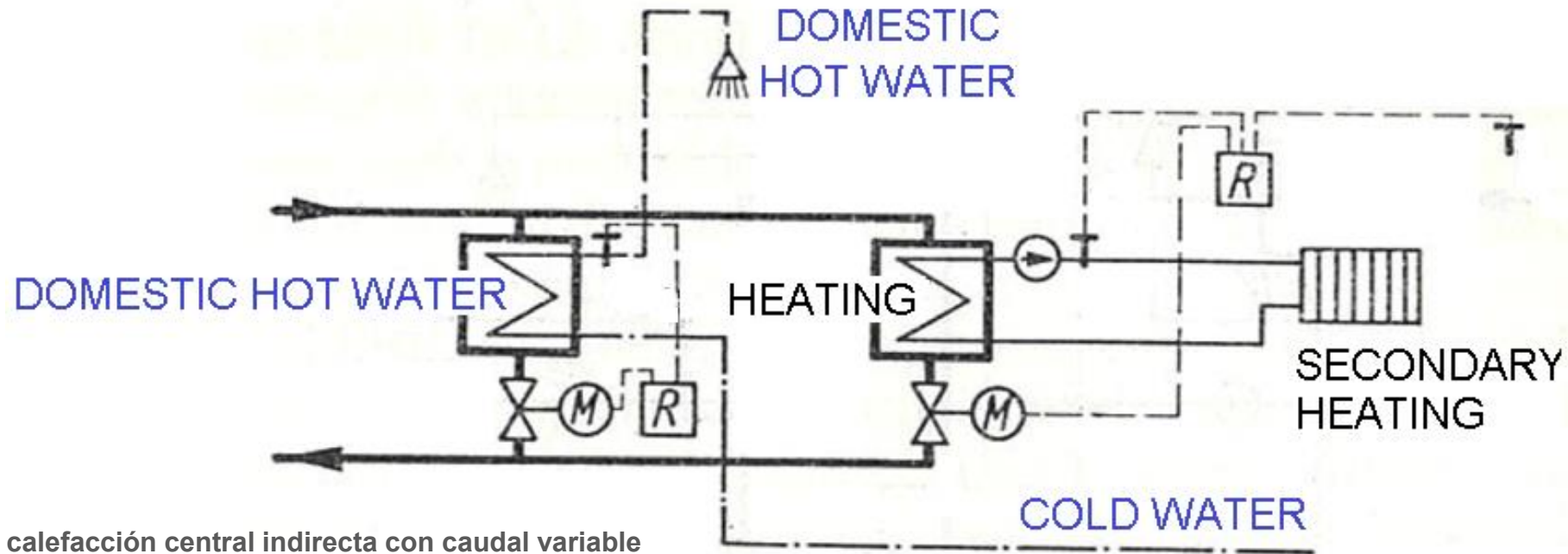
- Subestación de calefacción urbana
- Lugar donde se produce la transferencia de calor entre los circuitos de calefacción primario (ciudad) y secundario (edificio).
- Intercambiadores de calor tubulares.
- Gran demanda de instalación in situ.
- Elementos no prefabricados.
- Requisitos de espacio considerables.

SUBESTACIONES DE CALEFACCIÓN URBANA

- **Conexión hidráulica a la red primaria de calefacción urbana**
- Directa: la red de calefacción urbana y el sistema de calefacción del edificio forman un sistema hidráulico común.
- Indirecta: el sistema de calefacción secundario (del consumidor) del edificio está separado de la red primaria de calefacción urbana mediante un intercambiador de calor.



