

GREENER CITIES
IN EUROPE



EUROPEAN
FEDERATION
GREEN ROOFS
& WALLS

Переваги озеленення будівель: зелені дахи, стіни та вертикальне озеленення інтер'єрів.

Збірник кількісних показників,
даних і результатів досліджень

2025

ОФІЦІЙНИЙ УКРАЇНСЬКИЙ ПЕРЕКЛАД



Українська асоціація
зеленої інфраструктури
(UAGI)



Це видання є офіційним
українським перекладом
англійського оригіналу
EFB.

Переваги озеленення будівель: зелені дахи, стіни та вертикальне озеленення інтер'єрів

Збірник кількісних показників, даних і результатів досліджень, 2025

Підготовлено:



Wiedner Hauptstraße 63
A-1045 Vienna
Tel: +43 (0) 660/4023927
E-Mail: office@efb-
greenroof.eu
www.efb-greenbuildings.eu

Albrechtstraße 13
10117 Berlin
Tel. +49 30 40054102
E-Mail: info@bugg.de
www.gebaeudegruen.info

Favoritenstraße 50
1040 Vienna
Tel. +43 650 634 96 31
E-Mail: office@gruenstattgrau.at
www.gruenstattgrau.at

Автори:

M.Sc. Vera Enzi-Zechner, Dr. Gunter Mann, M.Sc. Felix Mollenhauer, M.Sc. Rebecca Landwehr, M.Sc. Katharina Mauss, M.Sc. Elisabeth Weiss-Tessbach, M.Sc. Tetiana Konchenko.

З подякою за додатковий внесок:

Ing. Pavel Dostal, Dr. Tobias Emilsson, M.Sc. Fernando Hidalgo, M.Sc. Péter Dezsényi, Chris Bridgman, M.Sc. Erich Steiner, M.Sc. Sophie Rousset-Rouvière, Prof. Patrice Prunier, Prof. Teresa Afonso do Paço, B.Sc. Isabella Costa.

Фотографії та графіка: Європейська федерація асоціацій зелених дахів і стін (EFB), Bundesverband GebäudeGrün e. V. (BuGG), Інноваційна лабораторія GRÜNSTATTTGRAU Austria (GSG)
Опублікована версія: 2025 (EU) (попередні версії: 2019 DE, 2021 AT, 2023 DE).

Відомості про українське видання

Український переклад цього видання підготовлено Громадською організацією «Українська асоціація зеленої інфраструктури» (UAGI) за офіційним дозволом European Federation of Green Roof and Living Wall Associations (EFB) відповідно до умов укладеної угоди про переклад. Метою підготовки українського видання є поширення сучасних наукових знань і європейського досвіду у сфері озеленення будівель, розвитку зеленої інфраструктури, адаптації міст до зміни клімату та впровадження природоорієнтованих рішень в Україні.

Усі права на оригінальний текст, фотографії, рисунки, графічні матеріали, ілюстрації та дизайн належать відповідним правовласникам. Український переклад підготовлено та використовується відповідно до умов дозволу, наданого EFB. Поширення українського видання здійснюється після погодження з EFB та відповідно до умов ліцензійної угоди. Фотографії, рисунки та інші графічні матеріали можуть використовуватися виключно в межах цього видання та не можуть відтворюватися окремо без письмової згоди відповідних правовласників.

Переклад: ГО «Українська асоціація зеленої інфраструктури» (UAGI) за редакцією Олександри Страшок

Верстка та адаптація графічних матеріалів: ГО «Українська асоціація зеленої інфраструктури»

Під час підготовки українського видання для лінгвістичного опрацювання тексту, літературного редагування, адаптації окремих графічних матеріалів і технічної підготовки макета використовувалися інструменти штучного інтелекту. Остаточний переклад, наукове редагування, перевірка змісту та відповідальність за текст українського видання належать Громадській організації «Українська асоціація зеленої інфраструктури» (UAGI).

Рекомендоване цитування

European Federation of Green Roof and Living Wall Associations. (2026). Переваги озеленення будівель: зелені дахи, стіни та вертикальне озеленення інтер'єрів. Збірник кількісних показників, даних і результатів досліджень. Українське видання. Наукова редакція та адаптація видання — Олександра Страшок. Київ: Ukrainian Association of Green Infrastructure (UAGI).

ЗМІСТ

1. Передмова	6
2. Переваги зелених дахів	10
2.1. Зниження температури поверхні	11
2.2. Зменшення ефекту міського теплового острова	13
2.3. Латентне тепло	14
2.4. Охолодження шляхом випаровування	14
2.5. Вологість повітря	17
2.6. Утримання води та використання сірої води	17
2.7. Біорізноманіття та міська природа	20
2.8. Якість повітря та поглинання забруднювальних речовин	24
2.9. Зберігання вуглецю	25
2.10. Шумопоглинання	25
2.11. Біомаса	26
2.12. Ізоляція	27
2.13. Подовження строку експлуатації будівель і захист матеріалів від пошкоджень	28
2.14. Економічна ефективність	29
2.15. Біосолярні зелені дахи	29
3. Переваги зелених стін	32
3.1. Температура поверхні	33
3.2. Ефект міського теплового острова	34
3.3. Випаровування, затримка води та вологість повітря	35
3.4. Біомаса	35
3.5. Накопичення вуглецю, очищення повітря та поглинання забруднювальних речовин	36
3.6. Теплоізоляція	37
3.7. Захист від шуму	39
3.8. Захист від сонячного випромінювання та затінення	39
3.9. Економічна доцільність та енергозбереження	40
3.10. Біорізноманіття та природа	40
3.11. Сприйняття	41
3.12. Пожежна безпека	42
4. Вертикальне озеленення інтер'єрів	43

4.1. Покращення здоров'я	43
4.2. Зниження стресу	43
4.3. Підвищення добробуту	43
4.4. Шумопоглинання	44
4.5. Зростання продуктивності	44
4.6. Підвищення концентрації	44
4.7. Поліпшення мікробіологічної якості повітря	45
4.8. Випаровування	45
5. Використані джерела	46
6. Про EFB — Європейську федерацію асоціацій зелених дахів і стін	60
7. Національні асоціації зелених дахів і зелених стін у Європі	61
8. Перелік науково-дослідних установ, що спеціалізуються на дослідженнях у сфері зеленого будівництва	67
Австрія	68
Чеська Республіка	68
Франція	68
Німеччина	69
Угорщина	71
Португалія	71
Іспанія	72
Швеція	72
Швейцарія	72
Великобританія	73
Україна	73
Додаток А. Принципи перекладу та редакційного опрацювання українського видання	74
Додаток Б. Основні терміни та їх українські відповідники	75

