Module 6 – RÉNOVATION DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE URBAIN

SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities
Erasmus+ KA220-HED Cooperation Partnerships in Higher Education
Institution: BME
Auteur: Dr. Balázs Bokor
Date: Mars 2026
Version 1.0

SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities



LE RÔLE DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE URBAIN

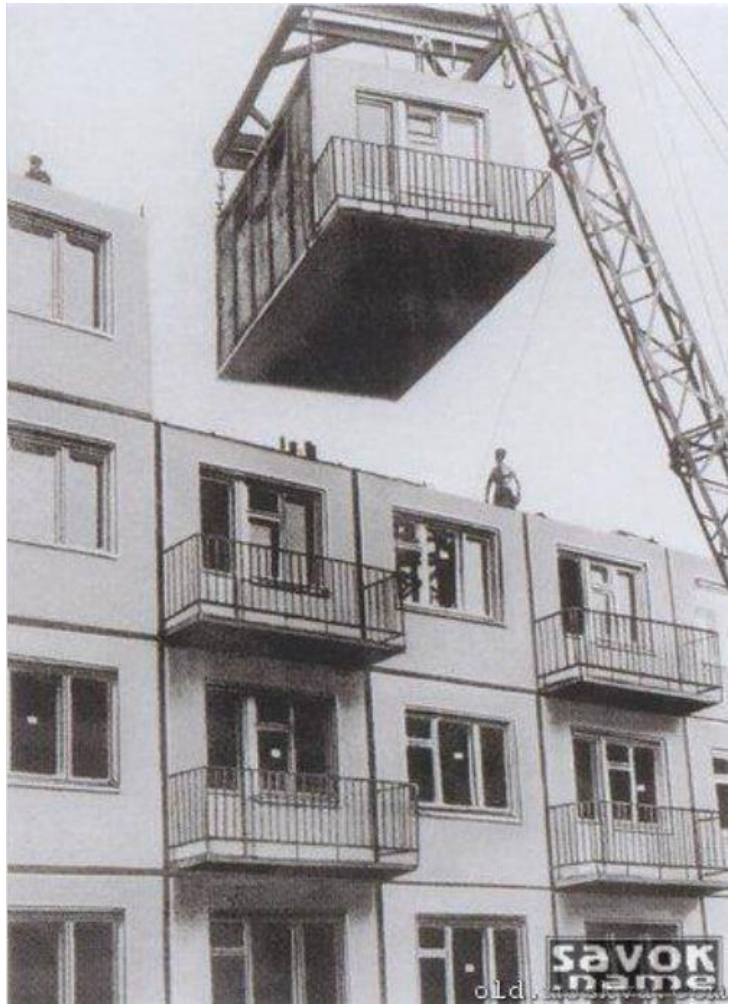
- Le chauffage urbain est un concept énergétique urbain.
- Il minimise les émissions dans les zones densément peuplées des villes.
- Il offre un contrôle du système plus efficace grâce à un système de grande échelle.
- Dans certains pays, il servait à fournir la chaleur aux lotissements.
- Il permet une maintenance du système plus efficace
- Il facilite l'intégration d'énergies renouvelables telles que la géothermie, qui seraient difficiles à l'échelle individuelle



Source: https://dunaujvarosmesel.hu/2023/02/03/vakolokanal-helyett-toronydaru/

CONTEXTE HISTORIQUE EN EUROPE DE L'EST

- Plusieurs systèmes ont été installés à l'époque de l'énergie très bon marché.
- L'efficacité n'a pas joué un rôle significatif dans le processus de conception.
- Les systèmes à faible efficacité existent depuis des décennies.
- Des rénovations sont souvent nécessaires. Une conception planifiée est nécessaire, car les rénovations à grande échelle sont rarement réalisées.
- Hongrie : Le chauffage à un seul tuyau était obligatoire pour les habitations construites avec des technologies isolées.



https://dunaujvarosmesel.hu/2023/02/03/vakolokanal-helyett-toronydaru/

CONTEXTE : SYSTÈMES À HAUTE TEMPÉRATURE

Caractéristiques :

Températures d'alimentation : typiquement 100–130 °C

Températures de retour : environ 60–70 °C

Sources d'énergie : principalement des combustibles fossiles (charbon, gaz naturel, pétrole), des centrales thermiques et électriques à grande échelle (CHP) et l'incinération des déchets

Réseaux de tuyaux : grand diamètre, fortement isolés

Conçu pour : Bâtiments ayant des besoins élevés en chauffage et une faible efficacité d'enveloppe

Source: https://www.proidea.hu/termekalkalmazasok-5/oventrop-haromjaratu-szelep-futotestkotes-10582.shtml

CONTEXTE : SYSTÈMES À HAUTE TEMPÉRATURE

Défis :

Fortes pertes de chaleur lors de la distribution (notamment dans les infrastructures vieillissantes)

Intégration limitée de sources de chaleur à faible exergie (par exemple, solaire thermique, géothermique, pompes à chaleur)

Coûts élevés d'entretien et exigences de gestion de la pression

Inadéquation pour les bâtiments modernes à faible consommation d'énergie

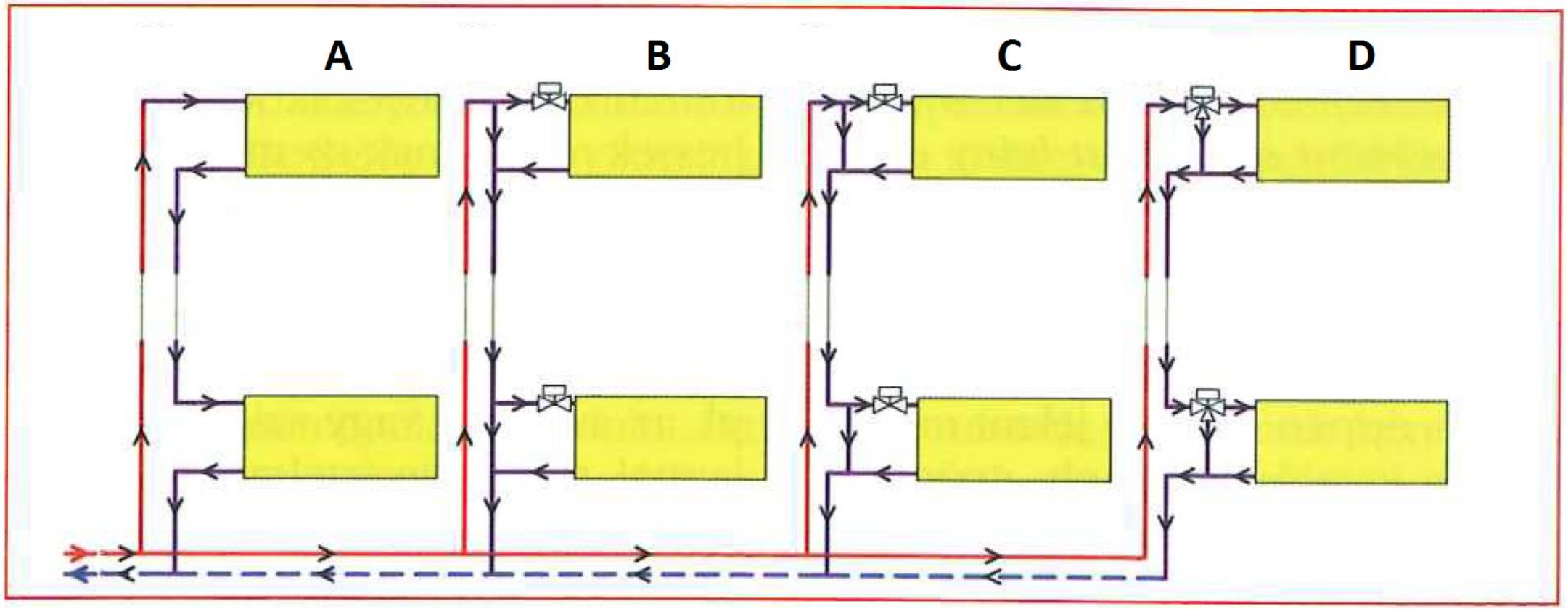
Source: https://www.proidea.hu/termekalkalmazasok-5/oventrop-haromjaratu-szelep-futotestkotes-10582.shtml

AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LES SYSTÈMES SECONDAIRES DE CHAUFFAGE URBAIN

- Stratégies pour améliorer les systèmes de chauffage au niveau des bâtiments.
- Isolation thermique des bâtiments
- Réduction des températures d'alimentation dans les systèmes de chauffage secondaire.
- Mise en place de tarifs incitatifs pour encourager l'efficacité.
- Impact sur la performance globale du réseau de chaleur.

Source: https://www.proidea.hu/termekalkalmazasok-5/oventrop-haromjaratu-szelep-futotestkotes-10582.shtml

REMISE À NEUF DU SYSTÈME À TUYAU UNIQUE



A. Chauffage à tuyau unique, flux direct

B. Chauffage à tuyau unique, avec by-pass au niveau des radiateurs

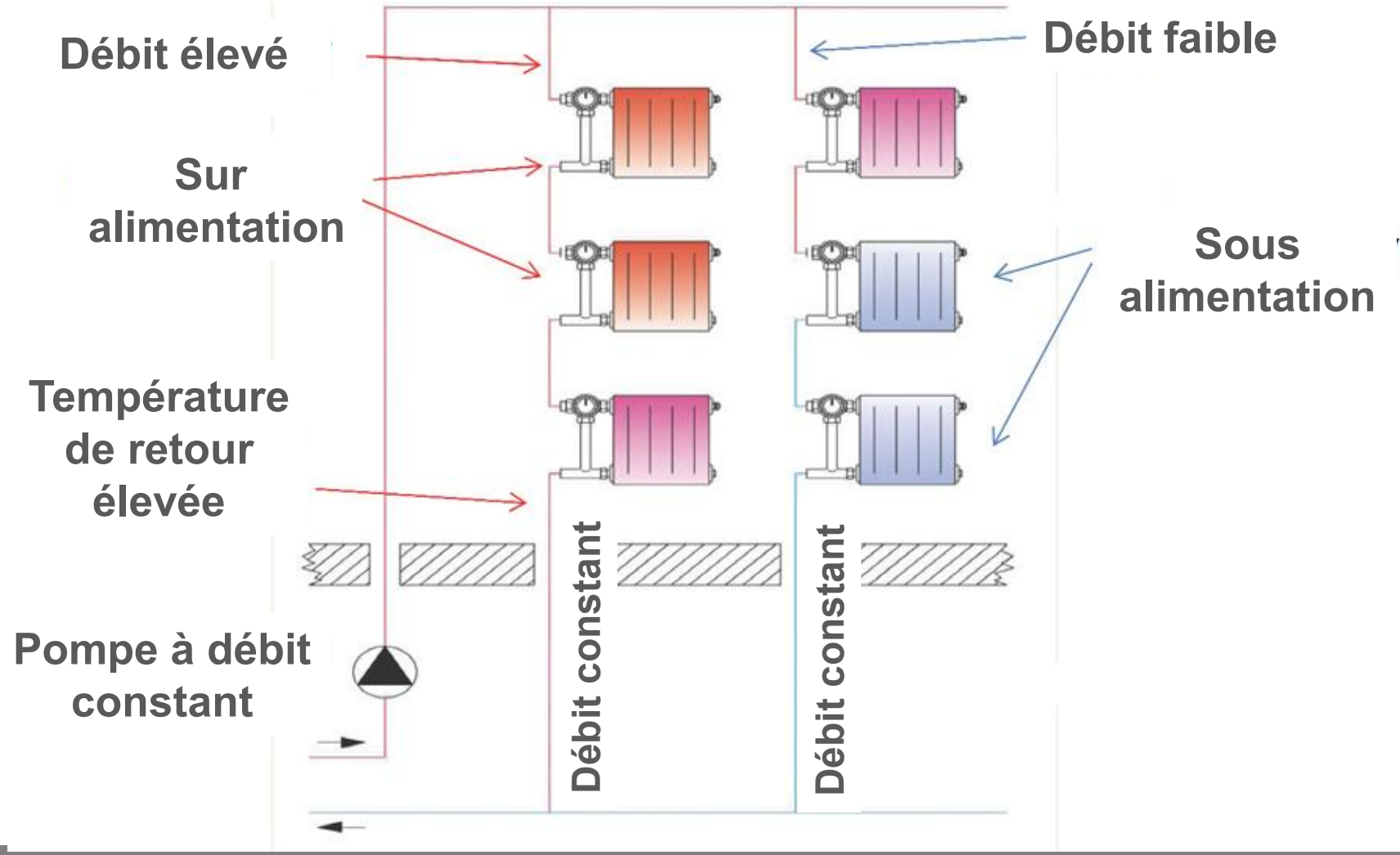
C. Chauffage à tuyau unique avec clapet anti-retour

D. Chauffage à tuyau unique avec vanne à trois voies

Source: Kepka György: Panelkorszerűsítés gyakorlati szemmel II., Magyar Installateur, 2014/10.

REMISE À NEUF DU SYSTÈME À TUYAU UNIQUE

- Égalisation de la pression hydraulique des circuits de chauffage
- Les circuits plus proches de la pompe de circulation reçoivent un débit masse plus élevé.
- Meilleure performance thermique sur des circuits à débit plus élevé.
- Utilisation appropriée des pompes à débit variable.