SUBESTACIONES DE CALEFACCIÓN URBANA

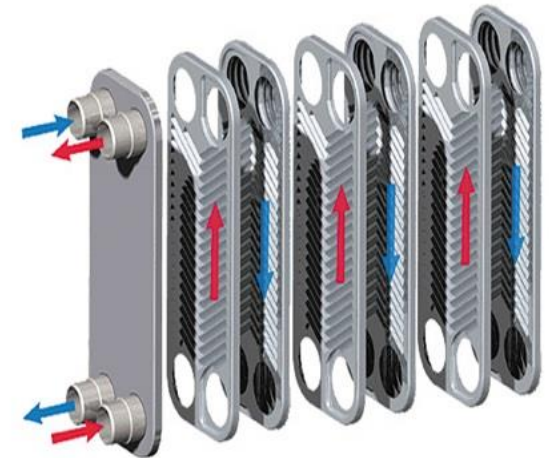


- Subestación de calefacción central indirecta con caudal variable
- Las válvulas motorizadas ayudan a regular el caudal entre el agua caliente sanitaria y el intercambiador de calor de la calefacción.
- Las válvulas motorizadas se abren y se cierran en función de las temperaturas medidas en el agua caliente sanitaria, el caudal de calefacción y la temperatura exterior.
- Normalmente, el agua caliente sanitaria requiere una temperatura más alta que la calefacción, por lo que tiene prioridad a la hora de recibir agua caliente.

2ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE



- Intercambiador de calor de haz tubular en una subestación de calefacción urbana de Budapest
- Intercambiadores de calor de placas



3ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE

- Agua como medio de transferencia de calor con una temperatura inferior a 100 °C.
- Componentes prefabricados, tuberías preaisladas.
- Tuberías tendidas directamente en el suelo.
- Tecnología utilizada para la renovación de sistemas antiguos en la antigua Unión Soviética y Europa del Este.
- En algunos casos, se recurre al uso de fuentes de calor renovables (colectores solares, energía geotérmica).



3ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE

- Tecnología utilizada para la renovación de sistemas antiguos en la antigua Unión Soviética y Europa del Este.



3ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE



Forrás: Jánya Gergely, Budapest régi képeken

3ª GENERACIÓN: DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE

- Subestaciones prefabricadas, compactas y modulares.
- Intercambiadores de calor de placas.
- Se necesita mucho menos espacio
- **Tendencia de desarrollo de las generaciones de calefacción urbana:**
- Menor temperatura de transferencia de calor
- La prefabricación reduce las necesidades de mano de obra durante la instalación.
- Mejor calidad y mayor flexibilidad en el uso de los materiales.
- Reducción de las pérdidas y aumento de la eficiencia