1. Передмова

Від авторів

Озеленення будівель — дахів, фасадів та внутрішніх просторів — є одним із найсучасніших і найперспективніших напрямів розвитку міського середовища. Його екологічні, соціальні, економічні та технічні переваги стали предметом численних досліджень і сьогодні підтверджені значною кількістю наукових праць. Зелені дахи та озеленені стіни відомі людству ще з давніх часів, однак їхнє сучасне технологічне впровадження в країнах Центральної Європи активно розпочалося у 1980-х роках. Сьогодні інтеграція зеленої інфраструктури та природоорієнтованих рішень у будівлі розглядається як один із ключових інструментів підвищення ефективності будівель і забезпечення сталого розвитку міст.

Озеленення будівель забезпечує широкий спектр екосистемних послуг, що охоплюють адаптацію до зміни клімату та пом'якшення її наслідків, управління дощовим стоком, регулювання мікроклімату, підвищення енергоефективності, покращення якості життя, здоров'я та добробуту населення, збереження біорізноманіття, підтримку циркулярної економіки, створення робочих місць, зміцнення продовольчої безпеки та стале використання міських ґрунтів. Озеленені покрівлі й фасади виконують важливу роль у регулюванні дощового стоку та функціонують як природна система охолодження міського середовища, сприяючи зменшенню проявів міського теплового острова. Водночас вони допомагають підтримувати комфортний температурний режим у будівлях упродовж року, знижуючи потребу в опаленні та кондиціонуванні повітря. Не менш важливими є їхній позитивний вплив на якість міського середовища, створення рекреаційних просторів, підвищення добробуту мешканців і формування оселищ для міської флори та фауни.



Джерело: GRÜNSTATTGRAU. Український переклад і графічна адаптація: ГО «Українська асоціація зеленої інфраструктури» (UAGI).

Практичний досвід свідчить, що досягнення очікуваних результатів значною мірою залежить від правильного вибору системи озеленення та врахування конструктивних особливостей конкретної будівлі — незалежно від того, чи йдеться про нове будівництво, реконструкцію або модернізацію існуючих об'єктів. Такий підхід дає змогу максимально реалізувати потенціал озеленення будівель з урахуванням потреб усіх зацікавлених сторін — власників, користувачів, органів місцевого самоврядування, інвесторів і суспільства загалом, а також природно-кліматичних умов конкретної території.

У цьому довіднику «Переваги озеленення будівель» представлено збірку найважливіших аргументів на користь озеленення даху, фасаду та інтер'єру, підкріплених вибраними результатами тестів і посиланнями — без претензій на повноту. Це також означає, що цей список можна доповнювати та змінювати.

European Federation of Green Roof and Living Wall Associations (EFB) висловлює щирі подяки своїм національним членам з Німеччини (BuGG) та Австрії (GRÜNSTATTGRAU) за можливість представити цю роботу в європейському масштабі та збагатити її джерелами, наданими іншими національними членами. Видання задумане як перший крок до створення простого довідкового ресурсу для забудовників, проєктувальників, науковців і консультантів. Ми бажаємо, щоб у містах з'являлося якомога більше реалізованих, «дзиччачих» від життя озелених будівель, які є справді природопозитивним внеском у міське середовище.

Передмова до українського видання

Озеленення будівель сьогодні є одним із найдинамічніших напрямів розвитку сучасних міст у всьому світі. Зелені дахи, озеленені фасади, фітостіни та системи вертикального внутрішнього озеленення вже давно стали невід'ємною складовою зеленої інфраструктури багатьох європейських країн. Вони розглядаються не лише як архітектурний елемент, а насамперед як ефективне природоорієнтоване рішення, що сприяє адаптації міст до зміни клімату, підвищенню енергоефективності будівель, покращенню якості міського середовища та збереженню біорізноманіття.

Яскравими прикладами такого підходу є відомі європейські проекти, зокрема *Bosco Verticale* у Мілані, а також численні громадські й житлові будівлі в Німеччині, Австрії, Швейцарії, Нідерландах та інших країнах, де озеленення будівель уже стало важливою складовою міської політики. Багаторічні наукові дослідження підтверджують, що правильно спроектовані системи озеленення будівель здатні зменшувати перегрівання міського середовища, утримувати дощові опади, покращувати якість повітря, підтримувати біорізноманіття, подовжувати строк експлуатації покрівель і фасадів, а також створювати комфортніші та здоровіші умови для життя людей.

В Україні цей напрям лише набуває розвитку. Уже реалізовано окремі успішні проекти, однак їх поширення поки що залишається обмеженим. Серед основних причин — недостатня обізнаність щодо переваг озеленення будівель, відсутність достатньо розвиненої нормативно-технічної бази, обмежений практичний досвід проектування й експлуатації таких систем, а також недостатня інтеграція природоорієнтованих рішень у політику розвитку міст. Водночас саме сьогодні Україна має унікальну можливість врахувати найкращий міжнародний досвід і впроваджувати сучасні підходи вже на етапі відновлення та модернізації міського середовища.

Повоєнна реконструкція України відкриває можливість створювати міста нового покоління — більш стійкі до кліматичних викликів, енергоефективні, екологічно збалансовані та комфортні для життя. Озеленення будівель має стати невід'ємною складовою цього процесу. Водночас надзвичайно важливо, щоб такі рішення впроваджувалися не як окремі декоративні елементи, а на основі науково обґрунтованих підходів, із використанням перевірених технологій, якісних матеріалів і професійного проектування. Лише комплексний підхід дозволяє повністю реалізувати екологічний, економічний і соціальний потенціал зелених дахів, озелених фасадів та живих стін.

