

Аналітична записка, випуск №2:

# Інноваційні декарбонізовані енергетичні рішення в територіальному плануванні: роль енергетичних хабів з акцентом на технології перетворення відходів на енергію

# Вступ

Це другий інформаційний огляд, підготовлений компанією DPI Development Partnership International GmbH (Швейцарія) в рамках ініціативи «Енергоефективність у муніципальному управлінні: налагодження партнерства між Україною та Швейцарією». Ініціатива фінансується Федеральним міністерством економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ) та співфінансується Державним секретаріатом Швейцарії з економічних питань (SECO). Ініціатива організована за підтримки Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH у межах проєкту «Просування енергоефективності та імплементації Директиви ЄС про енергоефективність в Україні».

Метою проєкту є сприяння передачі ноу-хау між Швейцарією та Україною у сфері енергоефективності в муніципальному управлінні, зокрема обмін досвідом, кращими практиками та інноваційними підходами. Проєкт підвищує обізнаність українських муніципалітетів щодо сучасних підходів до планування та управління енергоефективністю громадської інфраструктури та послуг, а також надає практичні та орієнтовані на результат консультації та наставницьку підтримку у вирішенні конкретних викликів, з якими вони наразі стикаються у сфері підвищення енергоефективності та розбудови енергетичної стійкості.

Метою інформаційних оглядів є узагальнення інформації, якою поділилися з українськими муніципалітетами під час їхніх навчальних поїздок до Швейцарії.

Другий інформаційний огляд присвячений інноваційним декарбонізованим енергетичним рішенням у територіальному плануванні та ролі енергетичних хабів з акцентом на технології перетворення відходів на енергію.

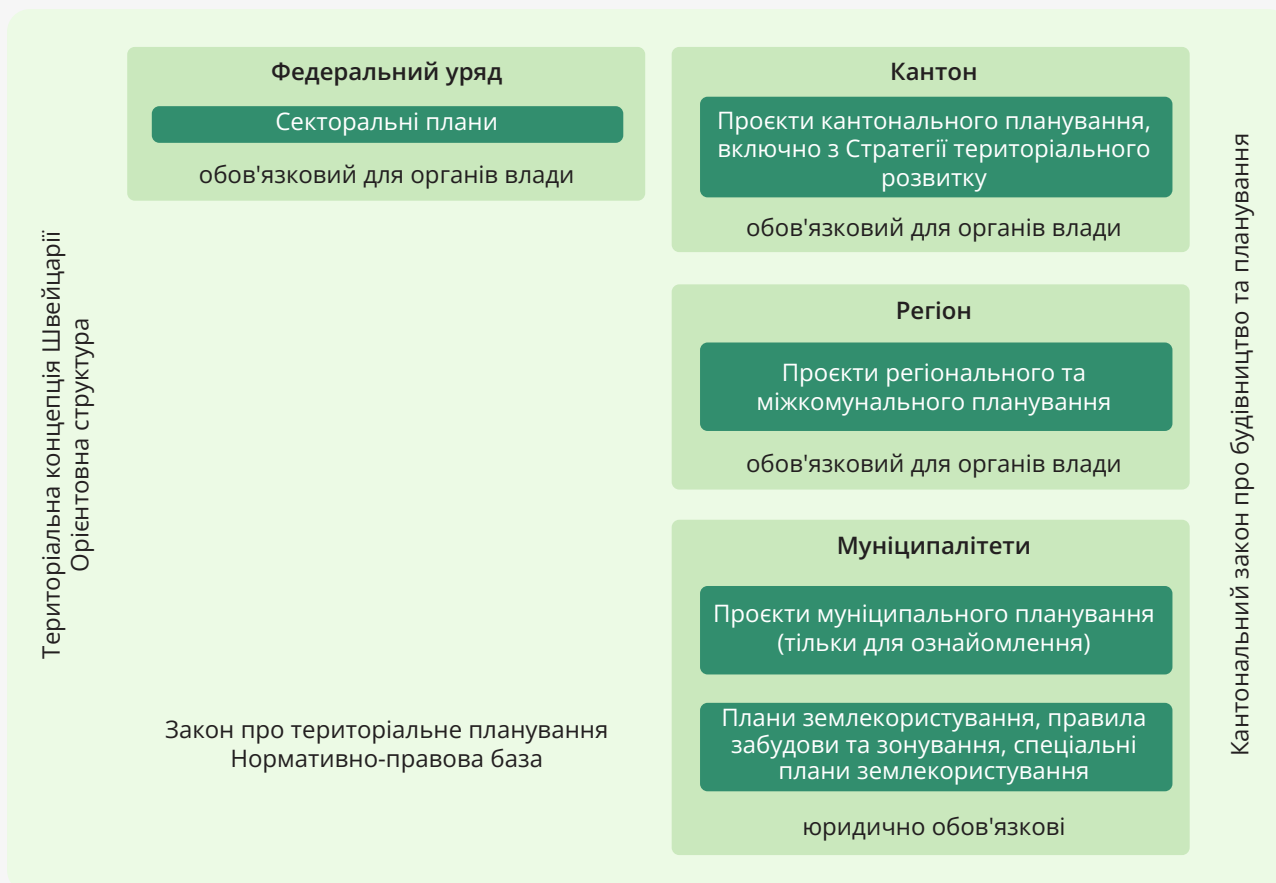
# Рамки та рівні територіального планування

Територіальне планування слугує важливим інструментом для сприяння децентралізованому виробництву енергії, розширенню використання відновлюваних джерел енергії, створенню ефективних мереж розподілу енергії та відповідальному управлінню скидним теплом та інфраструктурою зберігання ядерних відходів.