ENERGÍA RENOVABLE EN LA CALEFACCIÓN URBANA



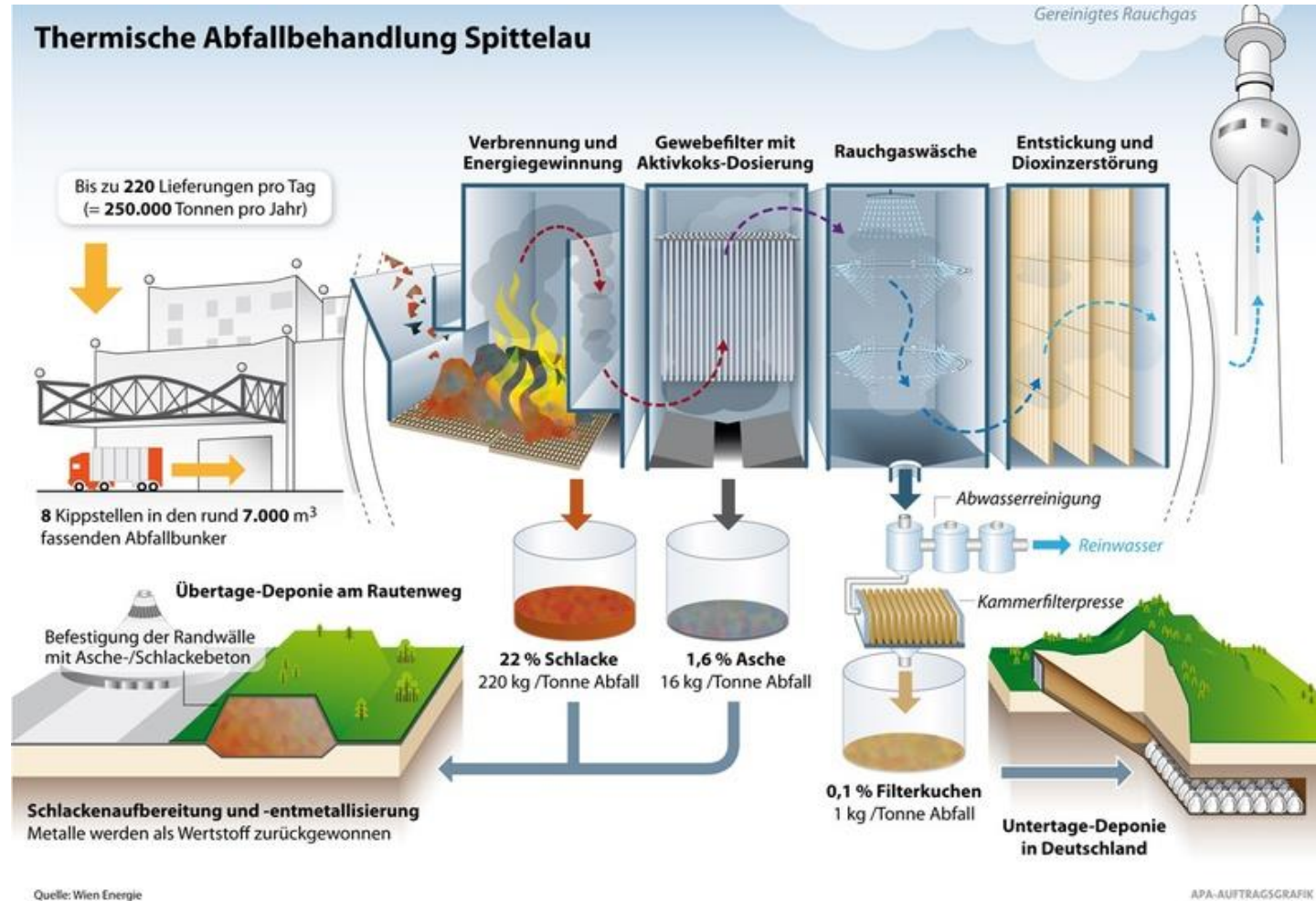
- Central geotérmica y sistemas de calefacción urbana de Islandia
- Tras circular por un edificio, el exceso de calor geotérmico de baja calidad puede utilizarse para calentar el pavimento con el fin de derretir la nieve y el hielo.

INCINERACIÓN DE RESIDUOS EN VIENA, SPITTELAU



- Suministro de calefacción para 60 000 hogares
- Suministro eléctrico para 50 000 hogares
- **Rendimiento anual**
- 250 000 toneladas de residuos
- 120 000 MWh de electricidad
- 500 000 MWh de calor
- 6 000 t de metal reciclable
- 60 000 toneladas de cenizas, hollín y material de filtrado