Саме з цією метою Громадська організація «Українська асоціація зеленої інфраструктури» (UAGI) за офіційним дозволом *European Federation of Green Roof and Living Wall Associations (EFB)* підготувала офіційний український переклад цього видання. Ми прагнули зробити сучасні європейські знання доступними для архітекторів, ландшафтних архітекторів, інженерів, науковців, представників органів державної влади та місцевого самоврядування, девелоперів, викладачів і студентів.

Щиро сподіваємося, що ця праця стане цінним практичним ресурсом для фахівців, які займаються проектуванням, будівництвом, дослідженнями та управлінням міським середовищем, а також для всіх, хто долучається до відновлення й розвитку українських міст. Переконані, що

видання сприятиме ширшому впровадженню зеленої інфраструктури будівель, вертикального озеленення та інших природоорієнтованих рішень у процесах післявоєнного відновлення України.

*Олександра Страшок
кандидат біологічних наук,
керівниця та співзасновниця
ГО «Українська асоціація зеленої інфраструктури»,
спеціальна посланниця та керівник робочої групи з питань відновлення зеленої
інфраструктури на постконфліктних територіях World Green Infrastructure Network*

2. Переваги зелених дахів

Екстенсивні та інтенсивні зелені дахи є одним із найкраще досліджених природоорієнтованих рішень завдяки широкому спектру екосистемних послуг, які вони забезпечують. Починаючи з 1990-х років, їхні екологічні, соціальні, економічні та технічні переваги активно вивчаються науковою спільнотою в багатьох країнах світу. Сьогодні зелені дахи розглядають не лише як елемент підвищення ефективності та довговічності будівель, а й як важливий компонент зеленої інфраструктури, що забезпечує численні екосистемні послуги.



Інфографіка адаптована за матеріалами BuGG (Німеччина).

Українська версія: ГО «Українська асоціація зеленої інфраструктури» (UAGI), 2025.

Використано з дозволу European Federation of Green Roof and Living Wall Associations (EFB).

2.1. Зниження температури поверхні

Температура поверхні фасадів і покрівель суттєво впливає як на енергоефективність і теплотехнічні характеристики будівлі, так і на мікроклімат прилеглого міського простору. Саме тому в більшості наукових досліджень зелені дахи порівнюють із традиційними плоскими покрівлями — металевими, бітумними або гравійними, — аналізуючи їхню здатність зменшувати перегрівання будівель під час літніх хвиль спеки та впливати на річний тепловий баланс. Значне зниження теплопередачі в будівлю порівняно з гравійними, бітумними та металевими покрівлями.

- Добова амплітуда температури поверхні становить 50 К для бітумної покрівлі та лише 10 К для зеленого даху [2].
- Під екстенсивним зеленим дахом із шаром субстрату завтовшки 10–15 см теплопередача в літній день з інтенсивною сонячною радіацією зменшується на 30–60 % порівняно з гравійною покрівлею [3].
- Порівняно з бітумними та гравійними покрівлями температура поверхні зеленого даху може бути до 25 °С нижчою [2, 4].
- В одному з досліджень застосування ретенційного даху з водно-болотною рослинністю змінило річний температурний режим із діапазону від –5 °С взимку до +70 °С влітку до від +10 °С взимку до +30 °С влітку [5].
- У серпні 2012 року температура поверхні зеленого даху була нижчою майже на 17 °С, ніж температура поверхні еталонної покрівлі сірого кольору [6].
- Додаткове зрошення дає змогу знизити температуру поверхні зеленого даху до 10 К, а температуру на рівні гідроізоляційного шару — до 4 К [7].
- У посушливий літній період зрошувані зелені дахи забезпечують зниження температури гідроізоляційної мембрани до 5 К, а температури рослинного покриву — до 10 К порівняно з незрошуваними зеленими дахами [7].
- Інші міжнародні дослідження також повідомляють про значні температурні переваги зелених дахів, відзначаючи максимальну різницю температур поверхні до 33 °С порівняно з традиційними покрівлями [18–20].
- Зелені дахи можуть зменшувати літній тепловий потік через покрівлю приблизно на 70–90 % [136].
- У літній період різниця температур між традиційними та зеленими дахами становить близько 12 °С, тоді як взимку — близько 4 °С [137].
- За результатами одного з досліджень температура поверхні традиційної покрівлі в червні досягала 74,3 °С при добовій амплітуді 51,5 °С, тоді як температура поверхні зелених дахів була у 0,57–0,63 раза нижчою [138].
- Teemusk і Mander [91] дослідили температурний режим екстенсивного зеленого даху (товщина субстрату 10 см) і трав'яного даху (товщина ґрунтового шару 15 см) порівняно зі звичайними покрівлями з бітумним і металевим

покриттям. Незважаючи на вищу температуру поверхні зелених дахів, температура під шаром субстрату залишалася значно стабільнішою. Середня різниця між добовою амплітудою температур під шаром субстрату зелених дахів і на поверхні традиційних покрівель становила близько 20 °С. Восени та навесні ґрунтовий шар трав'яного даху характеризувався вищою температурою та меншою амплітудою коливань, ніж субстрат екстенсивного зеленого даху. Узимку температура під шарами субстрату озеленених дахів залишалася вищою, ніж на поверхні традиційних покрівель; середня амплітуда температур становила відповідно близько 1 °С та 7–8 °С.

- Solcerova та співавт. [92] встановили, що зрошувані зелені дахи були прохолоднішими вночі та дещо теплішими вдень порівняно з білими гравійними покрівлями. Це свідчить про здатність зелених дахів пом'якшувати нічний перегрів міського середовища саме в той період, коли ефект міського теплового острова проявляється найсильніше.
- Barylá та співавт. [93] досліджували зелені дахи із рослинами роду *Sedum* і порівнювали їх із традиційними покрівлями протягом червня–грудня 2016 року. Найбільші температурні відмінності спостерігалися у червні та липні, коли максимальна різниця температур поверхні між зеленим і традиційним дахом досягала 24 °С. У літній період температура поверхні зеленого даху вдень була приблизно на 5 °С вищою за температуру повітря. Атмосферні опади зменшували температурний градієнт у субстраті та добові коливання температури завдяки підвищенню його вологості. Водночас добова амплітуда температури поверхні залишалася більшою, ніж амплітуда температури повітря.

© EFB, Weiss-Tessbach E.



