

Módulo 3: Producción de calor

Módulo 3.1: Producción de calor renovable

SHaKE – Intercambio de calor y conocimientos sobre comunidades energéticas

Erasmus+ KA220-HED: Asociaciones de cooperación en la educación superior

Institución responsable: Universidad de Tecnología y Economía de Budapest

Autor: Dr. Balázs Bokor

Fecha: mayo de 2026

Versión 1.1

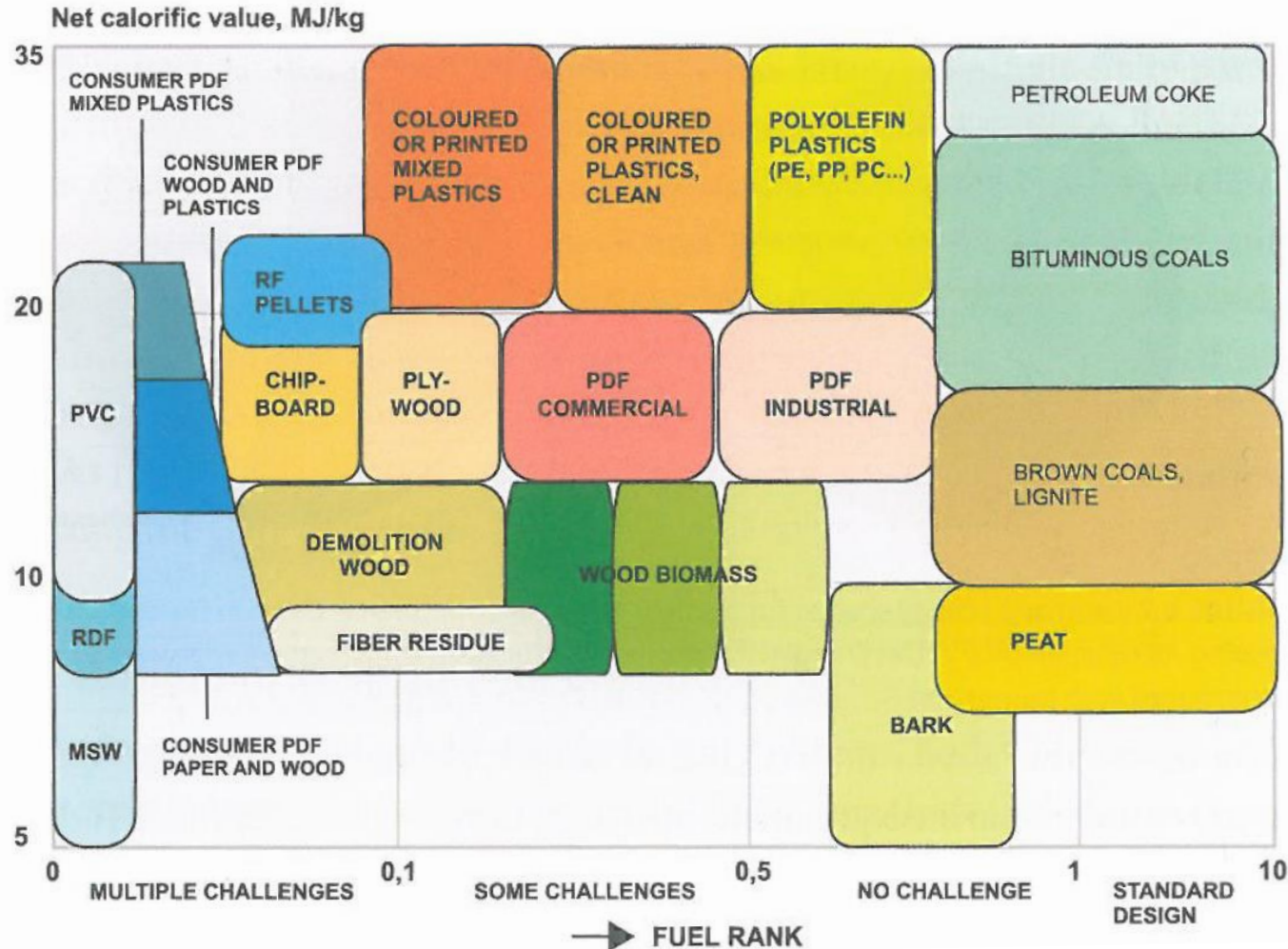


SHaKE

Sharing Knowledge on Energy Communities



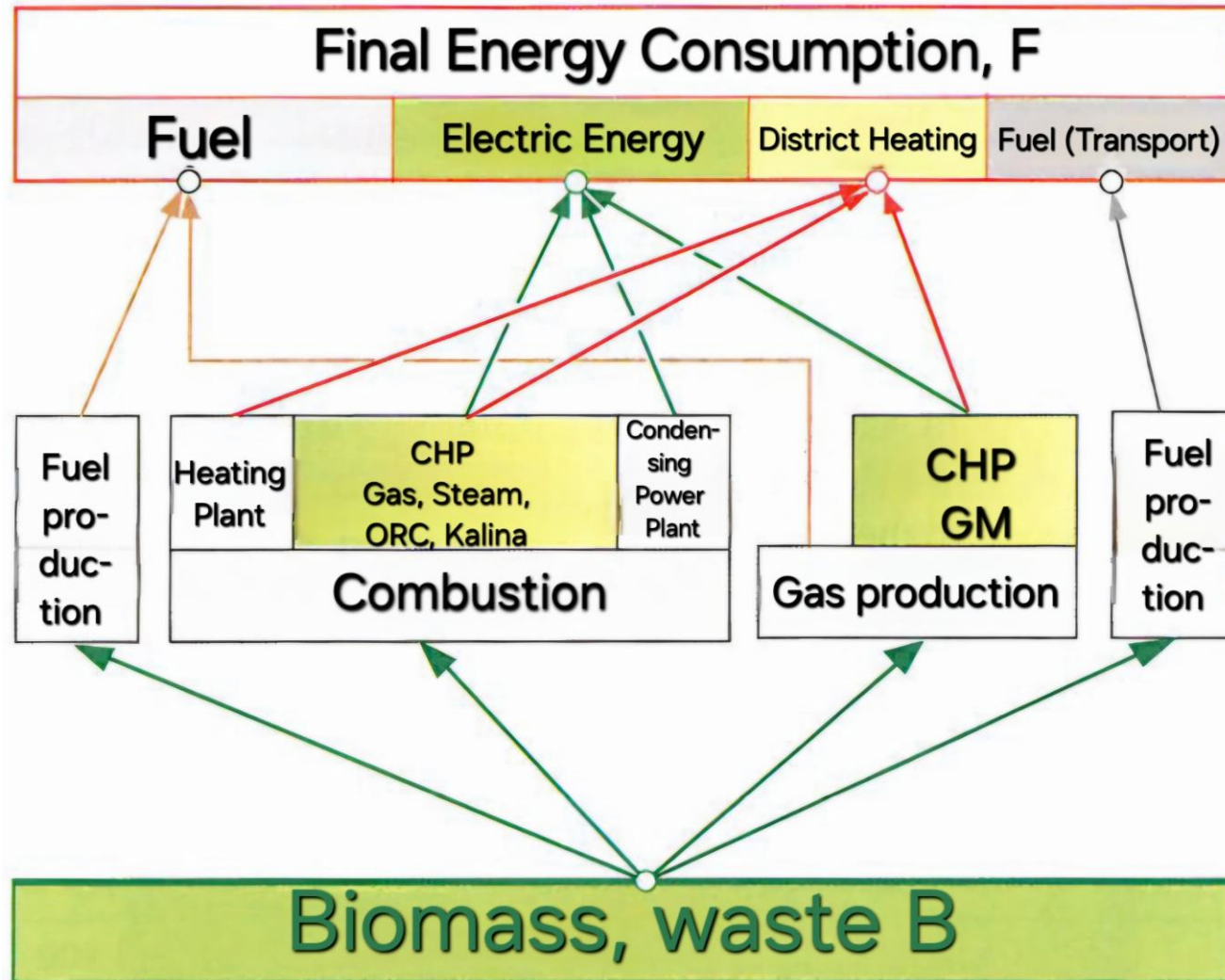
EVALUACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES SÓLIDOS



- Ordenada: poder calorífico
 - Alto contenido de humedad
- PVC, RDF (combustibles derivados de residuos), RSU (residuos sólidos urbanos)
 - HCl y dioxinas, tóxicas incluso en pequeñas concentraciones.
- Formación de cenizas
 - Puede ser altamente corrosivo
 - En otros casos, es inofensivo.

COMBUSTIÓN DE BIOMASA

Usos de la biomasa y los residuos



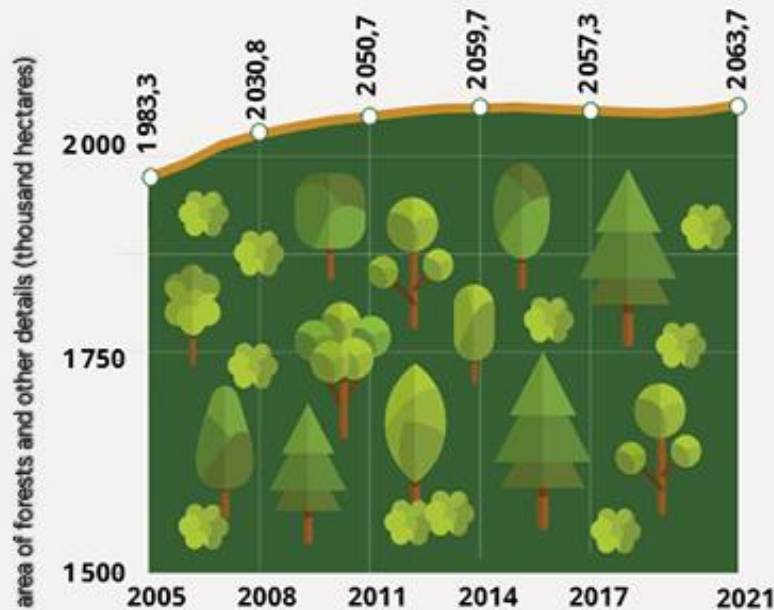
- Aprovechamiento de la biomasa de menor calidad y de los residuos en el suministro de calefacción urbana.
Recuperación de energía a partir de la biomasa:
- Combustión
 - Biomasa sólida y seca
 - Producción directa o combinada de calor
- Gasificación
 - Biomasa húmeda, lodos
 - El gas bruto se utiliza para la producción local de calor y electricidad, en combinación con un motor de gas.
 - Venta de biogás como combustible gaseoso.

COMBUSTIÓN DE BIOMASA

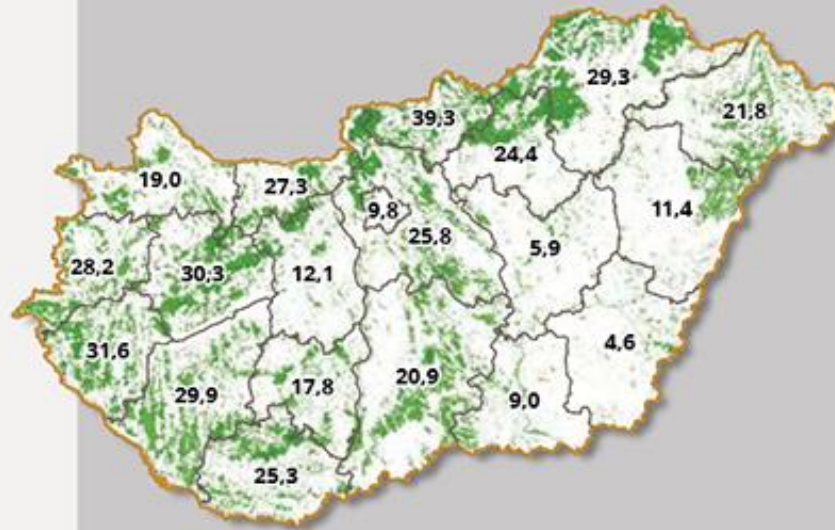
Biomasa combustible

Forest area

Changes in the Area of Forests Registered in the National Forest Database



Forest Density by County in Hungary



- Biomasa forestal y agrícola
- Residuos sólidos urbanos (RSU)
- Hungría tiene una baja cobertura forestal:
 - 20 % (la mitad de la media de la UE)
- Volumen forestal estimado:
 - 360 millones de m³
 - Aumento: 13 millones de m³ /año
- Si la mitad de la ganancia se utiliza con fines energéticos:
 - 60-70 PJ/a de energía primaria

COMBUSTIÓN DE BIOMASA

Combustibles de origen vegetal



Leña

- 40 % de la tala
- Se recomienda su uso en sistemas de calefacción individuales
- Poder calorífico con un 15 % de humedad: 15 000-16 000 kJ/kg

Astillas de madera

- Combustible utilizado en calderas de mayor tamaño
- Poder calorífico con un 50 % de humedad: 8 000 kJ/kg
- Poder calorífico con un 10 % de humedad: 16 000 kJ/kg
- Cantidad en Hungría: 1-1,4 millones de t/a
- Potencial energético anual: 10-18 PJ/año

Paja de trigo

- Cantidad que se puede quemar anualmente: 1,5 millones de t/a
- Poder calorífico con un 18 % de humedad: 13 000 kJ/kg
- 20 PJ/a como fuente de energía primaria

Total de combustibles de origen vegetal

- 70-90 PJ/a de energía renovable

COMBUSTIÓN DE BIOMASA

Biobriquetas, biopellets



- Combustión más cómoda y de mayor eficiencia
- Compresión sin aglutinantes
- Densidad: 1-1,3 t/m³
- Permite el funcionamiento automático en equipos pequeños

Plantación energética

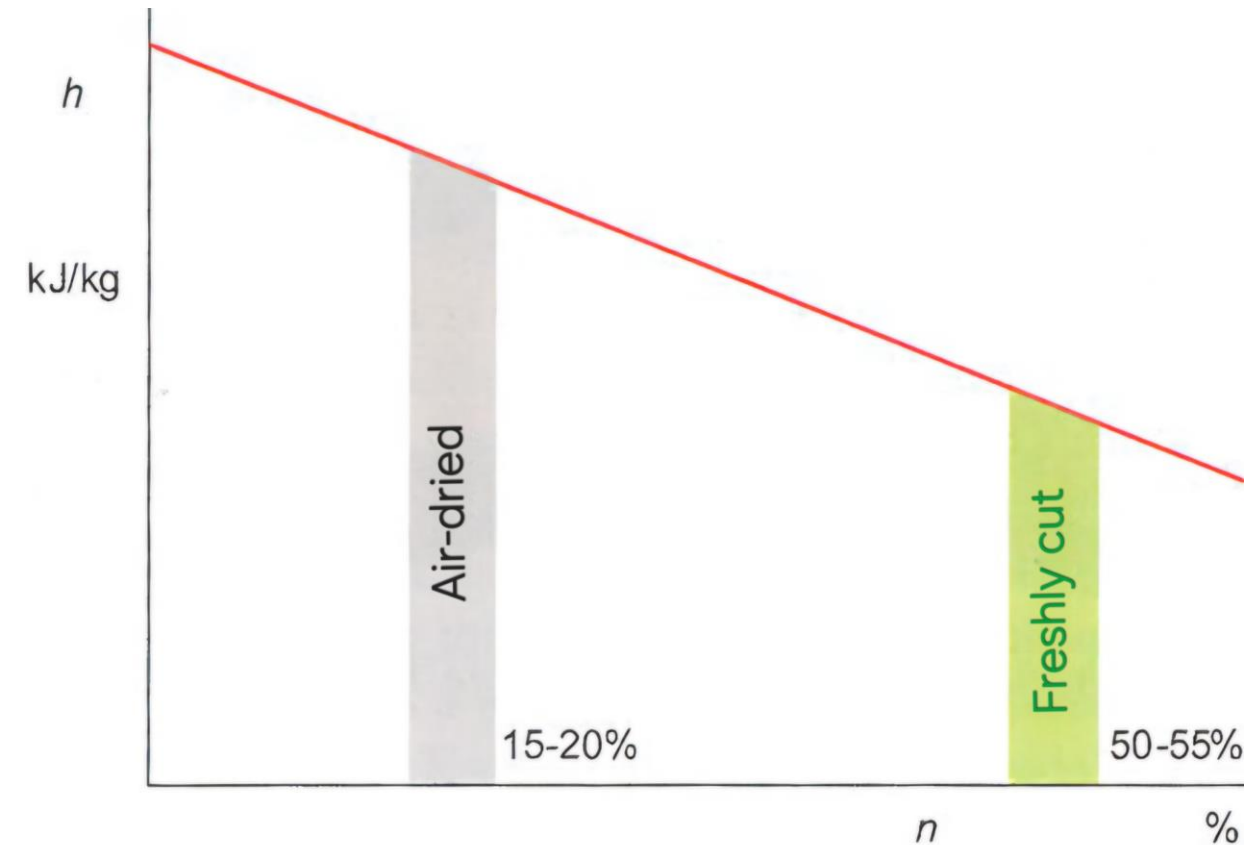


- Crecen rápidamente y alcanzan grandes dimensiones: hasta 2-3 m de altura
- Durante su rápido crecimiento, la planta retiene compuestos agresivos
- Corrosión en las plantas de combustión, contaminación ambiental.
- Las especies de crecimiento rápido también pueden desencadenar procesos peligrosos en el suelo.
- Su recolección y secado están bien mecanizados.
- Plantación energética
 - Ciclo de corte de 2-3 años
 - Tallos de 2-3 cm de diámetro y 2-3 m de longitud
 - Una cosechadora especial también los tritura al instante.
 - Tras el corte, rebrotan desde la raíz.

Fuente: Büki Gergely, Metzinger József, Orbán Tibor: Energía municipal, calefacción urbana, refrigeración urbana. ISBN: 978-968-88358-7-1, <http://www.panenerg.hu/biomassza/>

COMBUSTIÓN DE BIOMASA

Centrales térmicas de combustión de biomasa



- Aprovechamiento a distancia de biomasa combustible de menor calidad.
- Plantas de calefacción: potencia de 100 kW a más de 1 MW.
- Durante la instalación, la planificación y las tareas municipales:
- Adquisición de biomasa, disponibilidad y determinación de costes.
- Residuos locales de la industria maderera, explotaciones forestales.
- Biomasa recién cortada con un 50 % de humedad.
- Se puede reducir al 15-20 % mediante secado.
- Posibilidad de secado entre temporadas de calefacción, en verano.

COMBUSTIÓN DE BIOMASA



- Las plantas de generación de calor de alto rendimiento están revestidas con una fachada de cristal para minimizar los daños estructurales en caso de explosión.

COMBUSTIÓN DE BIOMASA



- El camión que transporta la biomasa se pesa en la entrada.