Source: https://www.proidea.hu/termekalkalmazasok-5/oventrop-haromjaratu-szelep-futotestkotes-10582.shtml

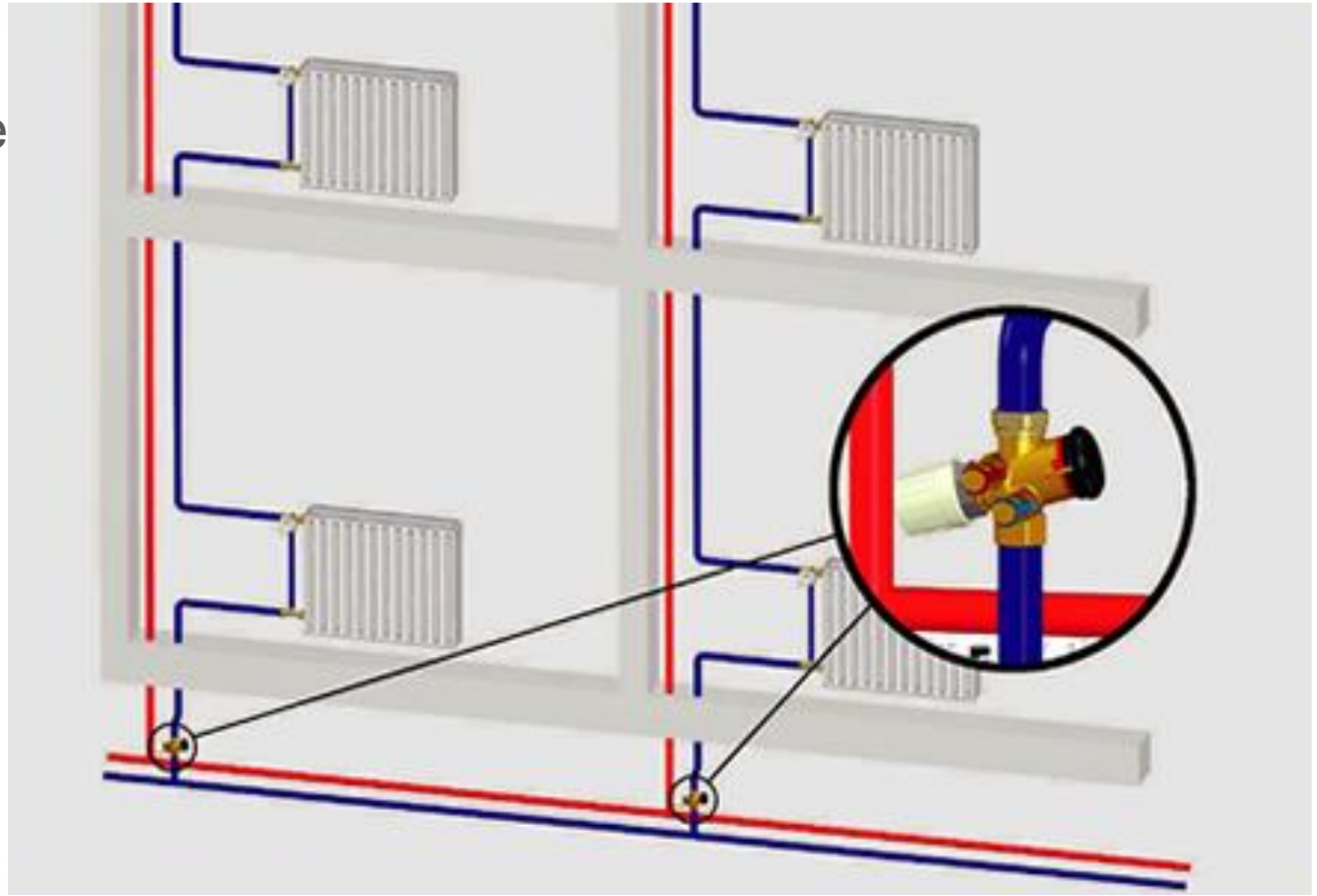
REMISE À NEUF DU SYSTÈME À TUYAU UNIQUE

La solution consiste à utiliser des vannes d'équilibrage pour chaque circuit.

Les vannes d'équilibrage compensent les différences de pression.

Opportunité de mesure de la différence de pression à chaque vanne.

Un écoulement adapté peut être défini pour chaque circuit.



Source: https://www.proidea.hu/termekalkalmazasok-5/oventrop-haromjaratu-szelep-futotestkotes-10582.shtml

RÉNOVATION DU RESEAU DE CHALEUR DANS LES BATIMENTS RÉSIDENTIELS

SOUS-STATIONS COMPACTES ET MODULAIRES

Dans la 2ème génération, des sous-stations de chauffage urbain ont été installées sur place.

Dans la 3ème génération, des composants préfabriqués sont utilisés, également pour les postes électriques.

Les postes préfabriqués sont disponibles à différents niveaux de performance avec tous les éléments nécessaires équipés, comme suit :

- Échangeurs de chaleur à plaques
- Pompes à débit variable
- Soupapes de réglage
- Des vases d'expansion.



Source: www.szovaterm.hu

RÉNOVATION DU RESEAU DE CHALEUR DANS LES BATIMENTS RÉSIDENTIELS



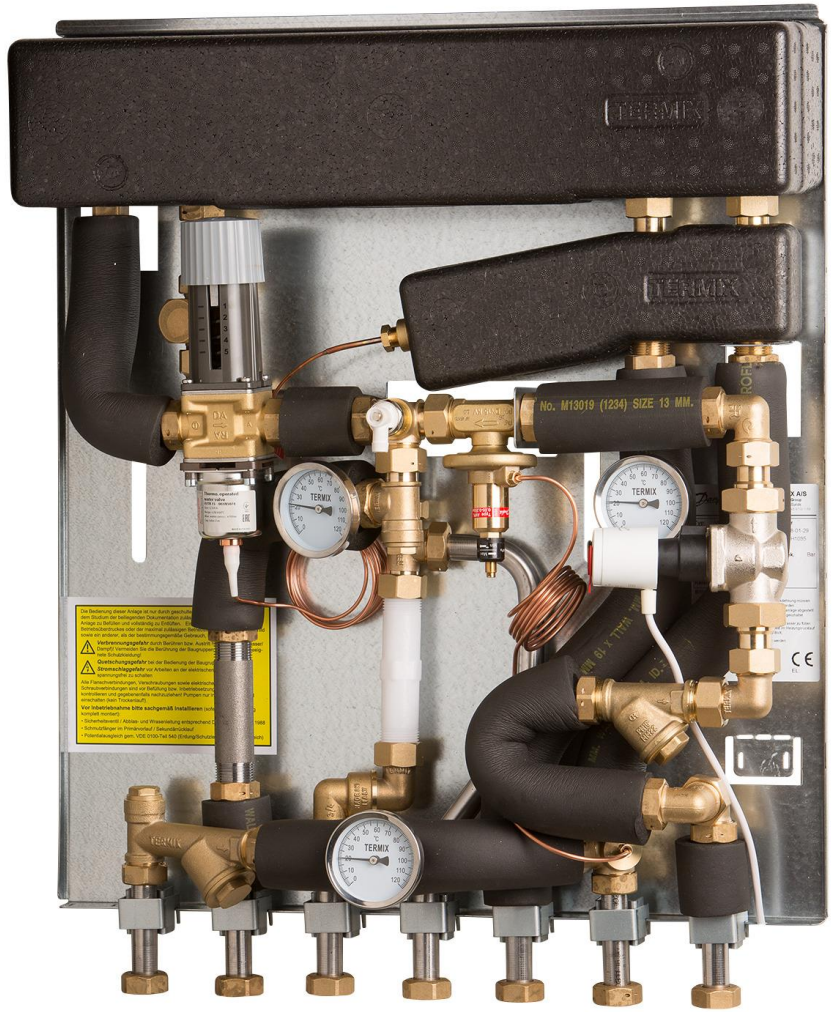




Source: www.szovaterm.hu

SOUS STATIONS DANS LES APPARTEMENTS

- Régulation du chauffage et production d'ECS par appartement.
- La sous-station peut être installée dans une cavité murale (150 mm).
- Mesure de la consommation de chaleur et d'eau par appartement.
- Contrôle différentiel de la pression à chaque sous-station.
- La température de l'ECS peut être ajustée par appartement.
- La saison de chauffage peut être déclenchée et arrêtée individuellement.
- Aucun circuit de circulation d'ECS n'est nécessaire.
- Faible risque de contamination par la légionellose en raison de l'absence de stockage d'eau chaude.



https://designcenter.danfoss.com/products/climate-solutions-for-heating/stations/direct-heating-and-instantaneous-dhw/termix-vmtd-f-b

TRANSITION VERS LE CHAUFFAGE URBAIN BASSE TEMPÉRATURE (LTDH)

Caractéristiques :

Températures d'alimentation : 35–70 °C (parfois jusqu'à 30 °C)

Températures de retour : 20–40 °C

Sources d'énergie : Accent sur les sources à faible exergie et renouvelables (par exemple, chaleur ambiante, chaleur fatale industrielle, solaire, géothermie, pompes à chaleur)

Supports : Bâtiments économes en énergie et parc immobilier réaménagé

Principes de conception :

Réduction des niveaux de température pour minimiser les pertes thermiques

Diamètres de tuyaux plus petits et sections de réseau décentralisées

Efficacité côté demande (par exemple, isolation améliorée, radiateurs efficaces)

Contrôles et suivi intelligents pour ajuster la livraison de chaleur

CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES DANS LA TRANSITION

- **Modifications du système d'approvisionnement**
- Baisse progressive des températures dans les réseaux existants (zones pilotes, boucles secondaires)
- Modernisation des sources de production (par exemple, ajout de pompes à chaleur compatibles basse température)
- Utilisation des concepts de réseaux de 4ème ou 5ème génération



https://www.atamate.com/atamate-news/apartment-innovations-1-fifth-generation-heat-networks

CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES DANS LA TRANSITION

Adaptations au niveau des bâtiments

S’assurer que les radiateurs ou les systèmes de chauffage par le sol fonctionnent efficacement à des températures d’entrée plus basses

Amélioration des enveloppes thermiques (fenêtres, murs, toits)

Installation d’échangeurs de chaleur de sous-stations fonctionnant bien à faible ΔT

Préparation de l’eau chaude sanitaire (ECS) :

- Nécessite des chauffages d’appoint (par exemple, électriques ou à pompe à chaleur)

- Éviter le risque de Legionellose (utiliser des stratégies de point d’utilisation ou de pasteurisation)



https://www.atamate.com/atamate-news/apartment-innovations-1-fifth-generation-heat-networks

CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES DANS LA TRANSITION

- **Contrôle et optimisation**
- Des stratégies de contrôle plus précises grâce à des marges de température plus faibles
- Intégration en temps réel de la réponse à la demande
- Thermostats intelligents et compensation météo

- **Maintenance prédictive et surveillance des réseaux de chauffage urbain**
- Importance de la maintenance pour la fiabilité et l'efficacité du système.
- Application de techniques et technologies de maintenance prédictive.
- Analyse de données et intégration de capteurs pour la détection des pannes.

INTÉGRATION DES CHAUDIÈRES ÉLECTRIQUES DANS LES RESEAUX DE CHALEUR

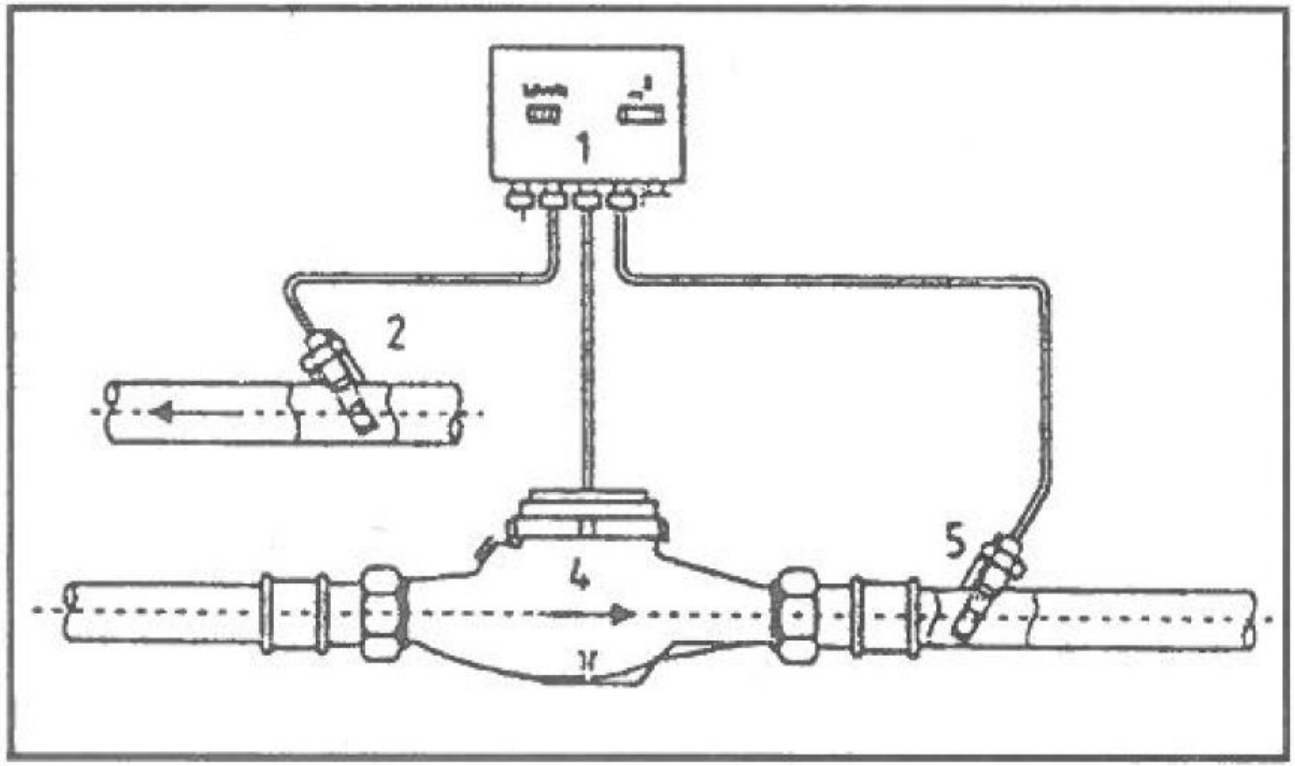
- Des chaudières électriques peuvent être installées pour assurer la stabilité de fréquence des réseaux électriques avec une proportion croissante de sources renouvelables.
- Les systèmes de chauffage urbain offrent une grande capacité thermique, ce qui leur permet d'absorber de la chaleur fournie par les chaudières électriques.
- Réponse rapide requise des fournisseurs de chaleur aux demandes de flexibilité.
- Ajustement en temps réel en réponse aux variations de fréquence du réseau électrique pour l'opérateur du réseau d'électricité.