2.2. Зменшення ефекту міського теплового острова

Ефект міського теплового острова проявляється у підвищенні температури повітря в міських районах, особливо в центральних частинах міст, порівняно з навколишніми сільськими територіями. Очікується, що подальша урбанізація та зміна клімату сприятимуть посиленню цього явища. Унаслідок цього хвилі спеки ставатимуть тривалішими та інтенсивнішими, що підвищуватиме ризики для здоров'я, комфорту й добробуту населення.

Однією з основних причин формування міського теплового острова є теплова поведінка герметизованих поверхонь. Вона визначається коефіцієнтом поглинання сонячного випромінювання, щільністю, теплоємністю та теплопровідністю будівельних матеріалів, що призводить до накопичення тепла та збільшення відчутного теплового потоку. На відміну від штучних покриттів, рослинність і субстрат використовують частину сонячної енергії на випаровування води та транспірацію, завдяки чому забезпечують природний охолоджувальний ефект.

Якщо не зазначено інше, наведені нижче показники отримані в дослідженнях, проведених у континентальних кліматичних умовах Центральної Європи.

- Охолоджувальний ефект рослинності забезпечує зниження температури на 2,5–10 K, залежно від масштабу озеленення [13].
- У дослідженні, проведеному в Чикаго, встановлено, що використання зелених дахів дало змогу знизити температуру повітря до 3 °C [14].
- За результатами моделювання для сценаріїв широкомасштабного впровадження зелених дахів температура повітря знижувалася на 0,2–0,9 °C [15–17].
- В одному з досліджуваних міських кварталів сценарій помірної озеленення дахів, фасадів та інших елементів зеленої інфраструктури забезпечив зниження температури повітря на 2,2 °C, тоді як фізіологічно еквівалентна температура (PET) зменшилася до 22,3 °C, що свідчило про істотне покращення теплового комфорту [88].
- Neusinger (2012) встановив, що середня температура повітря на висоті 50 см над поверхнею зеленого даху була нижчою приблизно на 0,2 °C. Найбільший охолоджувальний ефект спостерігався у денний час: середнє зниження температури становило 0,6 °C, а максимальне — 1,5 °C о 14:00 [6].
- Berardi (2016) показав, що збільшення площі листового покриву зеленого даху сприяє зниженню температури на рівні тротуару приблизно на 0,4 °C протягом дня, тоді як на рівні покрівлі охолоджувальний ефект був ще вираженішим. Крім того, зелений дах знижував температуру перекриття безпосередньо під покрівлею [97].
- Dun та співавт. (2020) проаналізували супутникові знімки Landsat 8 для міста Сямень (Китай). У період з 2015 по 2019 рік у місті було створено близько 540 000 м² зелених дахів. Аналіз супутникових даних показав, що їх впровадження забезпечило зниження температури поверхні на 0,4–0,9 °C [90].

- Richter (2022) виконав систематичний огляд і метааналіз 123 наукових досліджень, присвячених ролі зелених дахів в адаптації до зміни клімату. За його результатами середня температура навколишнього середовища знижувалася приблизно на 0,6 °C (максимально — на 1,8 °C), тоді як максимальний потенціал охолодження досягав 3,8 °C. Найважливішими чинниками були достатнє водозабезпечення рослин і широкомасштабне впровадження зелених дахів [94].
- За умови широкого впровадження зелених дахів середня температура повітря в міських районах може знизитися на 0,3–3,0 °C [140].
- Результати досліджень свідчать, що зелені дахи здатні істотно послаблювати ефект міського теплового острова в літній період без погіршення теплотехнічних характеристик покрівлі взимку [138].
- За результатами моделювання екстенсивні зелені дахи, впроваджені у масштабах міста, можуть знижувати середню температуру навколишнього середовища на 0,3–3 K [140].

2.3. Латентна теплота

Латентна теплота є одним із ключових механізмів охолодження міського середовища. Коли частина сонячної радіаційної енергії використовується на випаровування води, вона перетворюється на латентну теплоту, а не на відчутне тепло. Унаслідок цього температура повітря над зволженими ґрунтами або субстратами, з яких відбувається випаровування, залишається нижчою. Зелені дахи сприяють формуванню латентного теплового потоку завдяки воді, накопиченій у субстраті, що підсилює їхній охолоджувальний ефект.

- Зелені дахи спрямовують 62–67 % сумарної сонячної радіації на формування латентного теплового потоку. Завдяки цьому значна частина енергії використовується на випаровування води, а не на нагрівання навколишнього повітря [8].
- Pisello та співавт. [95] поєднали переваги зеленого та прохолодного даху (cool roof), оптимізувавши добір рослин із високою відбивною здатністю (переважно зі світлим або білим листям і, за можливості, вічнозелених видів). У результаті кількість годин перегрівання всередині багатоквартирного будинку XVI століття в центральній Італії зменшилася на 98,2 %.

2.4. Охолодження шляхом випаровування

- Випаровування 1 м³ води забезпечує близько 680 кВт·год енергії випарного охолодження [2].
- На екстенсивних зелених дахах випаровується 60–75 % річної кількості атмосферних опадів [2].
- За результатами інших досліджень, шляхом випаровування повертається

41–48 % річної кількості атмосферних опадів [8].

