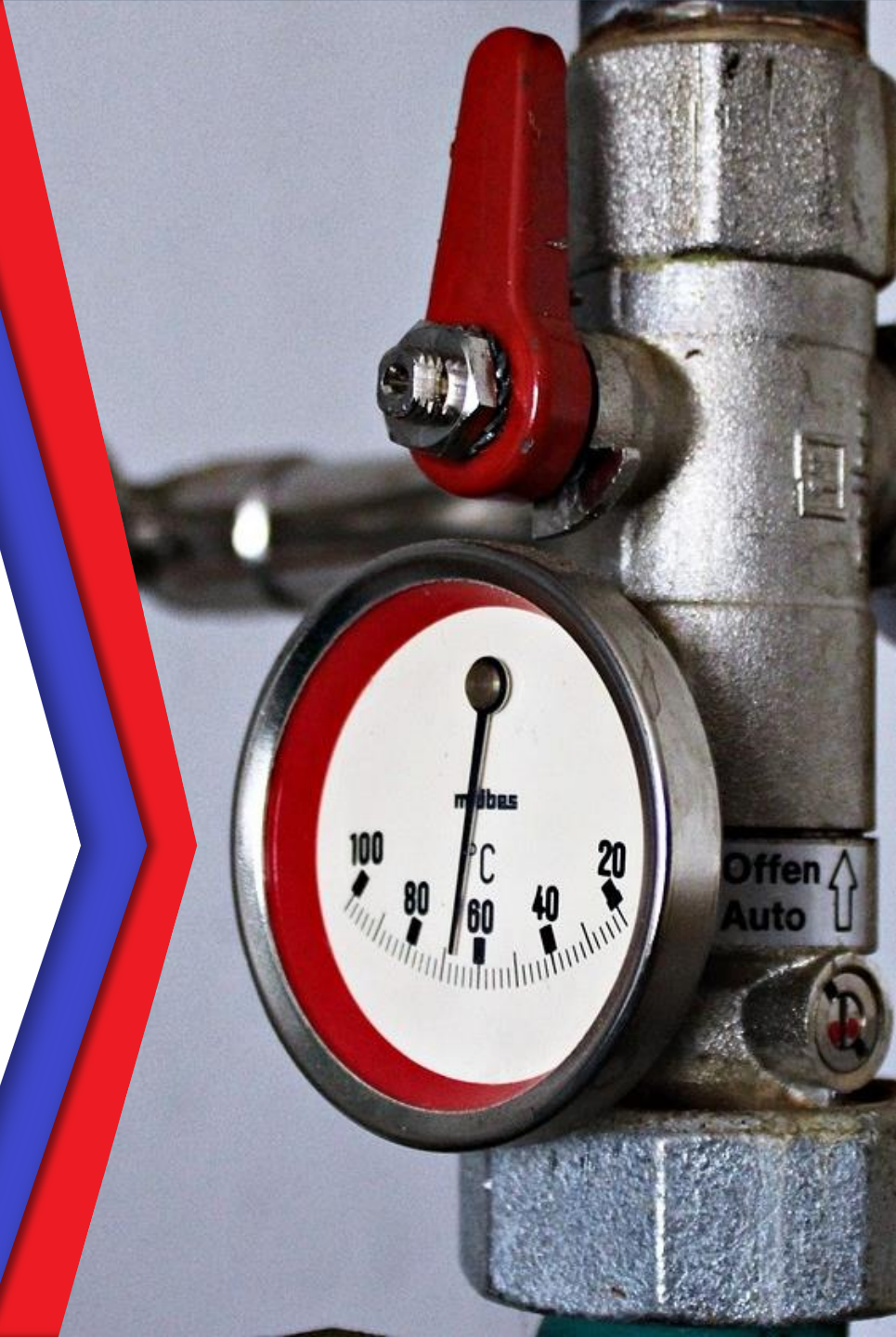
Module 1 Introduction aux réseaux de chaleur

SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities
Erasmus+ KA220-HED Cooperation Partnerships in Higher Education
Institution: BME
Auteur: Dr. Balázs Bokor, Zoltán Takács
Date: Mai 2026
Version 1.1

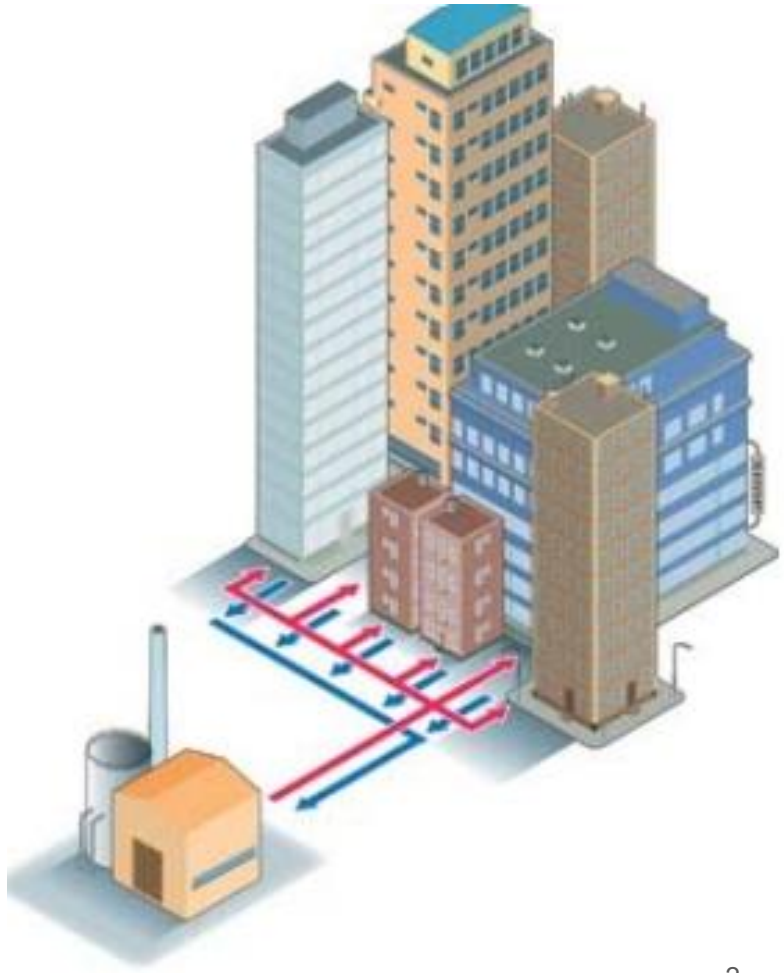
SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities



AVANTAGES DES RESEAUX DE CHALEUR

Avantages :
- Économique, moins cher, coût de service bas
- Utilisation massive de sources d'énergie renouvelable et de chaleur résiduelle.

Inconvénients :
- Perte d'énergie dans les tuyaux
- Grandes infrastructures
- Un problème technique de production de chaleur affecte tout le district.

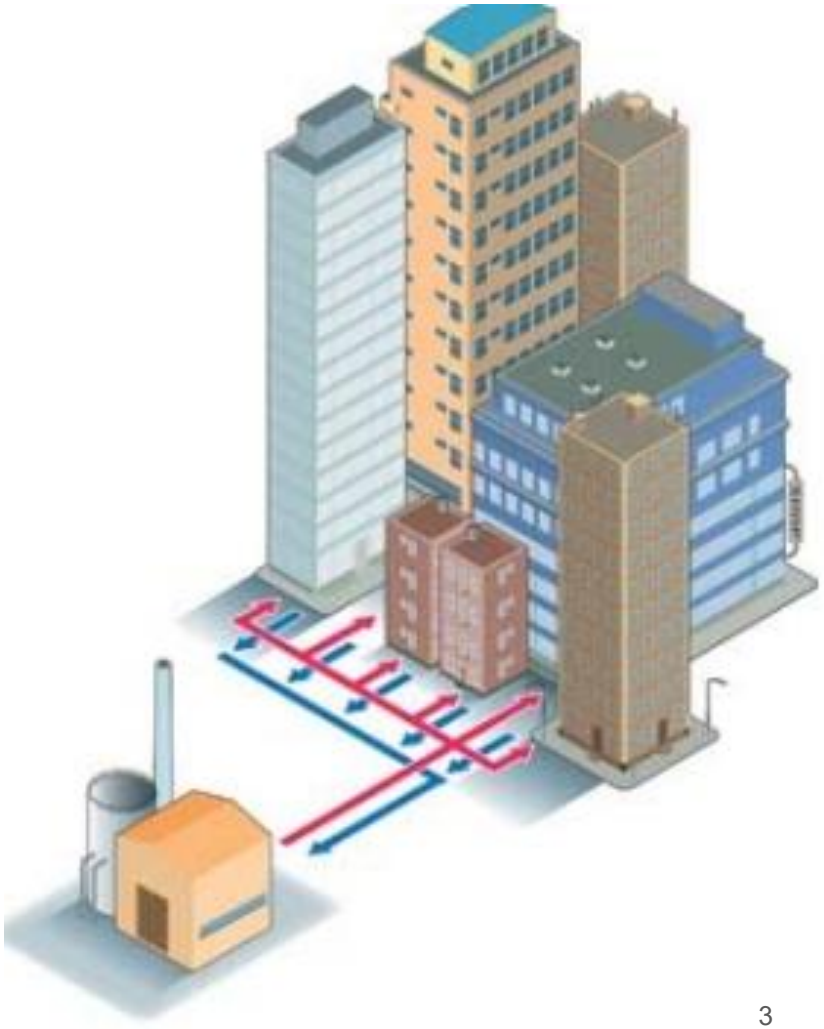


Source: decentralized-energy.com

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

AVANTAGES DES RESEAUX DE CHALEUR

- La chaleur est produite loin du lieu d'utilisation.
- La chaleur atteint les consommateurs via une conduite de chauffage urbain.
-
- Site de production de chaleur :
  Chaudières gaz
  Centrale de CHP (centrale combinée de chaleur et d'électricité)
  Sources d'énergie renouvelable (solaire, thermique, géothermique, etc.)
  Utilisation de la chaleur fatale
-
- Meilleure maintenance des installations
- Meilleure gestion de la puissance que dans le cas d'une installation individuelle.
-
- Communautés énergétiques



SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: decentralized-energy.com

AVANTAGES DES RESEAUX DE CHALEUR

- La qualité de l’air des zones densément peuplées peut être atténuée par les produits de combustion.
- La cheminée de la centrale électrique de North-Buda est, avec ses 203 m, le plus haut bâtiment de Budapest.