Source: Büki Gergely, Metzing József, Orbán Tibor: Településenergetika, távhőellátás, távhűtés. ISBN: 978-968-88358-7-1, https://www.kfw.de/stories/environment/energy-efficiency/aurubis-hamburg/

MESURE ET FACTURATION DE LA CONSOMMATION DE CHALEUR

Compteurs de consommation de chaleur

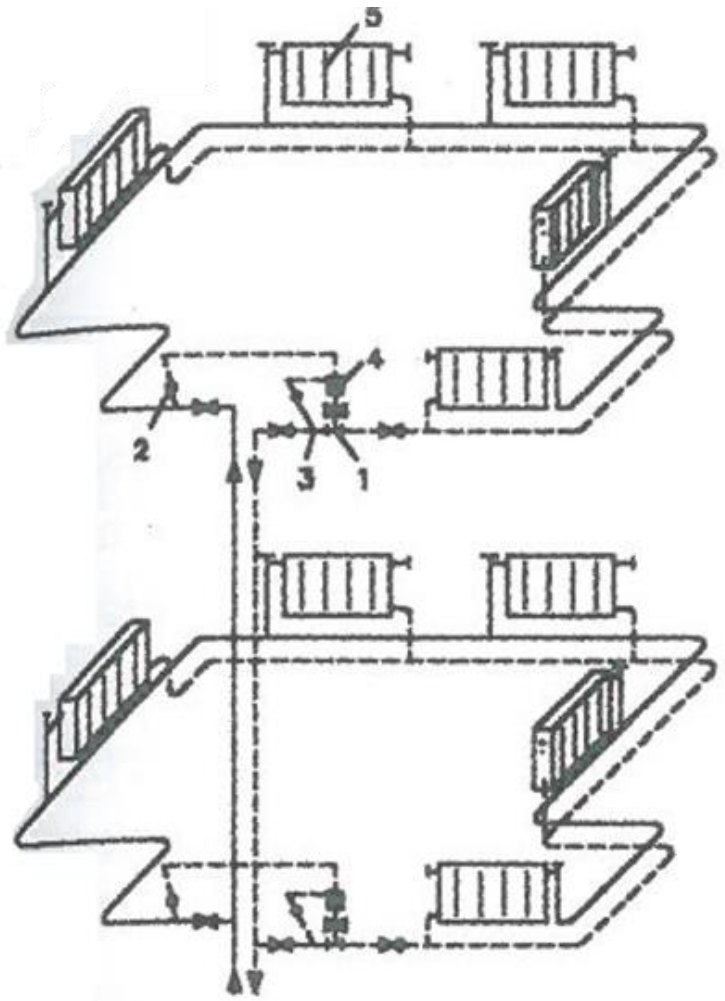
- Calculateur électronique
- Sonde température départ
- Débitmètre
- Sonde température retour



- Mesure centrale de la consommation de chaleur pour les bâtiments
- Répartition du coût de chauffage entre consommateurs

Source: Forrás: Horváth Gábor: A hőfogyasztásmérés elmélete és gyakorlata. Sontex. Budapest, 2008.

MESURE ET FACTURATION DE LA CONSOMMATION DE CHALEUR



Structuration des parties mesurées du bâtiment

- Bâtiment entier
- Partie du bâtiment
- Par appartement (voir figure)
- Par radiateur

Réalisation facile pour les systèmes à double tuyau.
Impossible pour les systèmes à tuyau unique.

Source: Forrás: Horváth Gábor: A hőfogyasztásmérés elmélete és gyakorlata. Sontex. Budapest, 2008.

MODÈLES ÉCONOMIQUES ET ASPECTS ÉCONOMIQUES DU CHAUFFAGE URBAIN

- Analyse des modèles économiques actuels et futurs pour les réseaux de chaleur.
- Considérations économiques dans la rénovation et l'extension du réseau.
- Les cadres politiques et réglementaires influençant l'économie des réseaux.

- Le chauffage urbain implique d'**importants investissements en capital** (CAPEX) dans les canalisations, les centrales thermiques et les postes électriques, mais des coûts **d'exploitation relativement faibles** (OPEX), notamment lorsqu'on utilise de la chaleur résiduelle ou des énergies renouvelables. Ainsi, une **planification à long terme et un financement stable** sont essentiels.

Source: www.szovaterm.hu

MODÈLES ÉCONOMIQUES COURANTS POUR LES RESEAUX DE CHALEUR

1. Modèle d'utilité publique

Détenue et exploitée par une municipalité ou une autorité publique.

Des profits réinvestis dans les infrastructures ou utilisés pour réduire les tarifs.

Accent mis sur l'accessibilité financière, la sécurité énergétique et les objectifs climatiques.

Courant dans les pays nordiques (par exemple : Danemark, Suède).

2. Modèle d'utilité privée

Exploité par des entreprises privées, soit de manière indépendante, soit sous concession.

Objectif de rentabilité et d'efficacité.

Souvent utilisé sur les marchés énergétiques libéralisés (par exemple : au Royaume-Uni, dans certaines parties d'Europe de l'Est).

Risque d'un investissement moindre dans la décarbonisation sans incitation.

Source: www.szovaterm.hu

MODÈLES ÉCONOMIQUES COURANTS POUR LES RESEAUX DE CHALEUR

3. Partenariat public-privé (PPP)

Propriété et responsabilités partagées entre entreprises publiques et privées.

Permet des objectifs publics grâce à l'investissement privé et à l'efficacité opérationnelle.

Cela nécessite des contrats clairs de partage des risques et de performance.

4. Modèle coopératif

Appartenant aux utilisateurs finaux ou aux communautés locales.

Profits partagés ou réinvestis.

Renforce l'engagement et l'acceptation locale.

Courant dans les petites municipalités et les éco-villages.

Source: www.szovaterm.hu

FACTEURS ÉCONOMIQUES CLÉS DANS LES RESEAUX DE CHALEUR

Dépenses d'investissement (CAPEX)

- Infrastructure réseau : 50 à 70 % du coût total
- Centrales thermiques (CHP, biomasse, solaire) : 20–30 %
- Postes clients et comptage

Dépenses d'exploitation (OPEX)

- Coût du carburant ou de l'énergie
- Entretien et main-d'œuvre
- Pompage de l'électricité
- Administration

Sources de revenus

- Ventes de chaleur aux bâtiments
- Services auxiliaires (par exemple, l'équilibrage du réseau électrique)
- Subventions gouvernementales ou tarifs de rachat
- Crédits carbone dans les ETS (Systèmes d'échange de quotas d'émission)

Tarification de la chaleur et tarifs

- Les modèles tarifaires varient mais visent généralement à :
- Recouvrir les coûts (basé sur les coûts réels)
- Encourager l'efficacité énergétique
- Garantir l'accessibilité financière

Source: www.szovaterm.hu

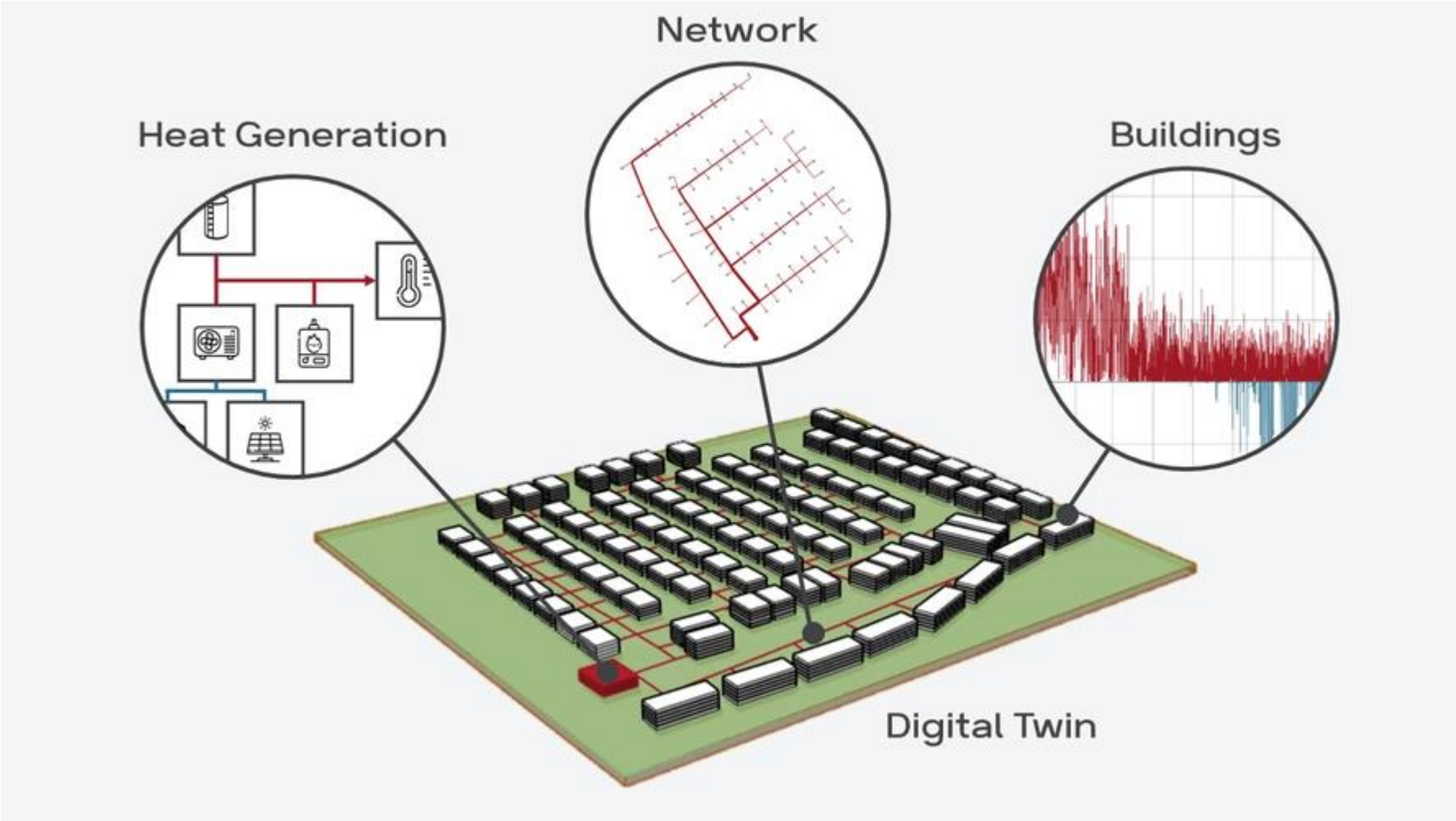
ÉVOLUTION DES MODÈLES ÉCONOMIQUES POUR LES RESEAUX DE CHALEUR MODERNES

- **Contrats basés sur la performance**
- Les exploitants sont encouragés à l'efficacité énergétique, à la réduction des émissions et à la qualité du service.
- **Modèles économiques basés sur les services**
- Chauffage en tant que service : Les clients paient pour le confort (par exemple, la température intérieure), pas pour les unités énergétiques.
- Stimule l'innovation des fournisseurs et l'optimisation des systèmes.
- **Intégration numérique et intelligente des réseaux**
- Permet la tarification dynamique, la surveillance à distance et la réponse à la demande.
- Cela ouvre de nouvelles sources de revenus grâce aux services énergétiques.

Source: www.szovaterm.hu

JUMEAUX NUMÉRIQUES DANS LE CHAUFFAGE URBAIN

Un jumeau numérique est une réplique virtuelle dynamique de systèmes réels et continuellement mise à jour— tels que les réseaux de chauffage urbain.



Forrás: https://heatbeat.de/en/services/

CONSTRUIRE UN JUMEAU NUMÉRIQUE

Modèle physique

- Carte numérique du réseau de chauffage
- Agencements, tailles, matériaux des tuyaux
- Vannes, pompes, échangeurs de chaleur
- Emplacements des consommateurs et demande en chaleur

Connexions de données

- Capteurs pour la température, la pression, le débit
- Transmission de données en temps réel vers le jumeau numérique

CONSTRUIRE UN JUMEAU NUMÉRIQUE

Simulations et maintenance

- Simule l’écoulement, la perte de chaleur, les variations de température

- Détecte les anomalies

Maintenance prédictive basée sur les conditions réelles

- Le système prédétermine quelle section de la canalisation sera endommagée à cause de l’âge

- L’équipe de maintenance peut travailler de manière plus structurée, non seulement basée sur un plan de maintenance basé sur le temps.

CONSTRUIRE UN JUMEAU NUMÉRIQUE

Optimisation énergétique

- Le jumeau numérique analyse les schémas de consommation, par exemple une demande de chaleur plus élevée le matin et le soir en semaine.

- Sur cette base, la puissance des chaudières est contrôlée dynamiquement afin d'éviter la production de chaleur inutile.

Simulation de scénarios « et si »

- Par exemple : que se passerait-il si un nouveau lotissement était connecté au réseau ?

- Le jumeau numérique peut être utilisé pour simuler si le système existant peut faire face ou si des améliorations seraient nécessaires.

JUMEAUX NUMÉRIQUES DANS LE CHAUFFAGE URBAIN

Modélisation et optimisation de réseaux

- Modèles précis et mis à jour en temps réel du comportement hydraulique et thermique des réseaux de tuyaux.