COMBUSTIÓN DE BIOMASA



COMBUSTIÓN DE BIOMASA



- Las astillas de madera más pequeñas son menos adecuadas porque el aire se las lleva durante la combustión.
- Muestreo
- Pago por calidad en el sector forestal



COMBUSTIÓN DE BIOMASA

Dispositivo de transmisión



COMBUSTIÓN DE BIOMASA

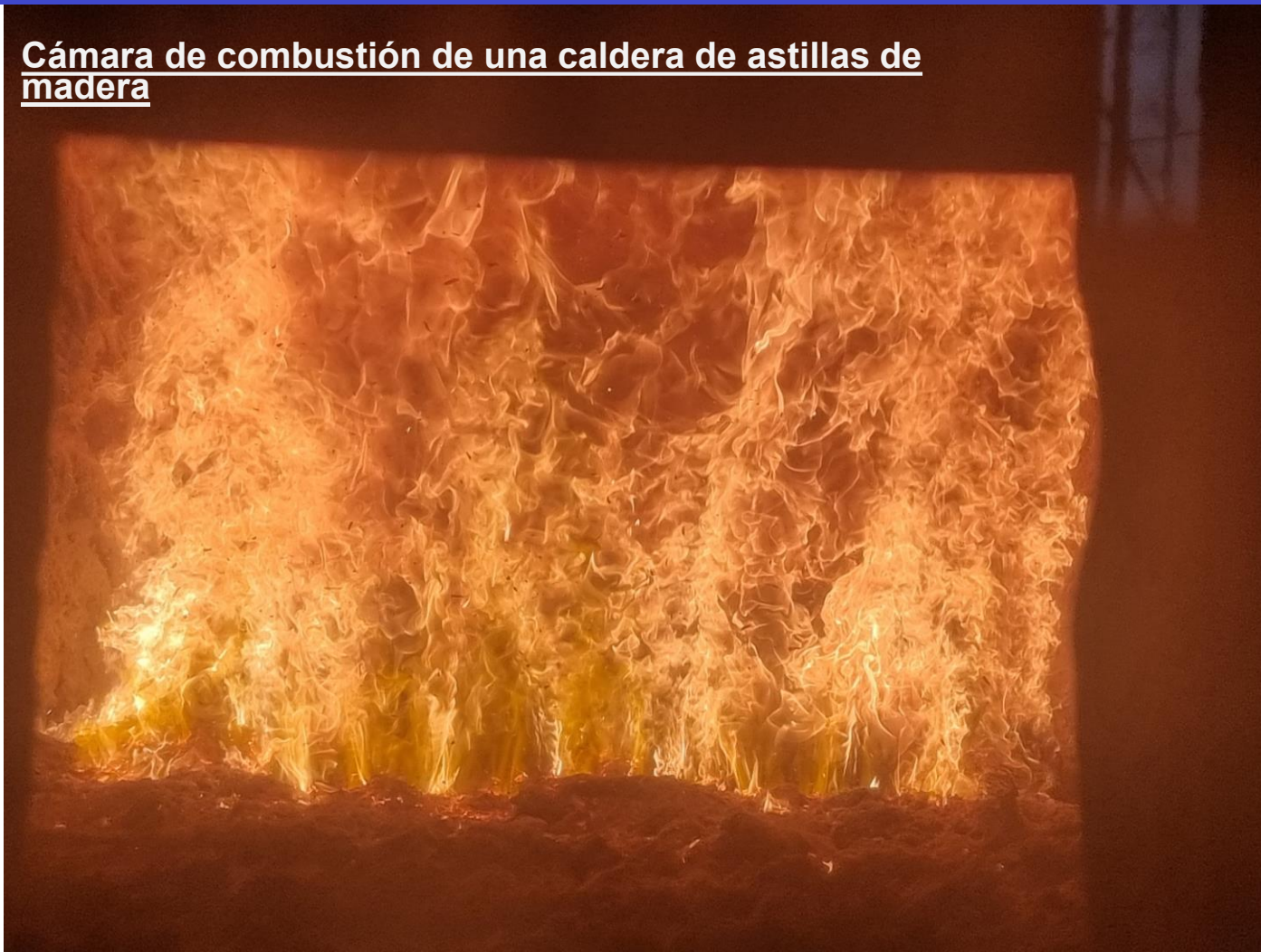


COMBUSTIÓN DE BIOMASA



COMBUSTIÓN DE BIOMASA

Cámara de combustión de una caldera de astillas de madera

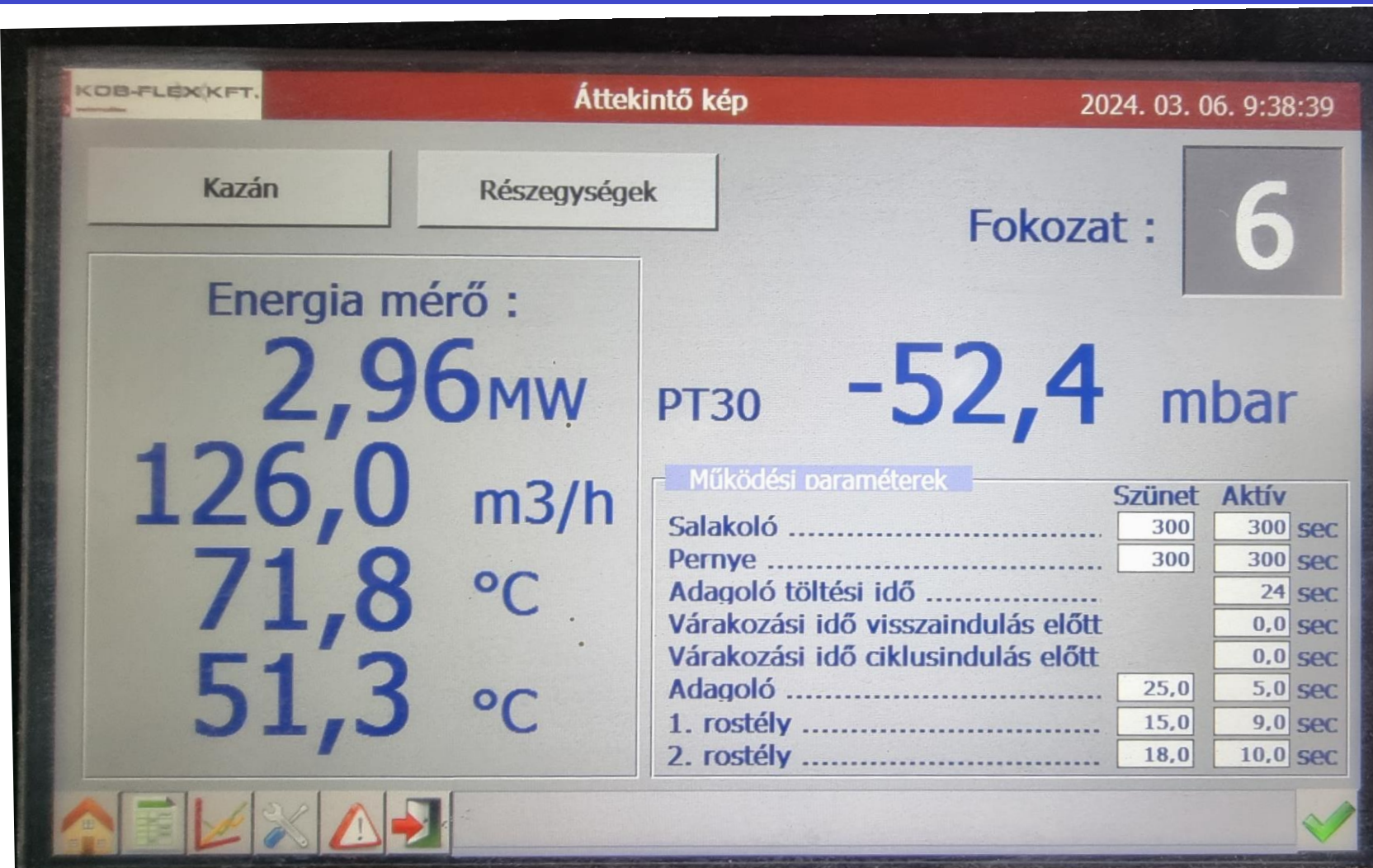


Vaciado de las cenizas de la caldera



COMBUSTIÓN DE BIOMASA

Panel de control de la caldera



- Rendimiento instantáneo
- Caudal volumétrico de circulación
- Temperatura de impulsión
- Temperatura de retorno

COMBUSTIÓN DE BIOMASA



- **Conexión a la red de calefacción urbana:**
- Suministro primario, ply,
- Return

COMBUSTIÓN DE BIOMASA



Bombas del circuito primario en la central de calefacción

Pequeña bomba para uso en verano

Bomba de gran tamaño para funcionamiento en invierno.

Garantizar el mantenimiento de la presión y el tratamiento del agua



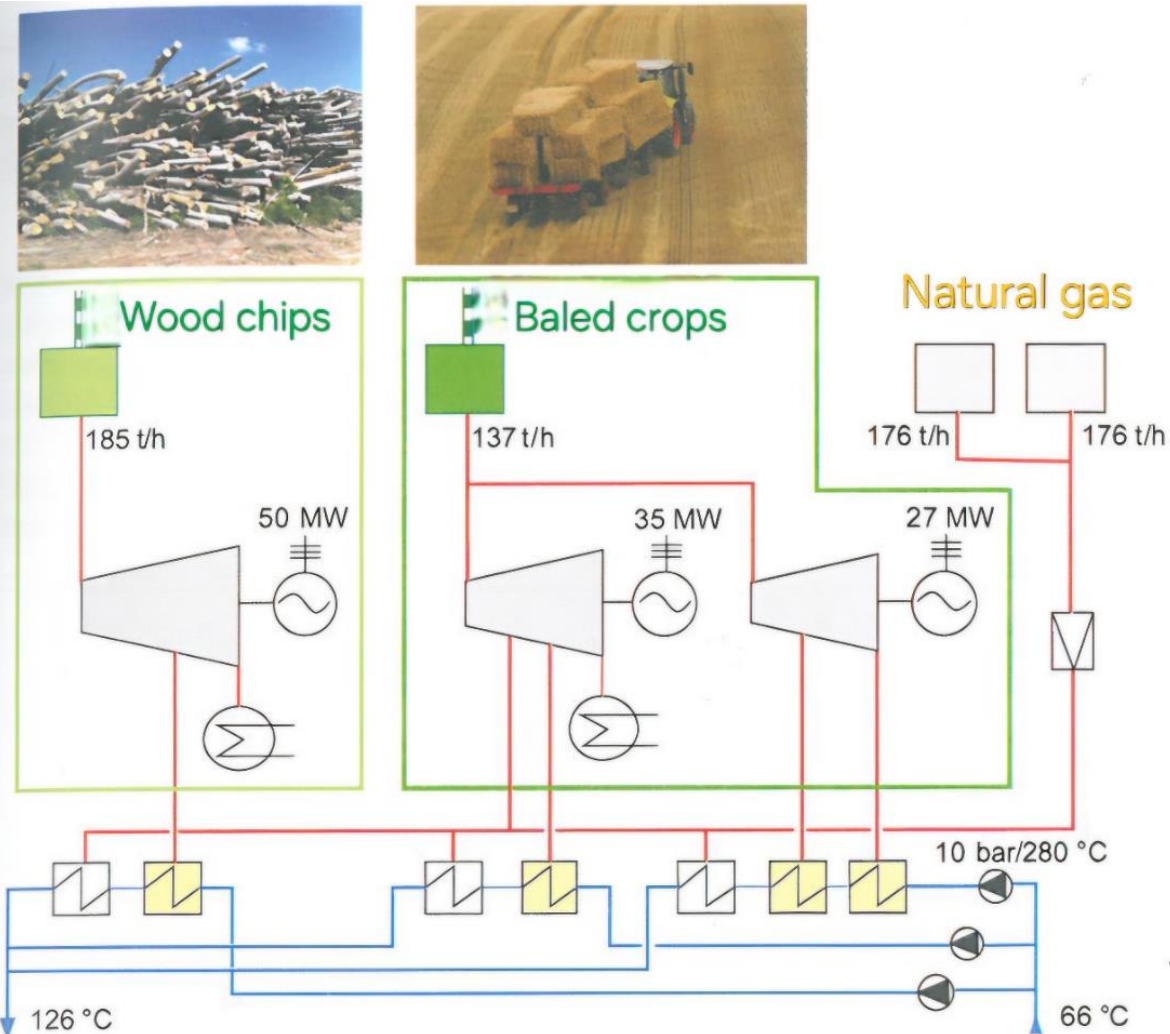
COMBUSTIÓN DE BIOMASA

Calderas de gas de reserva para garantizar el suministro de calefacción en cualquier circunstancia



COMBUSTIÓN DE BIOMASA

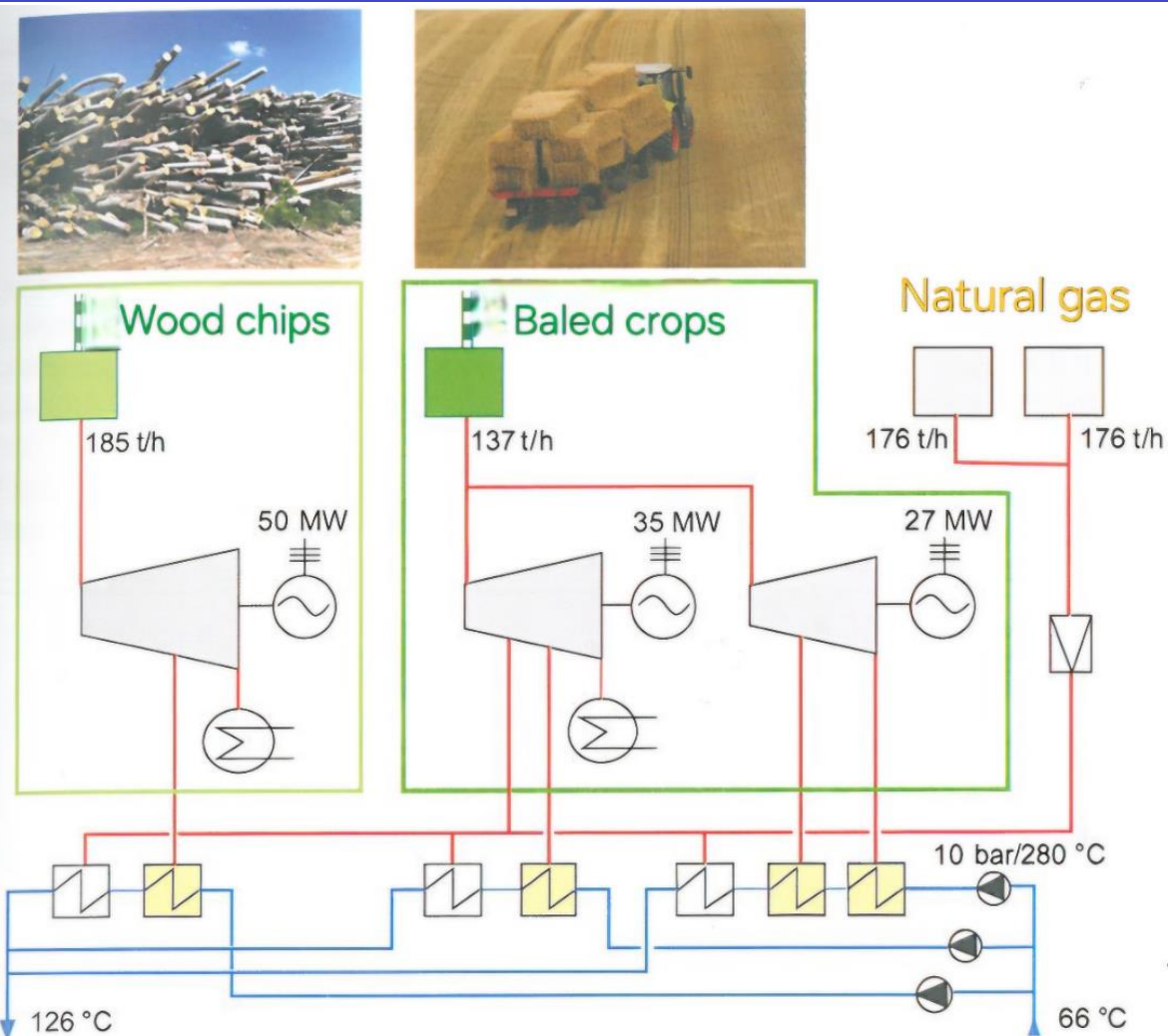
Bloque de calefacción alimentado con astillas de madera y paja en la central eléctrica de Pécs



- Lo que en un principio era una central eléctrica de carbón se transformó en una central de biomasa en dos fases.
- Se han conservado las turbinas de vapor y los parámetros de vapor de la antigua central eléctrica.
- Fase 1: se instaló una caldera alimentada con astillas de madera. Caldera de vapor de 185 t/h.
 - Produce vapor para su turbina de vapor de extracción-condensación, con una potencia eléctrica de 50 MW.
- Fase 2: se instaló una caldera alimentada con paja
 - La caldera, con una capacidad de vapor de 137 t/h, funciona junto con una turbina de vapor de extracción-condensación de 35 MW fuera de la temporada de calefacción. Durante la temporada de calefacción, funciona en combinación con una turbina de calefacción de contrapresión de 27 MW.

COMBUSTIÓN DE BIOMASA

Central térmica alimentada con astillas de madera y paja en la central eléctrica de Pécs



- Suministro de calefacción urbana de la ciudad de Pécs:
- 31 000 viviendas
- 450 instituciones
- Demanda anual de calor: 1 600 TJ/a
- El 62 % procede de centrales térmicas alimentadas con paja
- El 32 % procede de la central térmica alimentada con madera.
- Las centrales de biomasa proporcionan el 94 % de la calefacción y la electricidad renovables a Pécs.
- La combustión de gas natural debe cubrir alrededor del 6 % de la demanda de calor.

EL POTENCIAL DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN HUNGRÍA

Organic Material	Amount (million <i>t/year</i>)	Biogas Production (billion <i>m³/year</i>)	Natural Gas Equivalent (billion <i>m³/year</i>)
Animal-origin Waste	43	1.6	1.1
Municipal Waste	10	0.7	0.5
Energy Crops (1000 thousand ha)	30	3.3	2.2
Total	83	5.6	3.8

- Biomasa blanda que no puede aprovecharse mediante combustión.
- Por ejemplo, cada año se producen 700 000 t/a de lodos de depuradora.
- En la agricultura húngara se generan anualmente 7,5 millones de toneladas de residuos aptos para la gasificación.
- En la actualidad, unas 40 plantas de biogás nacionales aprovechan aproximadamente 3 millones de toneladas.

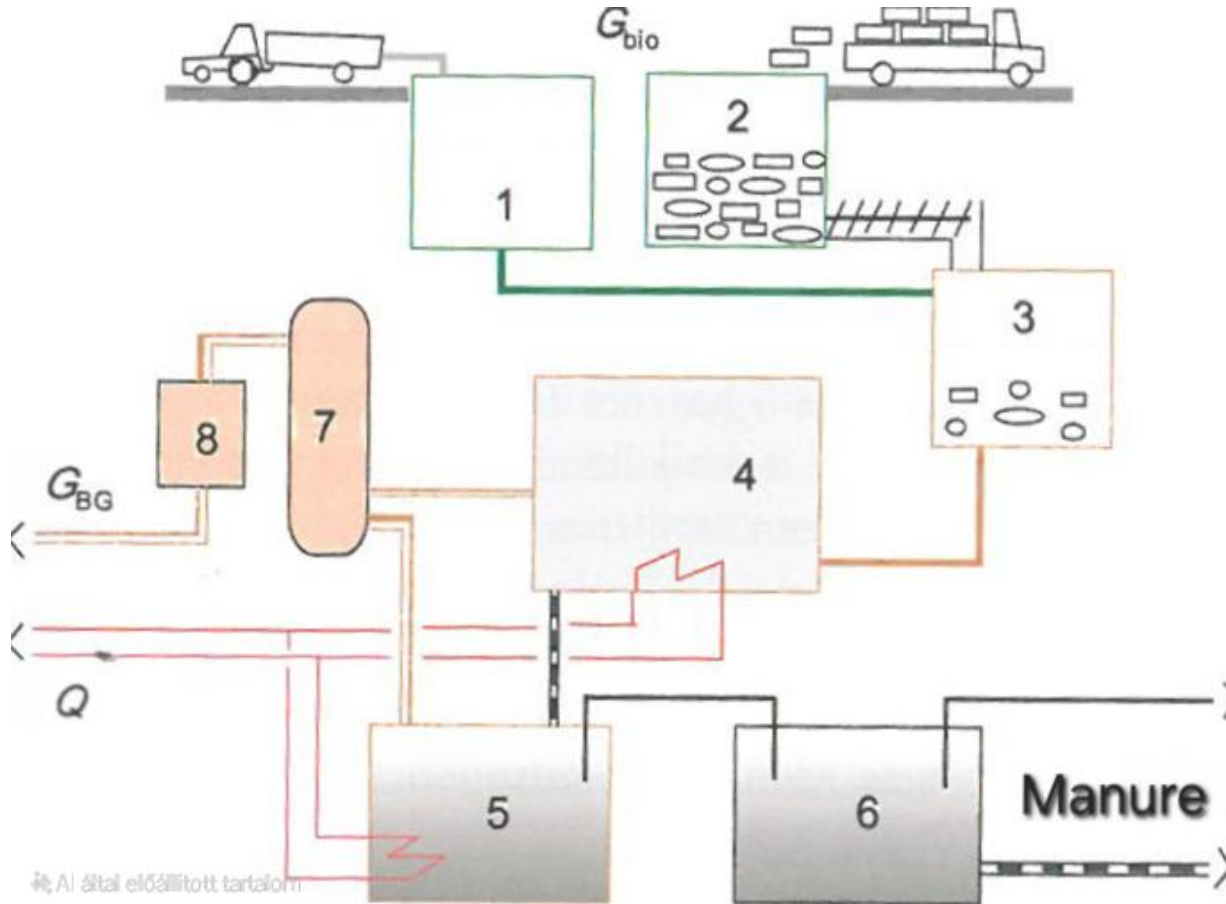
EL POTENCIAL DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN HUNGRÍA



Fuente: Büki Gergely, Metzinger József, Orbán Tibor: Településenergetika, távhőellátás, távhűtés.
ISBN: 978-968-88358-7-1, <https://www.mnnsz.hu/wp-content/uploads/2014/05/m7.2.jpg>

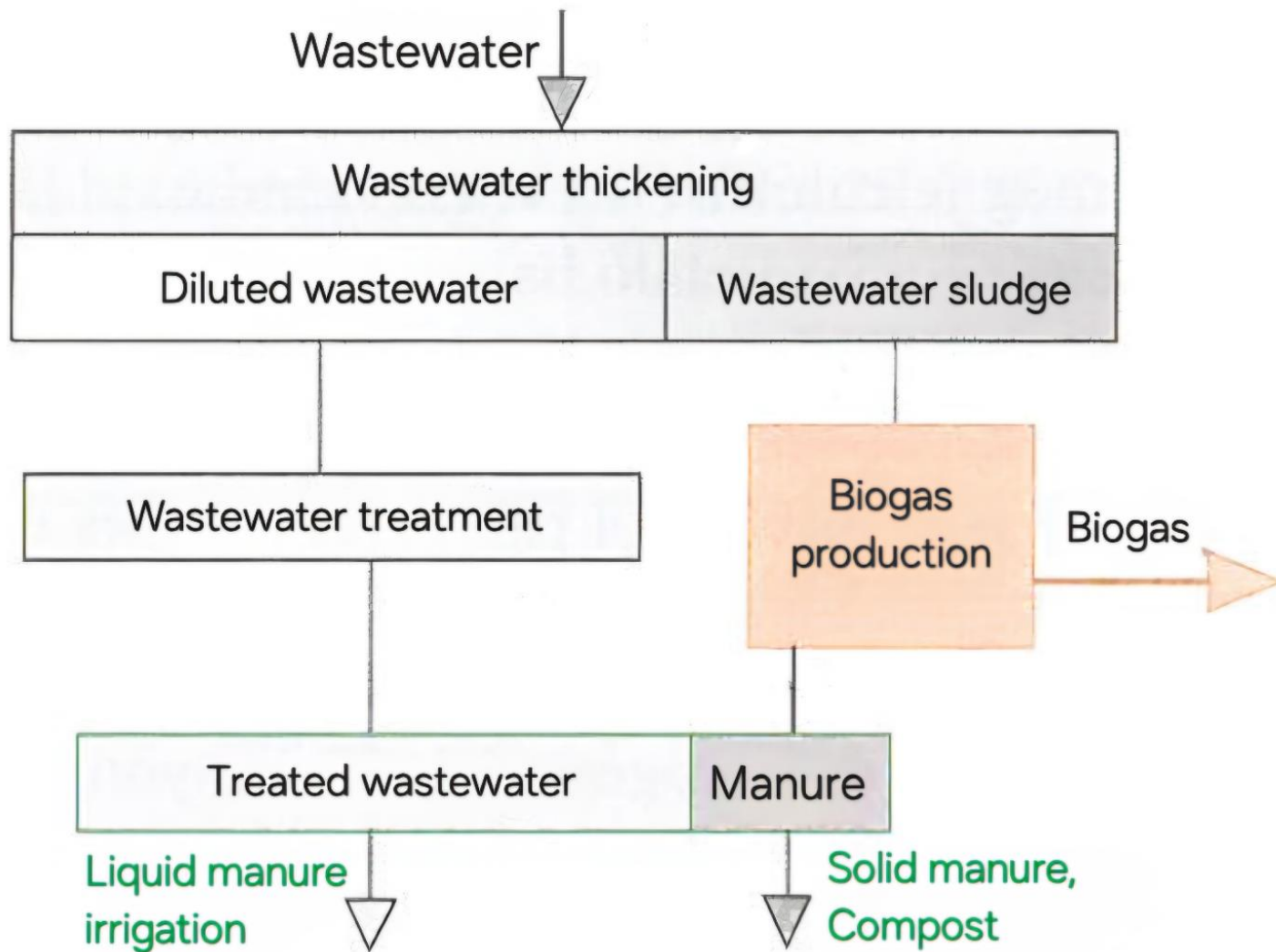
- Fermentación anaeróbica de la materia orgánica (= fermentación en un entorno sin oxígeno).
- Descomposición húmeda de hidratos de carbono, grasas y proteínas en un entorno oscuro y con falta de oxígeno.
- Los microorganismos (hongos y bacterias) descomponen la materia orgánica macromolecular (hidratos de carbono, grasas y proteínas) en productos de moléculas pequeñas.
- Estos productos se transforman en ácidos (ácido acético, ácido láctico), alcoholes, aldehídos, hidrógeno, dióxido de carbono y otros gases bajo la influencia de bacterias acidógenas.

EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS



- 1: Recepción de biomasa líquida
- 2: Recepción de biomasa sólida
- 3: Almacén previo
- 4: Prefermentador
- 5: Postfermentador
- 6: Almacén final
- 7: Depósito de gas
- 8: Depurador de gas
- Durante la fermentación, el número de patógenos presentes en la biomasa disminuye, el olor se atenúa y se convierte en un excelente nutriente para las plantas.

PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PRODUCCIÓN DE BIOGÁS



- Las aguas residuales urbanas se espesan.
- Los lodos espesados de las aguas residuales se conducen a un sistema de gasificación anaeróbica.
 - Se producen biogás, de gran valor energético, y estiércol sólido.
- Las aguas residuales diluidas se acondicionan para su uso agrícola tras un proceso adecuado de depuración, desodorización y desinfección.
- Si este proceso no es totalmente exhaustivo, se utilizan para regar cultivos energéticos.
- Tras su secado, el estiércol sólido puede utilizarse como combustible.

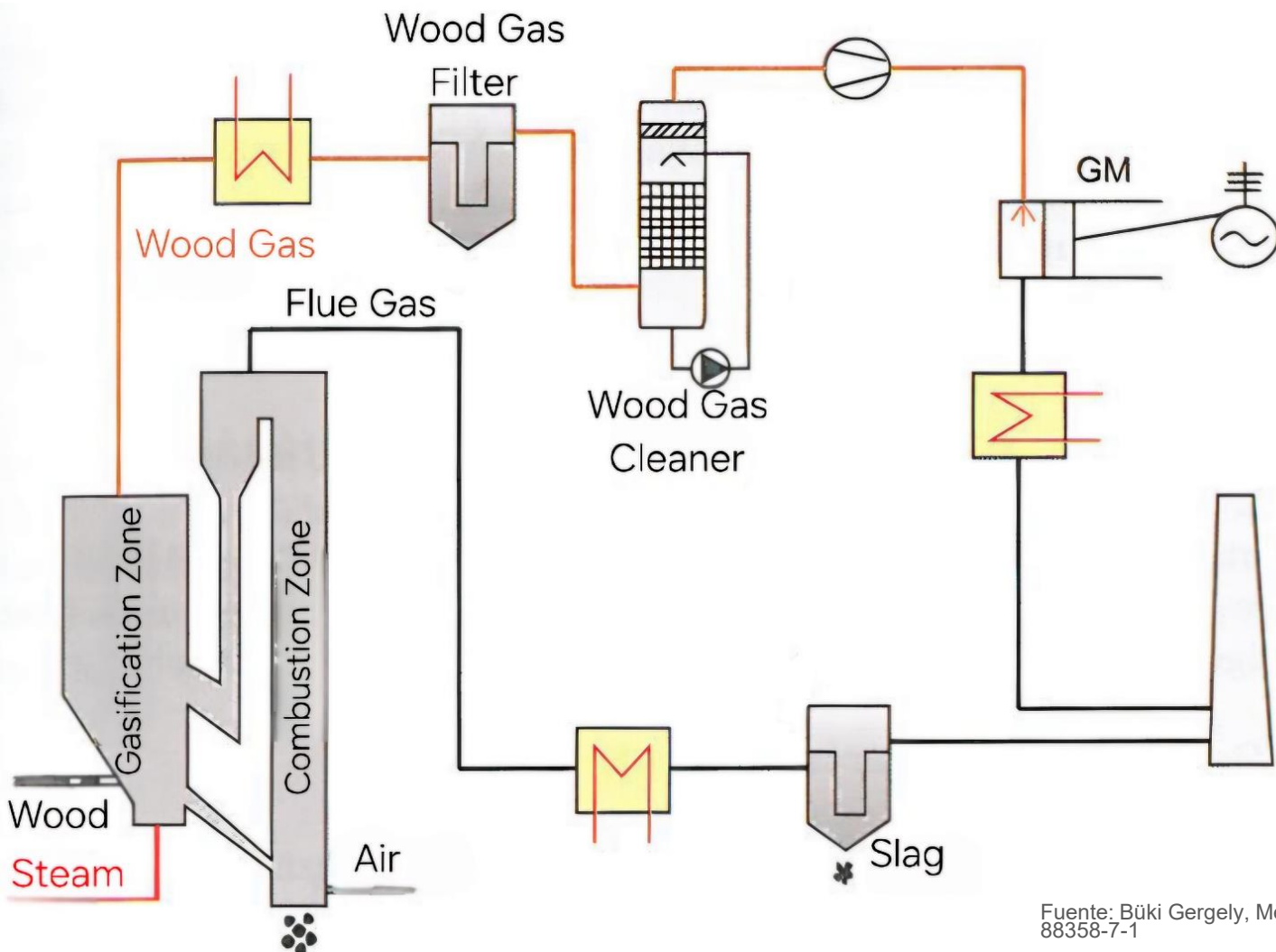
LA CENTRAL ELÉCTRICA DE BIOMASA DE GÜSSING

- Gasificación térmica de la madera en una atmósfera de aire o vapor.
- Producción de gas de síntesis.



Fuente: <https://www.tuwien.at/tu-wien/aktuelles/news/news/biomasse-kraftwerk-in-guessing>

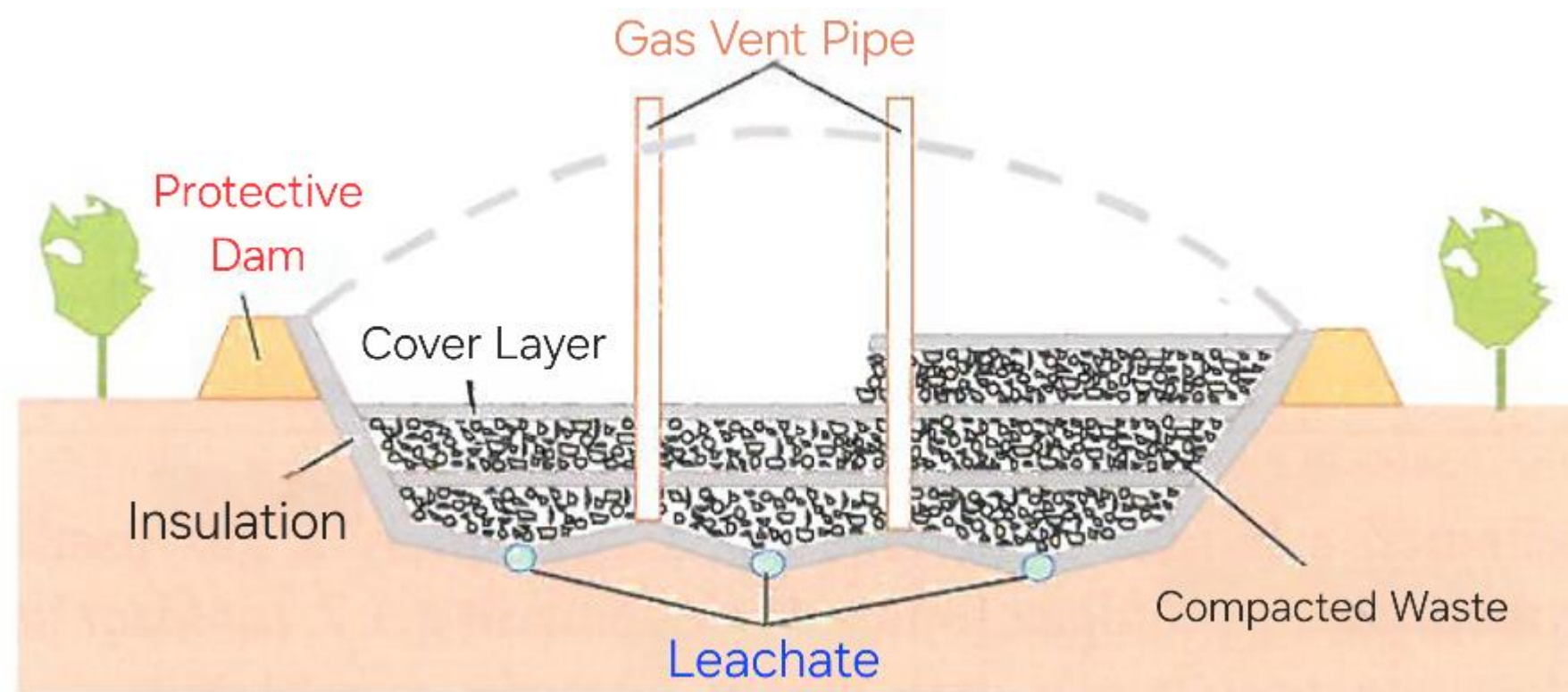
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA DE GÜSSING



- El gasificador de madera de lecho fluidizado tiene dos zonas.
- Zona de combustión:
El material del lecho y el aire circulan y proporcionan el calor necesario para la gasificación.
- Zona de gasificación:
Aquí se introduce la madera. El vapor sobrecalentado (850 °C) generado por el calor fluidiza esta zona.

Fuente: Büki Gergely, Metzinger József, Orbán Tibor: Energía municipal, calefacción urbana, refrigeración urbana. ISBN: 978-968-88358-7-1

VERTIDO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, PRODUCCIÓN DE GAS DE VERTEDERO



- Se producen procesos aeróbicos y, posteriormente, anaeróbicos.
- Gas de vertedero:
 - 40-60 % de metano
 - 60-40 % de dióxido de carbono
- Trazas de:
 - Monóxido de carbono
 - Nitrógeno
 - Sulfuro de hidrógeno
 - Ácidos grasos volátiles
 - Mercaptanos,
 - Vapor de agua.
- El cierre del vertedero lleva entre 20 y 30 años.
- Extracción: 2-3 m³/t,a

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE DIVERSOS MATERIALES ORGÁNICOS

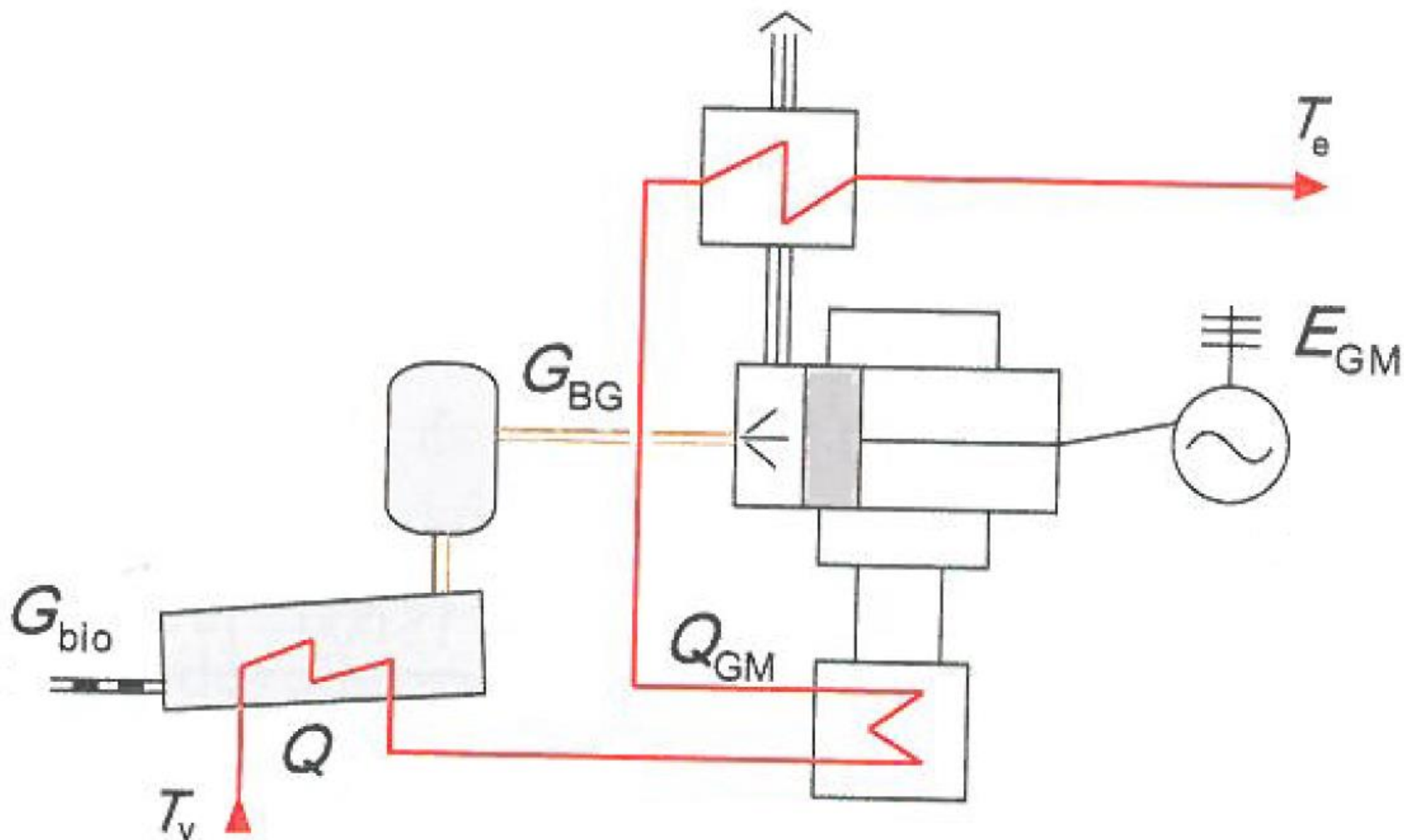
Organic Material	Biogas Yield (m^3/t)	Organic Material	Biogas Yield (m^3/t)
Pig manure	340–550	Grass	280–550
Cattle manure	90–310	Reed	170
Poultry manure	310–620	Clover	430–490
Horse manure	200–300	Potato waste	280–490
Sheep manure	90–310	Sugar beet leaves	400–500
Stable manure	175–280	Sunflower leaves	300
Wheat straw	200–300	Agricultural waste	310–430
Corn stalks	380–460	Plant seeds	620
Rapeseed straw	200	Leaves	210–290
Rice straw	170–280	Algae	420–500
Flax	360	Sewage sludge	310–740
Hemp	360	Landfill waste	40–300

Fuente: Büki Gergely, Metzling József, Orbán Tibor: Energía municipal, calefacción urbana, refrigeración urbana. ISBN: 978-968-88358-7-1

COMPARACIÓN ENTRE EL BIOGÁS, EL GAS DE VERTEDERO Y EL GAS NATURAL

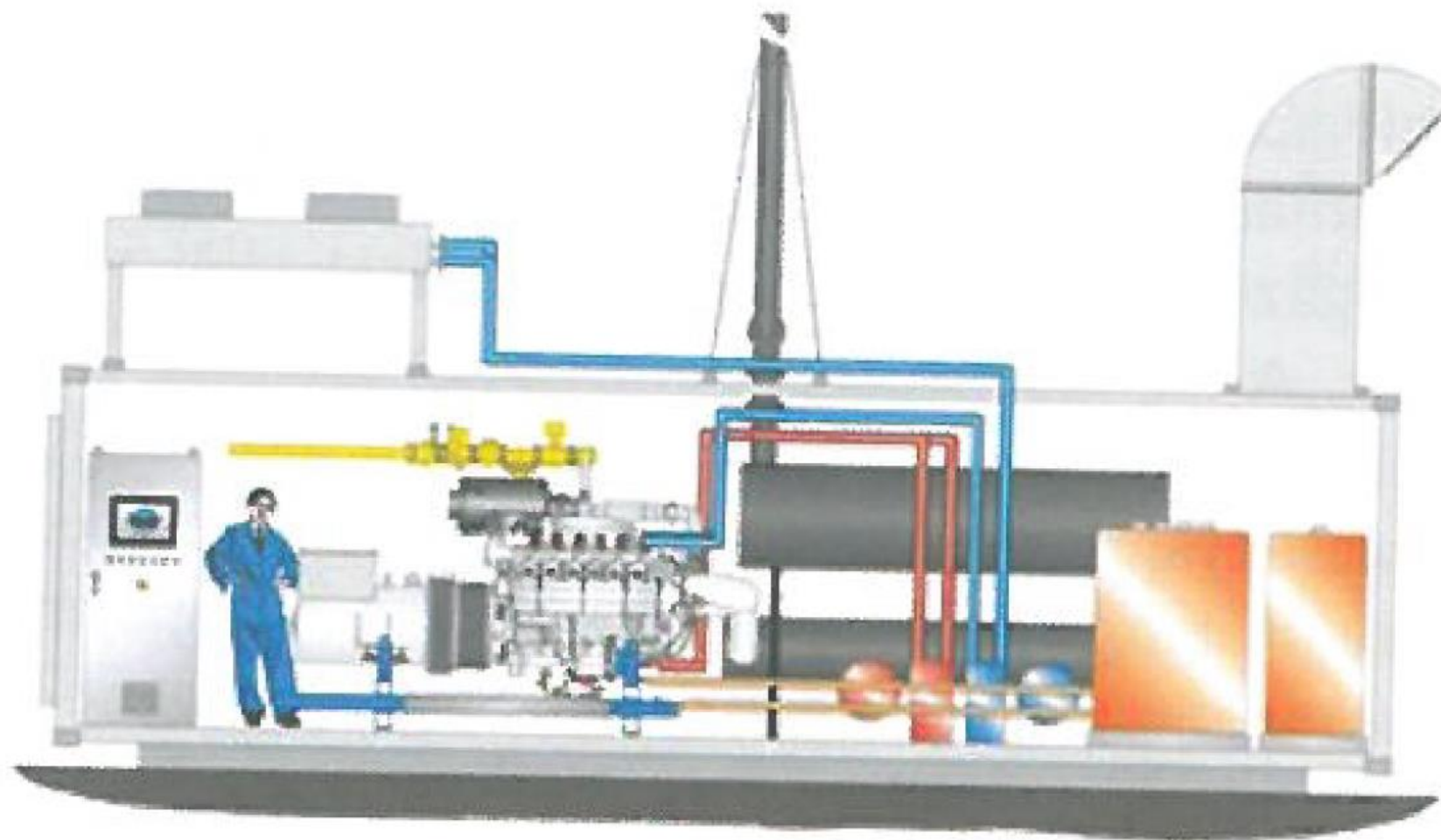
Component	Biogas	Landfill Gas	Natural Gas
Methane (%)	50--70	45--55	94--98
Carbon Dioxide (%)	17--42	30--35	0.0--3
Nitrogen (%)	0--1	15--25	0.3--4
Density (kg/m ³)	1.1--1.15	1.15--1.20	0.8--0.9
Calorific Value (kJ/m ³)	18,000--25,000	15,000--17,000	32,000--40,000