Source: http://m.cdn.blog.hu/

Production et contrôle centralisés de la chaleur

- Un meilleur contrôle de la performance et un entretien plus régulier peuvent être mis en œuvre dans la centrale de chauffage que dans le cas d'installations individuelles





SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

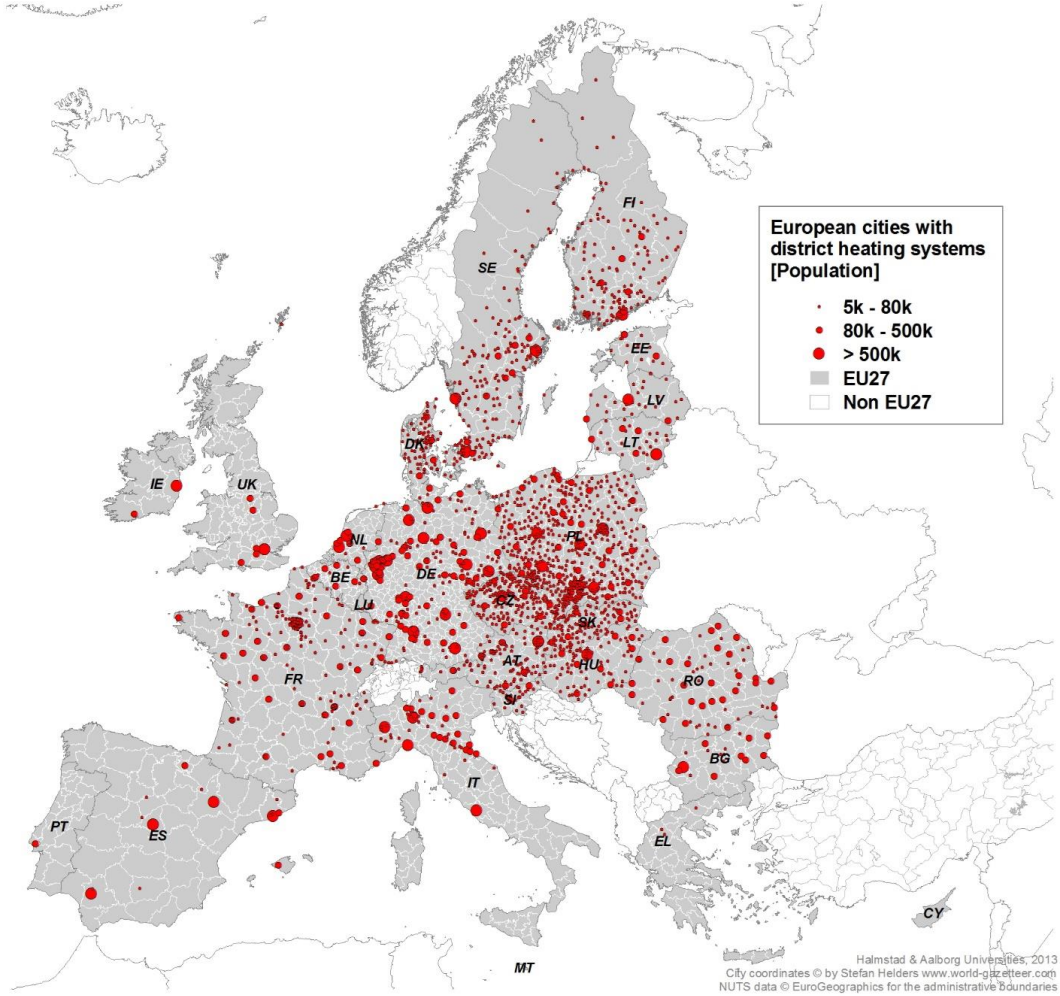
Source: vacholding.hu, wikimapia.org

RESEAUX DE CHALEUR EN EUROPE

Europe du Nord, Scandinavie
Longue tradition de la technologie des RDC, très développés

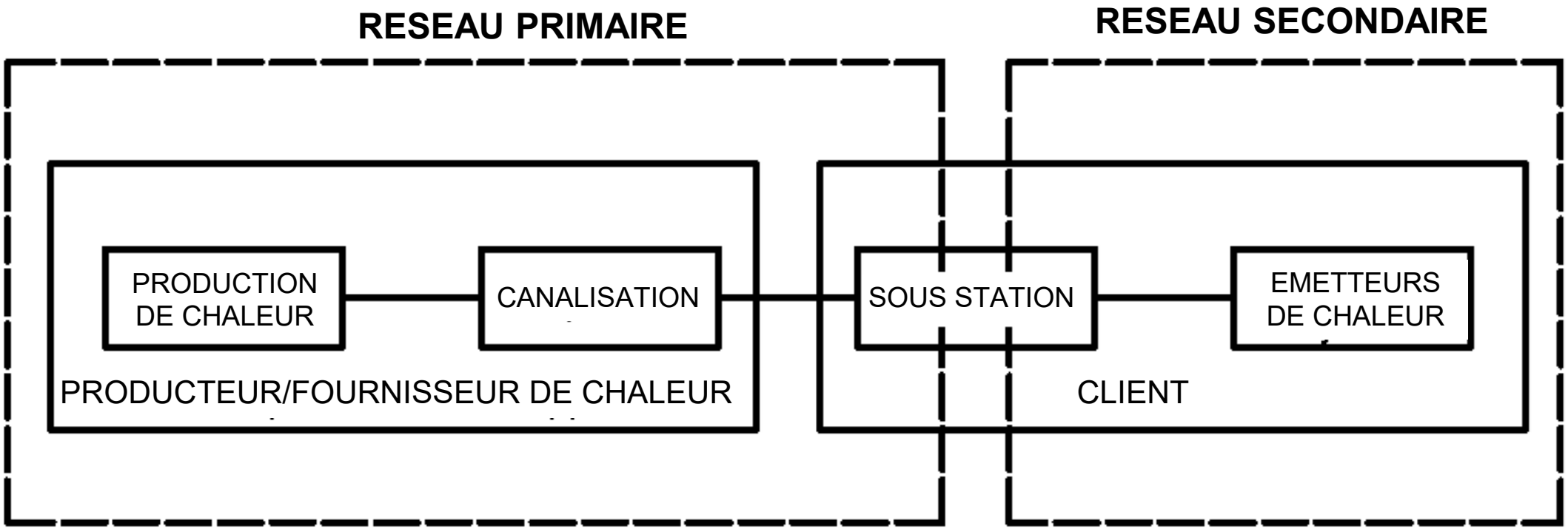
Europe de l'Ouest
La technologie des RDC est actuellement en plein essor dans les grandes villes

Europe de l'Est
Les RDC ont été priorisés à l'époque socialiste, mais mal utilisés pour le chauffage des lotissements.