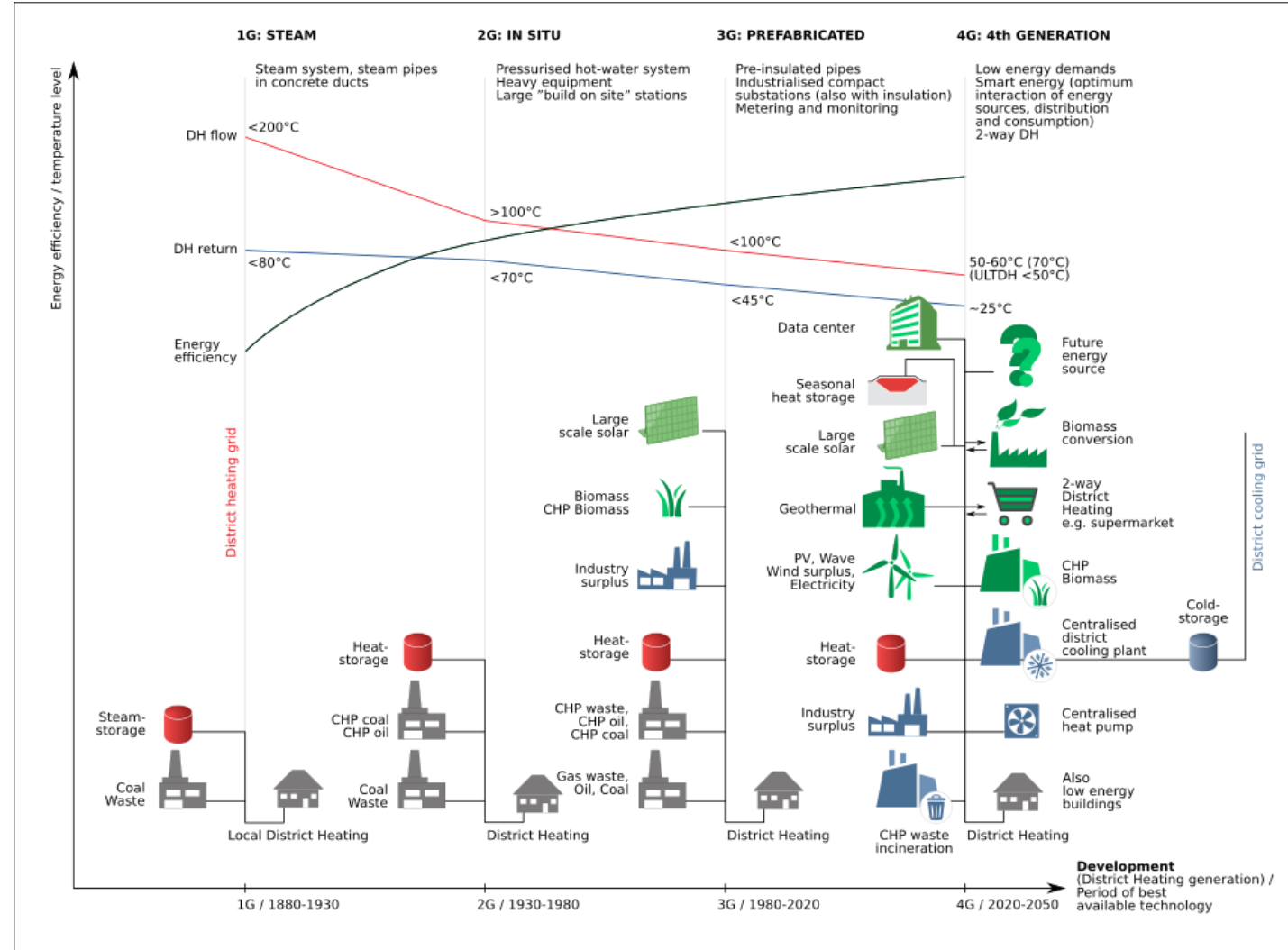
INCINERACIÓN DE RESIDUOS EN VIENA, SPITTELAU



PLANTA DE RECICLAJE DE RESIDUOS «HUHA» EN BUDAPEST



- Capacidad anual:
- 400 000 toneladas de residuos incinerados
- 170 000 MWh de electricidad generada
- 139 000 MWh de calor generados
- La fuente de calor más barata de Budapest, con un coste equivalente a una cuarta parte del precio del calor comprado



FUENTES Y TECNOLOGÍAS PARA LA GENERACIÓN DE CALOR EN LA RED DE CALEFACCIÓN URBANA

Fuente de calor	Tecnología	Principio de conversión de energía
Combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas)	Calderas Cogeneración	De la energía química a la energía térmica

4ª GENERACIÓN: REUTILIZACIÓN DEL CALOR RESIDUAL, COMUNIDADES ENERGÉTICAS



- Birdsill Holly (1820-1894), ingeniero mecánico estadounidense
- El suministro de calefacción debe estar al alcance de todos, al igual que el de agua, gas y electricidad.
- **Comparémoslo con el sistema de suministro eléctrico actual.**

4ª GENERACIÓN: REUTILIZACIÓN DEL CALOR RESIDUAL, COMUNIDADES ENERGÉTICAS

- Construcción de una red primaria de baja temperatura
- La demanda energética de los edificios no deja de disminuir
- También pueden equiparse con sistemas de calefacción de baja temperatura
- Bajas pérdidas en la distribución
- Las zonas densamente pobladas presentan ventajas: red de distribución más corta y menores pérdidas
- Aprovechamiento del calor residual local y uso de calor (renovable) producido localmente
- Funcionamiento como parte de un sistema inteligente de distribución de energía