- У літній період близько 58 % радіаційного балансу екстенсивного зеленого даху перетворюється на охолодження шляхом випаровування [9].
- На частково озелених інтенсивних зелених дахах із використанням великогабаритних контейнерів для рослин (Plantainers) випаровування протягом одного вегетаційного періоду становить 200 л/м² [10].
- За результатами дослідження Christen і Vogt:
 - за рівня озеленення поверхні 90–100 % близько 80 % доступної енергії сумарної сонячної радіації використовується на випаровування;
 - за рівня озеленення 0–30 % на випаровування витрачається лише близько 20 % сонячної енергії, тоді як решта сприяє нагріванню поверхні [11].
- Heusinger (2017) встановив, що інтенсивність випаровування екстенсивного зеленого даху становить 3,3 мм/добу [6]. Після випадання опадів коефіцієнт Боуена (співвідношення потоків явного та прихованого тепла) був меншим за 1. Це свідчить про переважання процесів випаровування, а отже, формування охолоджувального ефекту за умови, що об'ємна вологість субстрату перевищує 0,1 [12].
- Köhler і Kaiser (2018) встановили, що влітку евапотранспірація на зелених дахах із товщиною субстрату 16 см становить 2,0–2,5 мм/добу. Для зеленого даху із субстратом завтовшки 10 см добове випаровування становить 1,5–2,0 л/м², тоді як для даху із субстратом 16 см — 4,5 л/м² [7].
- Gößner та співавт. (2021) дослідили евапотранспірацію чотирьох різних конструкцій зелених дахів із різними дренажними елементами та товщиною субстрату в період із квітня по вересень 2021 року [96]:
 - конструкція з дренажним шаром 6 см, субстратом 15 см і трав'янистою рослинністю забезпечила евапотранспірацію 526 мм;
 - конструкція з дренажним шаром 2,5 см, субстратом 6 см і рослинністю роду *Sedum* — 370 мм;
 - конструкція з водоутримувальним елементом 8,5 см, субстратом 10 см і змішаною рослинністю — 488 мм.
- Залежно від забезпеченості водою зелені дахи можуть випаровувати понад 400 л/м² води на рік [135]. Така інтенсивність випаровування забезпечує середнє зниження температури навколишнього повітря приблизно на 1,34 °C [89].
- Евапотранспірація складається з двох процесів — випаровування та транспірації, які забезпечують відведення тепла шляхом випаровування й конвекції та становлять 51,5 % загального відведення тепла зеленими дахами [139].
- Зелені дахи, обладнані системою накопичення води та капілярного зрошення, характеризуються дуже високою інтенсивністю випаровування.

За таких умов представники роду *Sedum* у спекотні та посушливі періоди функціонують як рослини з С3-типом фотосинтезу [135].

© EFB, Enzi-Zechner V.



2.5. Вологість повітря

Вологість повітря впливає на випаровування через шкіру людини і, відповідно, безпосередньо визначає тепловий комфорт людей як на відкритому повітрі (влітку), так і в приміщеннях (узимку). Рослиність сприяє підвищенню вологості повітря та водночас отримує переваги від таких умов.

- У літній період вологість повітря над озеленими ділянками може бути до 20 % [4] або навіть до 40 % [21] вищою порівняно з неозеленими територіями.

2.6. Утримання води та використання «сірої» води

Зміна клімату, з одного боку, призводить до більш інтенсивних і тривалих періодів посухи, що зумовлює дефіцит водних ресурсів, а з іншого — до збільшення частоти та інтенсивності екстремальних опадів, які необхідно затримувати безпосередньо на місці їх випадання, щоб зменшити навантаження на муніципальні системи водовідведення та пов'язані з цим витрати.

Ефективне використання дощової води в межах ділянки для зменшення навантаження на системи водовідведення, а також очищення та повторне використання «сірої» води із застосуванням зелених дахів набувають дедалі більшого значення. Водночас важливо не лише акумулювати воду, а й забезпечувати її повернення до локального водного циклу шляхом випаровування, мінімізуючи потребу в додатковому штучному зрошенні.

Такий підхід відповідає принципам «губчастого міста» (Sponge City), концепція якого передбачає максимально можливе утримання, накопичення, очищення та повторне використання атмосферних опадів безпосередньо в межах міського середовища.

© EFB, Weiss-Tessbach E.



- У субстратах екстенсивних зелених дахів у середньому за рік утримується 75–90 % загальної кількості атмосферних опадів [22], [23].
- Водоутримувальна здатність субстратів екстенсивних зелених дахів залежить від їхньої товщини, складу та властивостей, а також від середньорічної інтенсивності опадів. Тому вона варіює від 0 % (за інтенсивності опадів понад 40 мм/год) до 100 % (за інтенсивності опадів менше 10 мм/год), а середня затримка стоку становить 3–5 годин [153].
- 65–70 % річної кількості атмосферних опадів утримується екстенсивними зеленими дахами із субстратом завтовшки 10 см, тоді як гравійна покрівля утримує лише 18 % [7].
- Протягом вегетаційного періоду екстенсивні зелені дахи із субстратом завтовшки 10 см утримують 80–90 % атмосферних опадів, тоді як гравійна покрівля – 29 % [7].
- Для збільшення водоутримувальної здатності можуть застосовуватися додаткові водоакумлювальні шари місткістю 53 л/м² [5].
- Інтенсивні зелені дахи утримують 60–99 % загальної кількості атмосферних опадів залежно від конструкції покрівельної системи, а їхня водоутримувальна місткість становить 30–160 л/м² [24].
- Дослідження гідрологічної поведінки зелених дахів із багат шаровою конструкцією показали [25]:
 - за товщини субстрату 8 см обсяг стоку становить 2,5–4,0 л/м² залежно від тривалості дощу;
 - товщина субстрату істотно впливає на водоутримувальну здатність зеленого даху;
 - чим довше триває дощ, тим меншим є вплив товщини субстрату;
 - коефіцієнт стоку (за методикою FLL) зростає під час тривалих дощів;
 - після повного насичення субстрату вода більше не затримується;
 - збільшення ухилу покрівлі з 2 до 6 % має незначний вплив на водоутримувальну здатність.
- Дослідження гідрологічної поведінки плоских покрівель із субстратною конструкцією завтовшки 8 см показали [26]:
 - у багат шарових конструкціях вода майже повністю відводиться протягом 3 годин (приблизно 98–99 %);
 - в одношарових конструкціях близько 98 % води відводиться протягом 23 годин.
- Близько 80 % досліджених видів рослин виявилися толерантними до використання «сірої» води [50].
- Екстенсивні зелені дахи забезпечують середнє зменшення обсягу дощового стоку на 58 %, тоді як інтенсивні зелені дахи – на 79 %. Крім того, застосування

екстенсивних зелених дахів дає змогу зменшити піковий стік у середньому на 71 % [89].