Source: Halmstad and Aalborg Universities, 2014, Halmstad University District Heating and Cooling Database, NUTS data, Euro Geographics for administrative boundaries

SOUS-SYSTÈMES DE RESEAUX DE CHALEUR



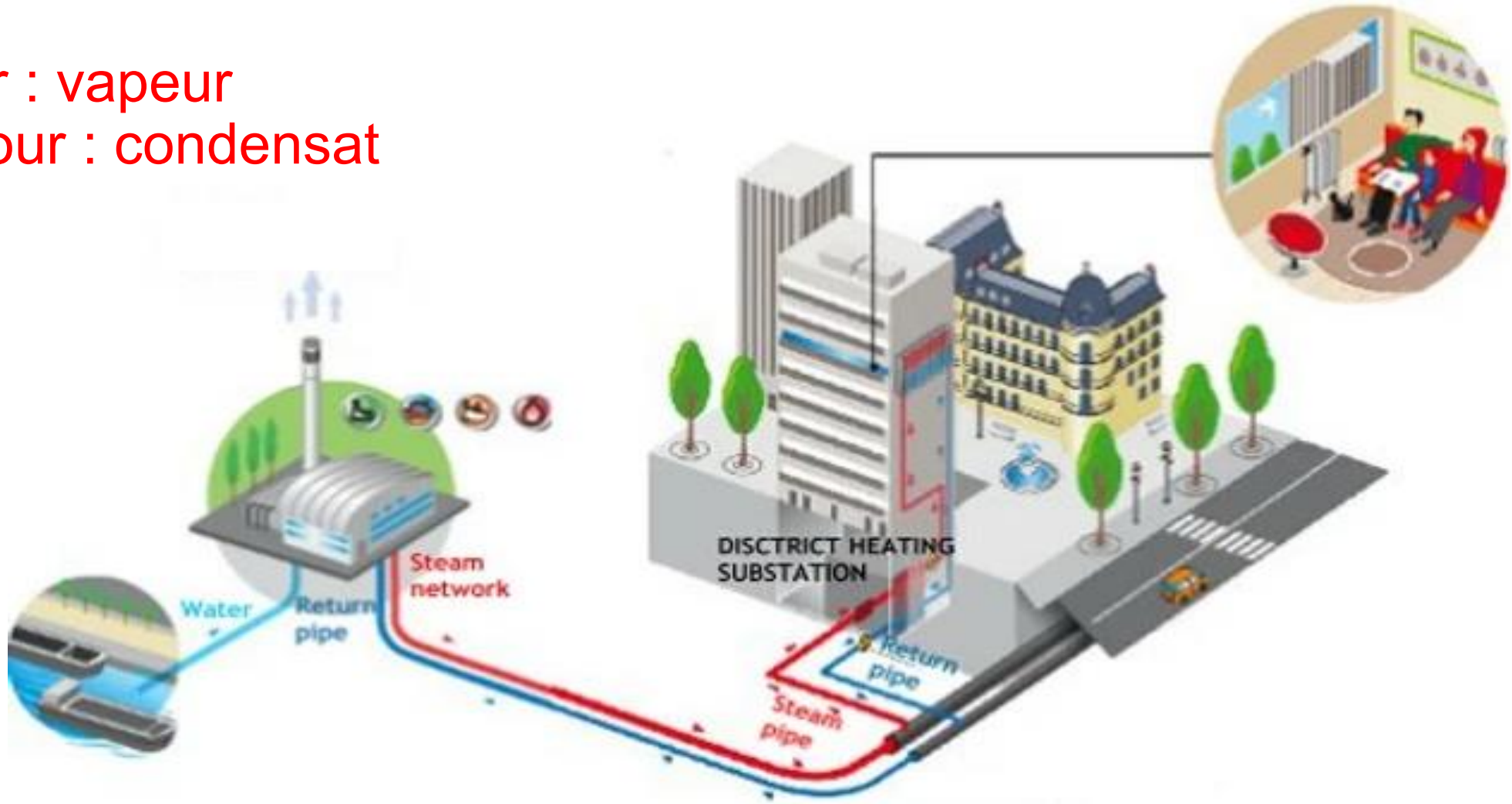
- Production de chaleur
- Division de la chaleur
- Transfert de chaleur
- Consommation de chaleur

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: Dr. Szánthó Zoltán: Heat Transport (Hőszállítás) - lecture slides. Budapest University of Technology and Economics

1ÈRE GÉNÉRATION : DISTRIBUTION VAPEUR

- Aller : vapeur
- Retour : condensat



Source: http://sfz-bellows.com

1ÈRE GÉNÉRATION : DISTRIBUTION VAPEUR



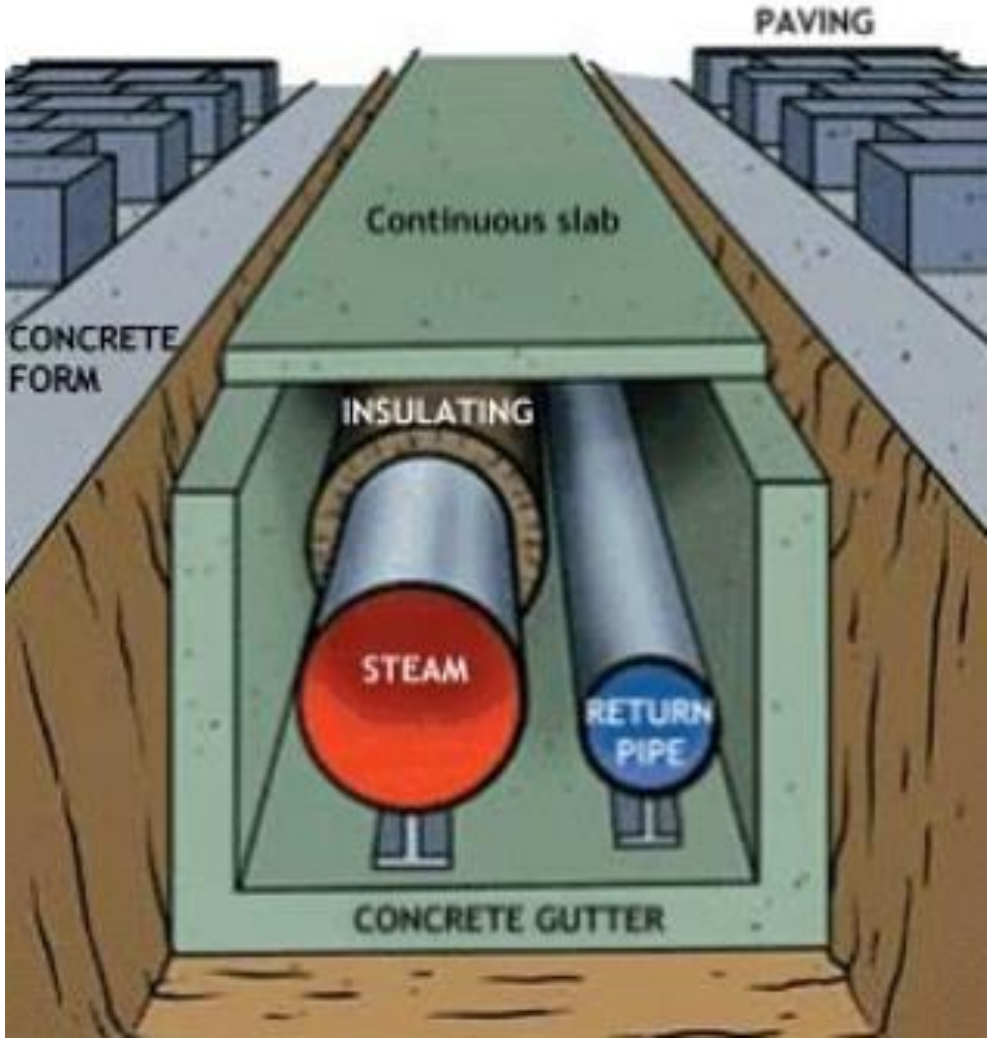
- Birdsill Holly (1820-1894), ingénieur mécanicien américain
- L'approvisionnement en chaleur doit être accessible au public comme l'eau, le gaz et l'électricité.
- À l'hiver 1878/79, il construit un prototype de système de chauffage urbain alimentant en vapeur les immeubles à proximité.
- Par la suite, il a mis en place des systèmes de chauffage urbain dans plusieurs villes américaines.

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: https://www.invent.org/inductees/birdsill-holly-jr

1ÈRE GÉNÉRATION : DISTRIBUTION VAPEUR

- Il a été introduit aux États-Unis dans les années 1880.
- La raison principale de son développement est de réduire les accidents causés par les chaudières dans les bâtiments résidentiels.
- La vapeur se condense lors de la dissipation de chaleur.
- Dans de nombreux cas, des fuites du condensat apparaissent à cause de la corrosion.



Source: https://sti.eduscol.education.fr/concours_examens/epreuve-e2-bac-pro-tisec-septembre-2012

1ÈRE GÉNÉRATION : DISTRIBUTION VAPEUR

- Un réseau vapeur est toujours en service à Manhattan.
- En 2020, les systèmes de chauffage urbain à vapeur sont considérés comme très obsolètes.
- Ils ont été reconstruits à Salzbourg, Hambourg, Munich et Copenhague.
- Dans de nombreux cas, le réseau de canalisations à vapeur s'est avéré dangereux. Explosions, blessures de piétons, décès graves.



https://www.fanpage.it/esteri/paura-a-new-york-esplosione-in-strada-colonna-di-fumo-altissima-edifici-evacuati/

2E GÉNÉRATION : DISTRIBUTION D'EAU CHAUDE

- L'eau chaude sous pression est surchauffée à une température supérieure à 100 °C.
- Il est apparu en 1930 et a dominé les installations jusqu'en 1970.
- Typiquement, une paire de canalisations se trouve dans une gouttière en béton.
- Principalement utilisé en Union soviétique.
- Dans de nombreux cas, un mauvais contrôle de la performance était typique.
- Exigences élevées en main-d'œuvre sur site lors de l'installation.



SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: https://minap.hu/miskolc/2019/08/02/tavhovezetek-csere-az-arpad-uton

2E GÉNÉRATION : DISTRIBUTION D'EAU CHAUDE



- Canalisations terrestres en Hongrie



- Les courbes en U compensent l'expansion thermique dans les canalisations.