PRODUCCIÓN COMBINADA DE CALOR Y ELECTRICIDAD CON UN MOTOR ALIMENTADO CON BIOGÁS

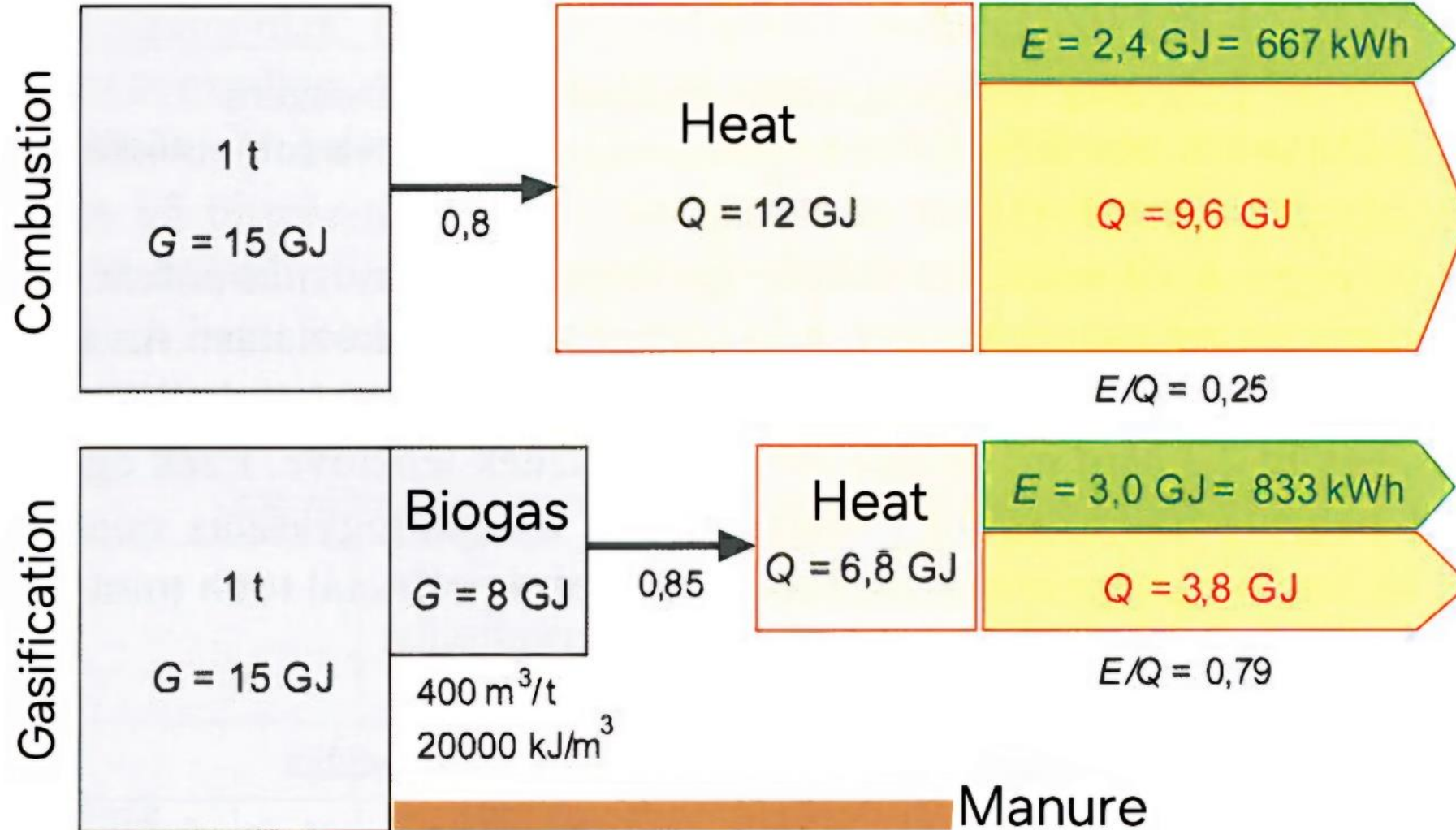


- Uso descentralizado en motores de gas.
- Motores de gas: potencia comprendida entre unos pocos kW y MW.
- Motores de biogás en contenedores.
- Fácil instalación.
- Incluye intercambiadores de calor para calefacción, el generador eléctrico y los equipos de conexión.

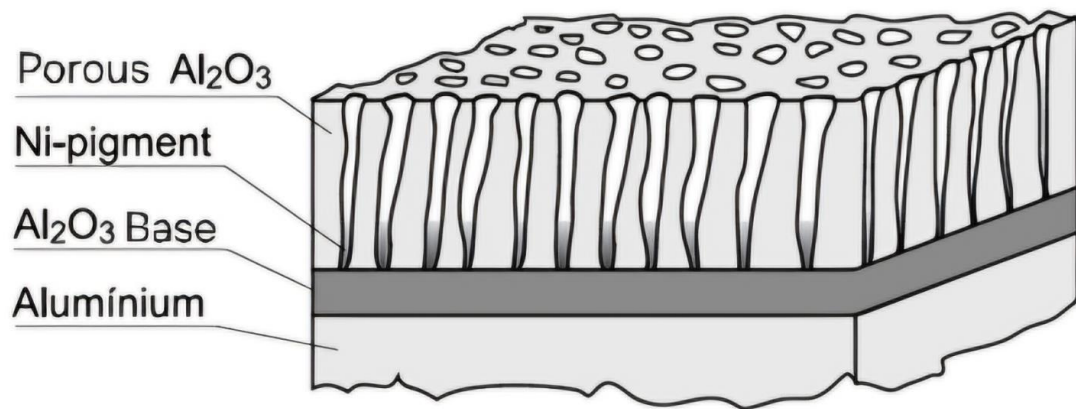
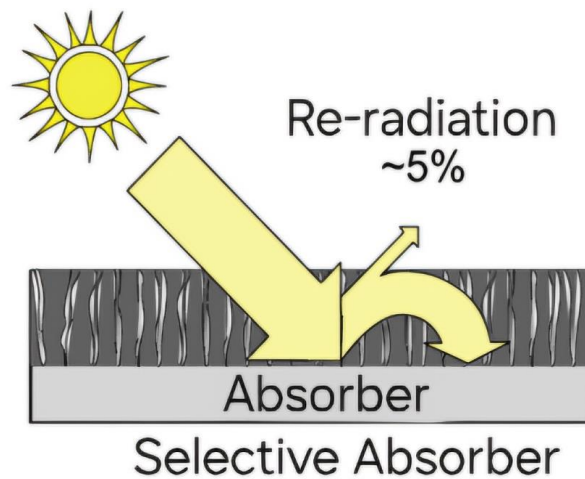
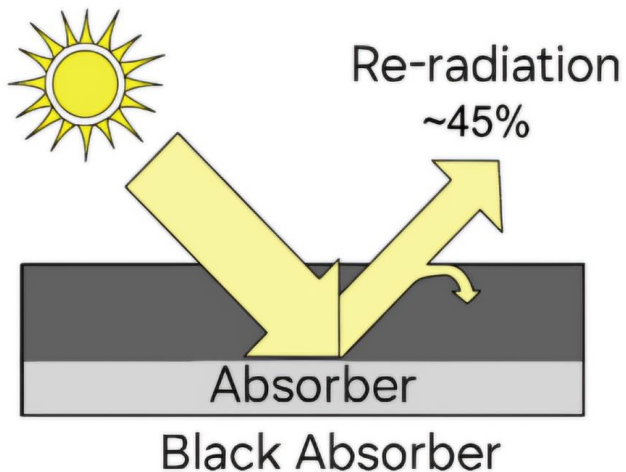
MOTOR DE GAS ALIMENTADO CON BIOGÁS EN CONTENEDOR



COMPARACIÓN ENTRE LA COMBUSTIÓN Y LA GASIFICACIÓN DE LA BIOMASA PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA



- ¿Combustión o gasificación?
- Para una demanda de calor elevada, es aconsejable optar por la combustión, mientras que para una demanda de calor baja se recomienda la gasificación.

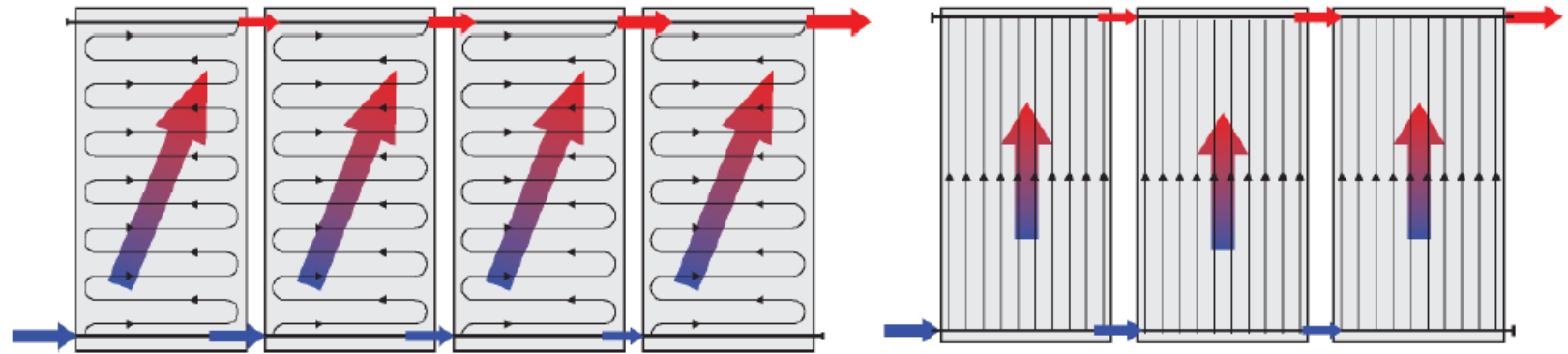


Colector plano

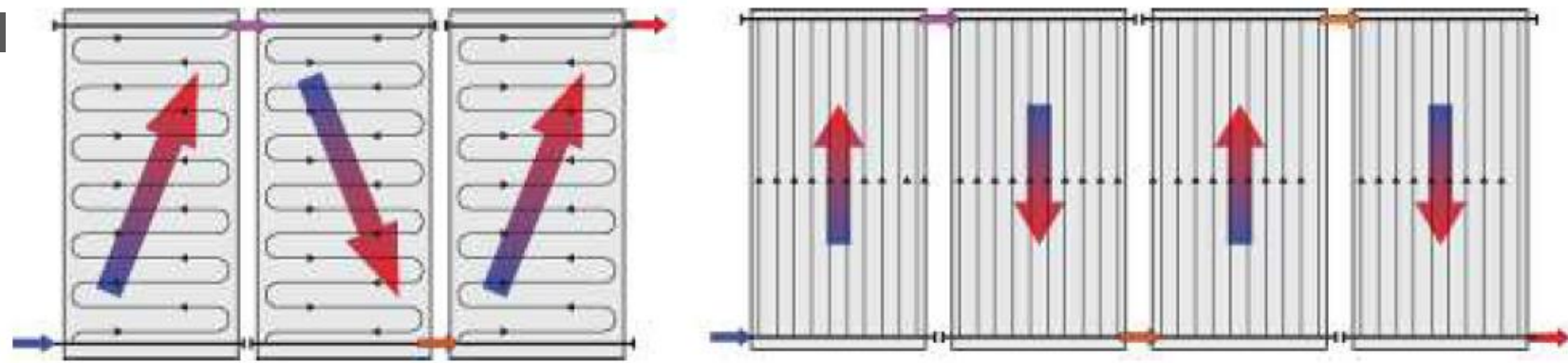


Conexión de campos de colectores

- En la conexión en paralelo, la caída de presión es menor, pero el caudal también es menor.
- En la conexión en serie, la caída de presión es mayor y el caudal también es mayor.
- ¿Regulación?
- ¿Son equivalentes los colectores?

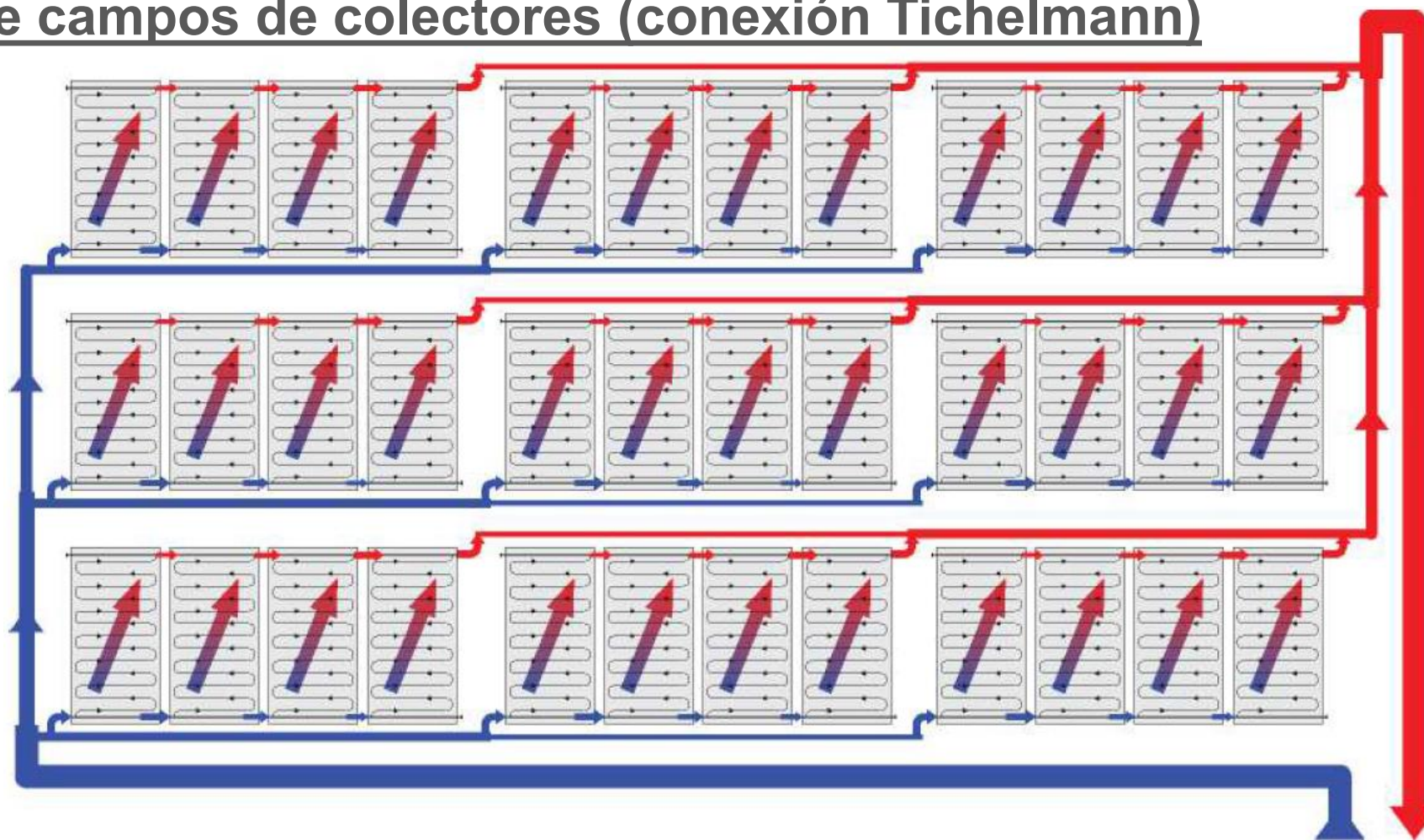


Conexión en paralelo

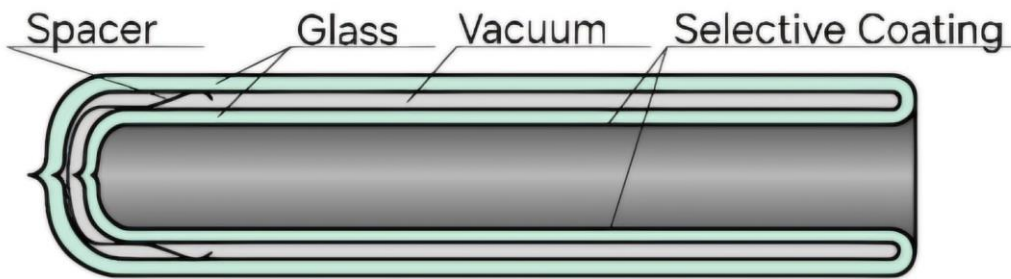


Conexión en serie

Conexión de campos de colectores (conexión Tichelmann)



- Tubo de vacío de doble pared tipo termo
- Absorbente adherido a la cara interior de la pared de cristal interior
- Se requiere una lámina conductora de calor
- Espejo CPC opcional para maximizar la radiación aprovechada



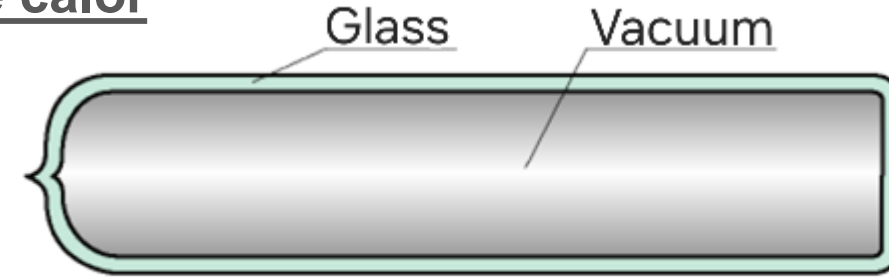
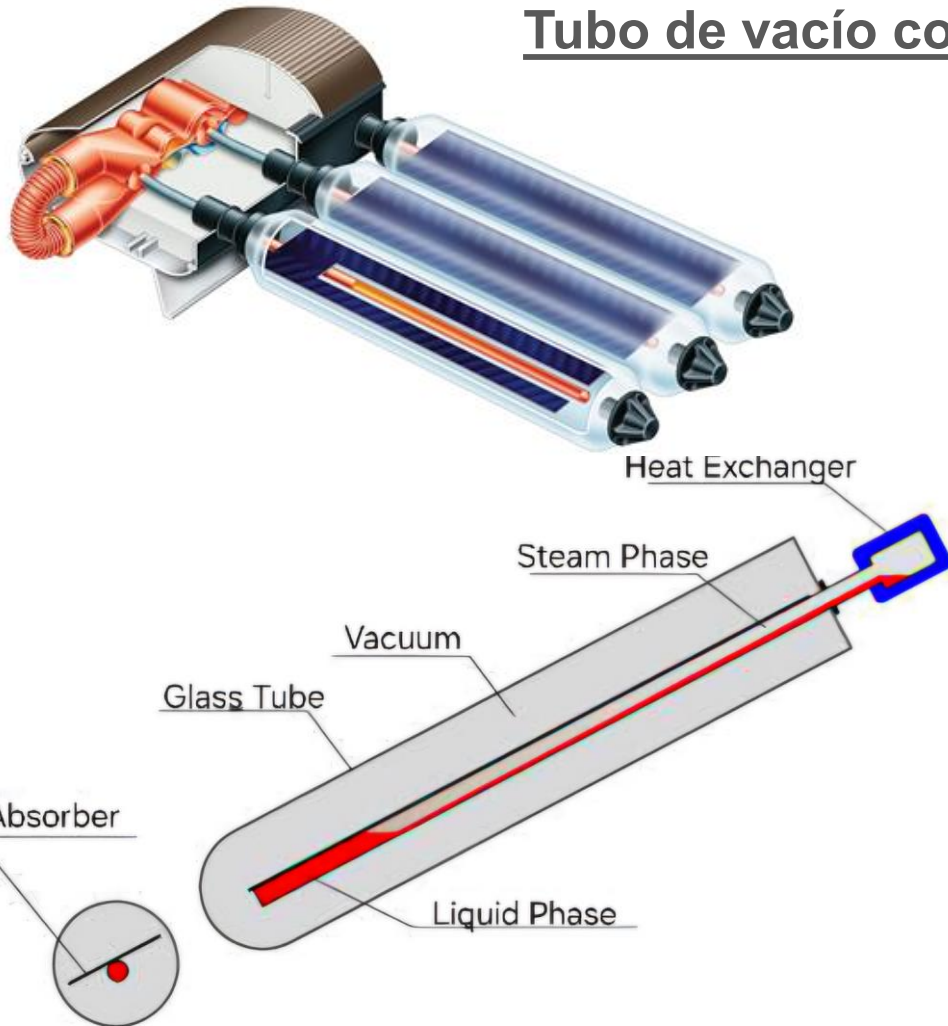
Double-Walled "Sydney" Type Vacuum Tube

Colector «tubo de Sídney»