Концепція територіального розвитку Швейцарії («[Raumkonzept Schweiz](#)») підкреслює стратегічне узгодження як енергетичних систем, так і територіального планування з метою посилення національної конкурентоспроможності, надійного енергопостачання та забезпечення сталого розвитку. Наявна інфраструктура оптимізується, щоб мінімізувати потребу в новому будівництві, тим самим зменшуючи негативний вплив на громади, біорізноманіття та ландшафти. Серед ключових цілей — сприяння компактній забудові міст із меншими відстанями між житловими, робочими та рекреаційними зонами, а також надання пріоритету енергоефективності при реконструкції та будівництві будівель.

На додаток до цілей концепції територіального розвитку, рішення щодо будівництва об'єктів виробництва енергії у Швейцарії ухвалюються через багаторівневу структуру управління за участю федеральних, кантональних та муніципальних органів влади.

Таблиця 1: Система планування у Швейцарії





## Федеральний рівень

Федеральний уряд активно підтримує кантони, міста та муніципалітети в їхніх зусиллях щодо визначення відповідних територій для децентралізованого виробництва відновлюваної енергії та розвитку енергоефективних територіальних структур. Загалом він координує планування енергетичної інфраструктури в межах своєї юрисдикції, ретельно збалансовуючи національні інтереси щодо енергопостачання з цілями збереження ландшафту та захисту навколишнього середовища.



## Кантональний рівень

Кантональна влада чітко розглядає інтеграцію розвитку населених пунктів, транспорту та енергопостачання у своїх стратегіях просторового планування («[Richtpläne](#)»), узгоджуючи свої плани із загальними федеральними настановами («[Sachpläne](#)»). Кантони відповідають за визначення відповідних майданчиків для децентралізованих об'єктів відновлюваної енергетики, тісно співпрацюючи з муніципалітетами та, за потреби, залучаючи сусідні кантони, федеральні органи влади та міжнародних партнерів. Крім того, кантони у співпраці з містами та муніципалітетами встановлюють принципи енергоефективної забудови населених пунктів.



## Муніципальний рівень

Муніципальні органи влади стратегічно організовують житлові, робочі та громадські зони, забезпечуючи належне сполучення з дорожніми мережами, громадським транспортом та безмоторними видами транспорту. Вони запобігають надмірному навантаженню на наявну інфраструктуру і ретельно планують зони забудови, узгоджуючи їх із транспортними та постачальницькими мережами. Міста та муніципалітети активно виявляють місцевий потенціал енергоресурсів та впроваджують заходи з підвищення енергоефективності. Крім того, муніципалітети проєктують і розвивають енергозберігаючі населені пункти, чітко структуровані таким чином, щоб забезпечити ефективне використання відновлюваних джерел енергії.

Регіональний рівень планування («[Planungsregionen](#)») не передбачений національним [Законом про територіальне планування](#). Зазвичай він запроваджується кантонами й визначається в їхніх законах про територіальне планування та будівництво. Так, деякі кантони делегують завдання надмуніципального територіального планування державним асоціаціям планування (регіональним асоціаціям планування). Вони розробляють регіональні територіальні концепції та проєкти регіонального планування, які розвивають територіальне планування на основі планів для всього кантону на регіональному рівні. Регіональне планування слугує для того, щоб побачити проблеми на рівень вище за місцеві в ширшому територіальному контексті та забезпечити надмуніципальну координацію.



## Функціональні напрямки

Планування у функціональних напрямках («Funktionalen Räumen»). У той час як регіони планування базуються на адміністративному підході «згори донизу», з метою конкретизації та доповнення положень проєктів кантонального планування через надмуніципальну та міжмуніципальну координацію на регіональному рівні, планування у функціональних сферах на основі горизонтального підходу останнім часом набуває все більшого значення. Функціональні зони — це не вигадка територіальних планувальників, а соціальна реальність. Це пов'язано з тим, що повсякденні простори людей, пов'язані з поїздками на роботу, шопінгом і дозвіллям, давно вийшли за межі муніципальних, кантональних і навіть національних кордонів.

Функціональні зони складаються з одного або декількох муніципалітетів, які тісно пов'язані між собою і доповнюють один одного в економічному, соціальному чи екологічному плані. Функціональні зони не призначені для створення нового, додаткового рівня управління, а радше є пропозицією щодо територіального структурування міжмуніципального співробітництва. У межах функціональної зони кожен муніципалітет самостійно вирішує, які завдання він хоче виконувати разом з іншими муніципалітетами. Вони вимагають спільного підходу кількох муніципалітетів, всеосяжної концепції розвитку та багатозонного планування.



## Агломерації

Програми агломерацій («Agglomerationsprogramm») є прикладами успішного планування у функціональних сферах. Федеральний уряд надає фінансову підтримку транспортним проєктам у містах та міських районах (агломераціях) через програму «Транспорт агломерацій» («Programm Agglomerationsverkehr»). Передумовою для отримання федерального фінансування є програма агломерації, розроблена агентством-спонсором. Агломераційна програма створюється на рівні агломерації (муніципалітети, регіони, кантони). Вона встановлює стратегії розвитку агломерації, координує залучені сторони та визначає конкретні заходи у сферах транспорту, розселення та ландшафту для реалізації стратегій. Федеральний уряд фінансує від 30 % до 45 % програм. Решту коштів збирають кантони, міста та муніципалітети. Федеральні кошти вже надаються через Фонд дорожнього руху автомагістралей та агломерацій (NAF), який і собі фінансується коштом цільового податку на нафтопродукти.