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: moksha.hu, de.wikipedia.org

2E GÉNÉRATION : DISTRIBUTION D'EAU CHAUDE





SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: https://www.quora.com/What-type-of-home-heating-systems-did-they-use-in-the-Soviet-Union

2E GÉNÉRATION : DISTRIBUTION D'EAU CHAUDE



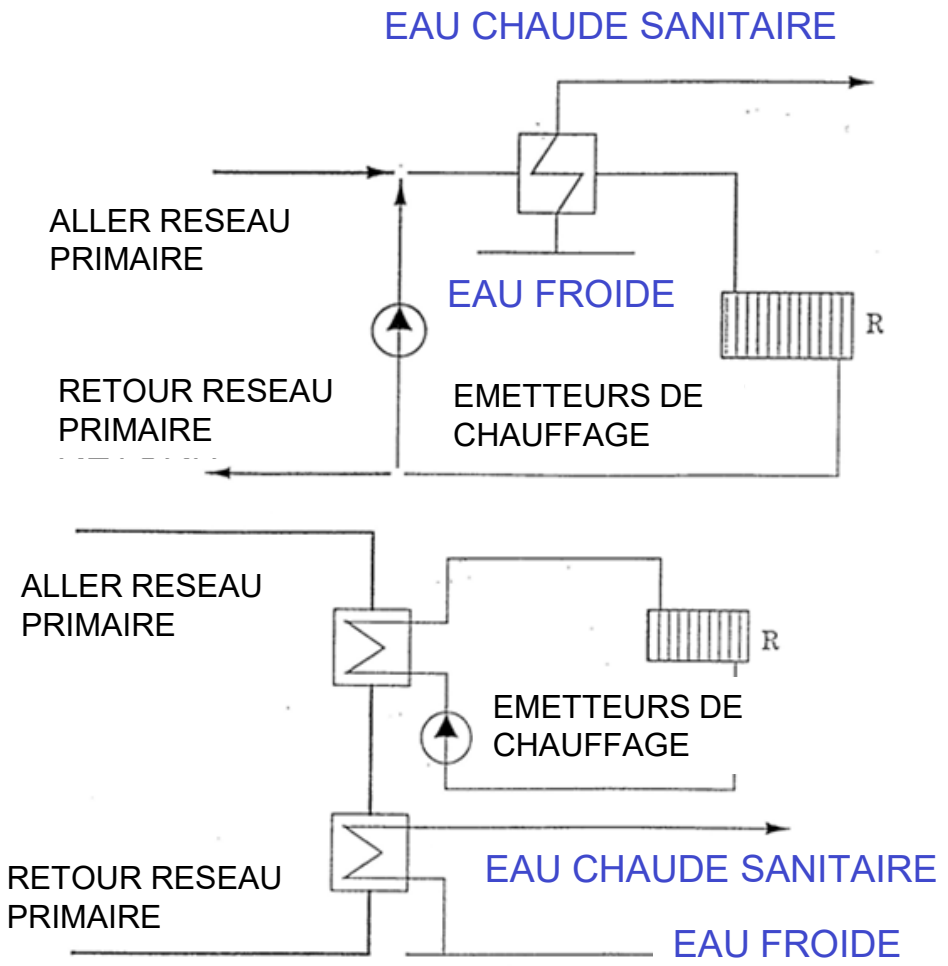
- Sous-station
- Emplacement du transfert de chaleur entre les circuits de chauffage primaire (ville) et secondaire (bâtiment).
- Échangeurs de chaleur tubulaires.
- Forte demande pour l'installation sur site.
- Éléments non préfabriqués.
- Besoins d'espace importants.

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: Mohács város távhő rendszerének energetikai korszerűsítése

SOUS STATIONS DE RESEAUX DE CHALEUR

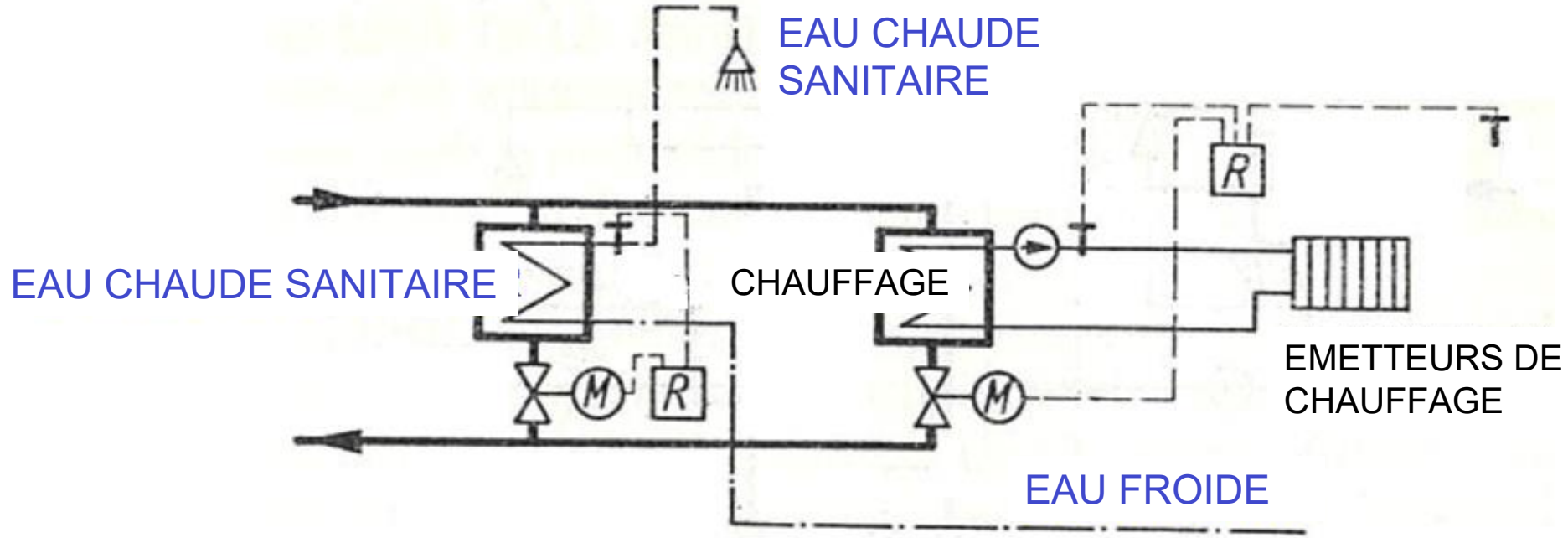
- **Connexion hydraulique au réseau principal de chauffage urbain**
- Direct : le réseau de chauffage urbain et le système de chauffage du bâtiment forment un système hydraulique commun.
- Indirect : le système de chauffage secondaire du bâtiment est séparé du réseau principal de chauffage urbain par un échangeur de chaleur.



SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: Dr. Kiss Róbert szerk.: Távhőellátási zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977

SOUS STATIONS DE RESEAUX DE CHALEUR



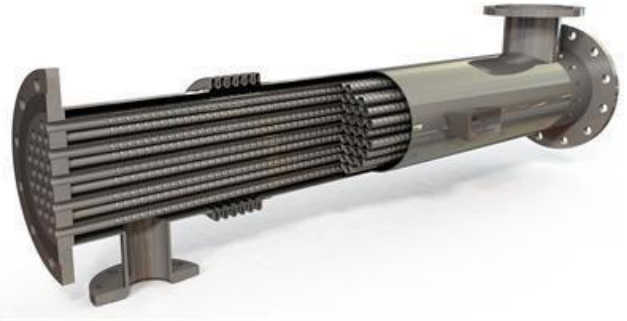
- **Sous-station indirecte à débit variable**
- Les vannes motorisées aident à réguler le débit entre l'échangeur pour l'ECS et celui pour le chauffage.
- Les vannes motorisées s'ouvrent et se ferment en fonction des températures mesurées dans l'ECS, le débit de chauffage et l'extérieur.
- Habituellement, l'ECS nécessite une température plus élevée que le chauffage

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

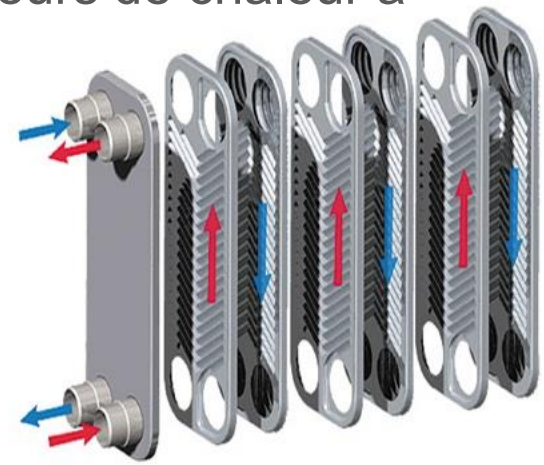
Source: Dr. Kiss Róbert szerk.: Távhőellátási zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977

2E GÉNÉRATION : DISTRIBUTION D'EAU CHAUDE





- Échangeur de chaleur à faisceau tubulaire dans une sous-station de Budapest
- Échangeurs de chaleur à plaques