- Ils aident à identifier et minimiser les pertes réseau (par exemple, perte de chaleur, perte de pression).

- Ils identifient les résistances hydrauliques et affinent la calibration du système pour refléter plus réalistement le fonctionnement réel.

Soutien opérationnel et maintenance

- Le jumeau numérique aide à prédire les pannes système et les besoins de maintenance.

- En cas de défaillance, des simulations peuvent être utilisées pour analyser rapidement les causes et solutions possibles.

- Il prend en charge la maintenance prédictive qui réduit les temps d'arrêt.

JUMEAUX NUMÉRIQUES DANS LE CHAUFFAGE URBAIN

Conception et développement

- Lors de la conception de nouvelles sections réseau ou de mises à niveau, les simulations peuvent être utilisées pour tester l'impact de nouvelles configurations avant qu'elles ne soient mises en œuvre dans le monde réel.

- Cela aide à planifier comment moderniser les infrastructures existantes au coût minimal.

- Cela aide à améliorer la régulation et le contrôle

- Le jumeau numérique peut s'interfacer avec des systèmes de contrôle automatisés (par exemple SCADA) pour fournir des recommandations en temps réel ou même modifier automatiquement les réglages de contrôle.

NOUVEAUTÉ COMPARÉE AU SUIVI CONVENTIONNEL

	Suivi des systèmes basée sur les données	Jumeau numérique
Qu'est-ce que c'est ?	Suivi et analyse de base des données opérationnelles en temps réel.	Une réplique virtuelle dynamique et en temps réel du système, qui réalise également des simulations et des prévisions.
Objectif principal	Détection rapide des défauts, suivi de l'état.	Optimisation, prévision, soutien à la décision, simulation.
Quelle est la profondeur du traitement des données ?	Juste une observation : si quelque chose s'écarte de la norme, cela le signale.	Il analyse les données régulièrement, « comprenant » la dynamique du système.
Utilise-t-il la prédiction ?	Très limité ou pas du tout.	Oui, il utilise l'apprentissage automatique ou la simulation physique pour prédire.
Réponse aux erreurs	Une décision humaine est nécessaire après qu'une erreur a été signalée.	Il ne rapporte pas seulement les erreurs, mais propose aussi des solutions ou intervient automatiquement.
Simulations	Aucune, ou seulement rarement.	Fait tourner des simulations « et si » non classiques (par exemple, si une pompe tombe en panne).

RÉNOVATION DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE URBAIN

ÉTUDES DE CAS



SHaKE

Sharing Knowledge on Energy Communities

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Londres : Réseau électrique et thermique de Bunhill

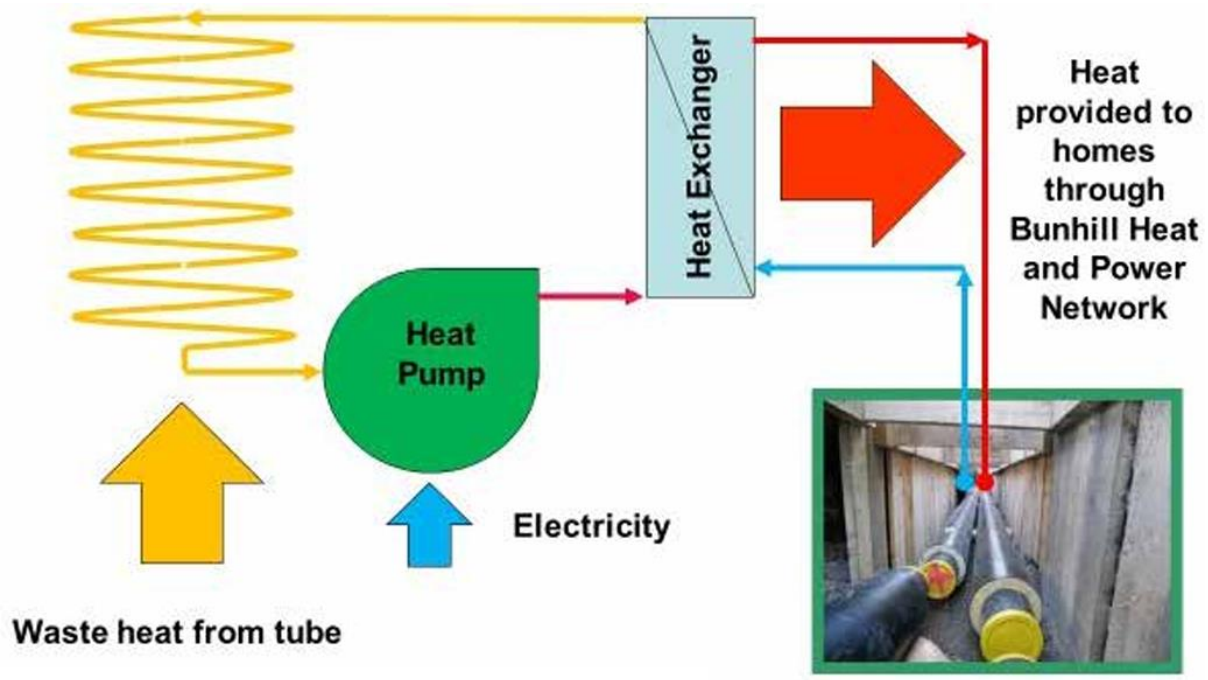
- Le premier projet au monde à extraire la chaleur résiduelle d'un réseau de trains souterrains (le métro de Londres) et à l'utiliser pour fournir de la chaleur localement.
- La phase 1 reposait sur une centrale thermique et électrique combinée (CHP) au gaz située sur Central Street ; la chaleur résiduelle issue de la production d'électricité était captée pour le chauffage urbain.
- La phase 2 introduit un nouveau centre énergétique situé dans une gaine de ventilation du métro londonien (à l'angle de Moreland Street et Central Street). Il extrait la chaleur résiduelle du système de ventilation du métro via une pompe à chaleur.



Source: www.islington.gov.uk, Bunhill Heat and Power Network.

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Londres : Réseau électrique et thermique de Bunhill

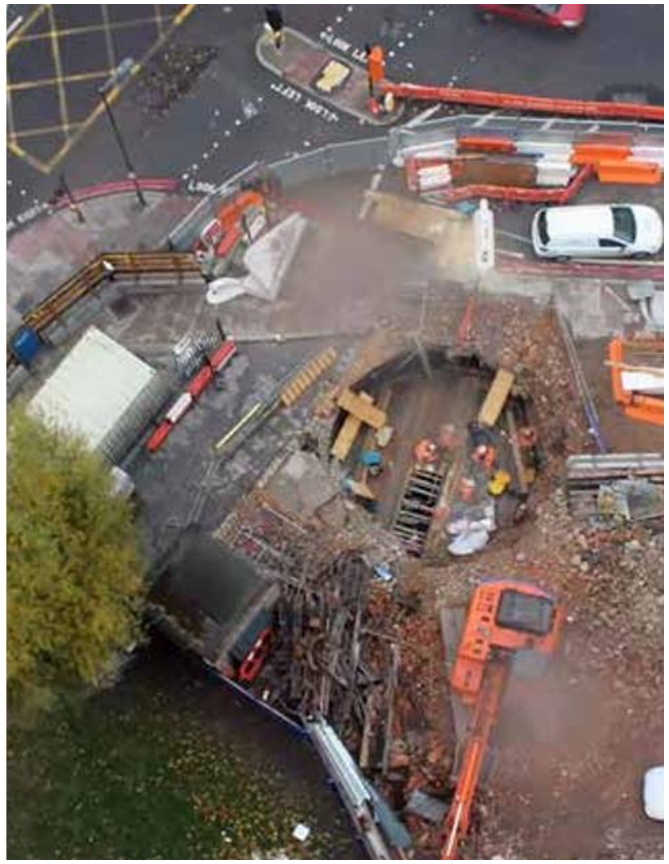


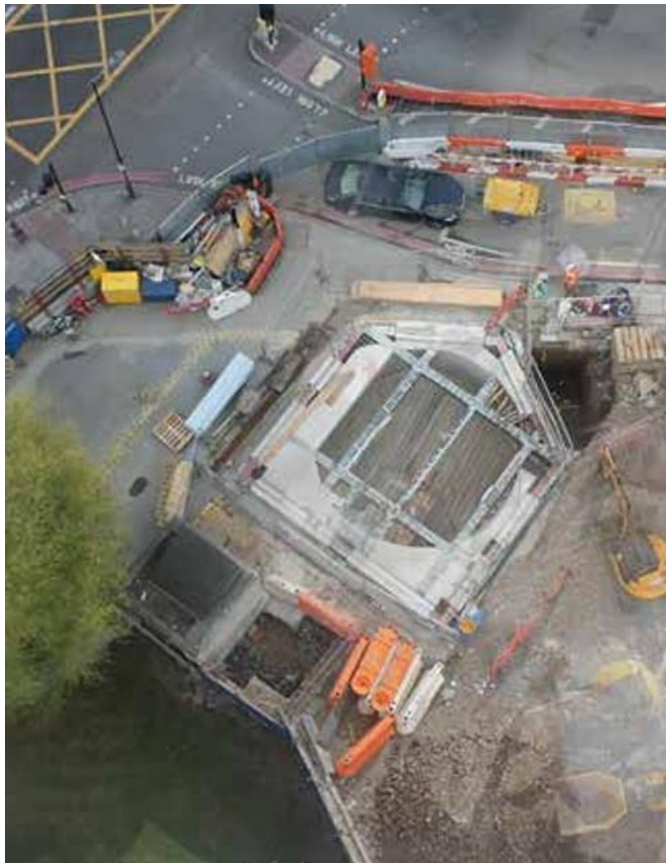


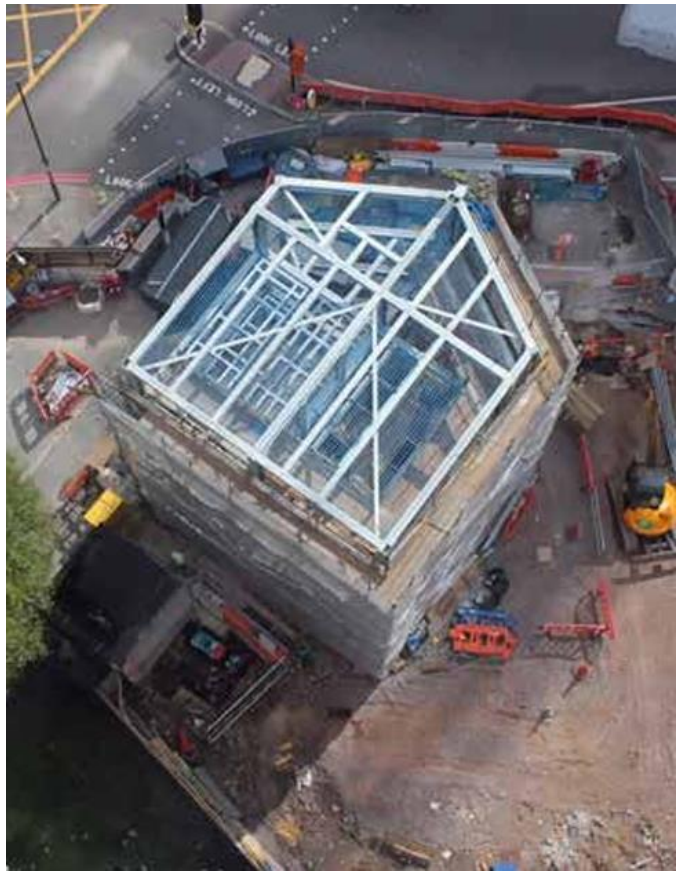
Source: www.islington.gov.uk, Bunhill Heat and Power Network.

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Londres : Réseau électrique et thermique de Bunhill, phases de construction







Source: www.islington.gov.uk, Bunhill Heat and Power Network.