- Richter (2022) досліджував переваги зелених дахів для адаптації до зміни клімату шляхом «систематичного огляду, поглибленого аналізу та статистичної оцінки загалом 123 наукових досліджень». Отримані результати засвідчили, що в усіх проаналізованих дослідженнях зелені дахи забезпечували певний рівень утримання дощових вод, а також затримували початок стоку та момент досягнення його максимального значення. У середньому різні типи зелених дахів утримували близько 40 % дощових вод у зимові місяці та до 73 % — у літній період. Для окремих дощових подій були отримані значення утримання дощових вод на рівні 60 %, коефіцієнт пікового стоку — 0,37, а затримка початку стоку та досягнення його максимального значення становила відповідно 235 і 250 хвилин. На ефективність впливають такі чинники, як товщина субстрату, його попередня вологість, вік покрівлі, ухил, кількість та інтенсивність опадів, сезон, географічна широта, видовий склад рослин і склад субстрату. Порівняння нормативних підходів до гідрологічного проектування зелених дахів показало значні відмінності в оцінці їхньої ефективності. Майже в усіх порівняльних розрахунках сучасні методики, що застосовуються в німецькій проєктній практиці, демонстрували вищий рівень протипаводкового захисту через недооцінювання водоутримувальної здатності зелених дахів, а також вказували на ризик систематичного надлишкового проєктування розташованих нижче за течією дренажних систем [94].

© EFB, Palha P.



- Близько 80 % досліджених видів рослин виявилися толерантними до використання «сірої» води [50].
- Walker та співавт. встановили, що «сіра» вода з ванних кімнат і пральних машин є придатною для зрошення екстенсивних зелених дахів. Вимоги до якості поливної води переважно були дотримані. Водночас інтенсивність випаровування під час використання «сірої» води була на 10–20 % нижчою, ніж у разі використання водопровідної води. Проте використання «сірої» води можна рекомендувати як екологічно доцільніше рішення [121].
- Коефіцієнти стоку, що характеризують співвідношення між обсягом стоку та кількістю використаної поливної води, варіювали від 0,26 до 0,43 на зелених дахах із місцевими видами рослин, а також у поєднаннях судинних рослин і мохів [143].
- Середній рівень утримання атмосферних опадів за результатами 76 спостережень на зелених дахах у середземноморському кліматі становив 62 %, тоді як зменшення пікового стоку досягало 75 % [145].
- Між різними зеленими дахами спостерігаються значні відмінності у водоутримувальній здатності: від 6 л/м² для найменш водоутримувального даху до 532 л/м² для даху з найбільшою водоутримувальною здатністю [146].
- Зелені дахи із субстратами, класифікованими як «сільськогосподарські» та «змішані», можуть накопичувати більше води, ніж дахи з мінеральними субстратами (класифікація RMQS — французька база даних якості ґрунтів) [146].
- Такі зелені дахи із «сільськогосподарськими» субстратами завтовшки майже 30 см продемонстрували здатність ефективно регулювати стік під час дощових подій із повторюваністю один раз на 10 років [146].

2.7. Біорізноманіття та міська природа

З часом зелені дахи дедалі більше заселяються ґрунтовими організмами та іншими мешканцями цієї екосистеми, зокрема павуками й жуками. Біорізноманітні та інтенсивні зелені дахи виконують роль цінних міських оселищ («екологічних островів») для запилювачів і пов'язаних із ними трофічних ланцюгів, до яких належать птахи та кажани. Тварини використовують зелені дахи як екологічні коридори, що поєднують різні зелені зони міста, як джерело корму, а для окремих видів — і як місце гніздування. Біорізноманітні зелені дахи є спеціалізованими оселищами, які також підтримують широкий спектр рослинних видів, зокрема мохів, трав'янистих рослин і злаків. Дослідження зелених дахів віком понад 100 років показали, що на напівінтенсивних дахах можуть зростати навіть рідкісні види рослин (наприклад, орхідеї), а також понад 140 інших видів рослин.

Багато видів птахів, серед яких хатній горобець, чорний дрізд, синиці, коноплянка, вільшанка, чорна горихвістка, плиска, крижень, мартини, кулик-сорока, малий пісочник і чибіс, використовують зелені дахи як місця відпочинку, пошуку корму та навіть гніздування.

У деяких містах зелені дахи є складовою програм охорони окремих видів, наприклад чубатого жайворонка у Відні.

© BuGG, редаквано EFB 2025



- Екстенсивні зелені дахи насамперед відвідують літаючі запилювачі (дикі бджоли, метелики, дзюрчалки тощо), а також жуки, мурахи, представники ряду Напівтвердокрилі (*Hemiptera*), личинки двокрилих (*Diptera*) і сонечка [5].
- Порівняльне дослідження трьох зелених дахів (двох екстенсивних і одного інтенсивного) показало [28]:
 - екстенсивний зелений дах №1 — 78 особин жуків та 10 видів диких бджіл;
 - екстенсивний зелений дах №2 — 183 особини жуків та 13 видів диких бджіл;
 - інтенсивний зелений дах — 358 особин жуків та 18 видів диких бджіл;
 - встановлено, що лише за товщини субстрату не менше 15 см можуть виживати види, чутливі до посухи та морозу, а також формуватися повноцінні колообіги поживних речовин і трофічні взаємозв'язки.
- На п'яти досліджених зелених дахах було виявлено 51 вид диких бджіл [29].
- Дослідження, проведені у Швейцарії, показали [30]:
 - на зеленому даху із сухолучною рослинністю було виявлено близько 80 видів жуків;
 - на даху із рослинами виду *Sedum* — приблизно 5–10 видів жуків;
 - загалом було зареєстровано понад 300 видів жуків, із яких 30 занесені до Червоного списку;