Агломераційні програми дають можливість містам та міським агломераціям розв'язувати основні проблеми, пов'язані з транспортом та зростанням поселень, а також фінансувати їх. Завдяки чітким принципам планування та співфінансуванню з боку федерального уряду, реалізовані проєкти мають найкращий довгостроковий вплив. За останні десять років понад 80 % міських територій змогли розширити пропускну спроможність своїх транспортних мереж за підтримки програм агломерації. Вони неодноразово зарекомендували себе як успішний інструмент Транспортної політики Швейцарії і як потужний інструмент довгострокового планування для міст і муніципалітетів у міських районах, що мотивує їх до міжмуніципального співробітництва у функціональних сферах.



# Міжмуніципальне співробітництво

Спеціалізовані асоціації та міжмуніципальні установи — це правові форми, які муніципалітети створюють спільно та управляють ними на демократичних засадах.

**Спеціалізовані асоціації (Zweckverbände)** — це асоціації муніципалітетів, утворені відповідно до публічного права. У цих об'єднаннях такі завдання, як очищення стічних вод або пожежна охорона, виконуються муніципалітетами-учасниками спільно, а витрати розподіляються між ними. Спеціалізовані асоціації мають економічні переваги, оскільки муніципалітети можуть надавати послуги, які в іншому разі мали б надаватися кожним муніципалітетом самостійно.

Міжмуніципальні інституції (Interkommunale Anstalten) активно підтримуються кантонами (наприклад, **міжмуніципальне співробітництво в кантоні Берн**). Міжмуніципальні установи — це публічні компанії, створені муніципалітетами для спільного виконання суспільних завдань, керівні органи яких призначаються спільно муніципалітетами-учасниками. Такі установи мають власний бюджет, власний баланс, а їхній персонал працює за публічним правом. Правовою основою діяльності міжмуніципального закладу є міжмуніципальний договір. Опікунська рада («Trägerschaft») міжмуніципальної установи складається з кількох муніципалітетів. Муніципалітети-опікуни («Trägergemeinde») можуть бути політичними або шкільними. Укладення договору вимагає, щоб виборці кожного з муніципалітетів-учасників схвалили договір про заснування на референдумі. Установчий договір містить, з одного боку, положення, які мають бути закріплені в рішенні про створення комунальної установи. Крім того, потрібні спеціальні положення, оскільки кілька муніципалітетів несуть спільну відповідальність за міжмуніципальну установу. Муніципалітети-опікуни повинні регулювати їхню співпрацю. Це пояснюється тим, що, з одного боку, вони спільно користуються правами та впливають на міжмуніципальну установу; з іншого боку, вони мають спільні обов'язки, які стосуються, зокрема, фінансування установи.

На відміну від спеціалізованої асоціації, установа не має демократичної структури. В установі не існує ані права на ініціативу, ані права на референдум. Правова форма закладу надає муніципалітетам велику свободу в його конкретному проектуванні. Муніципалітети визначають, чи хочуть вони мати великий або малий вплив на їхній заклад.

# Практичний приклад

## Практичний приклад 1. Територіальне планування в кантоні Цюрих

У кантоні Цюрих 168 муніципалітетів об'єднані в 11 асоціацій регіонального планування. З 1975 р. регіональне планування в кантоні Цюрих більше не є добровільним: Закон про планування та будівництво (PBG) вимагає від муніципалітетів об'єднуватися в регіони планування. Проекти регіонального планування розробляються для кожного регіону й остаточно затверджуються кантональним урядом. Метою є уточнення проекту кантонального планування та його адаптація до регіональних потреб. Відповідно до принципу спільного планування, цей додатковий орган планування та організаційний рівень гарантує, що координація може відбуватися як згори вниз, так і знизу вгору.

Спектр інструментів територіального планування, доступних на регіональному рівні, подібний до того, що існує на рівні кантонів. Знову ж таки, для регіону можуть бути сформульовані керівні принципи планування («Leitbilder»), стратегії або принципи («Grundsätze»), які не мають обов'язкового характеру. Однак проект регіонального планування зазвичай визначається як обов'язковий до виконання кантональним законодавством. Як і проект кантонального планування, проект регіонального планування не стосується окремих земельних ділянок і не є обов'язковим для власників нерухомості, але є обов'язковим для органів влади.

Однією з 11 планувальних асоціацій кантону Цюрих є Цюрихська планувальна група Лімматталю («Zürcher Planungsgruppe Limmattal, ZPL»), яка об'єднує 11 муніципалітетів навколо Урдорфа та Дітікона. Її мета — захистити інтереси регіону та врахувати їх у рішеннях щодо територіального планування. Міжмуніципальне співробітництво та обмін ідеями між багатьма зацікавленими сторонами сприяє цілеспрямованому регіональному розвитку.





У 2011 р. для цієї території планування була розроблена Концепція регіонального територіального розвитку («Regio-ROK»). Вона окреслює бажаний розвиток Лімматталю до 2030 року. Вона складається з бачення до 2030 року та переліку заходів, що сприятимуть скоординованому та цілеспрямованому розвитку населеного пункту та ландшафту.