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Londres : Réseau électrique et thermique de Bunhill



Ventilateur de conduit de ventilation



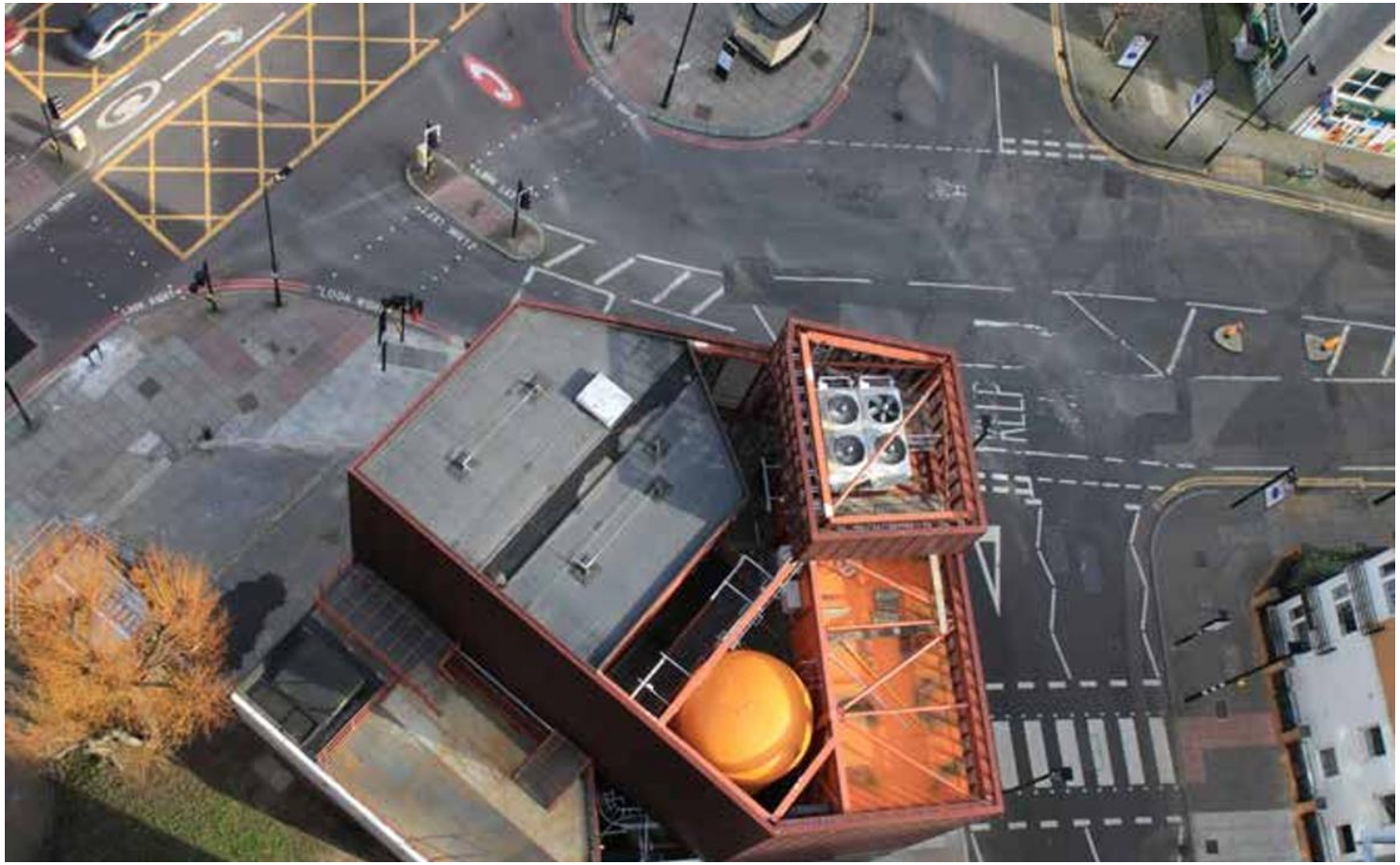
Stockage d’énergie thermique

Source: www.islington.gov.uk, Bunhill Heat and Power Network.

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Londres : Réseau électrique et thermique de Bunhill

- La conception permet également la redondance / la résilience : les deux centres d'énergie (ancien + nouveau) sont interconnectés, de sorte que l'un peut prendre le relais si l'autre est en panne.
- L'extension de la phase 2 relie 550 propriétés supplémentaires (King Square Estate, Moreland School, etc.) au réseau.
- Elle complète les ~800 maisons et bâtiments publics déjà desservis par la Phase 1.
- La réduction estimée des émissions de carbone est de ~ 500 tonnes de CO_2 par an grâce à cette extension.

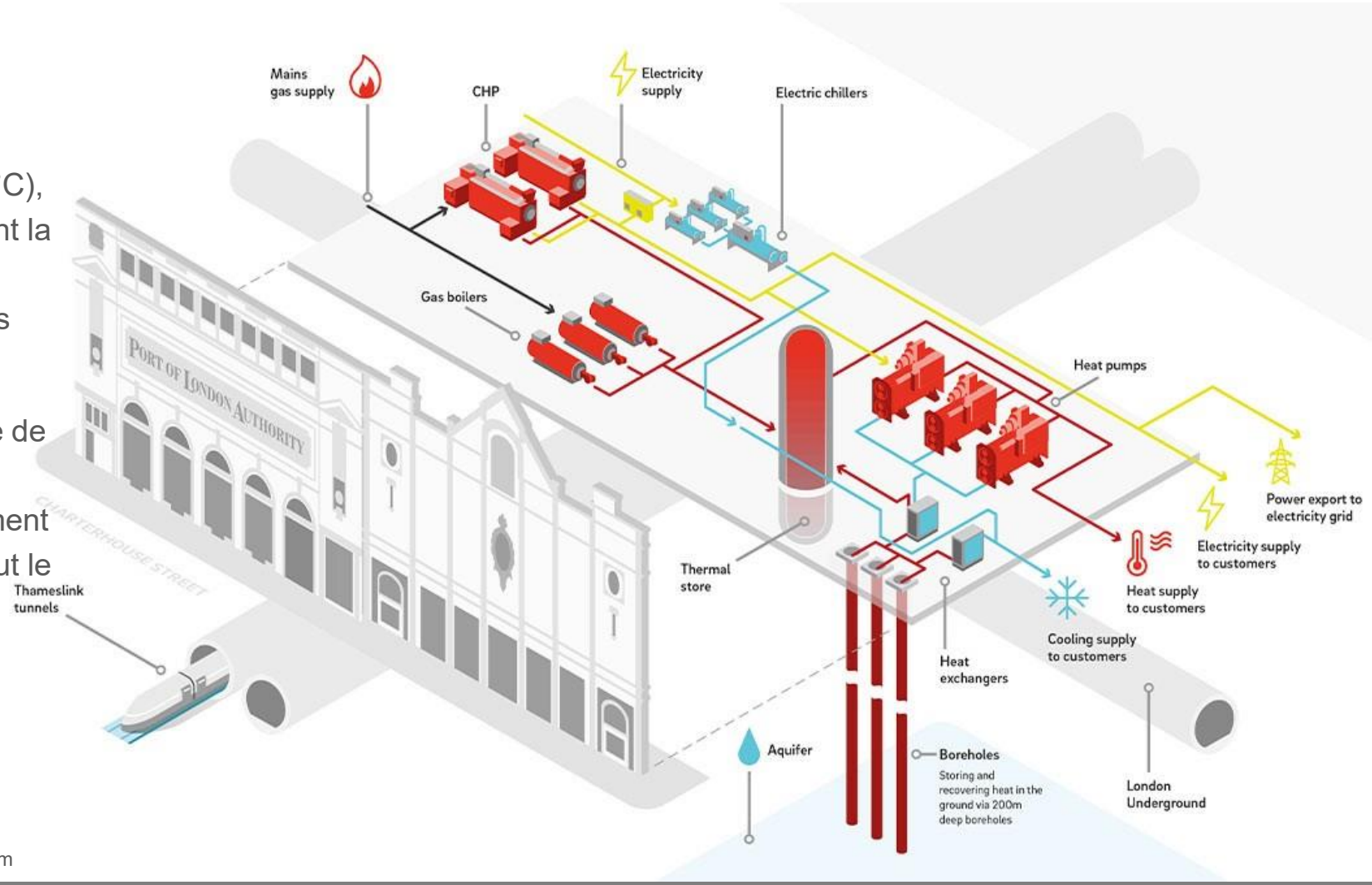


Source: www.islington.gov.uk, Bunhill Heat and Power Network.

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Londres: Projet CITIGEN

- Une pompe à chaleur de 4 MW extraira la chaleur naturelle de l'aquifère de Londres (en moyenne 14°C), via 3 puits à 200 m sous la surface, tout en recyclant la chaleur résiduelle provenant de l'électricité et de la production de froid, qui autrement s'évacuerait dans l'atmosphère.
- La pompe à chaleur sera équivalente à la demande de 2 300 foyers ou entreprises britanniques. Cela est complété par une nouvelle capacité de refroidissement supplémentaire de 2,8 MW pour les clients dans tout le quartier des affaires.
-

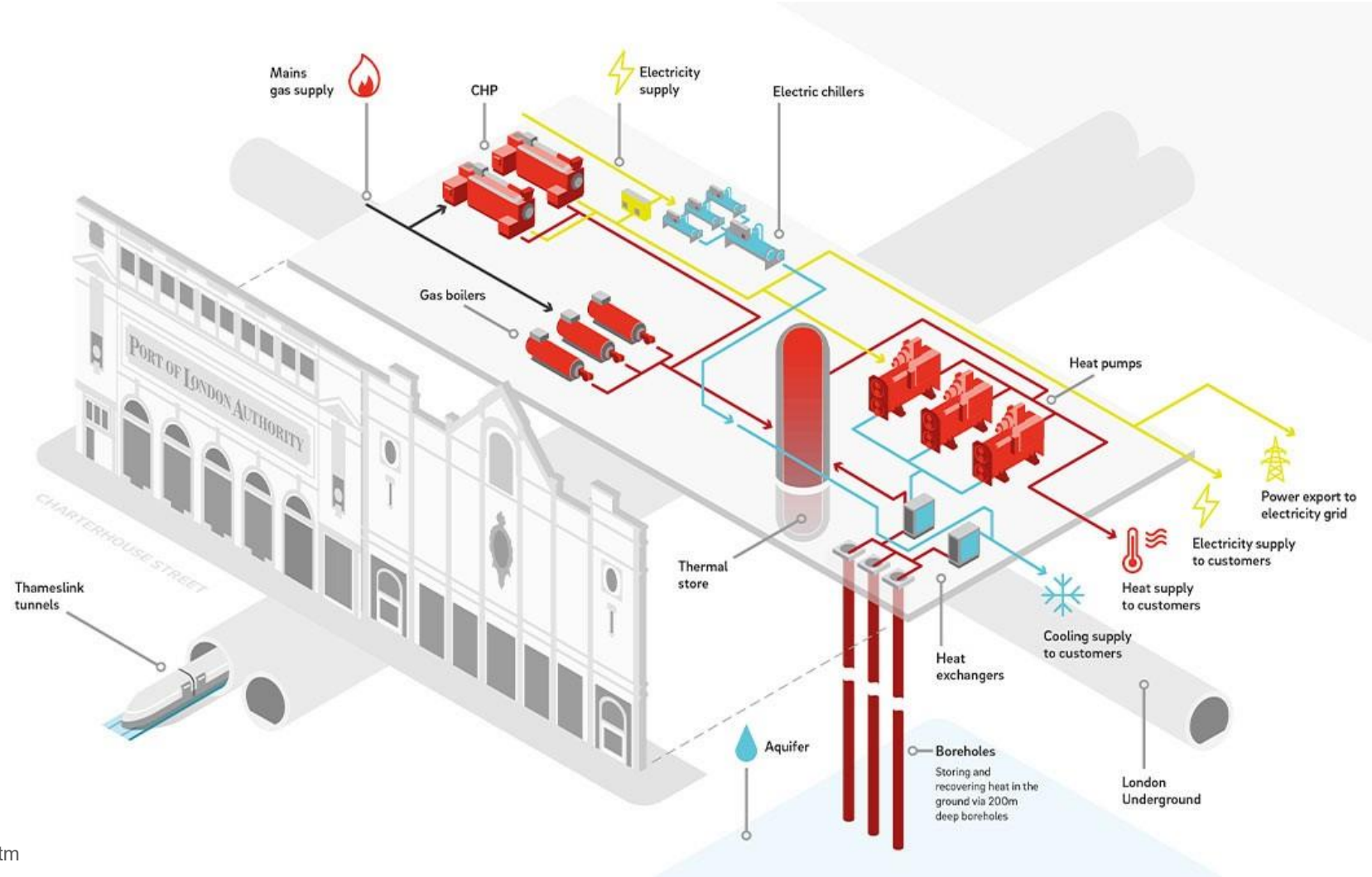


Source: https://www.eonenergy.com/business/why-eon/case-studies/citigen.html?utm

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Londres: Projet CITIGEN

Citigen dispose d'un grand réservoir thermique d'une capacité de 320 000 litres pour l'eau chaude. Ce stockage thermique permet une flexibilité de production de chaleur - réduction des pics, permettant à Citigen d'utiliser l'excédent d'énergie renouvelable du réseau pour stocker la chaleur.

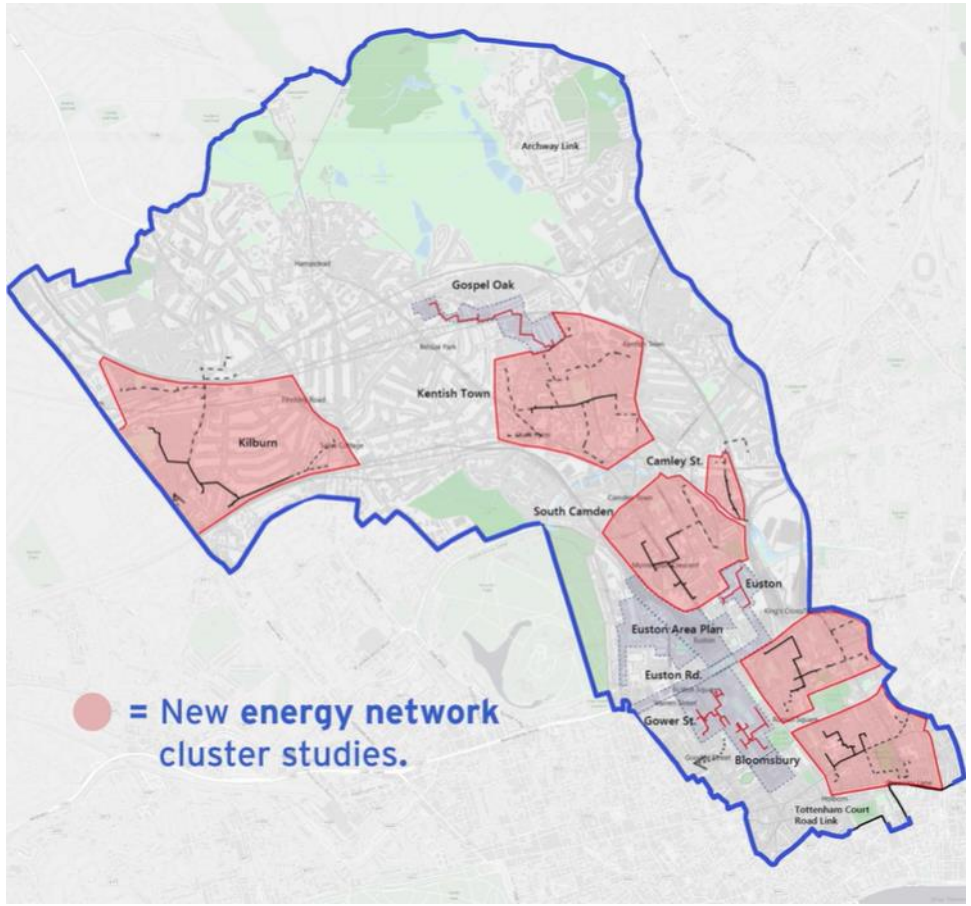


Source: https://www.eonenergy.com/business/why-eon/case-studies/citigen.html?utm

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Londres : Réseau énergétique décentralisé de Somers Town

- Fournit chauffage et eau chaude sanitaire à cinq lotissements, un nouveau centre communautaire et la nouvelle école Edith Neville, ainsi que l'électricité de l'Institut Francis Crick via un cable privé.
- Une solution progressive a été choisie, car les données opérationnelles historiques étaient limitées pour déterminer les tendances de la demande, et le Conseil souhaitait donc une période d'étude après la connexion des premiers lotissements pour comprendre la performance du réseau. Cela permettra d'analyser les données opérationnelles avant de choisir la puissance de la cogénération (CHP) la mieux adaptée pour fournir une solution précise.