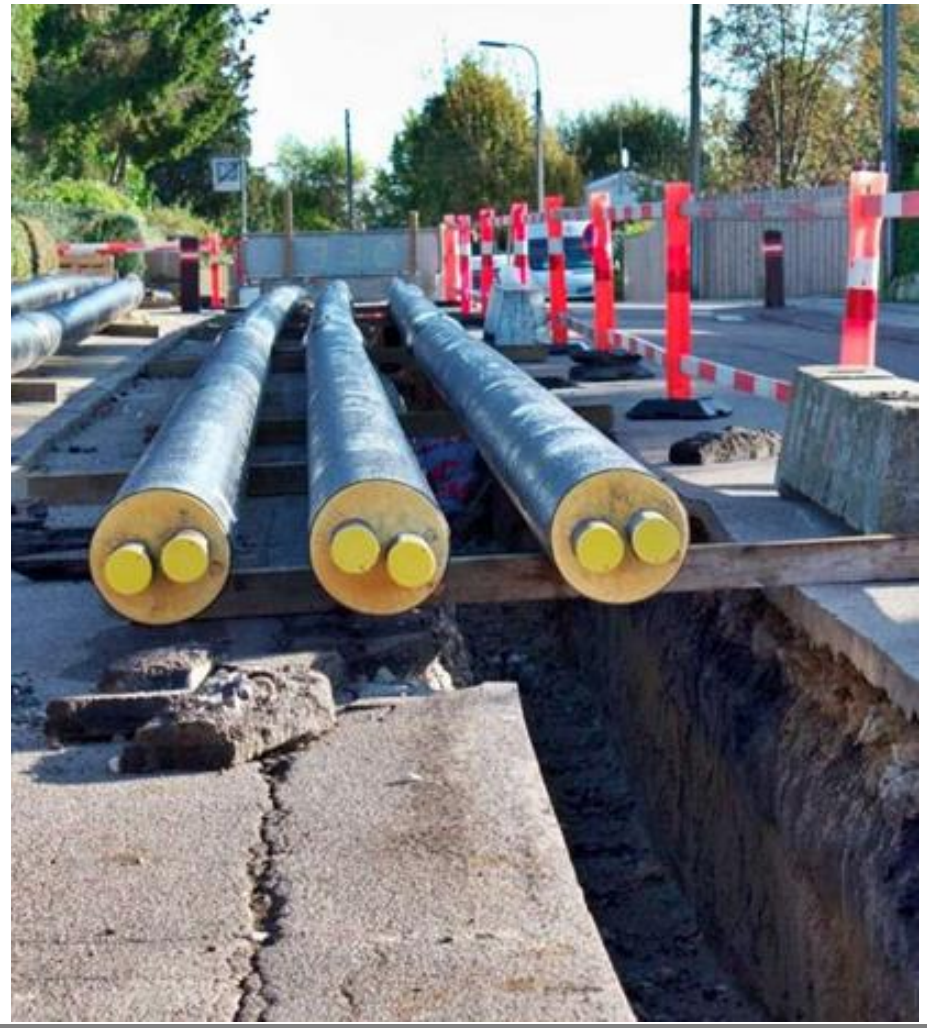


SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: Wikipédia, Hőközpont cikk, szerző: Intercity (IC), https://www.hullokft.hu/my-portfolio/hocserelo-javitas/

3E GÉNÉRATION : DISTRIBUTION DE L'EAU CHAUDE

- Vecteur de transport de la chaleur : eau à température inférieure à 100 °C.
- Composants préfabriqués, tuyauterie pré-isolée.
- Canalisations posées directement dans le sol.
- Technologie utilisée pour la rénovation d'anciens systèmes dans l'ex-Union soviétique et en Europe de l'Est.
- Dans certains cas, utilisation de chaleur renouvelable (collecteurs solaires, énergie géothermique)



Source: http://www.magyarepitok.hu

3E GÉNÉRATION : DISTRIBUTION DE L'EAU CHAUDE

- Technologie utilisée pour la rénovation d'anciens systèmes dans l'ex-Union soviétique et en Europe de l'Est.

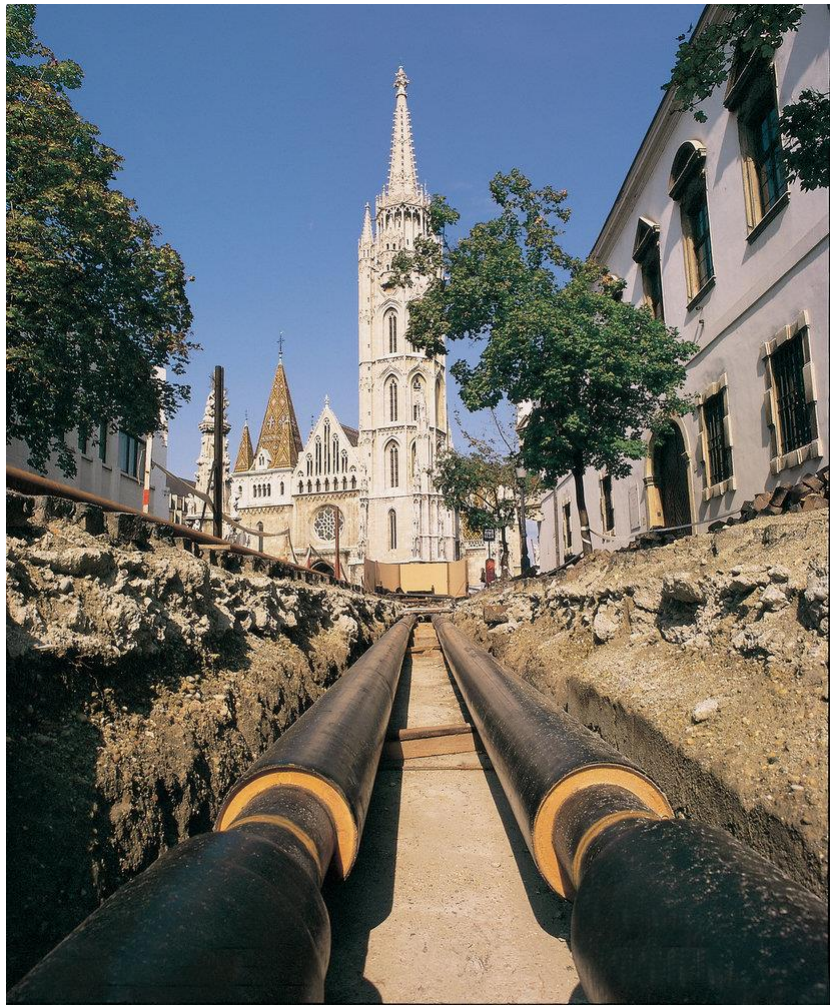




SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: https://minap.hu/miskolc/2019/08/02/tavhovezetek-csere-az-arpad-uton , petkomkft.hu

3E GÉNÉRATION : DISTRIBUTION DE L'EAU CHAUDE





SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: https://cdn.portfolio.hu/files/r/res-2013-6-web.pdf, Jánya Gergely, Budapest régi képeken.

3E GÉNÉRATION : DISTRIBUTION DE L'EAU CHAUDE

- Des postes préfabriqués, compacts et modulaires.
- Échangeurs de chaleur à plaques.
- Beaucoup moins d'espace nécessaire
- **Orientation du développement des productions de chauffage urbain :**
- Température de transfert de chaleur plus basse
- La préfabrication réduit les besoins en main-d'œuvre lors de l'installation.
- Meilleure qualité, utilisation plus flexible des matériaux.
- Réduction des pertes, augmentation de l'efficacité



SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: http://www.fotav.hu

ÉNERGIE RENOUVELABLE DANS LE CHAUFFAGE URBAIN





- Centrale géothermique et systèmes de chauffage urbain en Islande
- Après avoir circulé dans un bâtiment, un excès de chaleur géothermique de faible qualité peut être utilisé pour chauffer les chaussées afin de faire fondre la neige et la glace.

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: https://en.wikipedia.org/wiki/File:NesjavellirPowerPlant_edit2.jpg