CALEFACCIÓN URBANA SOLAR

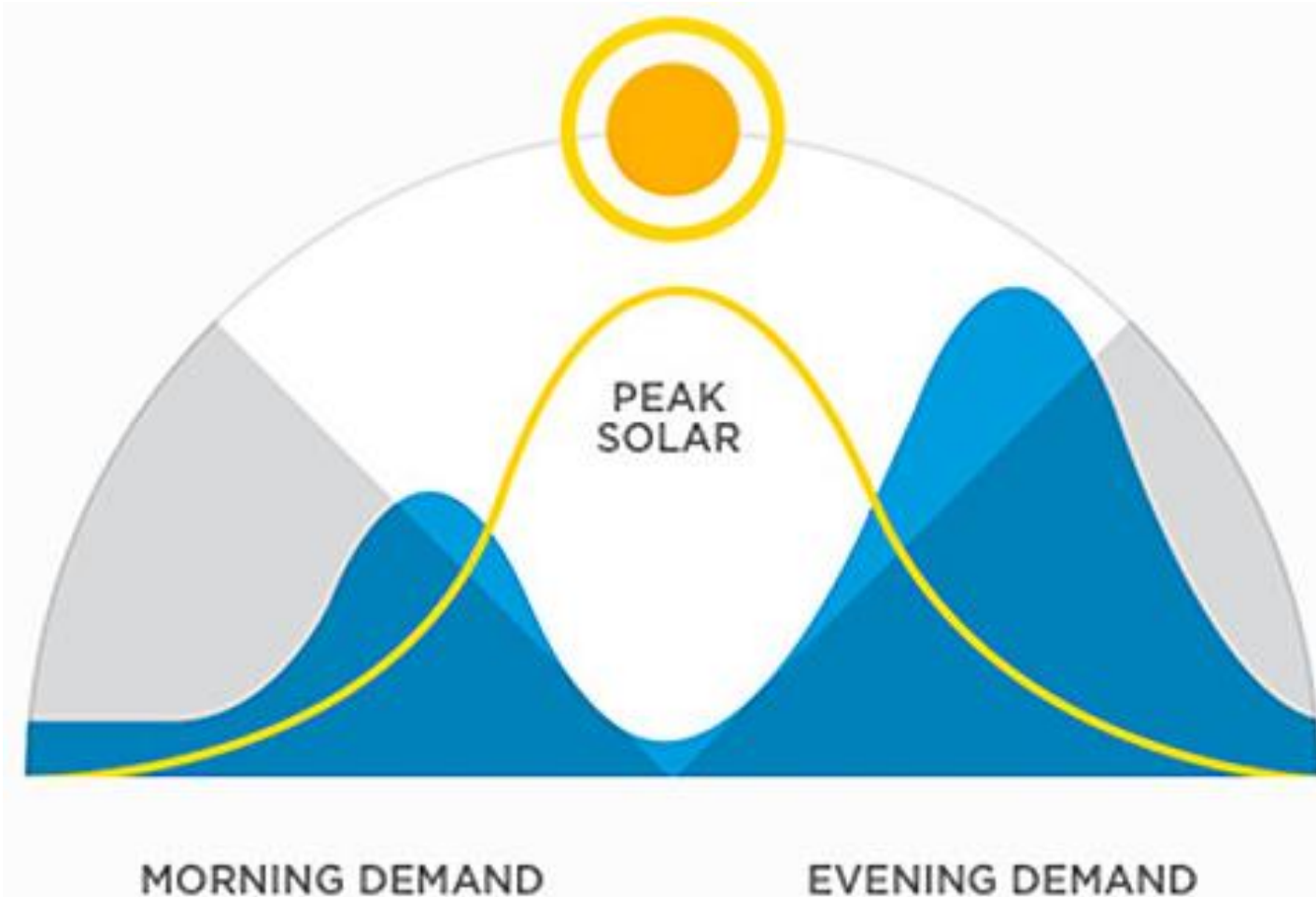
Tubo de vacío con tubo de calor

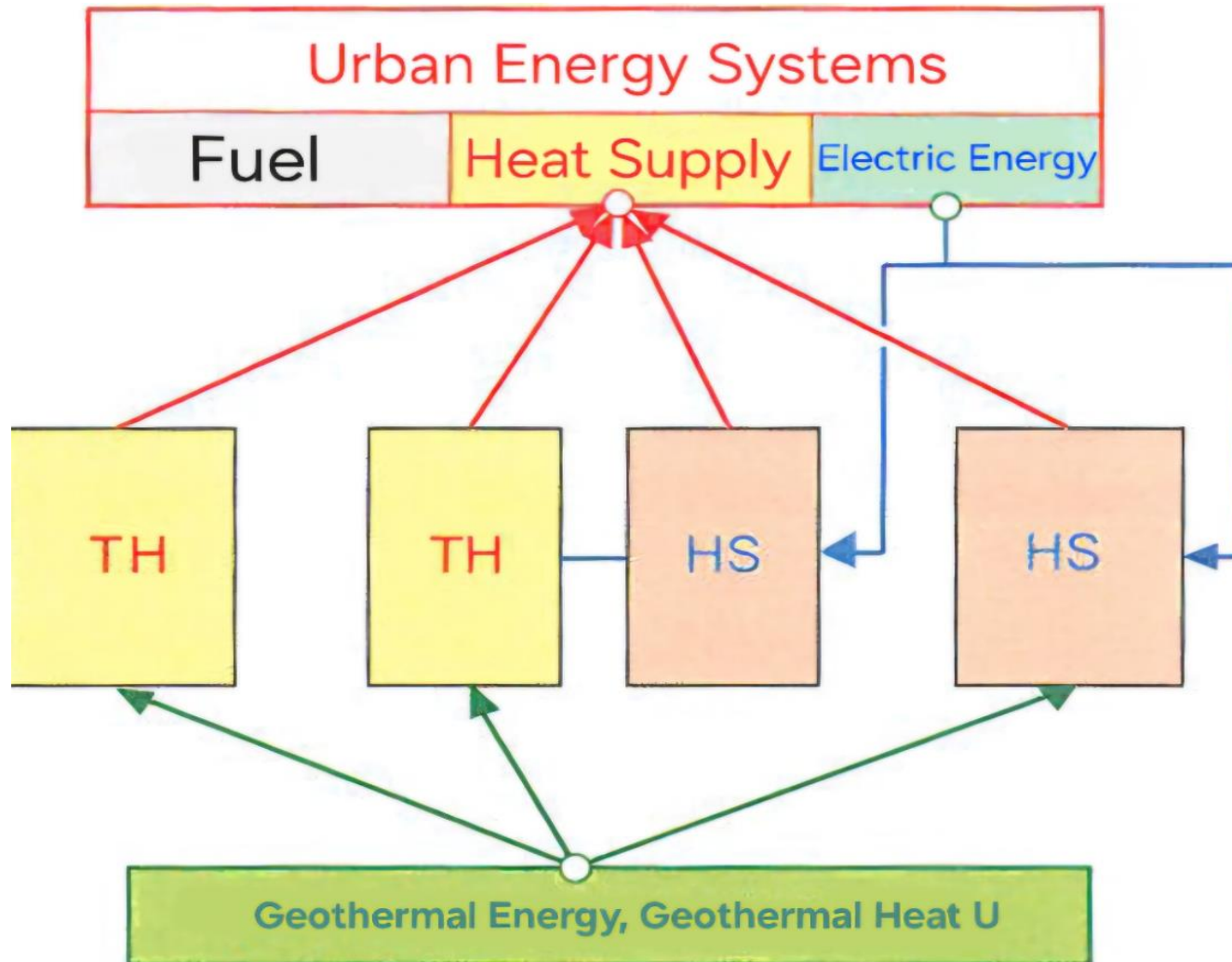


Simple Vacuum Tube

- Absorbedores de placa en los tubos
- Ángulo de inclinación del absorbedor ligeramente ajustable dentro del tubo de vacío
- Diseño de tubo de calor, que solo puede instalarse en ángulo
- Se requiere especial atención a la expansión térmica en las uniones entre el vidrio y el metal

El reto de la producción de calor solar a gran escala: almacenar los picos de rendimiento

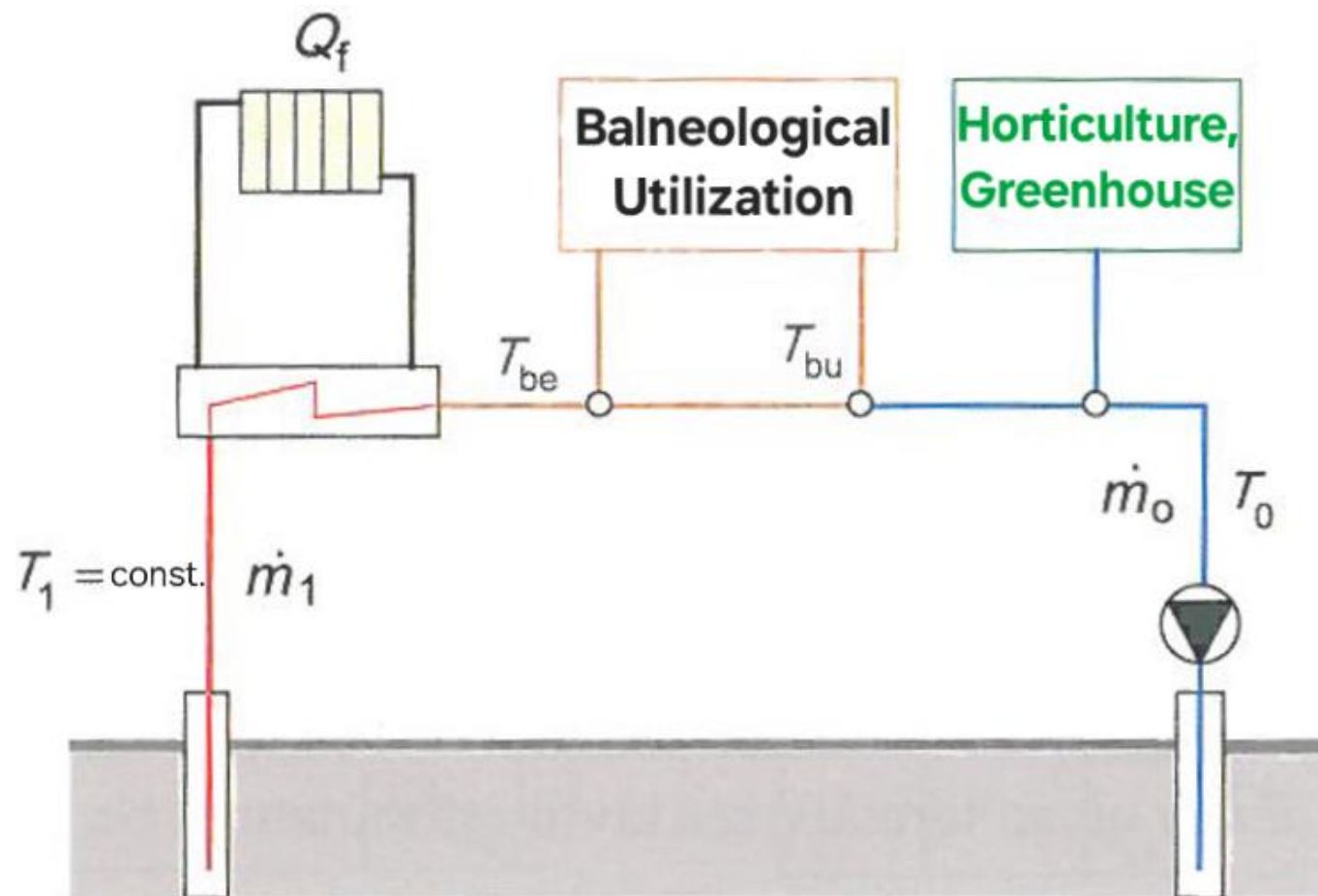




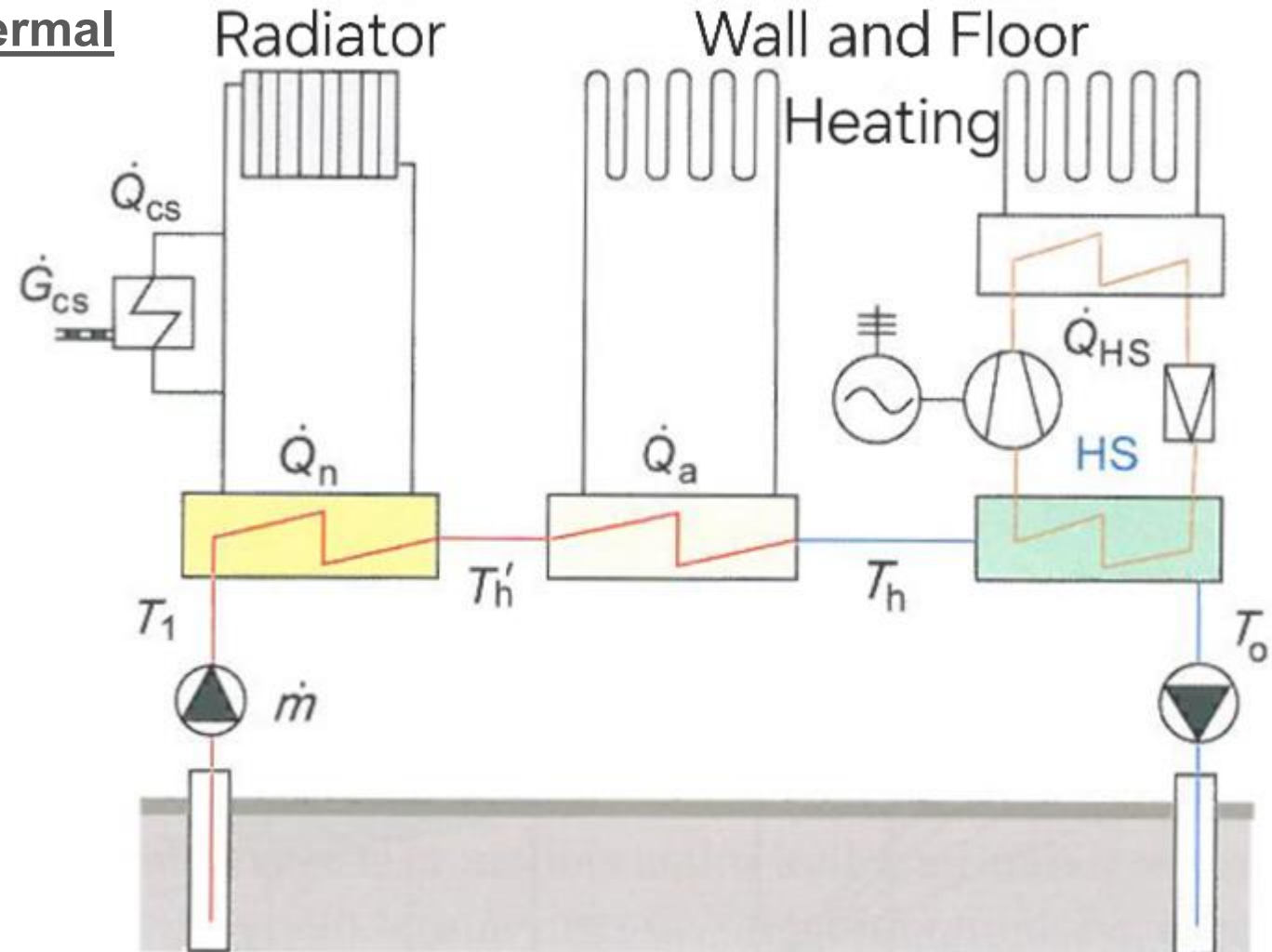
Aprovechamiento de la energía geotérmica en los sistemas energéticos urbanos

- Agua termal a alta temperatura (>80 °C) para el suministro directo de calor.
- Agua termal a temperatura media (40-80 °C) para uso directo parcial y para el funcionamiento de bombas de calor.
- Agua termal a baja temperatura (<30 °C) para el funcionamiento de bombas de calor.

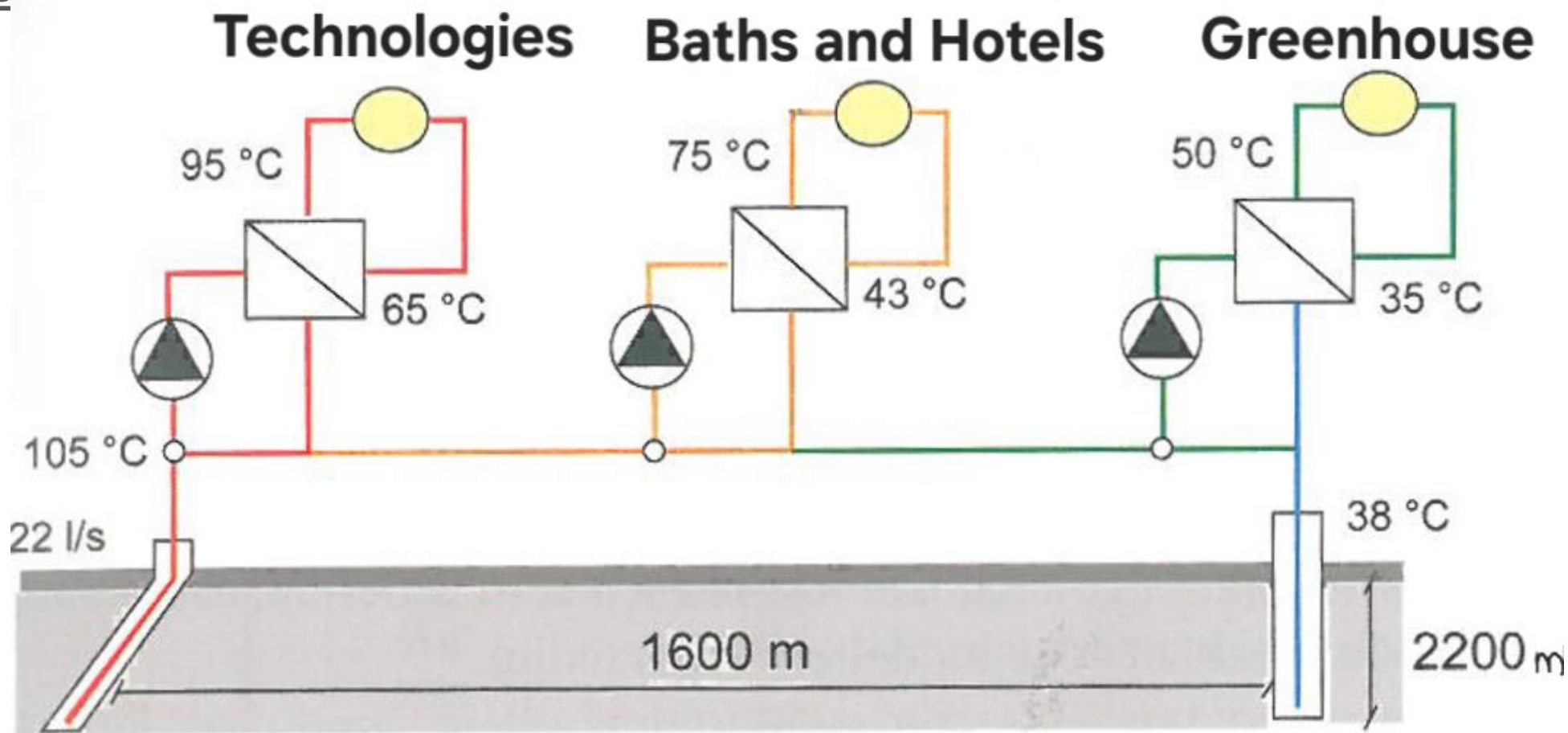
Aprovechamiento polivalente y en cascada del agua termal



Calefacción urbana con agua termal

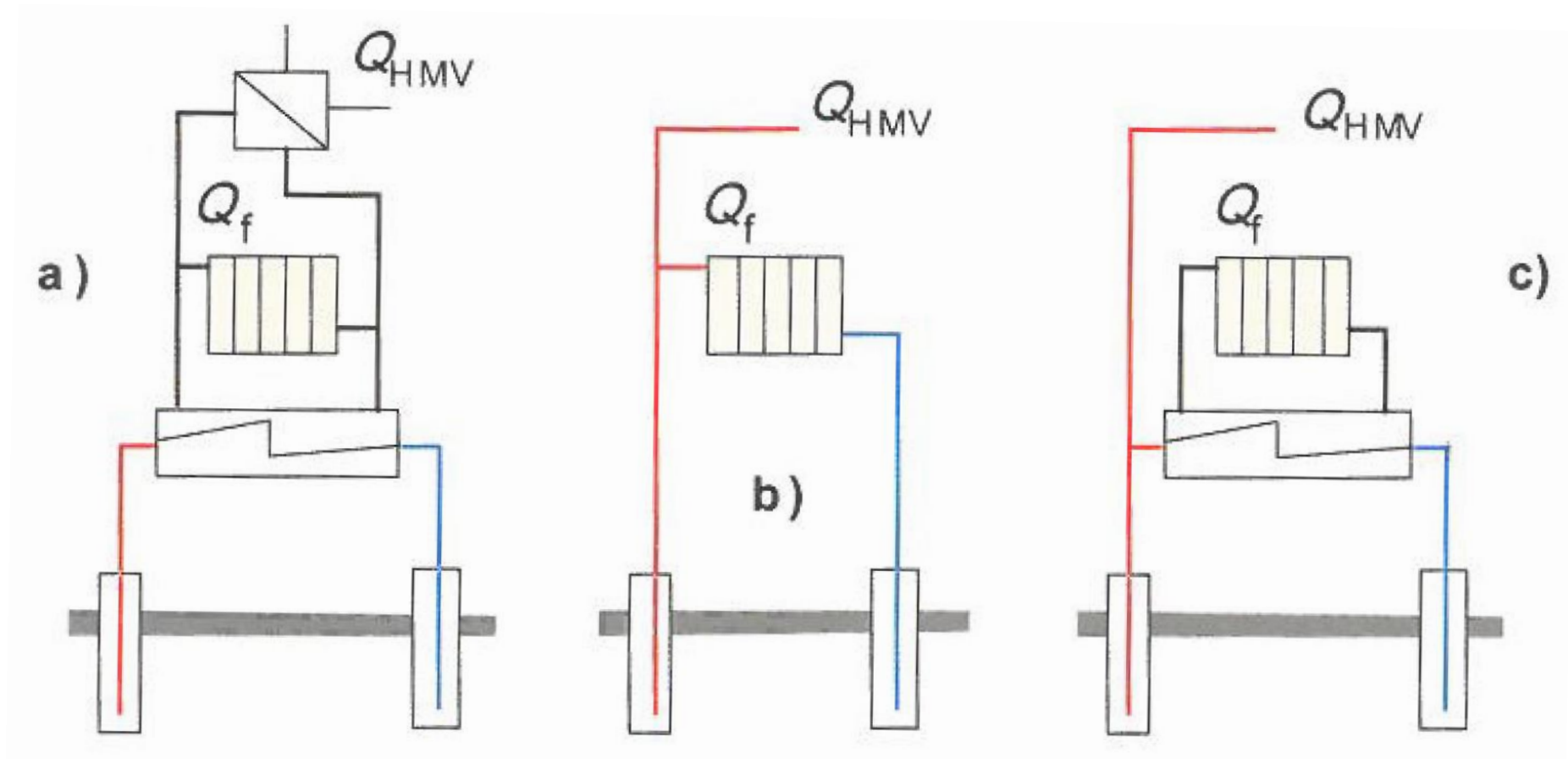


Conexión en cascada del sistema de aprovechamiento de aguas termales en Geinhardt