У 2017 році був прийнятий Проект регіонального планування («Regionaler Richtplan») на горизонт планування до 2030 року. Він стосується розвитку (i) поселень і ландшафту, (ii) транспорту і мобільності, (iii) постачання, утилізації та громадських об'єктів. Відповідні карти в масштабі 1:25 000 відображають проекти, а текст містить цілі та заходи планування в кожній області, надаючи інструкції щодо територіальних, часових та організаційних аспектів. Проект планування постійно оновлюється і переглядається кожні 10 років, щоб урахувати зміни.

Що стосується енергетики, проект планування встановлює регіональні цілі та координує розташування основних об'єктів електро-, тепло- та газопостачання. Відповідальність за фактичне енергетичне планування залишається за муніципалітетами. Однак регіон підтримує муніципалітети в муніципальному енергетичному плануванні, розв'язуючи проблеми взаємодії з сусідніми муніципалітетами та оптимального використання енергетичного потенціалу. Наприклад, він бере на себе зобов'язання координувати зони постачання в разі міжмуніципального планування джерела енергії, як-от централізоване тепlopостачання від «Limeco».

Кантон Цюрих відповідає за програми агломерації для міста Цюрих, Глатталь, Вінтертур та прилеглих територій, а також Цурхер-Оберланд. Він також відповідає за програму агломерації Лімматталь разом з кантоном Ааргау і є одним зі спонсорів програм міської агломерації Оберзее та Шаффгаузена.

Перша програма агломерації була подана кантоном Цюрих до федерального уряду у 2007 році. За нею пішла друга програма у 2012 році та третя у 2016 році. Багато заходів, що містяться в цих програмах, наразі впроваджуються або вже впроваджені. Вони містять такі великі проекти, як системи легкого залізничного транспорту в Глатталі та Лімматталі, нові велосипедні та пішохідні маршрути, а також перепланування міжміських маршрутів, щоб зробити їх більш сумісними з житловими районами.

Наприклад, станом на 1 січня 2024 року в кантоні Цюрих налічувалося 18 міжмуніципальних установ та 142 спеціалізовані асоціації, утворені муніципалітетами. П'ять із цих спеціалізованих асоціацій були позакантональними спеціалізованими асоціаціями.





# Структура ринку та вибір споживачів у секторі теплопостачання Швейцарії

Швейцарський ринок теплопостачання функціонує в умовах децентралізації та конкуренції, особливо на муніципальному та регіональному рівнях. На відміну від електроенергетики, яка є більш зарегульованою, ринок тепла надає споживачам більший вибір технологій та постачальників послуг. Споживач має високий рівень автономії у виборі технології, обладнання та постачальника, а також доступ до субсидій. Це створює динамічне та адаптивне ринкове середовище, у якому інновації та сталий розвиток стають ключовими конкурентними факторами. Послуги з монтажу та технічного обслуговування надаються численними приватними компаніями, що сприяє конкуренції цін і якості.

Муніципальна та кантональна влада часто підтримують різні кліматично сприятливі системи опалення за допомогою субсидій, особливо для відновлюваних та енергоефективних рішень. Це заохочує технологічні інновації та підтримує кліматичні цілі Швейцарії.

Наприклад, станом на 2023 рік теплові насоси були встановлені у 21 % усіх житлових будинків, а 75 % новозбудованих будинків за останнє десятиліття оснащені ними. Котли на рідкому паливі залишаються поширеними, вони присутні в 37 % будинків, тоді як газове опалення використовується приблизно в 17 %. Такий розподіл відображає поступовий перехід до рішень з відновлюваної енергетики, зумовлений ринковою конкуренцією та політичними стимулами.

У містах та агломераціях (наприклад, Цюрих, Базель, Лозанна) існують централізовані тепломережі («*Fernwärme*»), якими керують муніципальні або приватні компанії. Хоча підключення до таких мереж може бути обов'язковим на території обслуговування, у межах мережі споживач все одно має право вибору тарифів, умов контракту, варіантів модернізації, вибору «зеленого» тепла тощо.



# Мультиенергетичні хаби

Енергетичний ландшафт Швейцарії зазнає фундаментальної трансформації. Стратегічний поштовх федерального уряду до розширення фотоелектричних систем і поступового виведення з експлуатації атомних електростанцій створює сезонний дисбаланс у постачанні електроенергії. Зі збільшенням частки децентралізованих та непостійних відновлюваних джерел енергії, як-от сонячна та вітрова енергія, національна енергосистема має стати більш гнучкою та стійкою. Тому енергосистема, орієнтована на майбутнє, має містити масштабовані рішення для зберігання енергії та технології перетворення, як-от перетворення енергії в газ (PtG), для управління сезонними коливаннями попиту та стабілізації енергосистеми.

Важливу роль у цьому контексті відіграють мультиенергетичні хаби. Це системи, які поєднують різні джерела енергії та технології для ефективного виробництва енергії, підвищення стійкості та зменшення викидів CO<sub>2</sub>. Вони є прикладами прихильності Швейцарії до децентралізованого виробництва енергії, зменшення залежності від викопного палива та досягнення кліматичних цілей за допомогою інноваційних та інтегрованих підходів.

Швейцарія має 29 сміттєспалювальних заводів, які безперервно виробляють електроенергію та тепло. Ці станції підпорядковуються суворим кантональним і федеральним вимогам до ефективності, що стимулює інновації в галузі енергетичної утилізації відходів та інтеграції енергії. Гідроенергетика продовжує забезпечувати значну частину резервної електроенергії в країні, але потрібна додаткова гнучкість, щоб пристосуватися до зростаючих обсягів нестабільної відновлюваної енергії. Сміттєспалювальні заводи, обладнані технологіями перетворення енергії в газ (PtG), які здатні перетворювати надлишок електроенергії на водень або біометан, є ключовою можливістю для підвищення стабільності енергосистеми та підтримки сезонного енергобалансу.