Comunidades energéticas en la calefacción urbana

Aprovechamiento del calor residual



Comunidades energéticas en la calefacción urbana

Aprovechamiento del calor residual de los centros de datos



- Consumo mundial de electricidad en 2010: 350 TWh
- Esto representa más del 1 % del consumo mundial de electricidad en 2010
- La refrigeración es necesaria para el funcionamiento seguro de los equipos
- Centro de datos de tamaño medio:
- 1 MW de capacidad informática
- Emisión de calor: 3700 MWh/año con refrigeración
- $0,46 \text{ MWh}_{\text{th}}$ de calor residual por cada 1 MW_{el} de consumo eléctrico



Comunidades energéticas en la calefacción urbana

Aprovechamiento del calor residual de los centros de datos



- Consumo de energía eléctrica de los centros de datos en Europa:
 - 2007: 56 TWh/año
 - 2020: se prevé que alcance los 104 TWh/año
- Tendencias al alza: streaming, IoT
- La refrigeración representa el 40 % del consumo energético total de los centros de datos.
- Rendimiento de los centros de datos:
 - Rendimiento informático de 5 MW (en algunas ubicaciones de Europa)
 - 500 kW – 5 MW (muchos centros)
 - Menos de 500 kW (la mayoría de los centros)

Fuente: www.reuseheat.eu, <https://www.constructionglobal.com/cloud-computing/apple-construct-second-data-centre-china>

Comunidades energéticas en la calefacción urbana

Aprovechamiento del calor residual de los túneles del metro



- **Fuente de calor**
- Al frenar los trenes
- Ventilación de los vagones de metro
- **A nivel mundial**
- En 148 ciudades
- 11 000 km de línea
- 151 millones de pasajeros al día
- **En la Unión Europea**
- 50 ciudades medianas y grandes
- 2 800 km de líneas
- 31 millones de pasajeros al día
- 6,7-11,2 TWh/año de calor residual
- **Media de 1 km entre dos estaciones**
- **En una zona densamente poblada**

Aprovechamiento del calor residual de las redes de alcantarillado mediante bombas de calor