Source: https://www.vitalenergi.co.uk/case-studies/somers-town-decentralised-energy-network

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Londres : Réseau énergétique décentralisé de Somers Town

- Première phase : voir l'installation du réseau de chauffage urbain reliant quatre lotissements et le centre énergétique de rénovation au sous-sol d'un parking inutilisé des années 1960.
- Deuxième phase : l'installation d la cogénération des stockages thermiques, ainsi que la connexion d'un autre bloc résidentiel, d'un centre communautaire et d'une école au réseau.

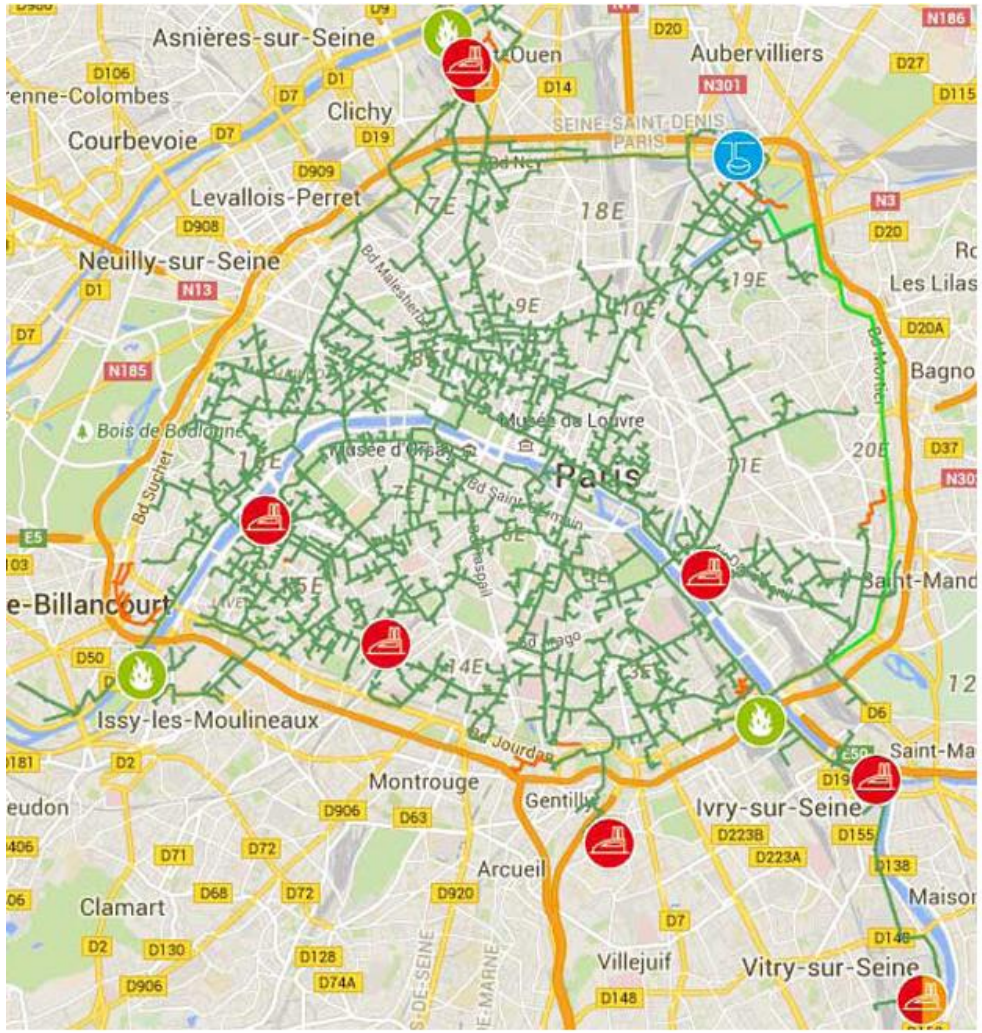


Source: https://www.vitalenergi.co.uk/case-studies/somers-town-decentralised-energy-network

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Développement du chauffage urbain de Paris

- Réseau de chauffage urbain CPCU : ~ 500 GWh/an de chaleur produite ; longueur du réseau ~ 475 km.
- CPCU dessert ~ équivalent de 500 000 ménages, comprend 100 % des hôpitaux, ~50 % de logements sociaux, ~50 % de bâtiments publics.



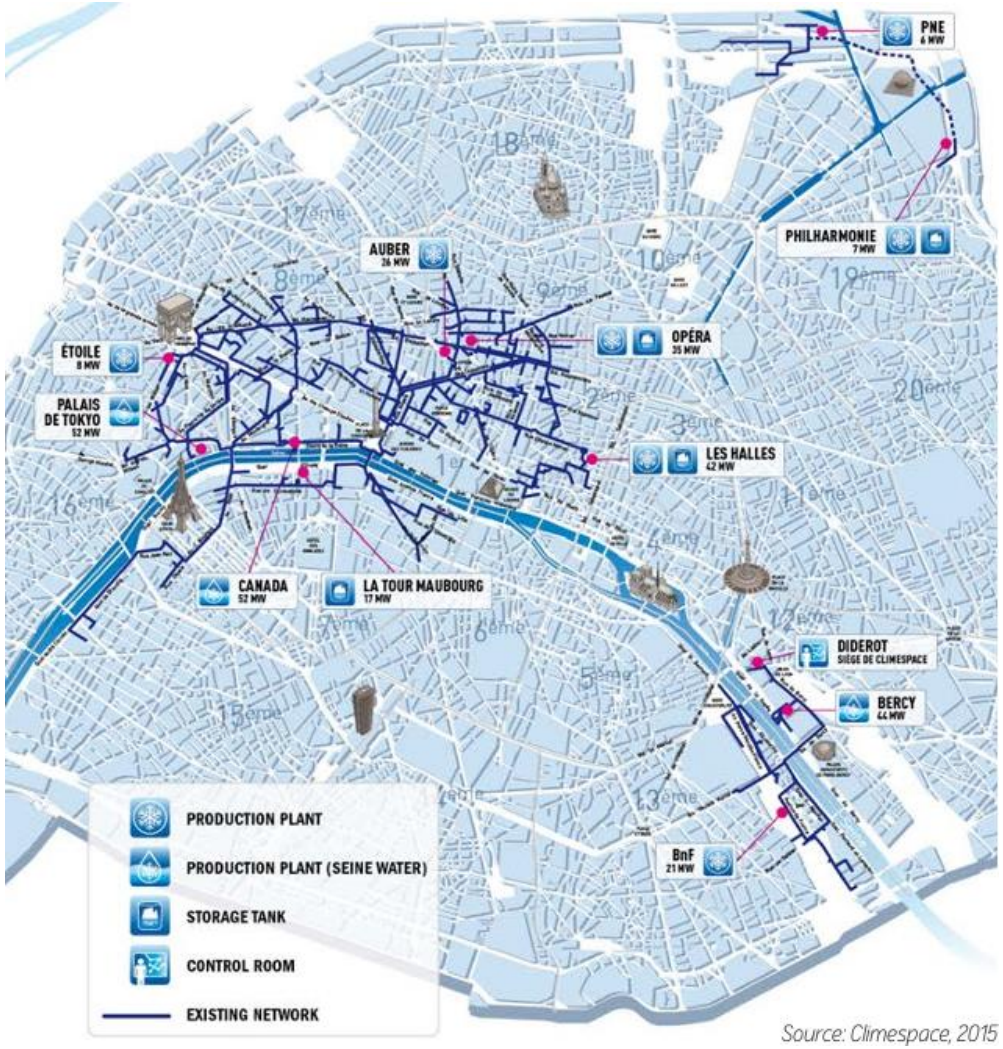
Source: CPCU, 2015

Source: https://urban-leds.org/wp-content/uploads/2019/resources/case_studies/ICLEI_cs_Paris-case-study.pdf

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Paris : Réseau de froid de Fraicheur de Paris

- Réseau de froid Fraicheur de Paris :
- ~ 330 MW de capacité de refroidissement,
- ~ 412 GWh/an.
- ~ 71 km de réseau de froid.



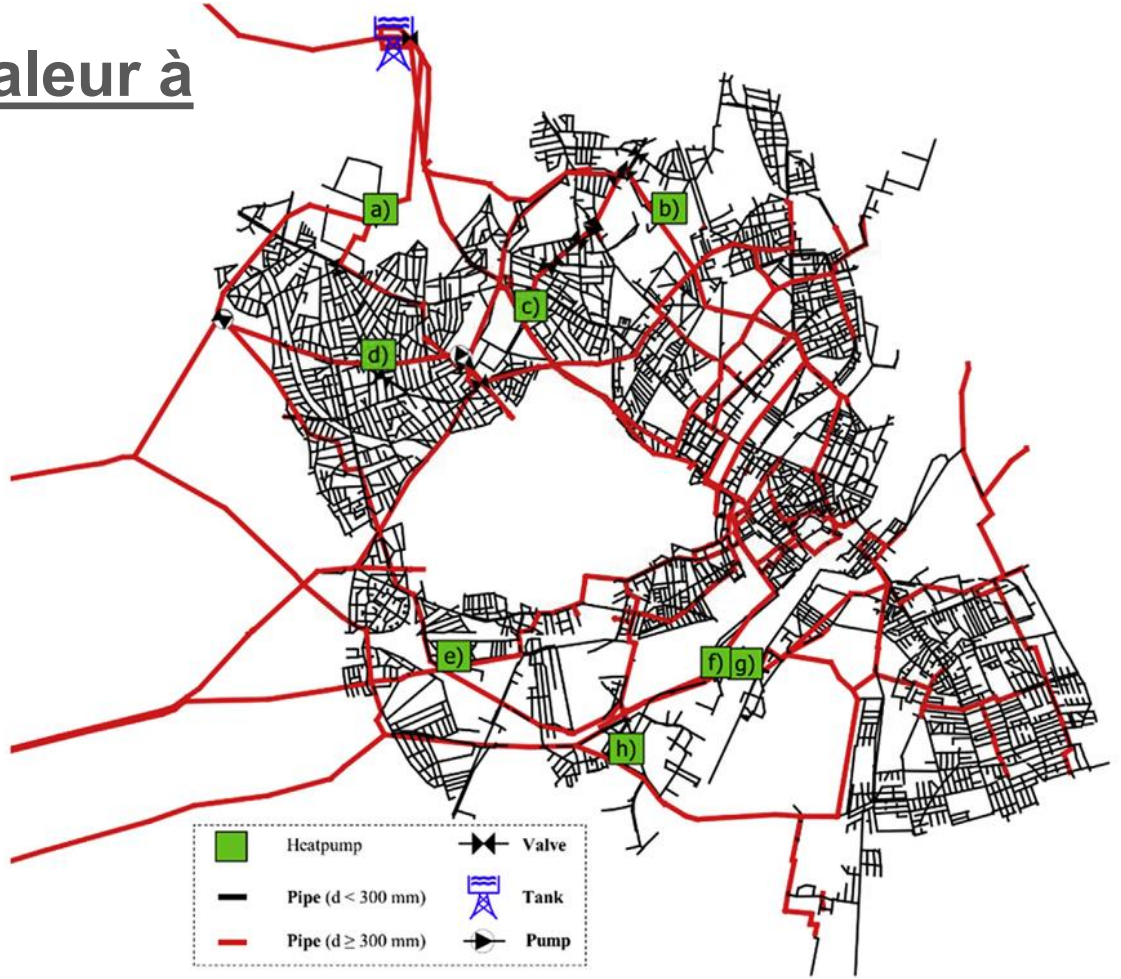
Source: Climespace, 2015

Source: https://urban-leds.org/wp-content/uploads/2019/resources/case_studies/ICLEI_cs_Paris-case-study.pdf

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Le réseau d'eau potable comme source de chaleur à Copenhague

- Le réseau de distribution d'eau potable peut agir comme source de chaleur à basse température via de grandes pompes à chaleur (HP) pour soutenir le chauffage urbain.
- Copenhague : couplage du réseau d'eau potable avec le système de chauffage urbain existant de la ville.
- Le potentiel d'extraction de chaleur du réseau d'eau potable de Copenhague s'élève à environ 21 MW.