INCINÉRATION DES DÉCHETS À VIENNE, SPITTELAU

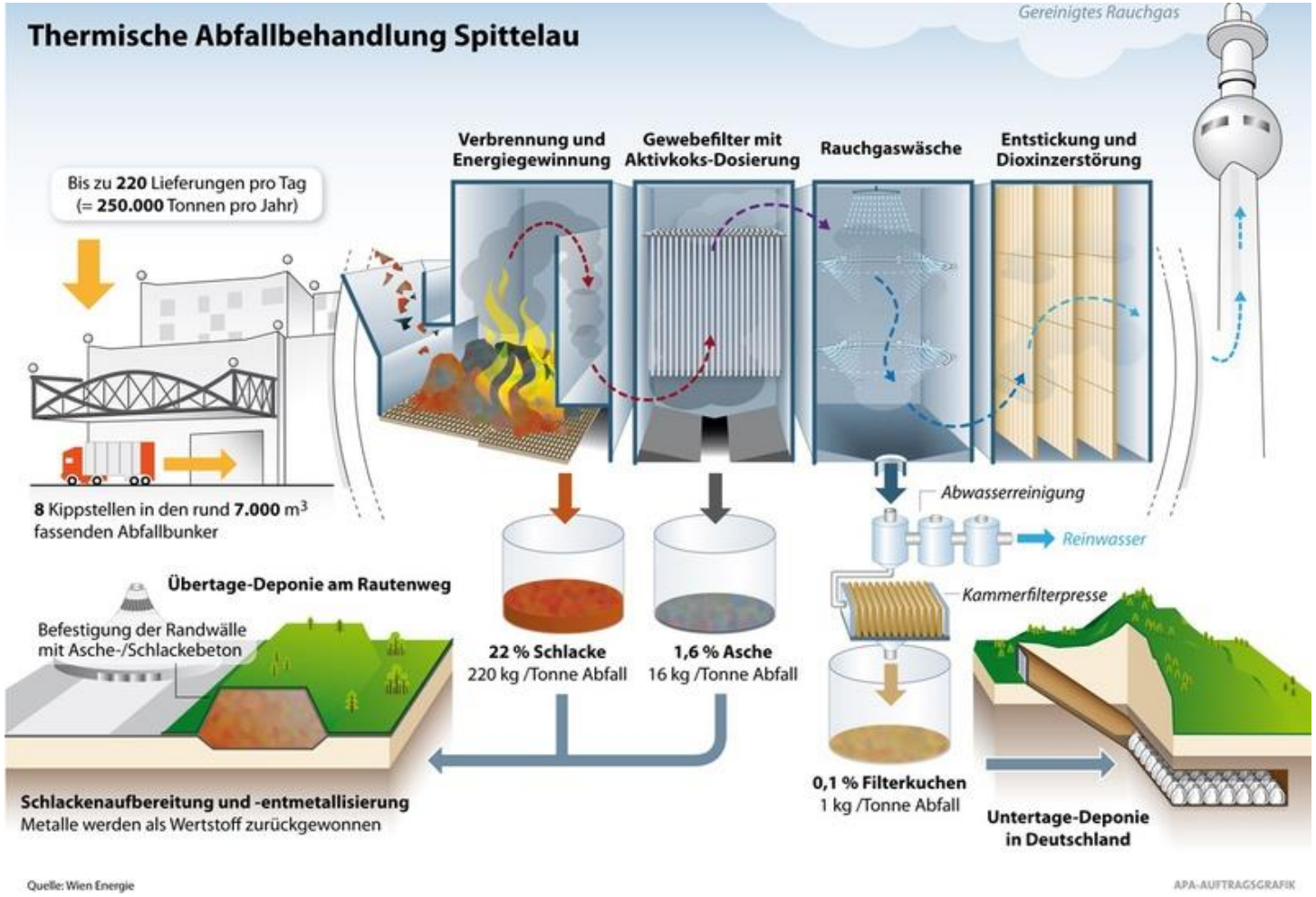


- fourniture en chaleur pour 60 000 foyers
- fourniture en électricité pour 50 000 foyers
- **Performance annuelle**
- 250 000 tonnes de déchets traités
- 120 000 MWh d'électricité produite
- 500 000 MWh de chaleur produite
- 6 000 tonnes de métal recyclé
- 60 000 tonnes de cendres, suie et charge filtrante

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: https://24.hu/kultura/2017/06/27/a-napoleoni-haborukra-emlekeztet-a-vilag-legfurabb-betongyara/

INCINÉRATION DES DÉCHETS À VIENNE, SPITTELAU



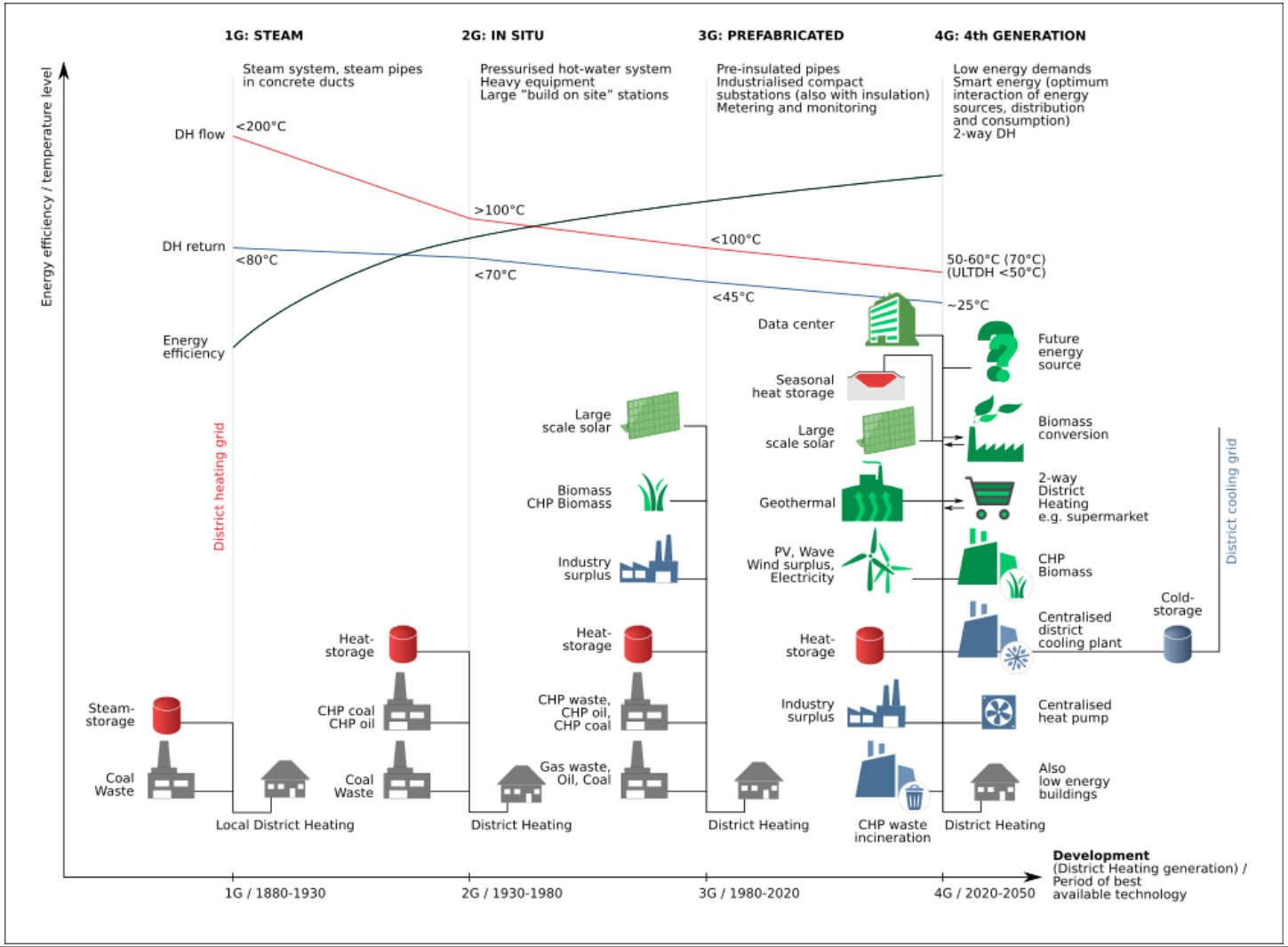
Source: Wien Energie

INCINERATION DES DÉCHETS « HUHA » À BUDAPEST



- <u>Capacité annuelle :</u>
- 400 000 tonnes d'incinération des déchets
- 170 000 MWh d'électricité produite
- Production de 139 000 MWh de chaleur
- La source de chaleur la moins chère à Budapest à un quart du prix de la chaleur achetée

Source: https://www.bvh.budapest.hu/kozos-fejlesztesekkel-az-fkf-zrt-vel-az-olcsobb-tavhoert



Source: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Generations_of_district_heating_systems_EN.svg

SOURCES ET TECHNOLOGIES POUR LA PRODUCTION DE CHALEUR DANS LES RESEAUX DE CHALEUR

Source de chaleur	Technologie	Principe de conversion d'énergie
Combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz)	Chaudières Cogénération	De l'énergie chimique à l'énergie thermique

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Basic idea of activity: Prof. Dr.-Ing. Stefan Holler, HAWK, DHC+ Summer School in Paris 2019

4E GÉNÉRATION : RÉUTILISATION DE LA CHALEUR FATALE, COMMUNAUTÉS ÉNERGÉTIQUES



- Birdsill Holly (1820-1894), ingénieur mécanicien américain
- L'approvisionnement en chaleur doit être également accessible au public que l'eau, le gaz et l'électricité.
- Comparons-le au système d'alimentation électrique actuel.