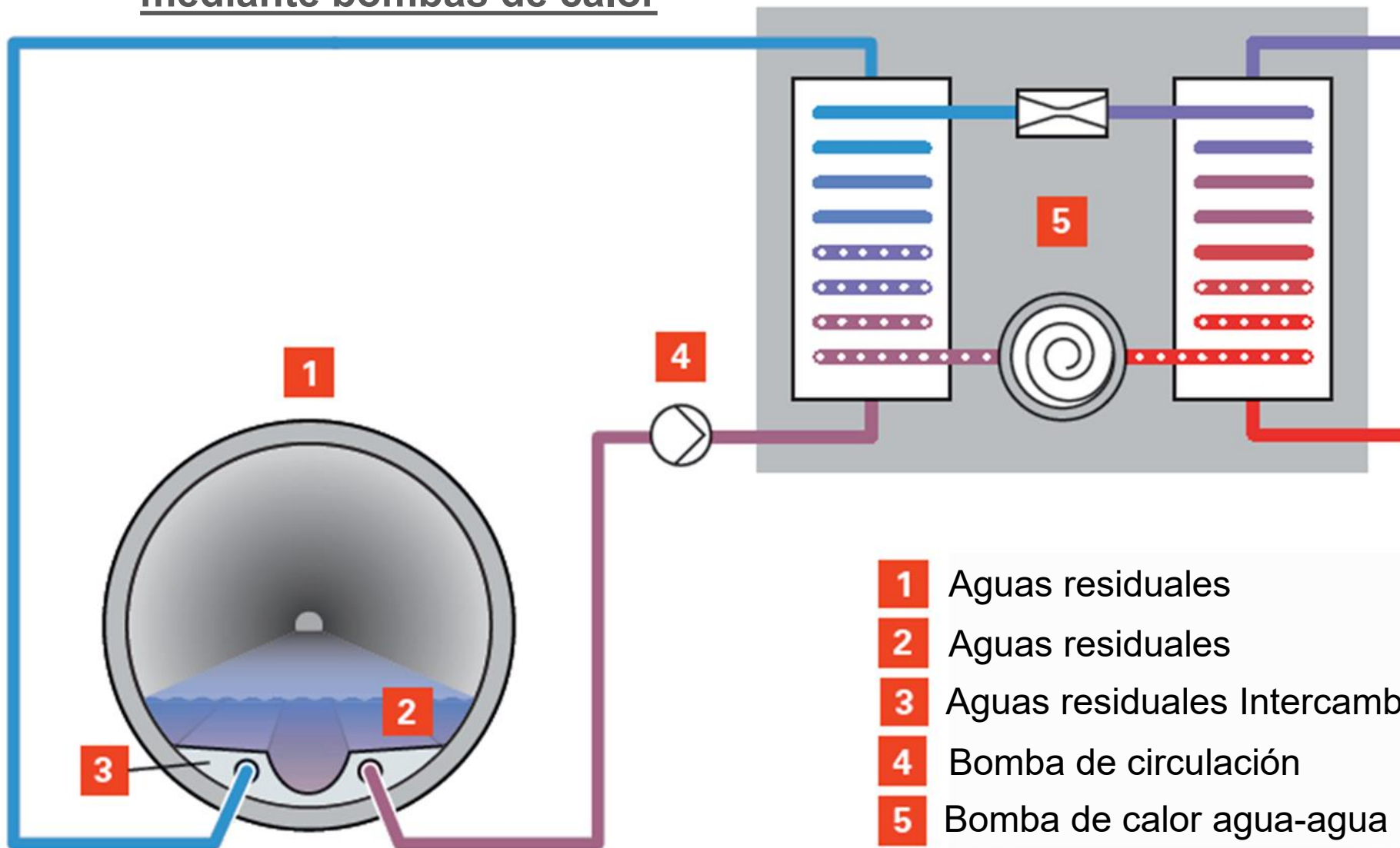


- Fuente de calor
 - Media anual de 10-15 °C
 - En verano, alcanza los 20 °C
- Aplicación de la tecnología de bombas de calor:
 - En ciudades con más de 10 000 habitantes
 - puede cubrir el 5 % de la demanda total de calor
 - 150 TWh/a
- En Alemania
 - podría abastecer al 20 % del parque inmobiliario
- Proyectos finalizados:
 - Colonia
 - Niza