# Практичний приклад

## Практичний приклад 2. Енергетичний хаб «Limeso» в кантоні Цюрих

У Швейцарії реалізація мультиенергетичних хабів, як-от проєкт [«Limeso»](#) у [регіоні Лімматтал](#), передбачає широку координацію між федеральними, кантональними та муніципальними органами влади. Процес зазвичай починається з ініціювання проєкту регіональною компанією, яка постачає енергію та управляє відходами, — у цьому разі «Limeso» — з метою інтеграції різних джерел енергії та підвищення регіональної енергоефективності. «Limeso» розробляє детальну концепцію енергетичного хабу, що містить комбіноване виробництво теплової та електричної енергії, відновлювані джерела енергії та інтеграцію/розвиток регіональних енергетичних мереж.

Згодом пропозиція представляється місцевим муніципалітетам (як-от [Дітікон](#) та сусідні громади), щоб забезпечити узгодження з муніципальними планами розвитку та отримати початкову підтримку на місцевому рівні. Після затвердження муніципалітетом проєкт проходить ретельну оцінку кантональною владою Цюриха, яка оцінює його відповідність кантональним територіальним та енергетичним стратегіям, а також екологічним стандартам. Проєкти, що мають ширше значення або пов'язані з міжкантональною кооперацією, також розглядаються на федеральному рівні для перевірки відповідності національним енергетичним стратегіям та нормативно-правовій базі.

Громадські консультації та слухання відіграють вирішальну роль у процесі планування, забезпечуючи прозорість, увагу до занепокоєння мешканців та інтегруючи пропозиції зацікавлених сторін. Після успішного завершення цих оцінювань і консультацій муніципальні та кантональні органи влади видають потрібні дозволи та погодження на будівництво та експлуатацію. Фінансування проєкту, як правило, поєднує власні інвестиції «Limeso» з кантональними та федеральними субсидіями, а також потенційним фінансуванням з боку приватного сектору.

Хоча муніципалітети не надають прямих фінансових внесків в інвестиційні проєкти «Limeso», вони відіграють важливу роль, беручи на себе солідарну фінансову відповідальність («Solidarhaftung») за зобов'язання компанії. Це означає, що в разі фінансових труднощів муніципалітети несуть колективну відповідальність за виконання боргових зобов'язань «Limeso», що значно підвищує кредитоспроможність «Limeso» і дозволяє компанії отримати доступ до зовнішнього фінансування (Fremdkapital) на вигідних умовах і за нижчими відсотковими ставками.

Після отримання всіх потрібних дозволів та фінансових домовленостей розпочинається будівництво, яке завершиться введенням в експлуатацію та експлуатаційною інтеграцією мультиенергетичного хабу в енергетичну інфраструктуру регіону.

Поточне фінансування проєкту на загальну суму 54,4 млн швейцарських франків (41,4 млн швейцарських франків на планування проєкту та 13 млн швейцарських франків на придбання землі) покривається шляхом поєднання власного капіталу «Limeso» та ринкових запозичень за підтримки цієї міжкомунальної структури (муніципалітети, як-от Дітіконт, Шлірен, Урдорф та інші, є засновниками та співвласниками «Limeso»). Кошти будуть використані на розширення очисних споруд («Abwasserreinigungsanlagen» — ARA), заміну установки для перетворення відходів на енергію («Kehrichtverbrennungsanlagen» — KVA), зокрема інтеграцію системи відокремлення CO<sub>2</sub>, а також на придбання стратегічної земельної ділянки («Hasler Areal» в Дітіконті) для майбутнього розвитку інфраструктури. Ці інвестиції є частиною довгострокового системного проєкту, спрямованого на забезпечення чистої води, сталого енергопостачання та CO<sub>2</sub>-нейтрального опалення для регіону Лімматталь. Мультиенергетичний хаб «Limeso» є прикладом такого комплексного підходу.

Рисунок 1: Концепція мультиенергетичного хабу «Limeso»