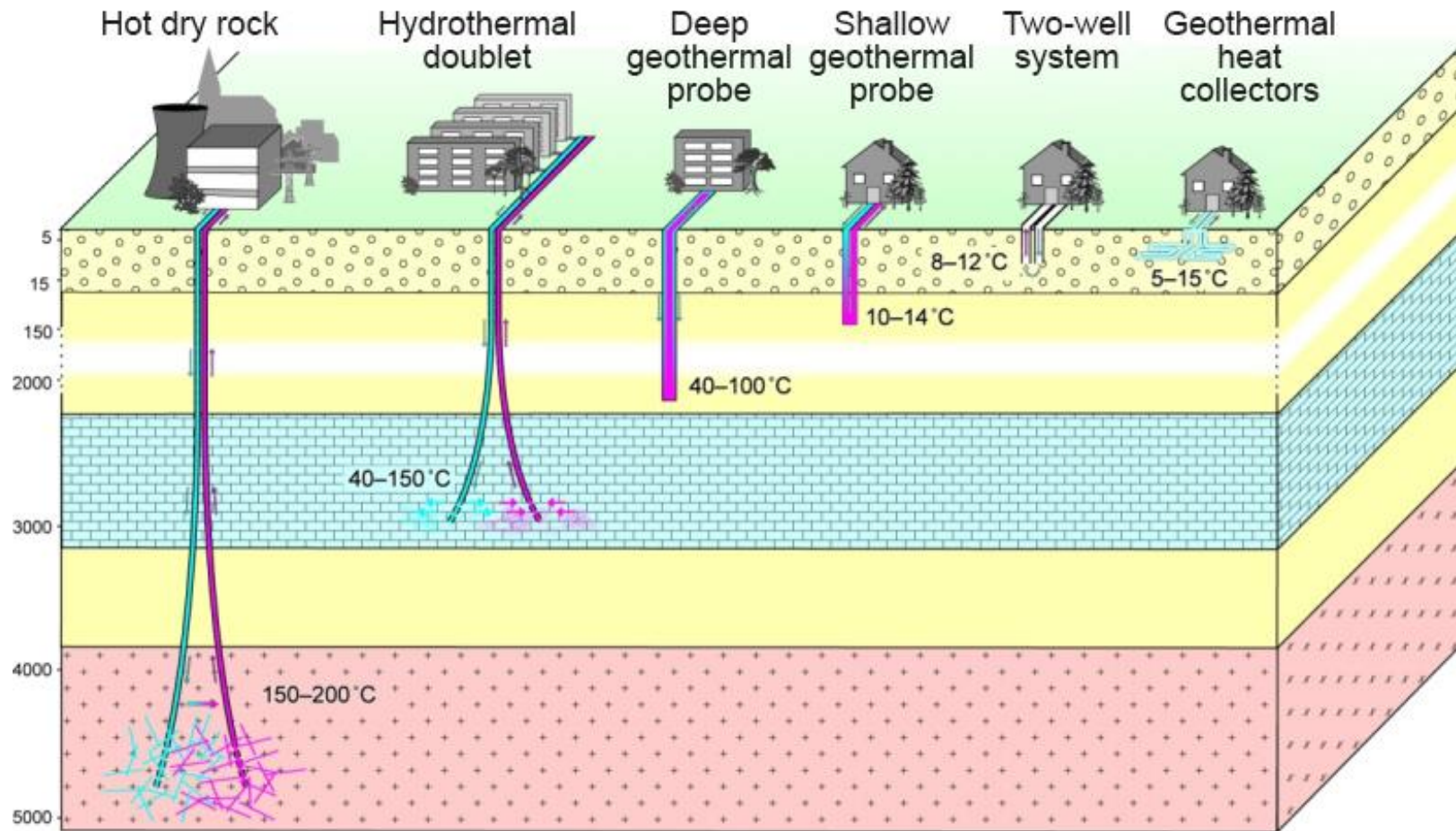


Calefacción urbana geotérmica

Conexión directa e indirecta de los consumidores a la calefacción urbana geotérmica

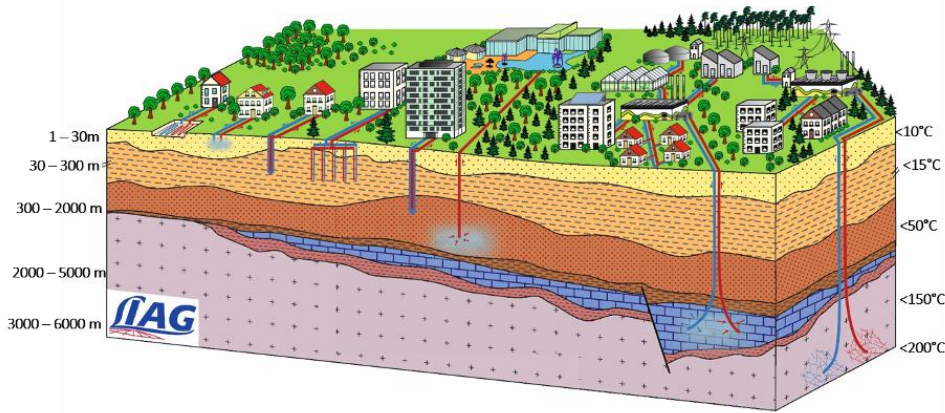


Calefacción urbana geotérmica



Las posibilidades de aprovechamiento del agua dependen de la calidad y el caudal de la misma

- Su uso como producto medicinal se basa en métodos contrastados que tienen en cuenta el contenido en sales minerales y gases.
- Generación de electricidad mediante fluidos de alta entalpía a través de pozos de producción.
- Pozos de agua termal de baja entalpía destinados a la calefacción.



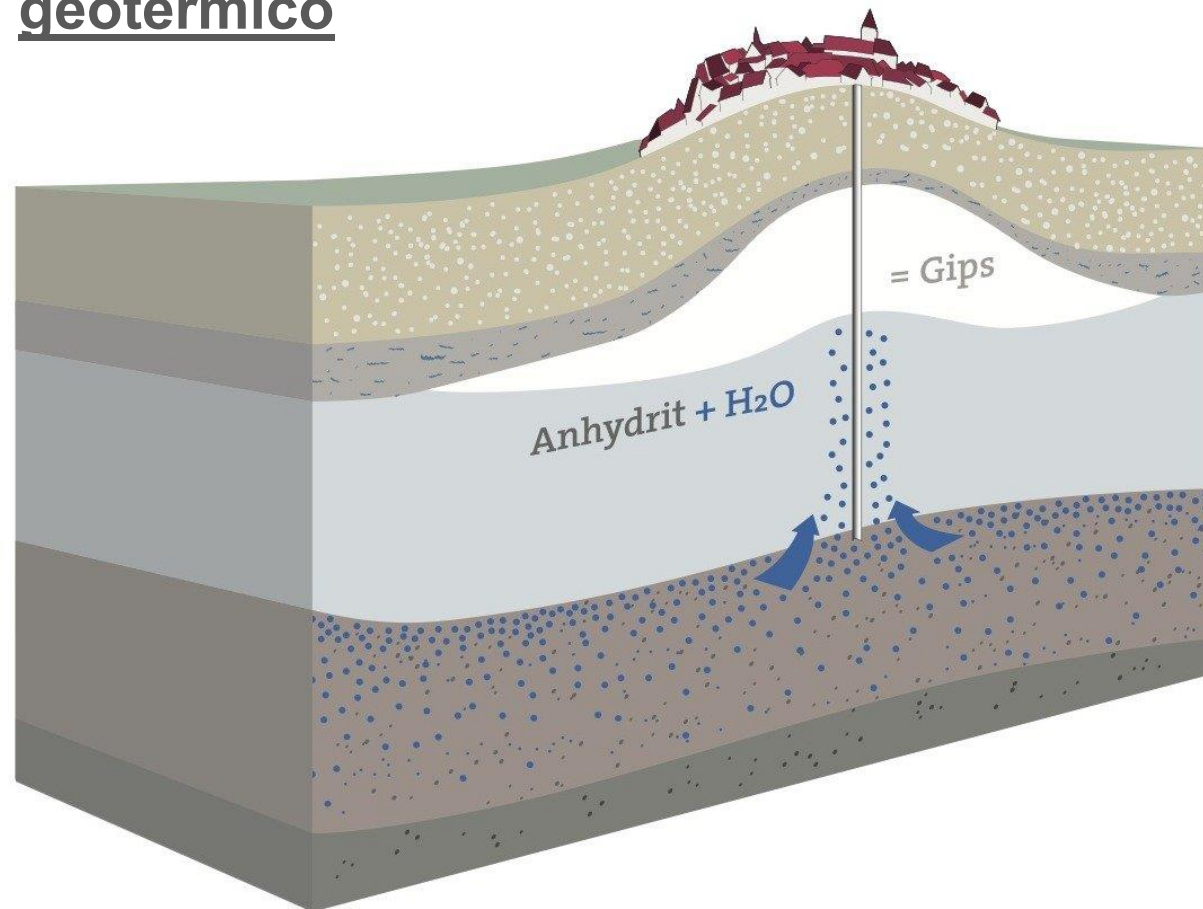
Top 7 countries (Heat energy production in GWh, 2015)

1		Iceland	6,421
2		France	1,335
3		Germany	662
4		Hungary	380
5		Austria	272
6		Italy	249
7		Serbia	243

- Junto con la biomasa, la energía geotérmica es la fuente de energía renovable más accesible para la calefacción urbana.
- Elevado coste de inversión.
- Riesgo de fracaso parcial o total del proyecto:
 - Incertidumbre en la estimación del caudal de agua.
 - Estimación precisa de la temperatura del agua.
- Se da en zonas tectónicamente activas:
 - Donde hay terremotos.
 - Donde hay erupciones volcánicas.

Fuente: <https://www.roedl.com/insights/renewable-energy/2018-02/key-europes-district-heating-lies-deep-under-ground>, <https://www.europenowjournal.org/2021/05/10/geothermal-heating-and-cooling-networks-for-green-and-livable-urban-transformations-part-i/>

Retos durante la implantación de un sistema geotérmico



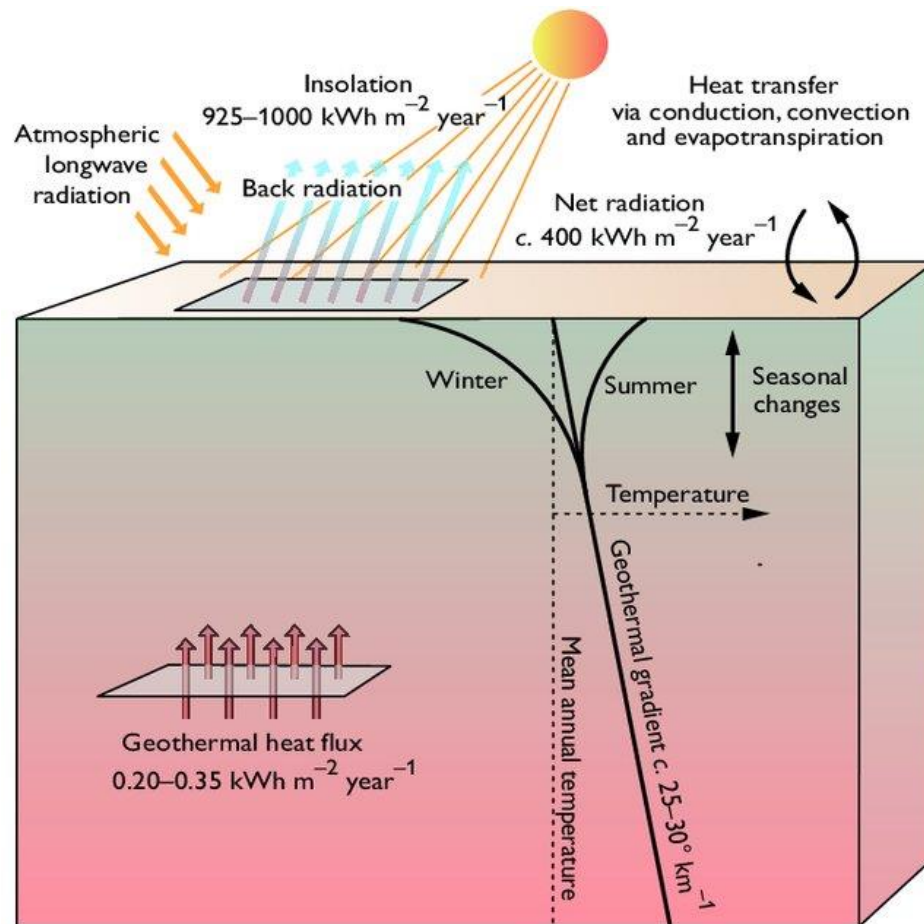
- Las aguas subterráneas geotérmicas pueden contener sustancias tóxicas (por ejemplo, arsénico).
- Puede contaminar los recursos subterráneos de agua potable.
- Hay que actuar con mucha precaución durante la reinyección.
- Terremotos provocados por el hombre:
 - Basilea (CH)
 - Stauffen (Alemania)
- «La anhidrita es un mineral de sulfato de calcio sin agua, perteneciente al grupo de los sulfatos y clasificado como sulfato alcalino».



Staufen (Alemania)

- El nivel del suelo se eleva 3 mm al año

El gradiente geotérmico



- La temperatura de la Tierra aumenta a medida que nos acercamos a su centro, de forma proporcional a la distancia desde la superficie terrestre.
- Cuanto más delgada es la corteza sólida bajo una zona determinada, mayor es el gradiente geotérmico.
- En la capa superior (la litosfera), es de aproximadamente 30 °C/km.
- Para alcanzar los 90 °C se requiere una profundidad media de pozo de 3 km.
- Los 90 °C son el límite mínimo para la producción de electricidad geotérmica.
- Los pozos más profundos alcanzan actualmente los 5 km.

TEMPERATURA SUPERIOR A 90 °C A 2000 M DE PROFUNDIDAD



Capas de agua subterráneas en la cuenca de los Cárpatos

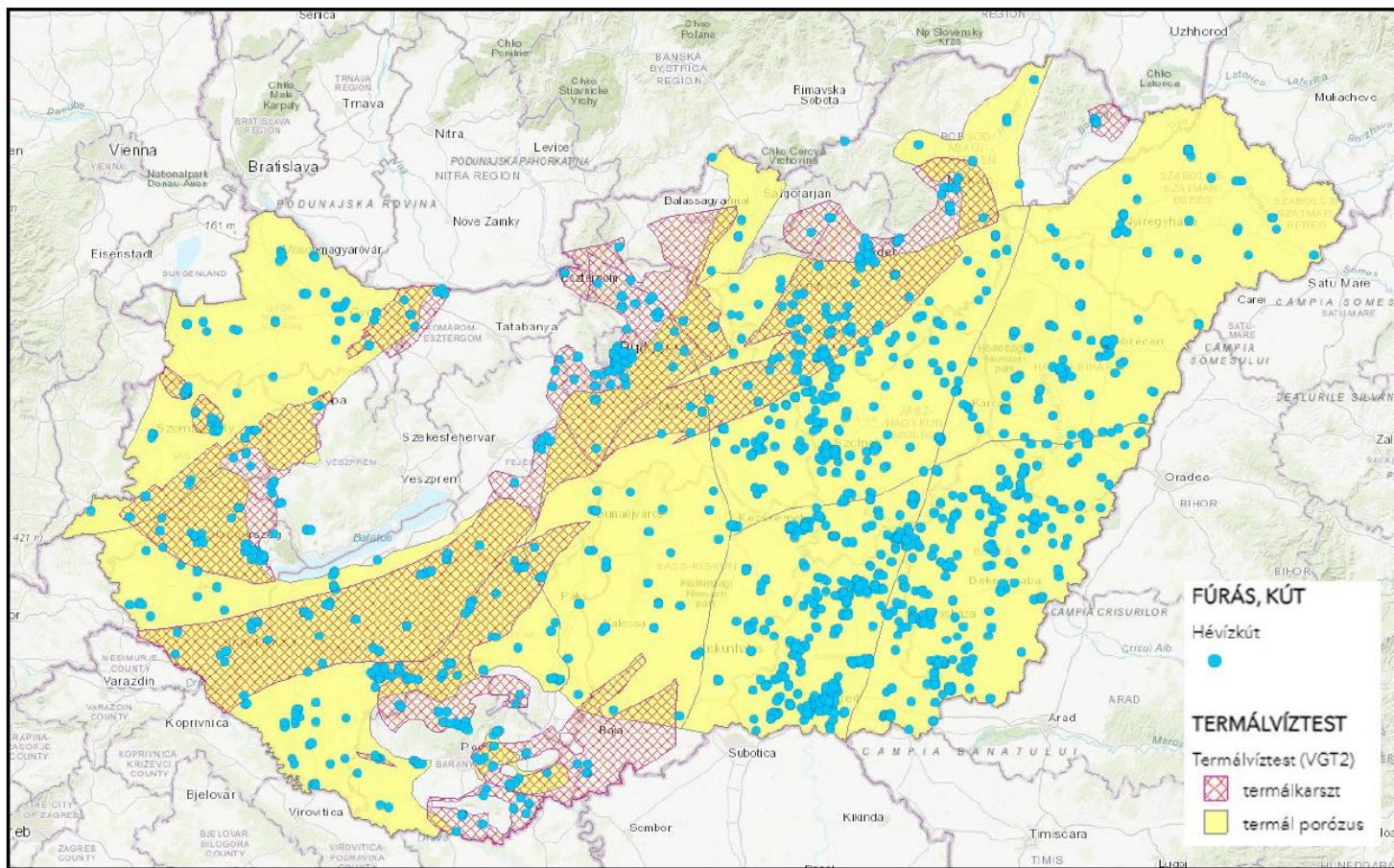


Mapa de GeoDH



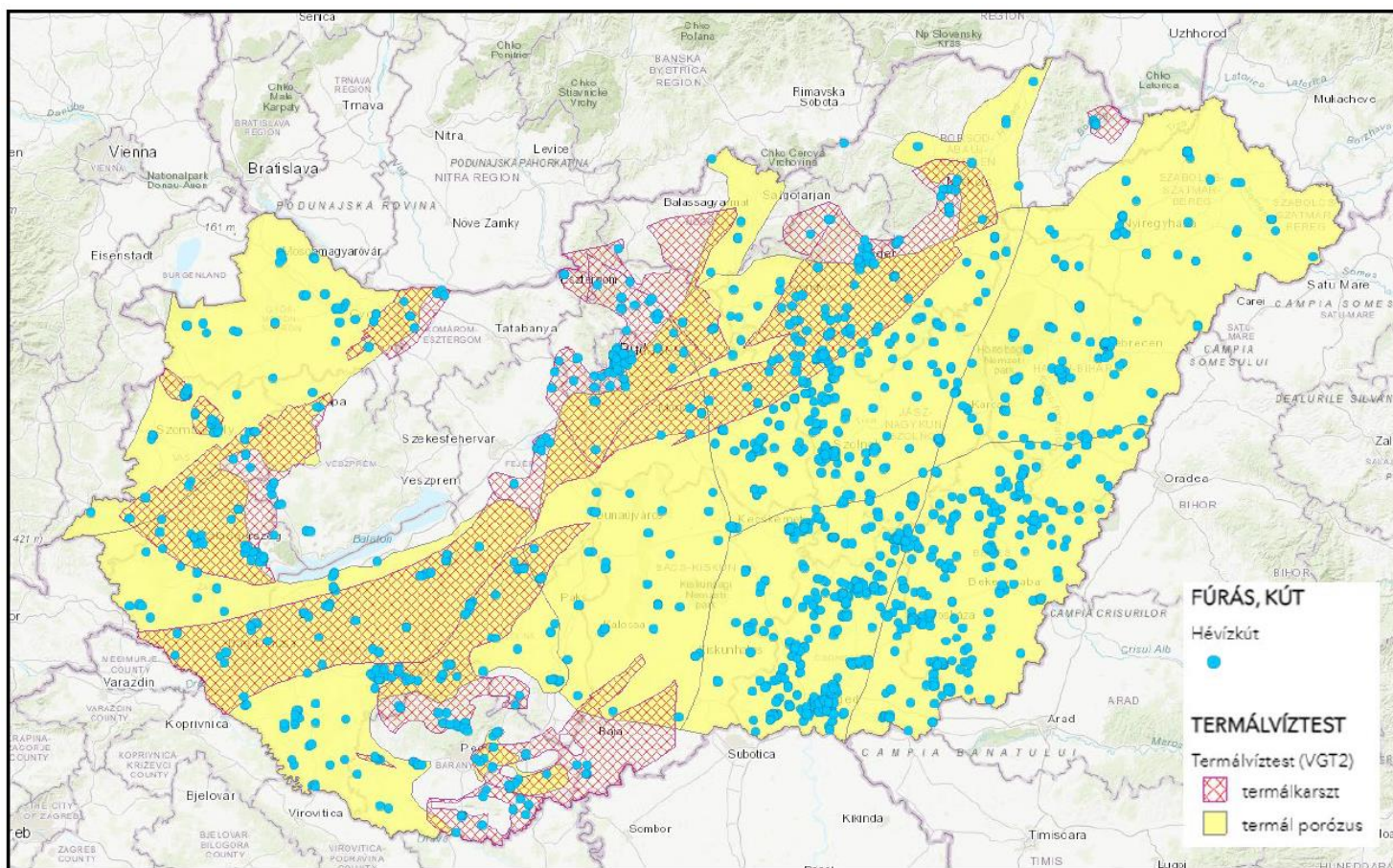
- <http://geodh.eu/geodh-map/>
- Estimación de las fuentes de calor geotérmico
- Redes de calefacción urbana geotérmica existentes
- Mapa de demanda de calor
- Para los 14 países del proyecto:
 - Italia
 - Alemania
 - Francia
 - Países Bajos
 - Irlanda
 - Reino Unido
 - Eslovaquia
 - Eslovenia
 - República Checa
 - Rumanía
 - Bulgaria
 - Polonia
 - Dinamarca
 - Hungría