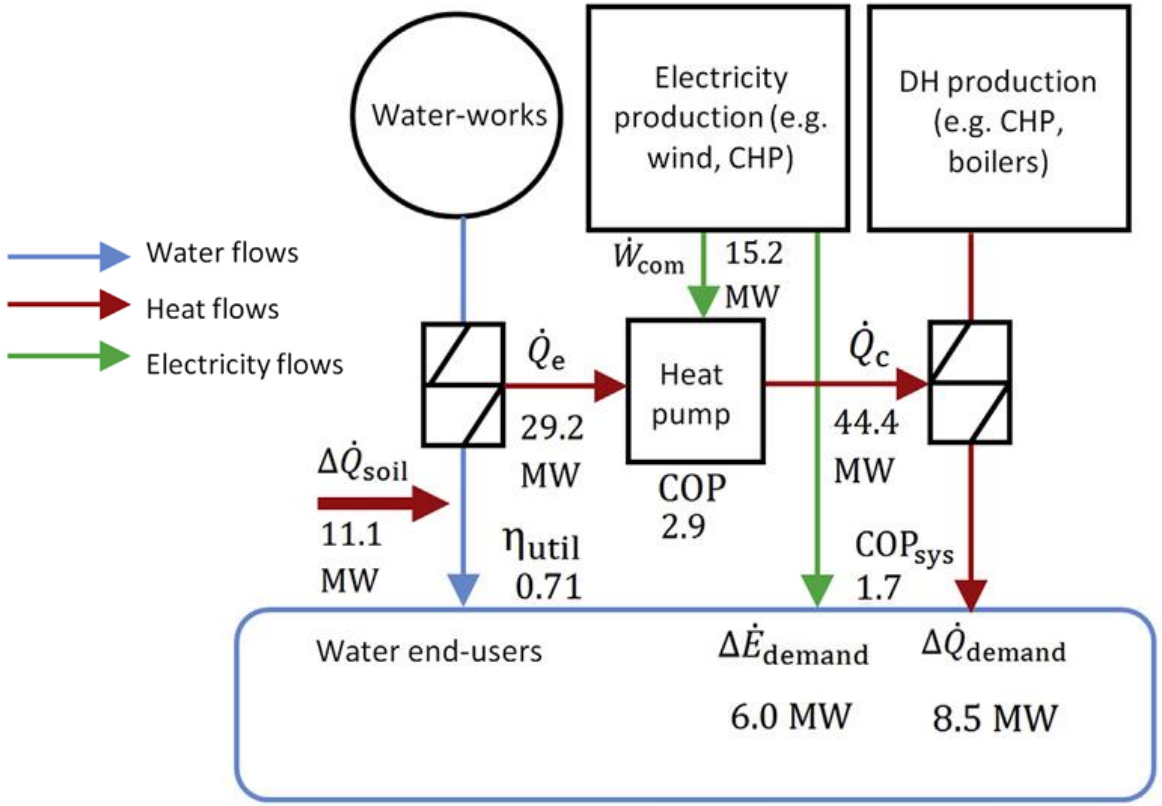


Source: Helga Hubeck-Graudal, Jonas Kjeld Kirstein, Torben Ommen, Martin Rygaard, Brian Elmegaard, Drinking water supply as low-temperature source in the district heating system: A case study for the city of Copenhagen, Energy, Volume 194, 2020, 116773, ISSN 0360-5442, https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116773.

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Le réseau d'eau potable comme source de chaleur à Copenhague

- Le COP de la pompe à chaleur (coefficient de performance) est compris entre 2,8 et 3,2, mais le COP du système (en tenant compte des pertes réseau et des besoins de réchauffage) n'est que de ~1,7.
- Le COP relativement faible suggère que l'utilisation de l'eau potable comme source n'est pas toujours avantageuse.
- En été, faire fonctionner un tel système pourrait aider à maintenir la température de l'eau potable plus basse.

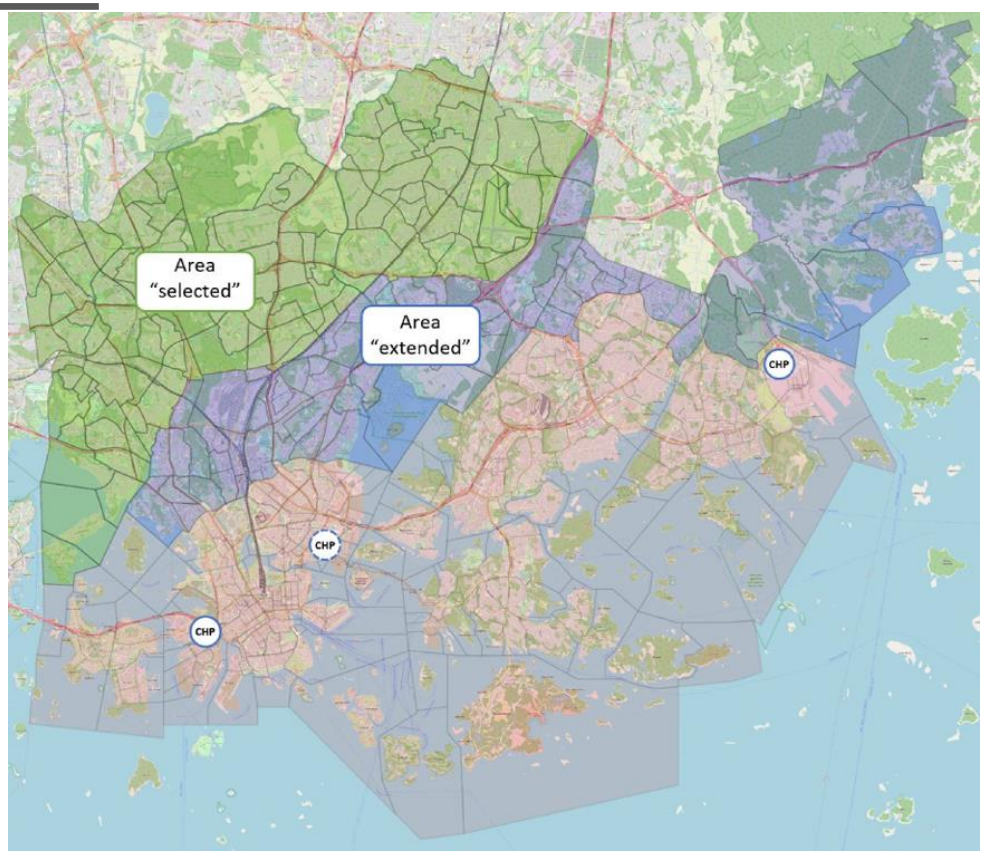


Source: Helga Hubeck-Graudal, Jonas Kjeld Kirstein, Torben Ommen, Martin Rygaard, Brian Elmegaard, Drinking water supply as low-temperature source in the district heating system: A case study for the city of Copenhagen, Energy, Volume 194, 2020, 116773, ISSN 0360-5442, https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116773.

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Helsinki : Chauffage urbain dynamiquement distribué

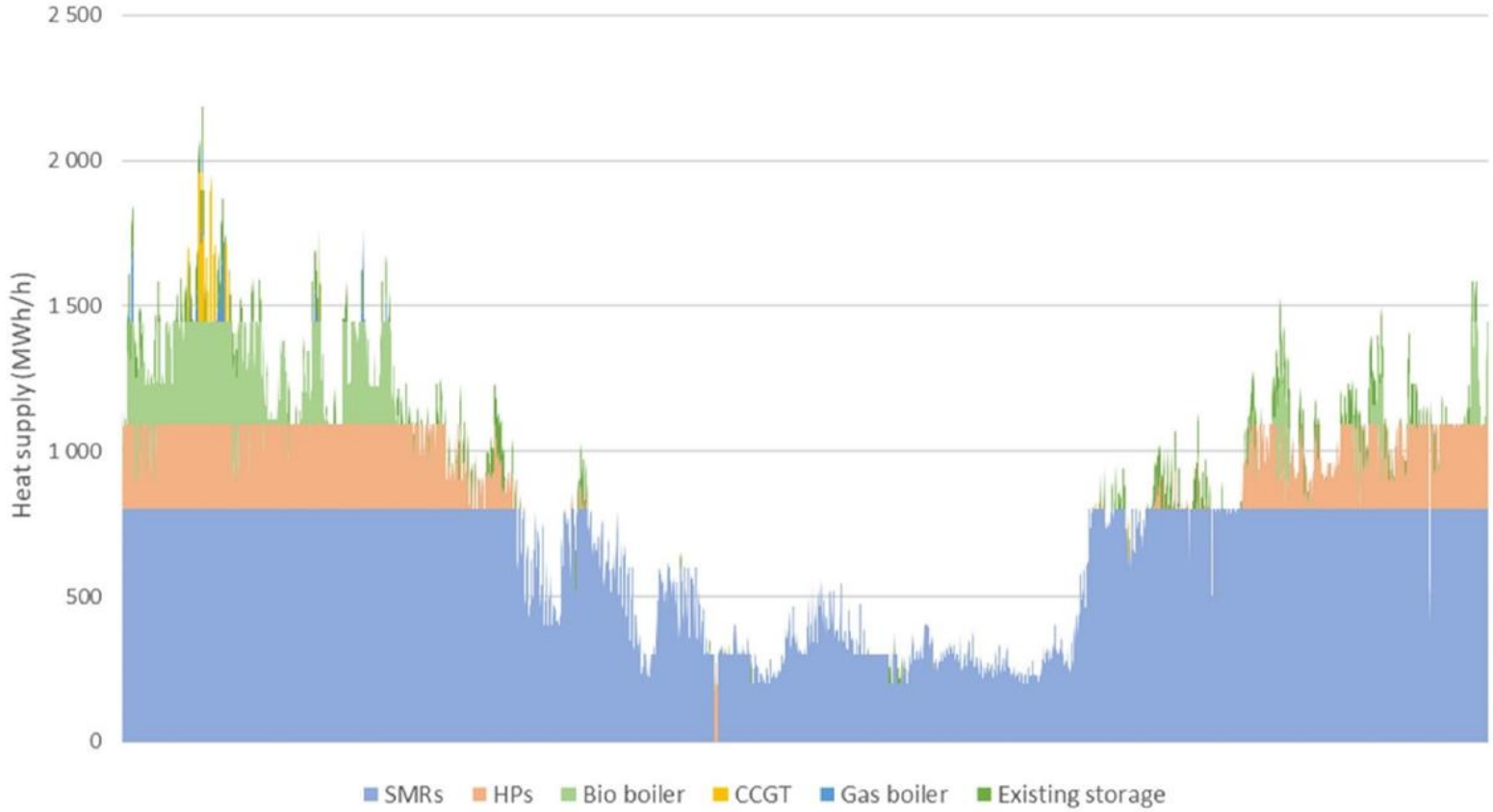
- Le stockage et l'isolation sont des éléments clés pour la flexibilité, la résilience et le déploiement modulaire en milieu urbain.
- Une stratégie hybride visant à faire passer progressivement un système de chauffage urbain existant (3ème génération) vers un fonctionnement de 4ème génération / basse température, zone par zone.
- Plutôt que de convertir l'ensemble du réseau en une seule fois, cette approche permet une exploitation localisée « îlot » des sous-zones (c'est-à-dire déconnectées du réseau principal pendant la saison de chauffage) avec leur propre alimentation thermique distribuée + stockage local, tout en bénéficiant du réseau central lorsque cela est nécessaire.



Source: Miika Rämä, Esa Pursiheimo, Dennis Sundell, Rinat Abdurafikov,: Dynamically distributed district heating for an existing system, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 189, Part A, 2024, 113947, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113947

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Helsinki : Alimentation thermique du système existant avec trois unités SMR

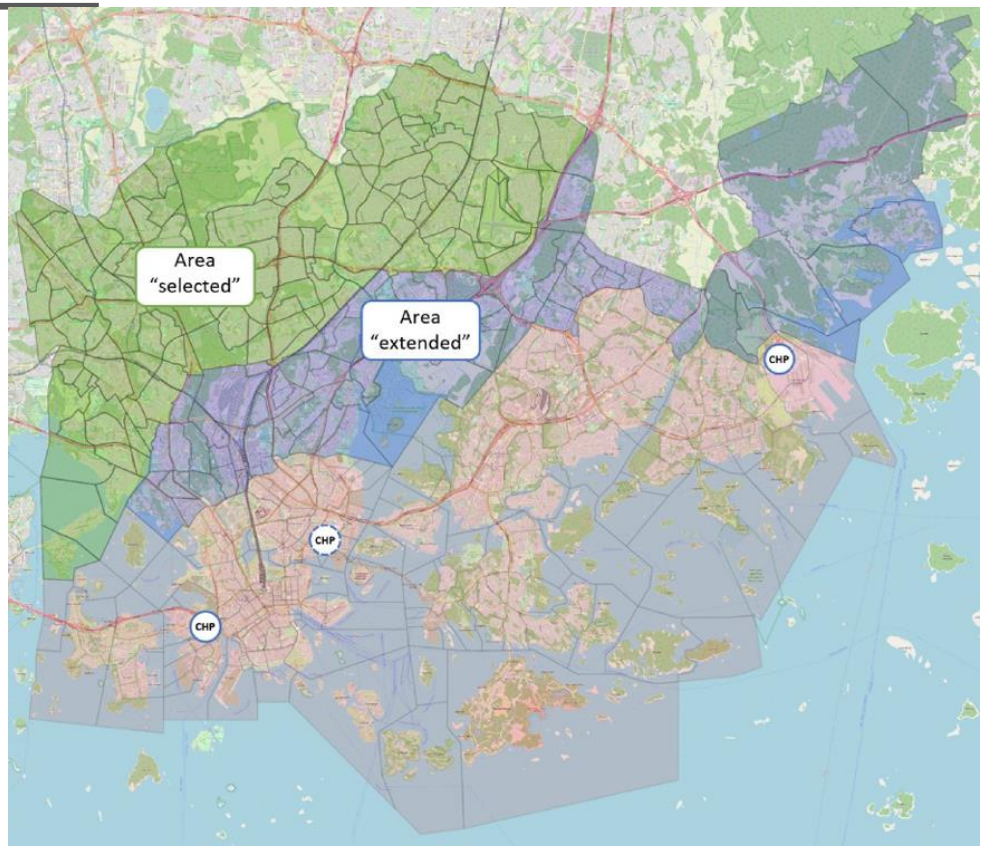


Source: Miika Rämä, Esa Pursiheimo, Dennis Sundell, Rinat Abdurafikov,: Dynamically distributed district heating for an existing system, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 189, Part A, 2024, 113947, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113947

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Helsinki : Chauffage urbain dynamiquement distribué

- Un important stockage saisonnier de chaleur (activé en été lorsque la chaleur bon marché ou en excès est disponible) est essentiel : ces stockages se chargent lorsque la demande est faible puis fournissent de la chaleur pendant les mois les plus froids aux sous-zones insulaires.
- La capacité de stockage est cruciale : la capacité à stocker du chauffage pendant les périodes creuses ou estivale soutient la viabilité des approches d'îlotage.
- Parce que les zones insulaires peuvent fonctionner indépendamment pendant la saison de chauffage, elles soulagent les contraintes ou les contraintes sur le réseau central sous certaines situations de charge.
- La performance dépend fortement des conditions locales (par exemple, la disponibilité de chauffage bon marché en été, le coût / l'efficacité du stockage, le coût de production distribuée) — son succès est contextuel.