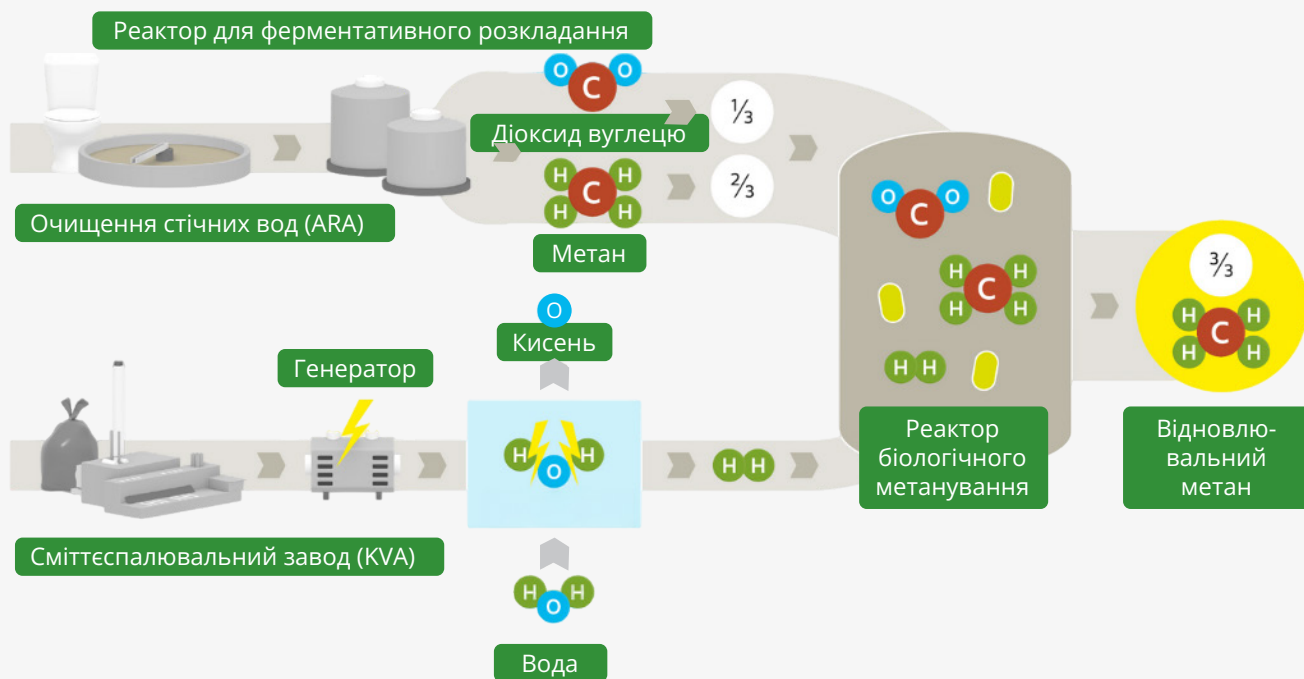


«Limeso» управляє комплексними енергетичними та екологічними об'єктами:

- Сміттєспалювальні заводи (KVA): у 2023 році переробили 95 831 тону відходів та видобули 118 869 МВт-год енергії. Загалом на сміттєспалювальному заводі та його допоміжних джерелах було вироблено 126 375 МВт-год теплової енергії, тоді як 55 192 МВт-год електроенергії було вироблено для внутрішніх операцій та для постачання регіону Лімматаль. Цього обсягу виробництва електроенергії достатньо для покриття річного споживання понад 15 000 домогосподарств.
- Очищення стічних вод (ARA): «Limeso» щорічно переробляє приблизно 14 мільярдів літрів стічних вод з дев'яти муніципалітетів. Цей об'єкт з навантаженням, еквівалентним більш ніж 135 000 жителів, посідає третє місце серед найбільш завантажених заводів у кантоні. Очищені стічні води захищають річку Ліммат та водні системи нижче за течією.
- Видобуток газу та енергії зі стічних вод: осад стічних вод переробляється у трьох ферментаторах, утворюючи біогаз, що складається з ~60 % метану та ~40 % CO<sub>2</sub>. Цей відновлюваний газ використовується для виробництва енергії та подальшого перероблення в системі перетворення енергії в газ (PtG) «Limeso».
- Утилізація скидного тепла: «Limeso» співпрацює з EKZ (Електростанція кантону Цюрих), щоб використовувати низькотемпературне скидне тепло стічних вод для опалення. EKZ щорічно постачає 7 ГВт-год теплової енергії до нового житлового району, використовуючи це поновлюване джерело.
- Мережа централізованого тепlopостачання («Regiowärme»): проєкт «Limeso Regiowerk» має на меті стати однією з десяти найкращих мереж централізованого тепlopостачання Швейцарії. Після повного завершення будівництва до 2045 року він буде постачати 260 ГВт-год CO<sub>2</sub>-нейтрального тепла на рік через понад 54 км трубопровідної інфраструктури, що дозволить скоротити щорічні викиди CO<sub>2</sub> приблизно на 66 000 тонн.

«Limeso» розробила та ввела в експлуатацію перший у Швейцарії промисловий завод з перетворення енергії в газ (PtG), створивши новаторський приклад децентралізованої інтеграції енергії з декількох джерел. Установа перетворення енергії в газ (PtG), що працює з березня 2022 року, поєднує електроліз та біологічне метанування для перетворення надлишкової електроенергії на відновлюваний метан, який потім закачується в регіональну газову мережу.

**Рисунок 2:** Функціонування та інтеграція установки перетворення енергії в газ (PtG) в систему очищення стічних вод і сміттєспалювальний завод («Limeso»)



Система використовує наявну інфраструктуру на заводі «Limeso». Електроенергія, що виробляється на регіональному сміттєспалювальному заводі, живить процес електролізу для виробництва водню. Водночас CO<sub>2</sub>, що виділяється зі стічних вод на сусідніх очисних спорудах, слугує сировиною для метанування. У біологічному реакторі водень і CO<sub>2</sub> перетворюються на синтетичний метан. Потім цей відновлюваний газ подається в розподільчу мережу або зберігається для подальшого використання. Якщо виникне попит, водень також можна транспортувати в мобільних контейнерах і використовувати в транспорті або для метанування за межами заводу.

**Таблиця 2:** *Ключові цифри — електростанція «Limeso», що перетворює енергію на газ*

**1,8 млн Нм<sup>3</sup>**

каналізаційних газів (65 % метану / 35 % CO<sub>2</sub>), що переробляються щорічно.