- на зеленому даху віком близько 100 років було виявлено понад 175 видів рослин, зокрема 9 видів орхідей [30].
- Щодо судинних рослин [147]:
 - на 30 зелених дахах у Швейцарії було інвентаризовано 300 видів судинних рослин, що становить 21 % регіональної флори, серед яких 33 види (11 %) є рідкісними або перебувають під загрозою зникнення на регіональному рівні, а 8 видів (3 %) — на національному рівні;
 - у середньому на екстенсивному зеленому даху трапляється 36 видів, а на інтенсивному — 43 види; приблизно 50 % цих таксонів мають спонтанне походження;
 - найчастіше представленими родинами рослин є *Poaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Fabaceae* та *Lamiaceae* [147].
- Щодо мохоподібних (*Bryophyta*) [147]:
 - на 20 екстенсивних зелених дахах у Швейцарії було інвентаризовано 38 видів мохоподібних, що становить 10 % регіональної бріофлори; серед них 5 видів (13 %) є рідкісними або перебувають під загрозою зникнення на регіональному рівні, а 1 вид (3 %) — на національному рівні;
 - у середньому на екстенсивному зеленому даху трапляється 9 видів мохоподібних, тоді як на інтенсивному — 2 види [147].
- Дослідження Університету прикладних наук м. Бінген (2016), присвячене простому екстенсивному озелененню дахів, показало [31]:
 - видове різноманіття є суттєво вищим, ніж на гравійних покривлях;
 - близько 8 джмелів на 100 м²;
 - близько 2 медоносних бджіл на 100 м²;
 - близько 1 дикої бджоли на 100 м²;
 - близько 20 ос на 100 м²;
 - близько 32 дзюрчалок на 100 м²;
 - близько 10 мух на 100 м²;
 - інших комах — приблизно 38 особин на 100 м² [31].
- На сьогодні на зелених дахах зареєстровано 236 видів диких бджіл, які використовують їх як джерело корму та місця для гніздування [32].
- На 10 екстенсивних зелених дахах було виявлено 28 видів диких бджіл і 13 видів ос [33].
- На 9 зелених дахах (від екстенсивних до інтенсивних) у Відні було зареєстровано 90 видів диких бджіл. Встановлено, що збільшення кількості кормових рослин і наявність дрібнозернистих субстратів суттєво підвищують різноманіття та чисельність диких бджіл. Крім того, створення ділянок із дрібнозернистими та глибшими субстратами сприяє гніздуванню ґрунтогніздових та еосоціальних видів диких бджіл [113].
- Традиційні субстрати (наприклад, пуцолан) є менш придатними для гніздування ґрунтогніздових бджіл, ніж природний бурий ґрунт або

природний підґрунтовий шар [148].

- Catalano та співавт. (2018) неодноразово досліджували прості інтенсивні зелені дахи. Отримані результати показали, що видове різноманіття спочатку зростає з віком даху, а згодом стабілізується та зберігається на високому рівні протягом тривалого часу [98].
- Köhler та Ksiazek-Mikenas (2018) встановили, що адаптоване, цілеспрямоване управління та догляд забезпечують довготривале функціонування зелених дахів і сприяють збереженню біорізноманіття протягом тривалого часу [99].
- Vanstockem та співавт. (2019) статистично проаналізували чинники, що впливають на флористичне біорізноманіття 129 екстенсивних зелених дахів у Бельгії. Вік досліджених дахів становив від 1 до 19 років, а товщина субстрату — від 2 до 15 см. Результати дослідження показали, що рослинний покрив постійно змінюється, а товщина субстрату має істотно більший вплив на різноманіття рослинності, ніж характеристики навколишнього середовища [100].
- Filazzola та співавт. (2019) виконали метааналіз фауністичного біорізноманіття зеленої інфраструктури, приділивши особливу увагу зеленим дахам і зеленим фасадам. Із понад 1800 наукових публікацій лише 33 дослідження відповідали критеріям кількісного аналізу. За результатами статистичного опрацювання автори дійшли висновку, що озеленення дахів і фасадів суттєво підвищує різноманіття середовищ існування та позитивно впливає на досліджені групи організмів — птахів, членистоногих і нематод [101].
- Ksiazek-Mikenas (2017) порівняв кілька зелених дахів у Німеччині (Нойбранденбург і Берлін) з екстенсивними зеленими дахами Чикаго (США). Було підтверджено, що початкове структурне різноманіття є одним із ключових чинників формування біорізноманіття, а його позитивний вплив зберігається навіть через багато років після створення зеленого даху [102].
- Heller (2020) дослідив прямокрилих комах на зелених дахах Базеля, Цюриха та Аару [103]:
 - було обстежено 20 зелених дахів, зокрема для оцінювання впливу поєднання сонячних панелей із зеленими дахами на видове різноманіття;
 - зареєстровано 21 вид прямокрилих комах, а також богомола звичайного (*Mantis religiosa*) [103].
- Зелені дахи можуть підтримувати існування понад 100 видів комах [104].
- Збільшення кількості квіткових рослин, що є джерелом корму, сприяє зростанню різноманіття та чисельності диких бджіл [105].
- Інтенсивні зелені дахи, як правило, характеризуються вищим видовим різноманіттям, ніж екстенсивні [106].
- Чубатий жайворонок (*Galerida cristata*), чисельність якого скорочується в багатьох країнах світу, регулярно реєструється під час довготривалих досліджень як один із ключових видів птахів, що отримує переваги від біорізноманітних зелених дахів у Відні [122].
- Місцеві види рослин, які спонтанно зростають у міському середовищі, на

старих дахах і стінах, можуть бути перспективними для використання під час створення зелених дахів [142].

- Місцевий вид *Antirrhinum linkianum* за рівня зрошення, що становив 60 % еталонної евапотранспірації (E_{T0}), забезпечував достатнє квітування, формування насіння та належне проективне покриття рослинністю [142].
- Для групи місцевих видів рослин, які часто трапляються на старих дахах і стінах будівель, не виявлено істотних відмінностей між режимами зрошення на рівні 60 % і 100 % еталонної евапотранспірації (E_{T0}) [142].
- Використання двох режимів зрошення (100 % і 60 % еталонної евапотранспірації) не спричинило помітних відмінностей в естетичній цінності різних комбінацій місцевих судинних рослин і мохів, що свідчить про можливість суттєвої економії води під час зрошення зелених дахів у середземноморських умовах [144].
- Із 37 місцевих видів рослин (висаджених, висіяних або таких, що з'явилися спонтанно протягом шести років) близько 40 % успішно адаптувалися до умов екстенсивних зелених дахів у середземноморському кліматі [170].
- П'ять видів дикорослих їстівних рослин були визнані придатними — як за фізіологічними характеристиками, так і за гастрономічними властивостями — для розвитку сталого міського землеробства на зелених дахах у середземноморських умовах [149].
- За результатами екологічного відбору визначено 43 види мохів, стійких до екстремальних умов (близько 3 % усіх видів мохів Середземноморського басейну), які мають потенціал для використання на зелених дахах [152].
- Ріст мохів можна штучно прискорити, отримуючи придатний для використання на зелених дахах рослинний матеріал протягом 5–8 тижнів [151].
- Кількість запилювачів на інтенсивних і напівінтенсивних зелених дахах є порівнянною з показниками інших міських зелених територій [146].
- Ґрунти зелених дахів характеризуються високою мікробною біомасою — у середньому 129,4 мкг ДНК/г ґрунту, що приблизно вдвічі перевищує середнє значення, зафіксоване у французькій національній базі даних якості ґрунтів RMQS (59,2 мкг ДНК/г ґрунту) [146].