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: https://www.invent.org/inductees/birdsill-holly-jr

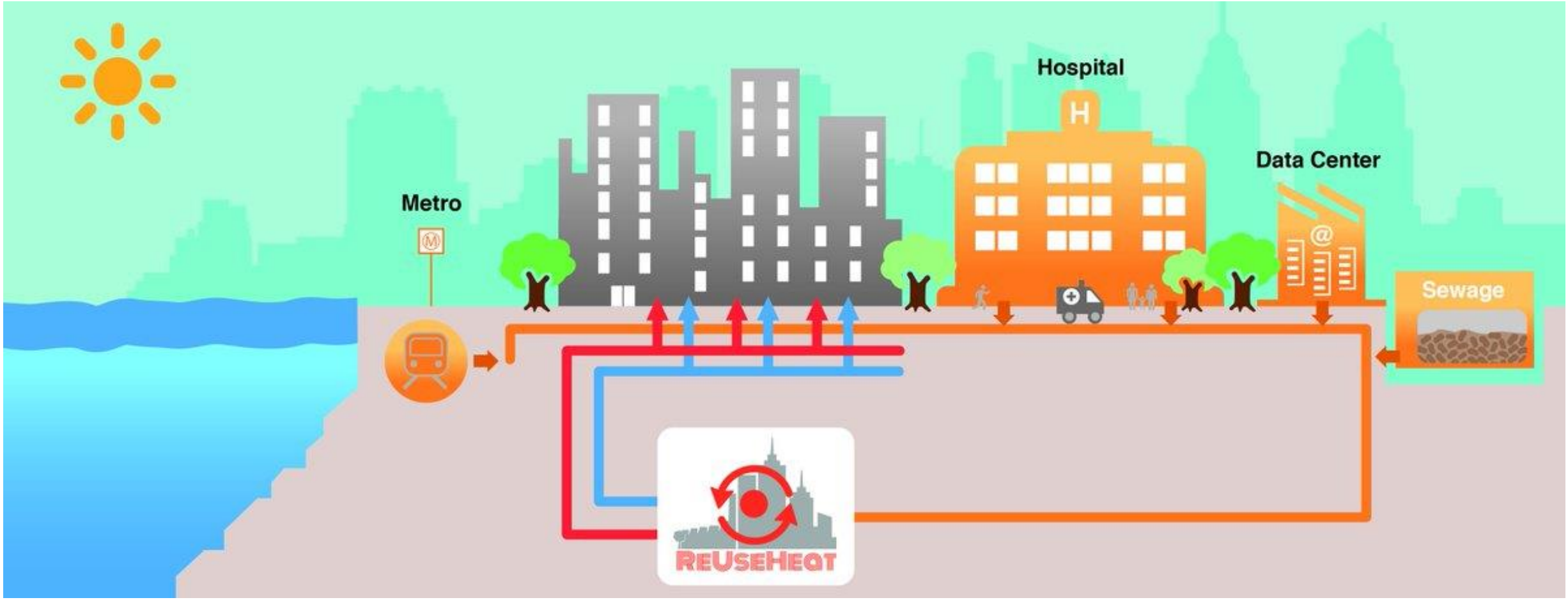
4E GÉNÉRATION : RÉSEAU BASSE TEMPÉRATURE, UTILISATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

- Construction d’un réseau primaire à basse température
- La demande énergétique des bâtiments est en constante baisse
- Ils peuvent également être équipés de systèmes de chauffage basse température
- Faibles pertes de distribution
- Les zones densément peuplés présentent des avantages, un réseau de distribution plus court, des pertes moindres
- Utilisation de la chaleur fatale locale et utilisation de la chaleur renouvelable locale
- Fonctionnement dans le cadre d’un système intelligent de distribution d’énergie

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Communautés énergétiques dans le chauffage urbain

Utilisation de la chaleur fatale



Source: www.reuseheat.eu

Communautés énergétiques dans le chauffage urbain

Utilisation de la chaleur résiduelle provenant des centres de données





- Consommation d'électricité dans le monde en 2010 : 350 TWh
- Cela représente >1 % de la consommation mondiale d'électricité en 2010
- Le refroidissement est nécessaire pour le fonctionnement sûr de l'équipement
- Centre de données de taille moyenne :
- Capacité informatique de 1 MW
- Émissions de chaleur : 3700 MWh/an avec refroidissement
- 0,46 MWh_{th} de chaleur perdue pour 1 MW_{el} de consommation d'électricité

Source: www.reuseheat.eu

Communautés énergétiques dans le chauffage urbain

Utilisation de la chaleur résiduelle provenant des centres de données



- Consommation d'énergie électrique des centres de données en Europe :
- 2007 : 56 TWh/an
- 2020 : Attendu pour atteindre 104 TWh/an
- Tendances croissantes : streaming, IoT
- Le refroidissement représente 40 % de la consommation totale d'énergie des centres de données.
- Performance des centres de données :
- Puissances >5 MW (dans certains endroits en Europe)
- 500 kW – 5 MW (plusieurs centres)
- Sous 500 kW (la plupart des centres)

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

Communautés énergétiques dans le chauffage urbain

Utilisation de la chaleur résiduelle des tunnels de métro



- **Source de chaleur**
- Lors du freinage des rames
- Ventilation des wagons de métro
- **À l'échelle mondiale**
- Dans 148 villes
- Ligne de 11000 km
- 151 millions de passagers/jour
- **Dans l'Union européenne**
- 50 villes moyennes et grandes
- 2800 km de lignes
- 31 millions de passagers/jour
- 6,7-11,2 TWh/a de chaleur résiduelle
- **Distance moyenne de 1 km entre deux gares**
- **Dans une zone densément peuplée**

Source: www.reuseheat.eu

Communautés énergétiques dans le chauffage urbain

Utilisation de la chaleur résiduelle des réseaux d'égouts à l'aide de pompes à chaleur

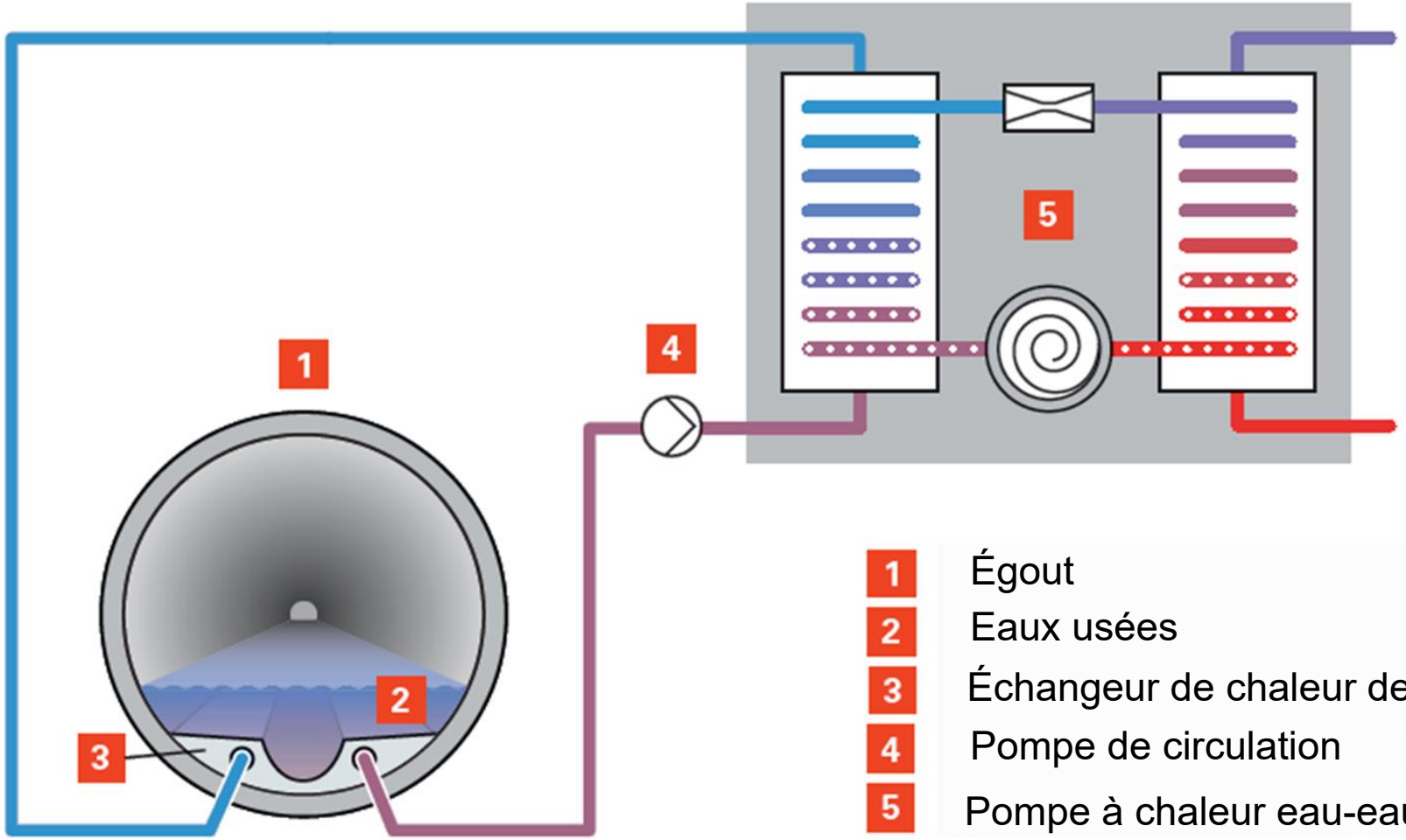


- Source de chaleur
- Moyenne annuelle 10-15 °C
- En été, elle atteint 20 °C
- Application de la technologie de la pompe à chaleur :
- Dans des villes de plus de 10 000 habitants
- peut couvrir 5 % de la demande totale de chaleur
- 150 TWh/a
- En Allemagne
- Potentiel de fourniture de 20 % du parc immobilier
- Projets achevés :
- Cologne
- Nice