**2800 Нм<sup>3</sup>**

об'єм зберігання в резервуарах для стічних газів дозволяє гнучко їх експлуатувати.

**10 000–15 000 МВт-год**

CO<sub>2</sub>-нейтральної електроенергії від сміттєспалювального заводу KVA щорічно.

**2,5 МВт**

потужність електролізу для виробництва водню, еквівалентна 450 Нм<sup>3</sup> H<sub>2</sub> на годину.

**50 м<sup>3</sup>**

розмір реактора метанізації (використання мікроорганізмів для перетворення H<sub>2</sub> і CO<sub>2</sub> на метан).

**2 %**

максимальний вміст водяної пари в газовій мережі, що досягається за допомогою системи тонкої мембранної сепарації.

**18 000 МВт-год**

відновлюваного газу на рік закачується в мережу.

**0,8 МВт**

додаткове скидне тепло використовується для постачання місцевої системи централізованого тепlopостачання «Limeso».

**4 000–5 000 т CO<sub>2</sub>**

викидів щорічно вдається уникнути — це еквівалентно викидам близько 2 000 домогосподарств.

**80 %**

загальна ефективність досягається внаслідок рекуперації скидного тепла — лише теплова рекуперація становить близько 45 %.

**14 мільйонів швейцарських франків**

загальний обсяг інвестицій у проєкт перетворення енергії в газ (PtG).

**15 років**

мінімальний термін експлуатації установки перетворення енергії в газ (PtG).



Завдяки загальним інвестиціям у розмірі 14 млн швейцарських франків установка перетворення енергії в газ (PtG) має виробничу потужність до 18 ГВт-год на рік, що відповідає приблизно 2 МВт виробництва відновлюваного метану. Система забезпечує щорічне скорочення викидів CO<sub>2</sub> приблизно на 5000 тонн.

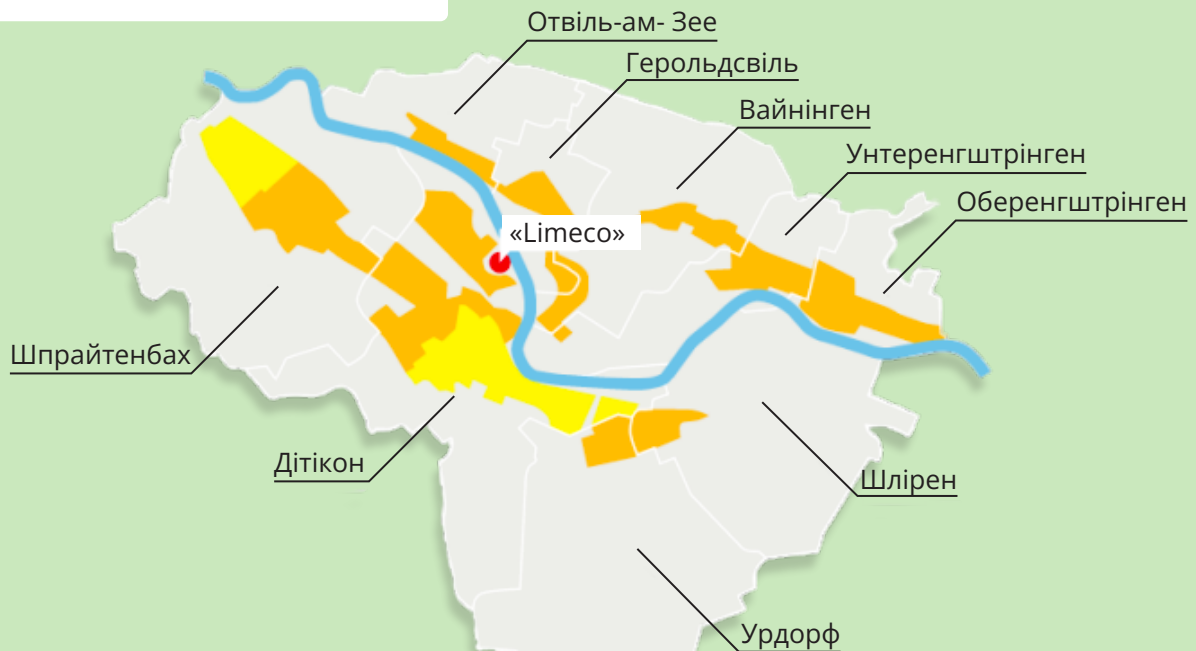
Проект є результатом стратегічного партнерства зі «Swisspower», альянсом 21 муніципального комунального підприємства, який прагне досягти 100 % відновлюваної енергетичної системи без викидів CO<sub>2</sub> до 2050 року.

«Limesco» управляє регіональною мережею централізованого теплопостачання (Fernwärme) в регіоні Лімматталь, яка є прикладом інтегрованої низьковуглецевої енергетичної системи. Мережа живить понад 300 будівель і виробляє приблизно 126 000 МВт-год тепла на рік, переважно завдяки процесам перетворення відходів на енергію та біогенному газу стічних вод — обидва ці джерела вважаються CO<sub>2</sub>-нейтральними, і має намір значно розширитися, плануючи до 2045 року постачати до 260 ГВт-год тепла на рік через 54-кілометрову мережу. Діяльність «Limesco» сприяє прогнозованому скороченню викидів CO<sub>2</sub> на 66 000 тонн на рік. Поєднуючи перероблення відходів, очищення стічних вод та виробництво енергії в одному місці, «Limesco» демонструє масштабовану модель мультиенергетичного хабу, яка підвищує кліматичну стійкість та енергетичну безпеку муніципалітетів.