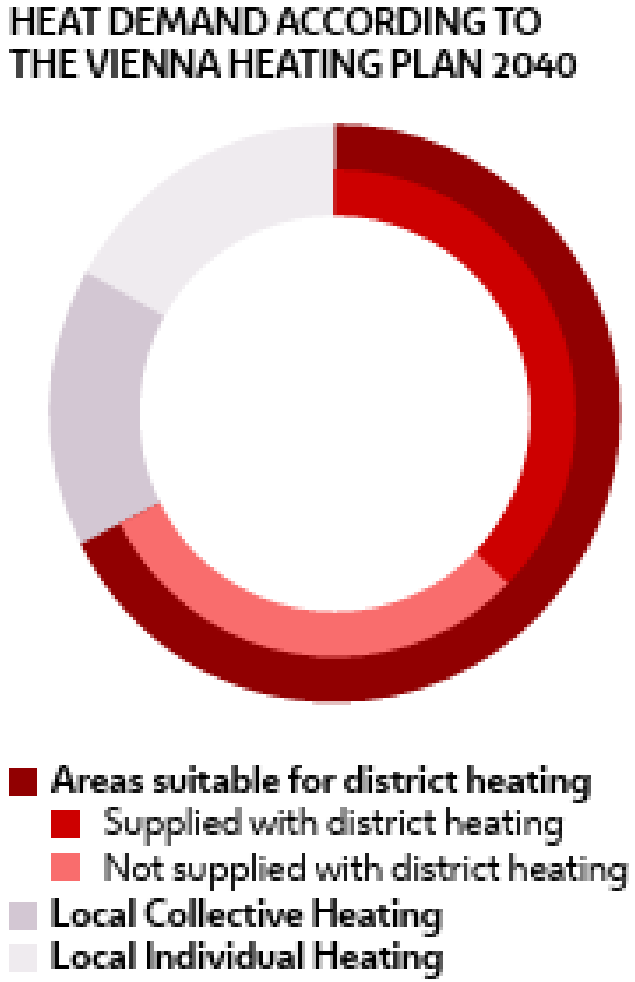


Source: Miika Rämä, Esa Pursiheimo, Dennis Sundell, Rinat Abdurafikov,: Dynamically distributed district heating for an existing system, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 189, Part A, 2024, 113947, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113947

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Vienne : Implication des quartiers du centre-ville

- Le réseau de transport/distribution est vaste : en 2006, le réseau de chaleur de Vienne (« réseau de transport ») atteignait ~ 1 000 km de longueur. Cela indique une large couverture, y compris le centre-ville / centre-ville.
- Au fil du temps, le chauffage urbain a fini par desservir de nombreux bâtiments dans les zones centrales et urbaines : maisons, musées, bâtiments gouvernementaux, hôtels, bureaux. Le Chauffage urbain de Vienne fournit un grand nombre d'immeubles résidentiels privés existants en plus de bâtiments publics et commerciaux.
- Le réseau s'est étendu en intégrant plusieurs usines de production (incinération, CHP), mais aussi en transportant la chaleur sur la distance à travers l'anneau de transport et les tuyaux afin que la chaleur générée à Spittelau, Flötzersteig, etc., puisse atteindre des parties centrales ou densément construites. Ainsi, le centre-ville et les quartiers intérieurs étaient reliés via le réseau de distribution en expansion.

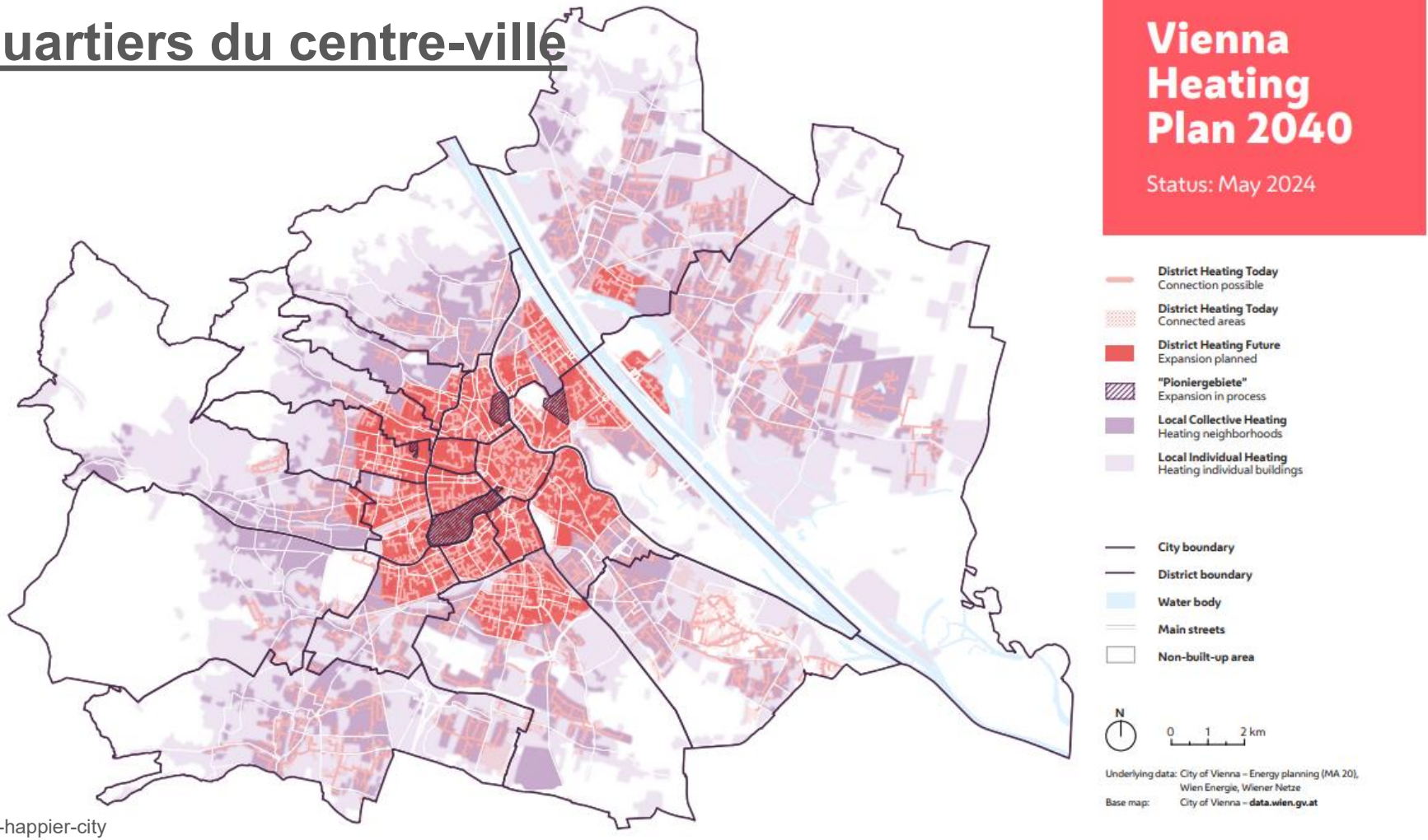


Source: https://www.districtenergyaward.org/wp-content/uploads/2012/10/Vienna_Austria-District_Energy_Climate_Award.pdf, https://www.wien.gv.at/pdf/ma20/vienna-heating-plan-2040.pdf

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Vienne : Implication des quartiers du centre-ville

- Global District Energy Climate Awards a planifié une augmentation de la capacité de production: un projet de remotorisation de la cogénération ajoutant ~100 MW (capacité de chauffage urbain), et la planification d'un puits géothermique (~50 MW) comme source supplémentaire future.
- Global District Energy Climate Awards a poursuivi la diversification : davantage de sources de chaleur résiduelle à exploiter ; des centrales plus efficaces ; Diversification des combustibles (biomasse, déchets, sources industrielles)

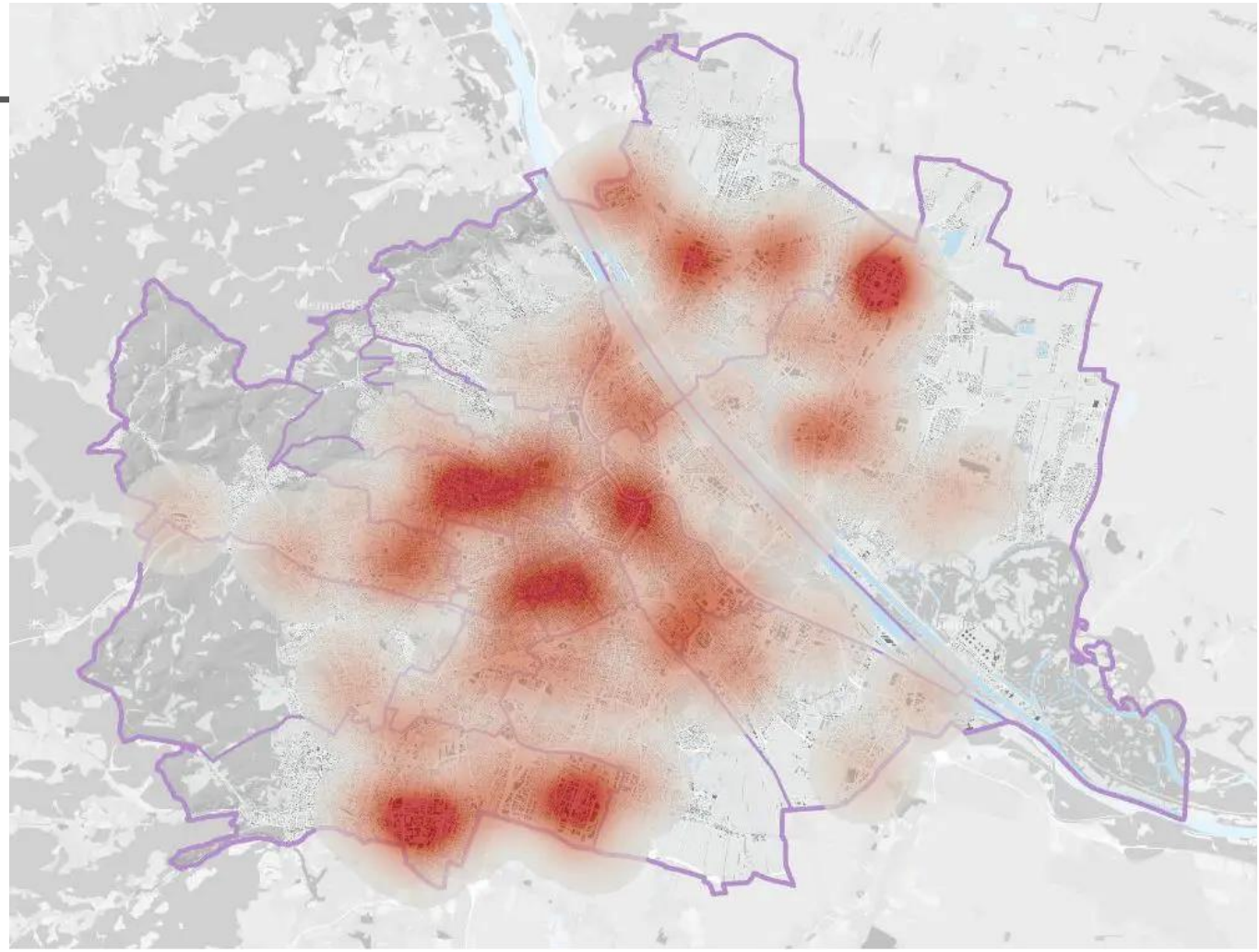


Source: https://eu-mayors.ec.europa.eu/en/vienna-s-heat-detox-for-an-even-happier-city

DÉVELOPPEMENT DE RESEAUX DE CHALEUR DANS LES CENTRES-VILLES

Carte du potentiel thermique résiduel

- D'énormes économies en énergie primaire : le système de Vienne (avec la chaleur usée, etc.) a un facteur d'énergie primaire d'environ 0,26 (c'est-à-dire 0,26 MWh de combustible nécessaire pour 1 MWh de chauffage urbain fourni), contre ~1,4 MWh de combustible pour le chauffage individuel des chaudières au gaz.
- Les émissions de CO_2 par MWh ont diminué (par exemple de ~168 kg de CO_2/MWh en 1990 à ~130 kg de CO_2/MWh en ~2005), grâce à la diversification des combustibles, à l'utilisation de la chaleur résiduelle, à la modernisation des centrales, etc.
- Les pertes système (« pertes réseau ») sont surveillées ; l'évolution des pertes réseau sont comparées aux moyennes européennes, indiquant que la gestion du réseau à Vienne est relativement efficace.



Source: https://smartcity.wien.gv.at/en/thematic-city-map-energy/

Merci!

Module 6 - RÉNOVATION DES 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

Co-funded by
the European Union