Source: www.reuseheat.eu

Communautés énergétiques dans le chauffage urbain

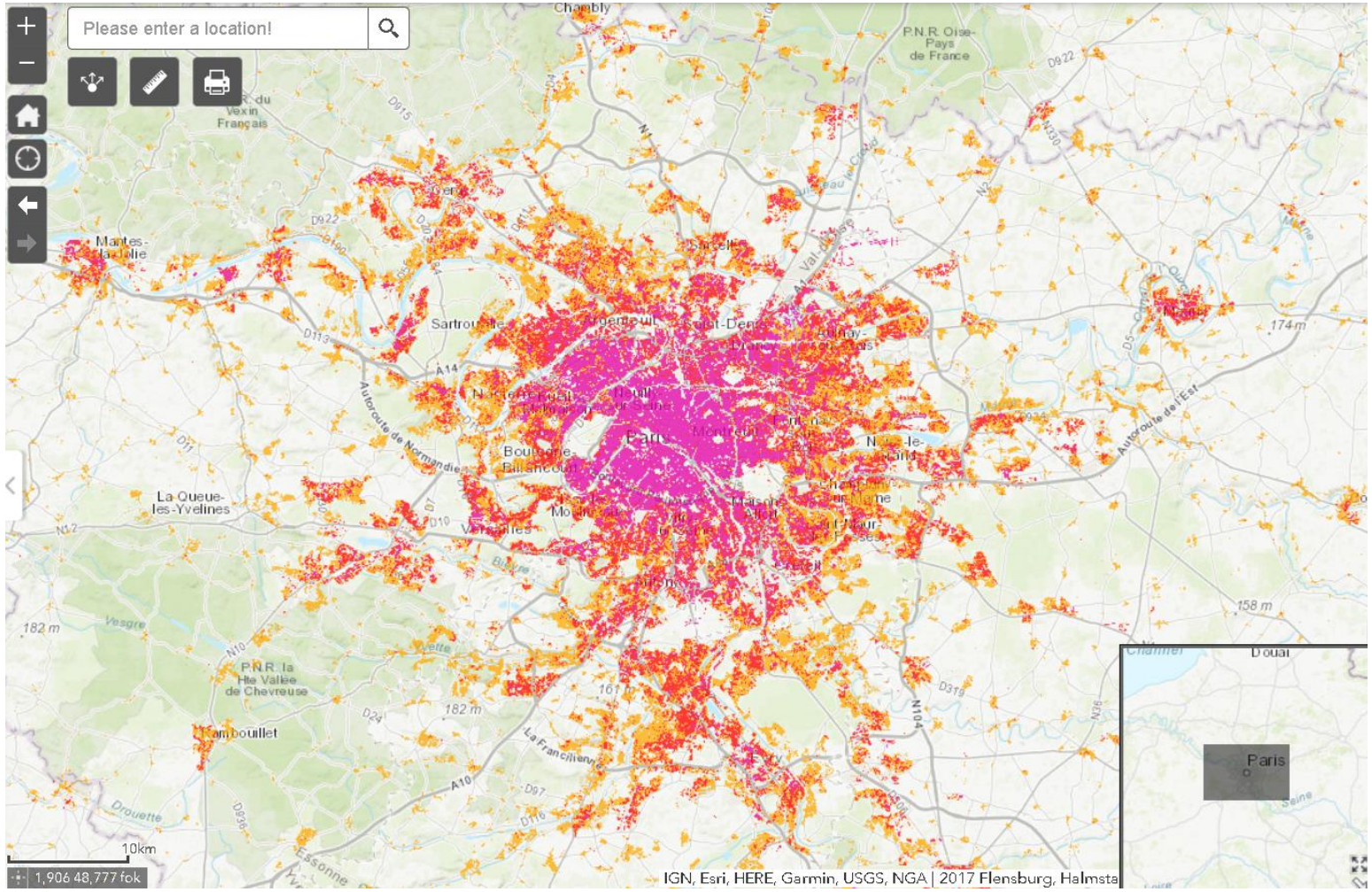
Utilisation de la chaleur résiduelle des réseaux d'égouts à l'aide de pompes à chaleur



1 Égout
2 Eaux usées
3 Échangeur de chaleur des eaux usées
4 Pompe de circulation
5 Pompe à chaleur eau-eau

Source: www.reuseheat.eu

5E GÉNÉRATION : RÉUTILISATION DE LA CHALEUR RÉSIDUELLE

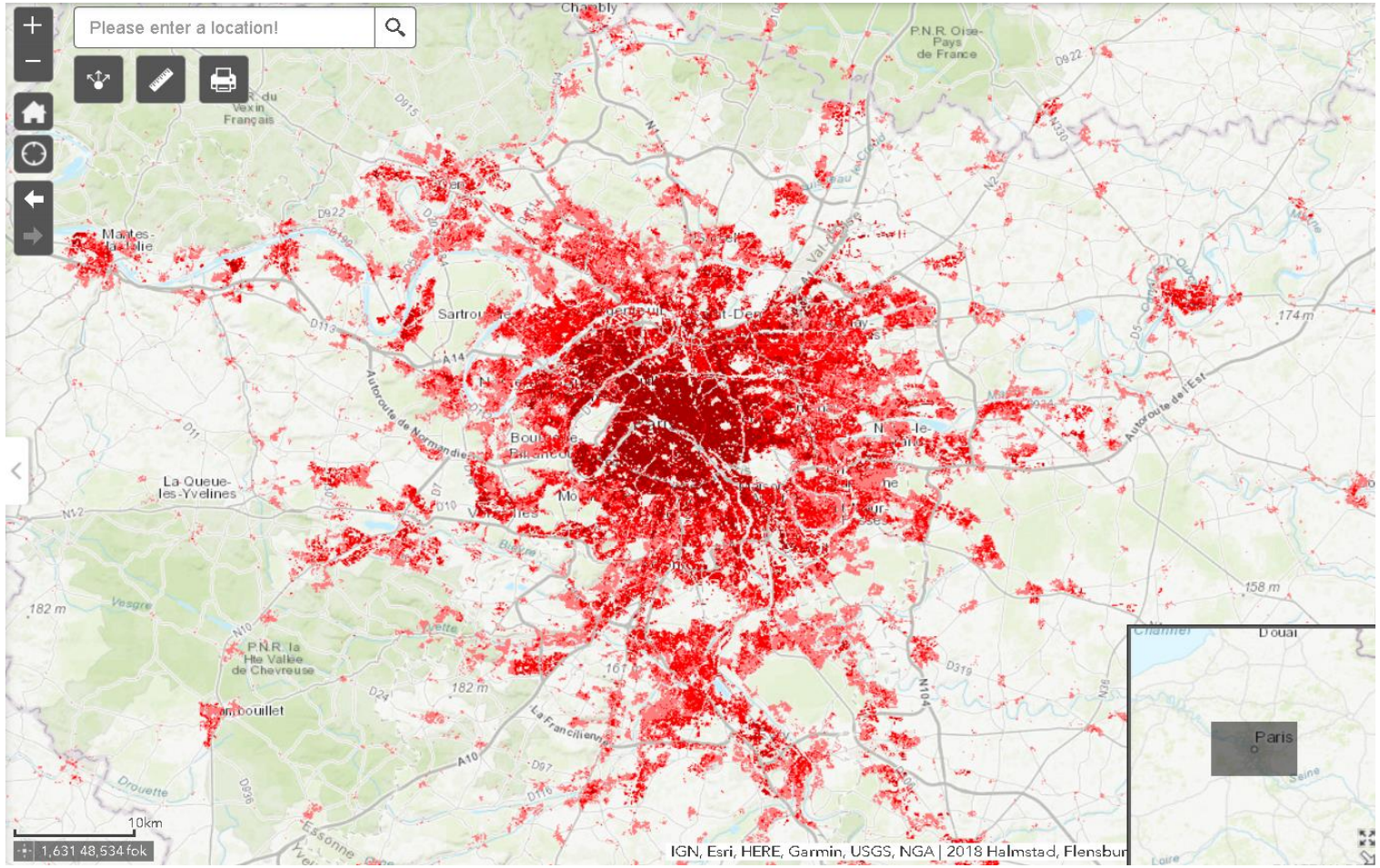


- Densités de demande de chauffage à Paris

Heat Roadmap Europe

Source: https://heatroadmap.eu/

5E GÉNÉRATION : RÉUTILISATION DE LA CHALEUR RÉSIDUELLE



- Le coût d'une unité d'énergie de chauffage fournie par un réseau de chauffage urbain à base de chaleur résiduelle.

Heat Roadmap Europe

Source: https://heatroadmap.eu/

5E GÉNÉRATION : COMMUNAUTÉS ÉNERGÉTIQUES AVEC RÉUTILISATION DE LA CHALEUR RÉSIDUELLE



- Bâtiments du campus avec un nouveau système de chauffage urbain.
- Demande instantanée de chauffage et de climatisation dans les bâtiments.
- La chaleur résiduelle des bâtiments refroidis est utilisée comme chauffage pour les bâtiments chauffés.
- Une canalisation circulaire sert de base pour la communauté énergétique.

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

https://www.chooseparisregion.org/news/combine-environmental-excellence-rd-design-sustainable-city

LE PREMIER RESEAUX DE CHALEUR EN HONGRIE



- La Chambre du Parlement à Budapest
- Imre Steindl, architecte du bâtiment, ne voulait pas abîmer l'architecture avec une cheminée.
- Chaufferie installée dans l'immeuble résidentiel voisin.
- Là, la cheminée ne dérange personne.
- Canalisations sous la place
- Bâtiment achevé en 1896.

SHAKE - Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Source: szatmar.ro

Merci!

Module 1 - Introduction aux systèmes de chauffage urbain
SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities

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

Développé par BME
Balázs Bokor | bokor.balazs@gpk.bme.hu
Zoltán Takács | takacszoltan@edu.bme.hu

Co-funded by the European Union