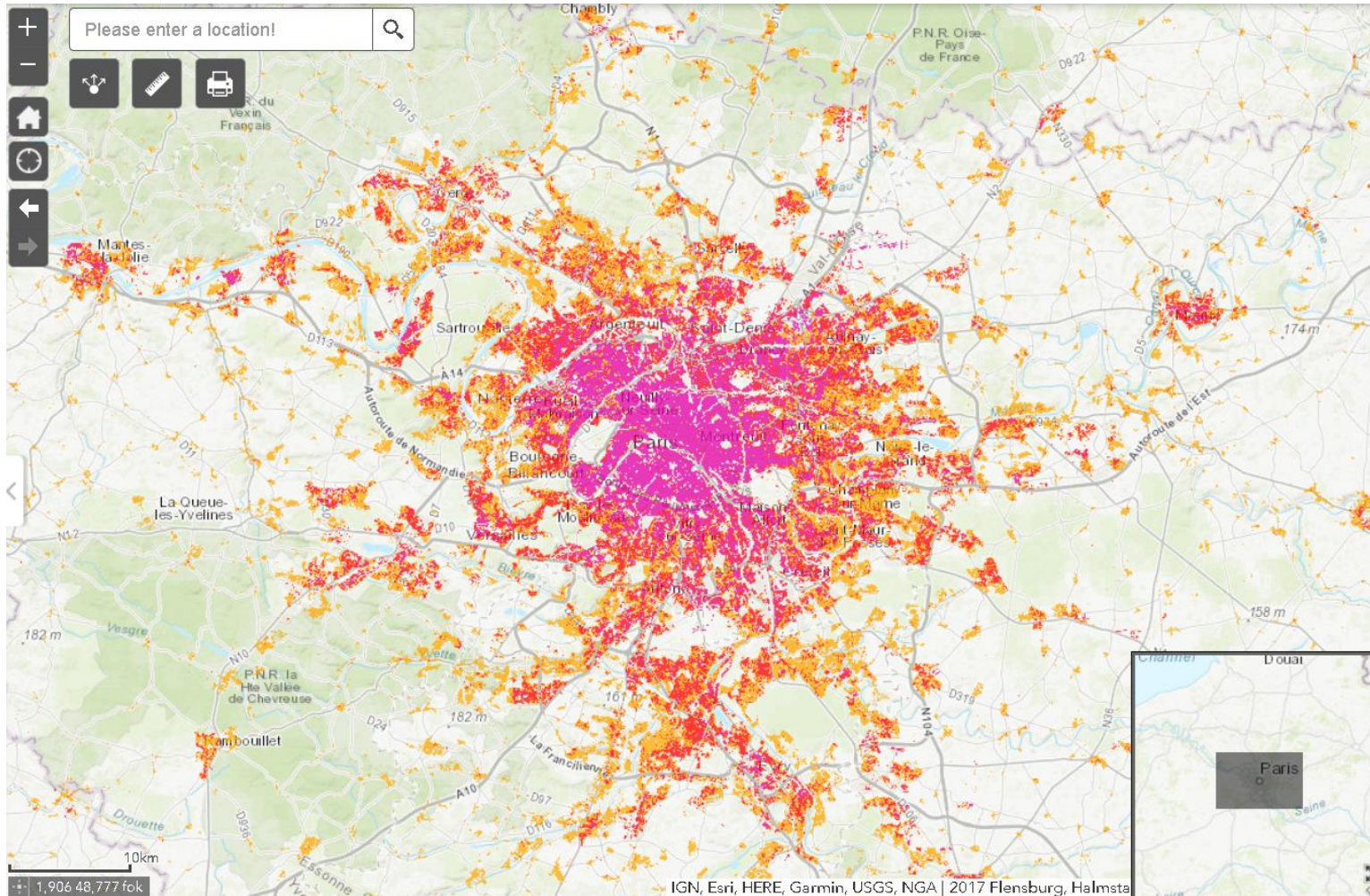


Comunidades energéticas en la calefacción urbana

Aprovechamiento del calor residual de las redes de alcantarillado mediante bombas de calor