Potencial geotérmico en Hungría



- Datos del año 2000
- 1.100 pozos de agua termal
- 286 pozos con una temperatura de salida de entre 30 y 40 °C
- 179 pozos con una temperatura de salida de 41-60 °C
- 121 pozos con una temperatura de salida de 61–90 °C
- Suponiendo una temperatura final de enfriamiento de 15 K, la cantidad anual de calor extraída es de 30,4 PJ
- Esto equivale al poder calorífico de 740 000 toneladas de petróleo crudo

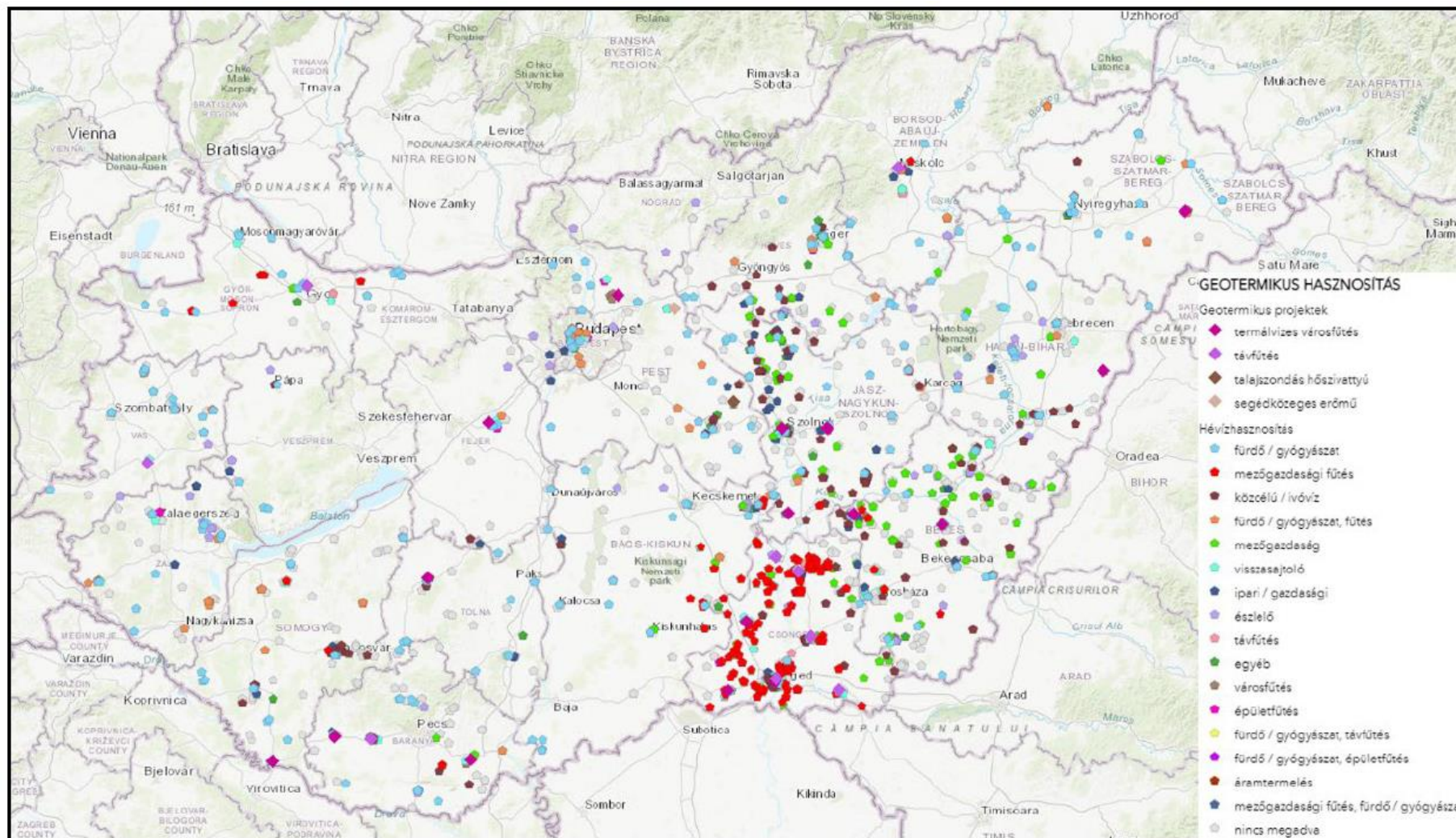
Potencial geotérmico en Hungría



- 2015: 1 622 pozos. En 2015, la cantidad de agua termal extraída alcanzó los 24,608 millones de m³ al año, lo que equivale a 2 509 TJ de energía térmica.
- 2023: Se estima que el número de pozos se situará entre 1 750 y 1 800.
- Sistema Geotérmico Nacional (OGRE)

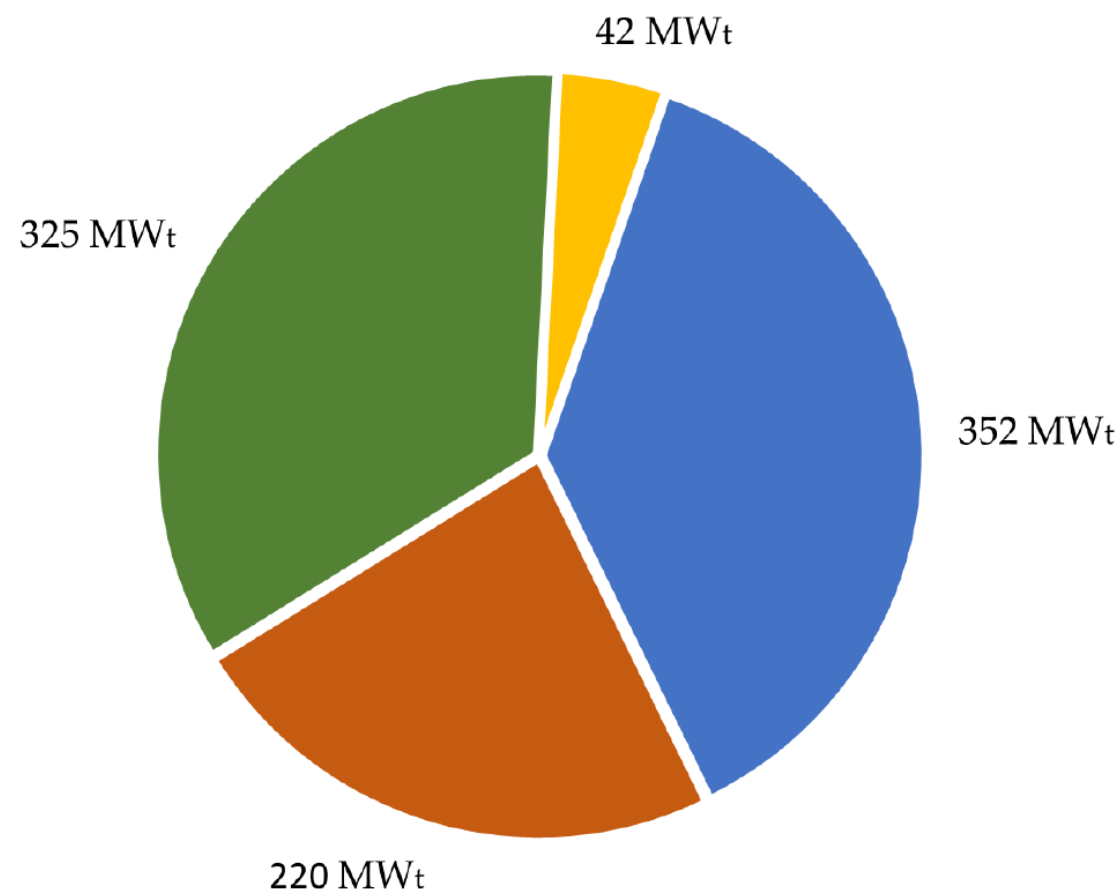
<https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/#>

- Balneología
- Agricultura
- Calefacción urbana, calefacción urbana
 - La construcción de redes de calefacción urbana comenzó a finales de la década de 1960 en ciudades del sur de Hungría.
- Hódmezővásárhely
- Szeged
- Makó
- Szentes
- Kistelek

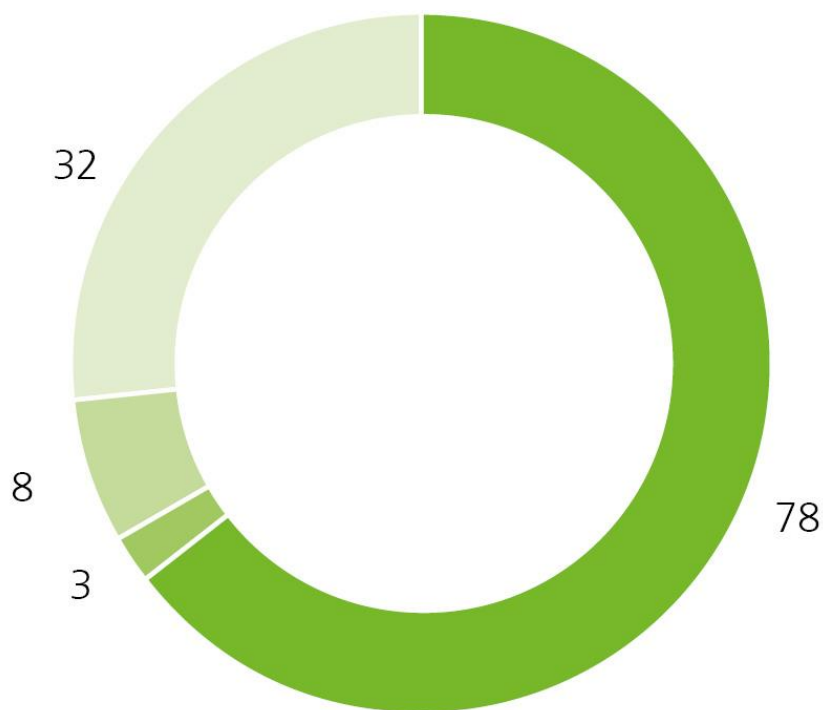


Aprovechamiento directo del calor a partir de la energía geotérmica en Hungría

- Balneología
- Calefacción de edificios
- Agricultura e industria
- Bombas de calor geotérmicas



Número de sistemas de calefacción urbana cerca de yacimientos geotérmicos importantes

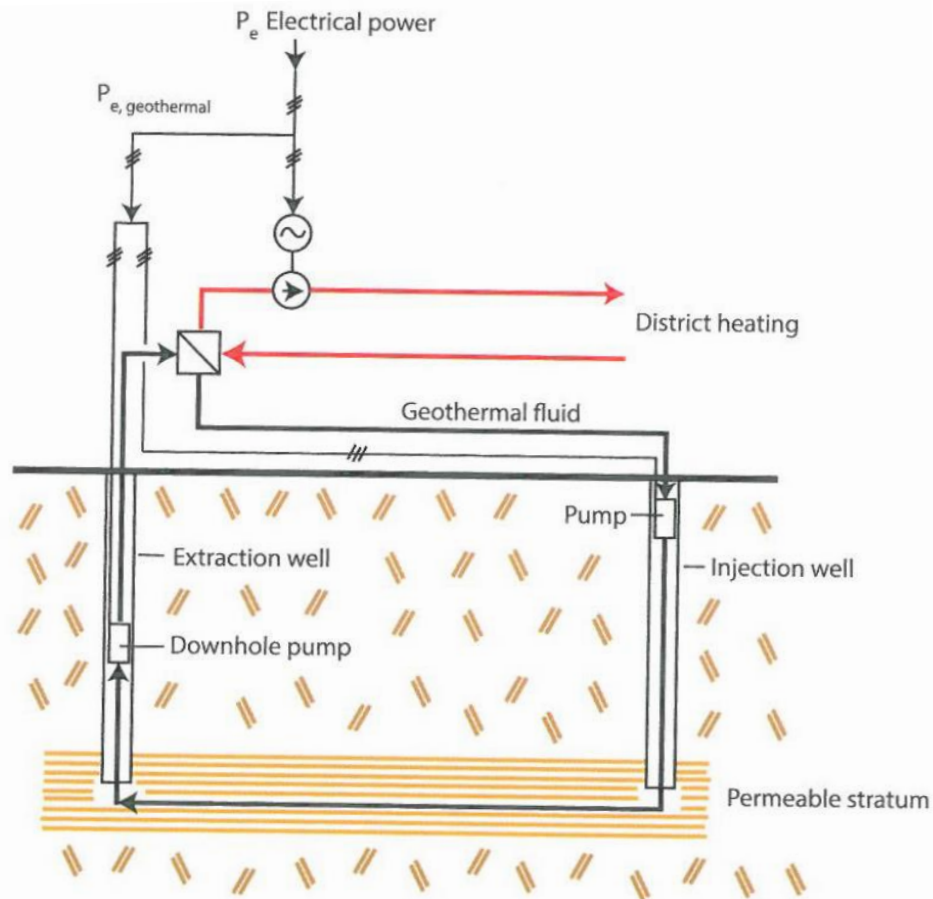


- «La energía almacenada en la corteza exterior (a 10 km de profundidad) puede satisfacer las necesidades energéticas mundiales durante 6 millones de años (según el consumo actual).
- »Problema de la fuente:
La intensidad de la fuente puede disminuir significativamente con el paso de los años.
- Reubicación de la fuente con el paso del tiempo:
¿Es económicamente viable?

Aspectos prácticos de la utilización de las aguas subterráneas termales

- El calor de las capas profundas llega a la superficie a través de fluidos geotérmicos, que contienen:
 - Agua,
 - sales disueltas,
 - gases,
 - sólidos en suspensión.
- Producción de prueba
 - Para determinar las características de producción:
 - Se lleva a cabo un bombeo de limpieza al 40 %, al 60 % y, posteriormente, al 80 % del caudal de agua durante un mínimo de 72 horas.
 - Se mide el nivel de agua en reposo junto con la altura de la columna de agua.
- Tras ello, se puede determinar si el pozo funciona en modo positivo o negativo.
 - Modo positivo: el pozo funciona de forma autónoma, permitiendo el flujo libre.
 - Modo negativo: el pozo requiere un funcionamiento artificial, por ejemplo, con bombas, ya que los niveles de agua estáticos y operativos no alcanzan la superficie.

Producción artificial



- Los pozos positivos pueden suministrar la cantidad necesaria de agua termal sin necesidad de equipos auxiliares.
- Los pozos negativos tienen su nivel estático de agua por debajo de la superficie y requieren ayuda:
 - Se necesita equipo auxiliar para elevar la cantidad de agua necesaria hasta la superficie.
 - Para su uso a largo plazo, la mayoría de los pozos de agua termal pasan a un modo de funcionamiento negativo.
 - Solo los métodos artificiales pueden llevar el agua a la superficie.
- Dos tipos de extracción artificial:
 - Funcionamiento con compresor
 - Funcionamiento con bomba

Fuente: Svend Fredriksen, Sven Werner: Calefacción y refrigeración urbanas. Studentlitteratur 2013; Kontra Jenő: Aprovechamiento de Hévíz. Műegyetemi Kiadó

Métodos de producción artificial

- **Producción mediante bombas**
 - En los pozos de agua termal se pueden instalar bombas centrífugas multietapa o bombas sumergibles. Estas bombas suelen tener impulsores radiales o semiaxiales integrados con un motor eléctrico.
 - La producción moderna siempre implica una extracción controlada del agua termal.
 - El rendimiento de las bombas sumergibles se regula mediante el control de la velocidad para mantener los niveles deseados.
 - Hoy en día, las bombas sumergibles se utilizan ampliamente debido a su regulación de rendimiento precisa, automática y rentable.
- **Producción mediante compresores**
 - Se instalan tuberías de introducción de aire en el pozo.
 - Se inyecta aire comprimido en la columna de agua del pozo.
 - Esto reduce la densidad de la columna de agua del pozo.
 - La desventaja es que el agua termal extraída contiene más oxígeno disuelto.
 - Este método no es adecuado para pozos con un alto contenido de sedimentos, como el agua que transporta arena.

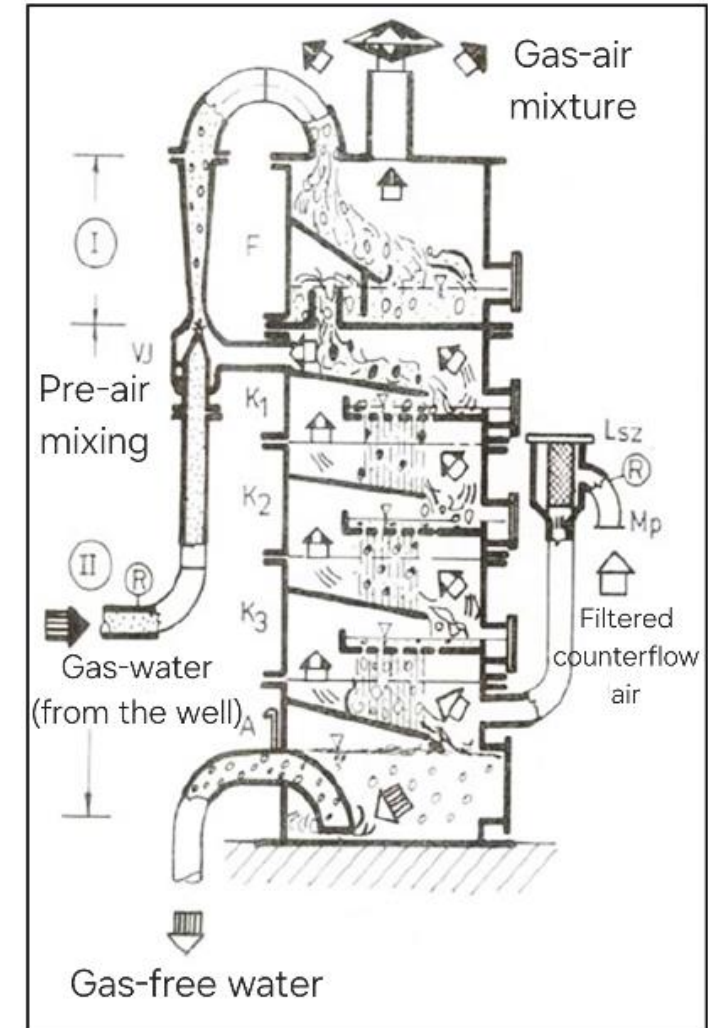
Aumento del caudal de agua

En caso de que se requiera un mayor caudal, se puede aplicar uno de los siguientes métodos:

- Acidificación:
 - El rendimiento hídrico puede aumentarse mediante un tratamiento con ácido de al menos 8 horas de duración.
- Explosiones:
 - Detonación de explosivos insolubles a gran profundidad dentro del pozo.
- Fracturación por capas:
 - Se inyectan fluidos a alta presión en el pozo para eliminar la contaminación por arena.
- Pruebas hidrodinámicas
 - Pruebas de capacidad que examinan todo el sistema de suministro de agua para realizar evaluaciones detalladas de presión, volumen y temperatura.

Desgasificación del agua termal extraída

- Las aguas termales extraídas suelen contener gases separables.
- Normalmente, CO_2 , CH_4 , N_2
- En caso de bajo contenido en metano: el gas se libera al medio ambiente o se comprime y se almacena en depósitos. También puede inyectarse en agua termal enfriada antes de su reinyección.
- En caso de alto contenido en metano, el metano separado se utiliza en motores de gas.



Aprovechamiento de los pozos termales en Hungría

- En Budapest, el invernadero ya se calentaba con energía hidrotermal tras la Primera Guerra Mundial.
- Los primeros edificios residenciales con calefacción geotérmica de Pest se encuentran en las inmediaciones del Zoo y Jardín Botánico de Budapest.