Рисунок 3: Зона централізованого теплопостачання «Limesco»

Regiowärme

### Зона теплопостачання





Ключові моменти для України

# Ключові моменти для України

Хаб «Limeso» демонструє, як поєднання управління відходами, очищення стічних вод та виробництва енергії може дозволити муніципалітетам перейти до гнучких, стійких і вуглецево-нейтральних енергетичних систем. Він також ілюструє, як завдяки скоординованому управлінню на рівні муніципалітетів децентралізовані мультигенераційні енергетичні хаби можуть зробити значний внесок у регіональну самодостатність та національну енергетичну безпеку.

Наступні елементи швейцарської системи становлять найбільший інтерес для України:

- **Децентралізація фінансування та управління. Інтегрована енергетична інфраструктура через місцеву координацію.** Інтеграція послуг у сфері поводження з відходами, стічними водами та енергетики в єдиний мультиенергетичний хаб доводить свою ефективність. Ця модель не лише підвищує ефективність та зменшує викиди, але й дозволяє краще використовувати наявну інфраструктуру.

В Україні, особливо в міських та промислових центрах, такі інтегровані системи можуть допомогти модернізувати комунальні послуги, одночасно досягаючи цілей сталого розвитку та циркулярної економіки.

- **Децентралізоване управління із сильними місцевими органами влади та можливістю багаторівневої координації.** Хоча стратегічне бачення та нормативно-правова база встановлюються на федеральному та кантональному рівнях, ініціювання проєктів, право власності та функціонування залишаються на місцевому рівні. Такі проєкти, як «Limeso», належать муніципалітетам, що гарантує як місцеву участь, так і фінансову відповідальність.

Україна могла б отримати вигоду від надання муніципалітетам можливості створювати міжмуніципальні енергетичні комунальні підприємства та бути співвласниками регіональних інфраструктурних проєктів з фіскальною автономією та механізмами спільної відповідальності.

- **Інноваційні бізнес-моделі та фінансова архітектура.** Модель фінансування, яка поєднує муніципальний капітал, ринкові запозичення і федеральні/кантональні субсидії, показує, як місцеві органи влади можуть використовувати свою кредитоспроможність для залучення значного приватного й державного капіталу.

В Україні, де муніципальні запозичення все ще обмежені, прийняття моделі «солідарної відповідальності» (наприклад, для індустріальних парків, модернізації систем теплопостачання або проєктів з перероблення стічних вод на енергію) могло б розширити доступ до інвестиційного фінансування, одночасно заохочуючи відповідальне управління.

- **Стратегічне використання відходів та стічних вод як джерел енергії.** Утилізація каналізаційних газів, скидного тепла та залишків спалювання для виробництва енергії, а також впровадження технології перетворення енергії в газ (PtG) дозволяє перетворити муніципальні відходи на кліматично нейтральні енергоносії.

Українські міста зі старими системами централізованого теплопостачання та перевантаженими сміттєзвалищами можуть розробити подібні моделі декарбонізації тепло- та газопостачання, особливо в поєднанні з проєктами циркулярної економіки, що підтримуються ЄС.

- **Централізоване теплопостачання як платформа для декарбонізації.** Розширення системи «Regiowärme» від «Limesco» до 260 ГВт-год до 2045 року — з очікуваним скороченням CO<sub>2</sub> у 66 000 тонн щорічно — позиціює централізоване теплопостачання не лише як технічне рішення, а і як стратегічний інструмент кліматичної політики.

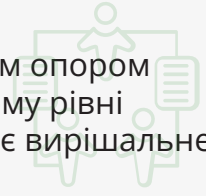
Україні слід розглянути можливість використання децентралізації централізованого теплопостачання як платформи для інтеграції чистого тепла, встановлення чітких цілей зі скорочення викидів CO<sub>2</sub> та надання можливості гнучкого вибору технологій (наприклад, скидне тепло, геотермальна енергія, перетворення енергії в газ (PtG), біомаса) на муніципальному рівні.

- **Технологічно нейтральна конкуренція на ринках тепла.** Сектор теплопостачання Швейцарії є більш конкурентним, що дозволяє користувачам обирати постачальників та технології, що сприяє інноваціям та утримує ціни під контролем.

Впровадження структурованого зонування теплових мереж та конкуренції в секторі теплопостачання України (наприклад, через концесії або тендери) могло б розблокувати модернізацію, зберігаючи при цьому соціальний захист через тарифи та адресну підтримку.

- **Залучення громадськості та місцева легітимність.** Такі проєкти, як «Limeso», можливі лише завдяки тісній координації з муніципалітетами, громадським слуханням та прозорому плануванню.

В Україні, де енергетичні проєкти часто стикаються з місцевим опором або процедурними затримками, розбудова довіри на місцевому рівні шляхом спільного планування та муніципальної власності має вирішальне значення для довгострокового успіху.



- **Узгодження з довгостроковими національними кліматичними цілями.** «Limeso» включена до федеральної дорожньої карти Швейцарії щодо повної відсутності викидів до 2050 року та отримує підтримку в досягненні національних цілей щодо скорочення викидів CO<sub>2</sub>.

В Україні кліматично орієнтовані інвестиції в муніципальну енергетику та інфраструктуру поводження з відходами мають бути чітко пов'язані з майбутнім законом про клімат і національно-визначеними внесками для залучення «зеленого» фінансування та міжнародної донорської підтримки.