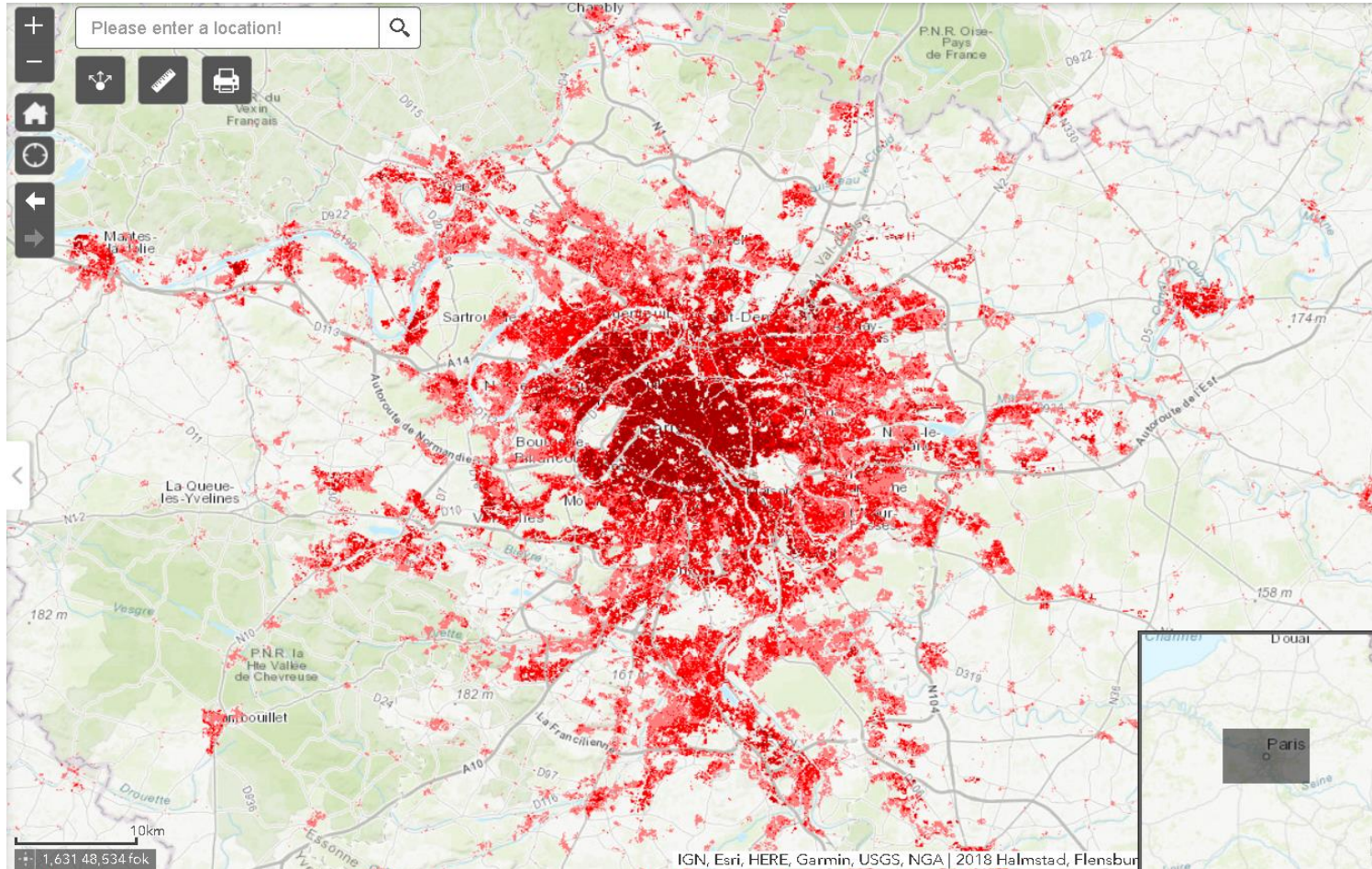


5ª GENERACIÓN: REUTILIZACIÓN DEL CALOR RESIDUAL



- Densidades de demanda de calefacción en París

5ª GENERACIÓN: REUTILIZACIÓN DEL CALOR RESIDUAL



- Coste de una unidad de energía térmica suministrada por una red de calefacción urbana basada en el calor residual.



5TH GENERACIÓN: COMUNIDADES ENERGÉTICAS CON REUTILIZACIÓN DEL CALOR RESIDUAL



- Edificios del campus con un nuevo sistema de calefacción urbana.
- Demanda instantánea de calefacción y refrigeración en los edificios.
- El calor residual de los edificios refrigerados se utiliza para calentar los que necesitan calefacción.
- La red de tuberías circular sirve de base para la comunidad energética.

EL PRIMER SISTEMA DE CALEFACCIÓN URBANA DE HUNGRÍA



- El Parlamento de Budapest
- Imre Steindl, arquitecto del edificio, no quería estropear la arquitectura con una chimenea.
- La sala de calderas se instaló en el edificio residencial contiguo.
- Allí, la chimenea no molesta a nadie.
- Tubería de calefacción central bajo la plaza.
- El edificio se terminó de construir en 1896.



¡Gracias!

Módulo 1: Introducción a los sistemas de calefacción urbana
SHaKE – Compartir calor y conocimientos sobre comunidades energéticas

<https://www.shakeproject-dhc.eu/>

Desarrollado por BME

Balázs Bokor | bokor.balazs@gpk.bme.hu

Zoltán Takács | takacszoltan@edu.bme.hu



Co-funded by
the European Union