Sistema de Veresegyház en (el primer pozo se puso en marcha en 1987)

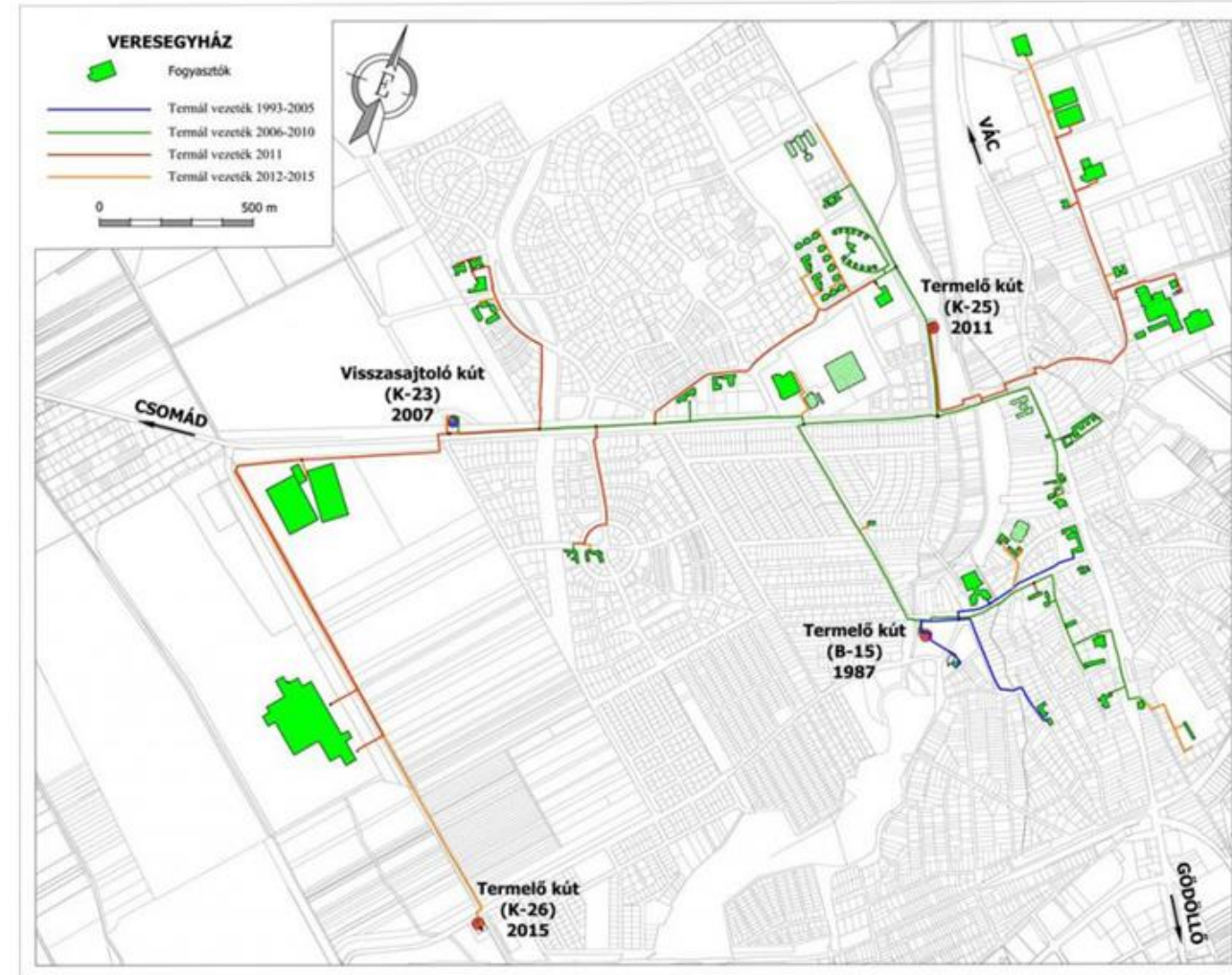


- En 1987 se perforó el primer pozo de producción.
- En 1992 se construyó el balneario, a lo que siguió la conexión de la escuela, el centro comunitario y, más tarde, la nueva escuela primaria de Mézesvölgy y la piscina al sistema de calefacción geotérmica.

La construcción del pozo de reinyección supuso un paso importante: entre 2007 y 2010, varias instituciones públicas se conectaron al sistema y, a partir del otoño de 2011, con la perforación de nuevos pozos de producción y la construcción de tuberías con una longitud total de casi 1.500 metros, unos 45 grandes consumidores pudieron beneficiarse de las ventajas de la energía de bajo coste proporcionada por los recursos geotérmicos.

El sistema de Veresegyház

- Durante el invierno, los habitantes de la ciudad pueden caminar por aceras sin nieve ni hielo.
- Las tuberías de impulsión están aisladas, pero las de retorno no lo están y discurren a 1,5 metros bajo tierra, lo que permite que el calor del agua usada derrita la nieve y el hielo de las aceras. El sistema se extiende a lo largo de 14,5 kilómetros.
- Usuarios: instituciones públicas e instalaciones industriales.
- Sustituye anualmente 2,2 millones de metros cúbicos de gas.



Calefacción urbana geotérmica

El sistema de calefacción urbana geotérmica de Veresegyház
(Pozo K26 en 2016, un año después de su puesta en marcha)



Sin el apoyo del 60 % por parte de la Unión Europea y del Gobierno, este proyecto no habría podido llevarse a cabo. El proyecto, con un coste aproximado de 650 millones de HUF, recibió una financiación de 385 millones de HUF, a la que el ayuntamiento contribuyó con una cofinanciación del 40 %.

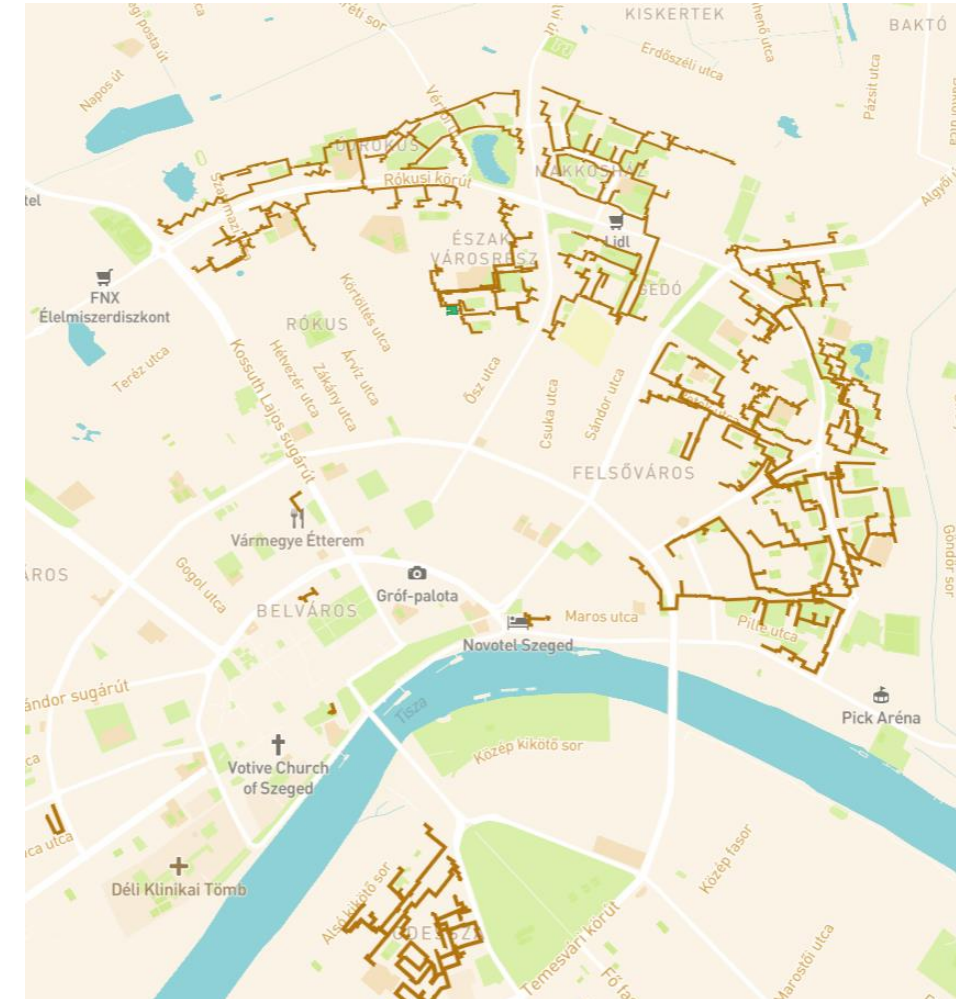
El sistema de calefacción urbana de Szeged



- La empresa de calefacción urbana de Szeged suministra calefacción y agua caliente sanitaria a 27 256 viviendas (en su mayoría en edificios residenciales de entre 4 y 10 plantas).
- 433 edificios públicos (colegios, guarderías y locales comerciales).
- Desde 2018, SZETAV y sus socios llevan a cabo la mayor renovación de una red de calefacción urbana geotérmica de Europa.

El sistema de calefacción urbana de Szeged

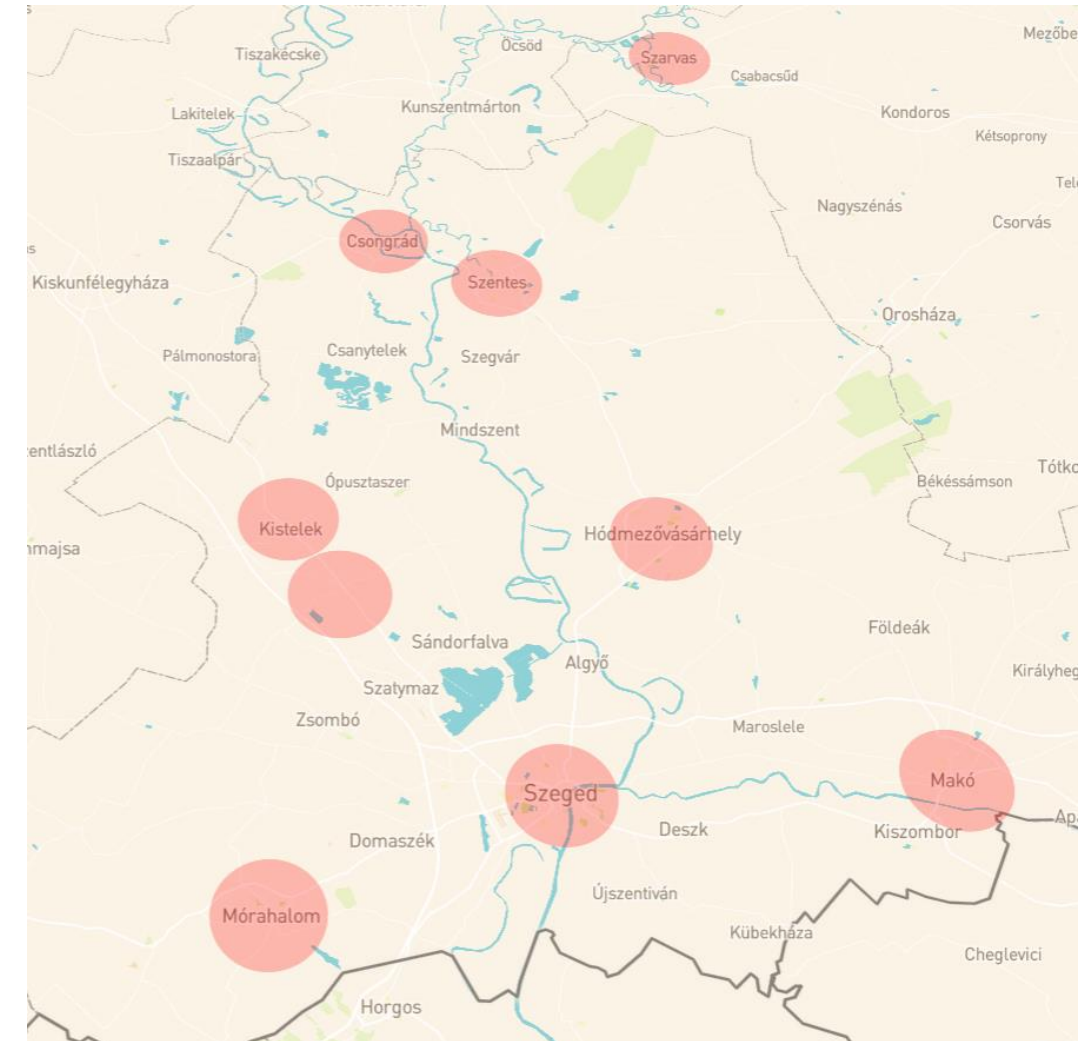
- El sistema de calefacción urbana de Szeged consta de 23 circuitos de calefacción.
- Las calderas, con una potencia de entre 1 y 12 MW, proporcionan una potencia instalada total de 204,17 MW.
- Se suministra a los usuarios finales una producción energética total de 843 700 GJ/año.
- 239 centros de calor.
- 215 km de red de tuberías.
- Hasta hace poco, el sistema dependía por completo del gas natural importado como única fuente de energía, lo que convertía a la empresa en el mayor emisor local de CO₂.





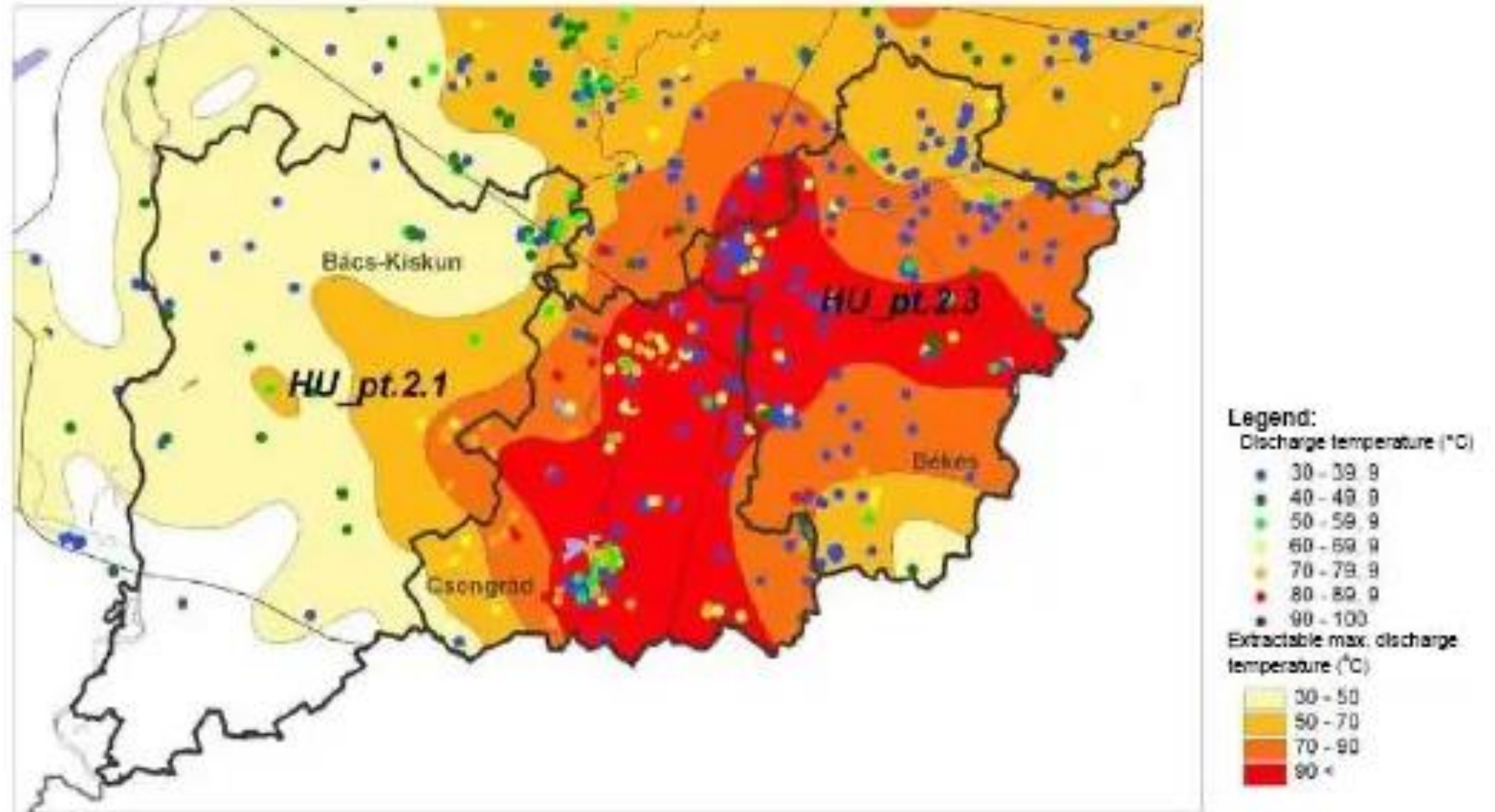
Sistema de calefacción urbana de Szeged

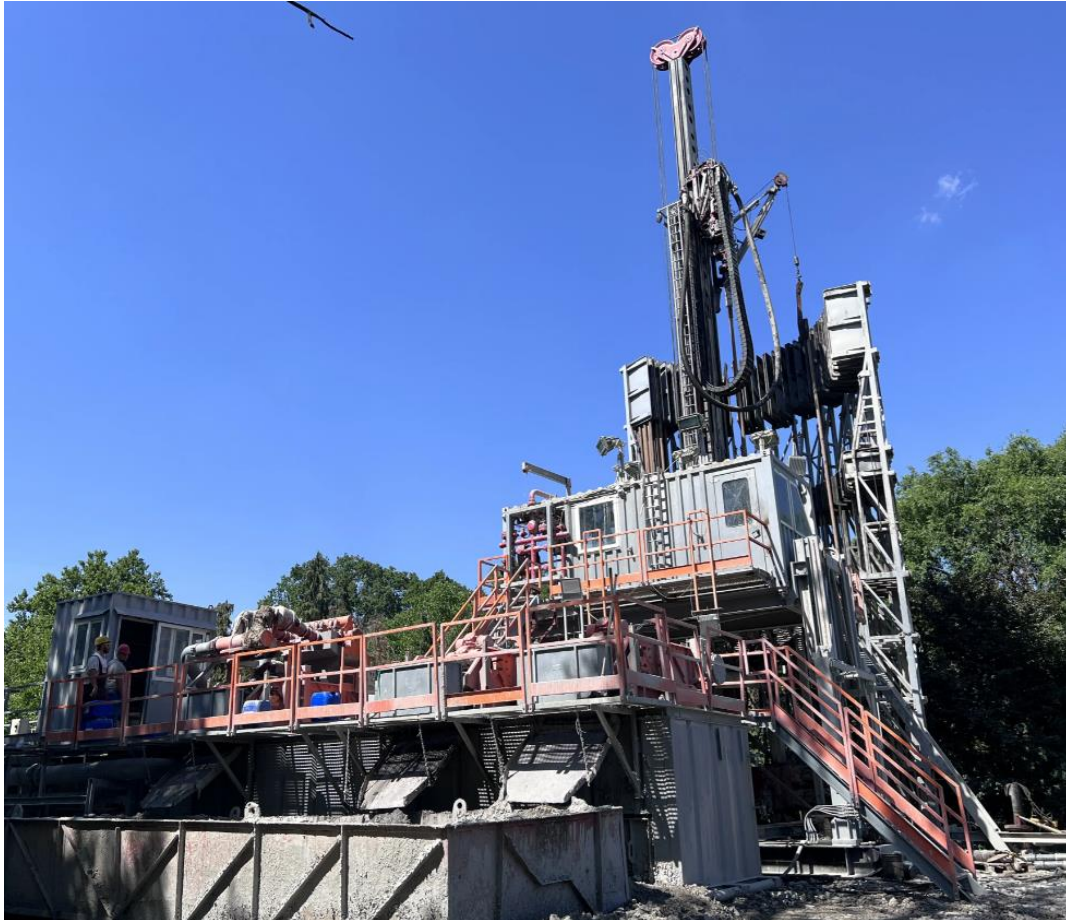
- Además de los usos balneológicos y agrícolas, nueve localidades utilizan la energía geotérmica para la calefacción urbana en un radio de 50 km.
- Estos sistemas se basan en fuentes de entalpía media favorables.
- La mayoría de los sistemas cuentan con un diseño que incluye un pozo de producción y uno o dos pozos de reinyección, y algunos también utilizan el agua termal para calefacción y fines balneológicos.



Calefacción urbana geotérmica

La temperatura del agua
termal extraíble





El sistema de calefacción urbana de Szeged

- En «Felsőváros», en la urbanización de Odessa, en la parte norte de la ciudad, en Tarján, en Rókus y en el centro de la ciudad, se están perforando pozos termales a profundidades de entre 1.700 y 2.000 metros.
- Estas fuentes producen 70 m³/h de agua termal a 90 °C.
- Se están perforando un total de 27 nuevos pozos en la ciudad, con dos plataformas de perforación que funcionan día y noche.

Calefacción urbana geotérmica



El sistema de calefacción urbana de Szeged

- La energía térmica se aprovecha mediante intercambiadores de calor.
- El agua geotérmica sirve únicamente como fuente de calor, por lo que no entra en la red de calefacción urbana y no se utiliza para el agua caliente sanitaria.
- Anualmente, 606 958 GJ de energía geotérmica pueden sustituir a casi 20 millones de m³ de gas natural.
- El calor geotérmico en el sistema de calefacción urbana de Szeged supone un ahorro de 595 887 GJ/año (82 %) y de 17 525 718 m³/año (68 %) en el consumo de gas natural.
- Los 606 958 GJ/año de energía térmica garantizan un ahorro de 39 299 t/año (65 %) en las emisiones de CO₂ de la calefacción urbana.

¡Gracias!



SHaKE

Sharing Knowledge on Energy Communities

Módulo 3.1 – Producción de calor renovable
SHaKE – Intercambio de calor y conocimientos sobre
comunidades energéticas

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

Desarrollado por la Universidad de Tecnología y Economía de
Budapest
Balázs Bokor | bokor.balazs@gpk.bme.hu



Co-funded by
the European Union