2.8. Якість повітря та поглинання забруднювальних речовин

Міська рослинність і ґрунти здатні затримувати та поглинати дрібнодисперсні тверді частинки й інші атмосферні забруднювачі, що надходять у повітря від промислових підприємств, будівель і транспорту. Ці забруднювачі негативно впливають на здоров'я людини, тому фільтрувальна функція рослинності має важливе значення. Ефективність очищення повітря залежить від здатності рослин осаджувати та затримувати частинки на поверхні листків, а також від площі листової поверхні, частки вічнозелених видів і особливостей конструкції озеленення.

- Зелені дахи здатні зв'язувати 7,3 г/м² оксидів азоту та сірки на рік [38].
- Порівняно з традиційними покрівлями зелені дахи забезпечують на 10–20 % вищу ефективність фільтрації атмосферних забруднювачів [39].
- Екстенсивні зелені дахи можуть затримувати до 10 г твердих частинок на 1 м² за рік [39].
- За умови озеленення всіх дахів у міському районі зелені дахи потенційно можуть затримувати до 1,6 т твердих частинок щороку [27].
- Масштабне впровадження зелених дахів сприяє зменшенню концентрацій чадного газу, вуглеводнів (зокрема бутану) та бензену, що надходять із вихлопними газами дизельних і бензинових двигунів, до 90 % порівняно з початковим рівнем [40].
- Dettmar (2020) встановив, що за умови правильного проектування зелений дах здатний ефективно затримувати тверді частинки повітря навіть на висоті до 100 м над рівнем землі [108].
- Brunetti та співавт. (2021) дослідили здатність зелених дахів очищувати воду з підвищеним вмістом азоту. На контрольному даху без рослинності (лише із субстратом) із дренажною водою вимивалося 94 % внесеного азоту, тоді як на озелененому даху — 67 %. Таким чином, рослинність забезпечувала утримання або трансформацію до 32 % внесеного азоту. Ефективність цього процесу можна підвищити завдяки правильному добору рослин і запобіганню водному стресу [109].
- Kigomuma та співавт. (2018) оцінили період вуглецевої окупності зелених дахів, врахувавши як накопичення CO₂ рослинністю, так і викиди, пов'язані з виробництвом конструкцій. Для екстенсивних зелених дахів він становив від 5,8 до 15,9 року, що свідчить про їхній позитивний внесок у скорочення викидів CO₂ протягом життєвого циклу [110].
- Рослини роду *Sedum* здатні затримувати 10–30 % дрібнодисперсних частинок розміром 0,3–5 мкм, що містяться в атмосферному повітрі [39].

2.9. Накопичення вуглецю

Зелені дахи здатні поглинати та накопичувати вуглець у рослинній біомасі й субстраті, сприяючи зменшенню концентрації вуглекислого газу в атмосфері. Ефективність накопичення вуглецю залежить від типу зеленого даху (екстенсивного чи інтенсивного), складу субстрату, видового складу рослинності, віку насаджень і особливостей догляду за ними.

- Через три роки після створення зеленого даху накопичення вуглецю становить 0,8–0,9 кг/м², що відповідає приблизно 800–900 кг вуглецю для зеленого даху площею 1000 м² [35].

- Мохи можуть накопичувати до 2,2 кг вуглецю на 1 м² за рік, що відповідає показникам інтенсивних лучних екосистем [36].
- Незрошувані екстенсивні зелені дахи поглинають у середньому 0,313 кг вуглецю на 1 м² за рік, або 313 кг для даху площею 1000 м² [12].
- Поглинання вуглекислого газу (CO₂) становить 0,375 кг/м²/рік [37].
- Екстенсивні зелені дахи в середньому поглинають близько 0,5 кг CO₂ на 1 м² за рік [37], [112].
- За результатами дослідження 28 зелених дахів у Швейцарії вміст органічної речовини в субстраті коливався від 0,7 до 12,7 % [153].

2.10. Шумопоглинання

Шумове забруднення є однією з характерних проблем сучасних міст і негативно впливає на здоров'я, самопочуття та якість життя населення. Завдяки наявності рослинного покриву й шару субстрату зелені дахи здатні поглинати та послаблювати звукові хвилі, зменшуючи проникнення шуму як у будівлю, так і в навколишній простір.

Шум, що надходить зверху:

- За сухого стану субстрату рівень зниження шуму становить 8 дБ, а за вологого – 18 дБ [5].
- Екстенсивний зелений дах із шаром субстрату 7 см забезпечує зниження шуму:
 - на частоті 1400 Гц – 5 дБ;
 - на частоті 750 Гц – 20 дБ [41].
- За товщини субстрату 15 см зниження шуму становить:
 - у діапазоні 50–2000 Гц – 5–13 дБ;
 - на частотах понад 2000 Гц – 2–8 дБ [43].

Шум, що поширюється збоку:

- Для екстенсивного плоского зеленого даху, розташованого поблизу джерела шуму (наприклад, автомобільної дороги), максимальне зниження шуму на частоті 1000 Гц становило 6 дБ [42].
- Інші результати досліджень
- Порівняльні дослідження зелених дахів різних конструкцій показали, що коефіцієнт звукопоглинання залежить від типу конструкції та коливається від 0,20 до 0,63 [5].
- Навіть екстенсивні зелені дахи з тонким шаром субстрату можуть суттєво зменшувати рівень шуму у внутрішніх приміщеннях. За різних умов зниження рівня шуму становить від 5 до 20 дБ [89].
- Лабораторні вимірювання звукоізоляції та польові дослідження зелених дахів із різною товщиною субстрату, вологістю та видовим складом рослинності показали, що втрати при передачі звуку на зелених дахах є більшими, ніж на традиційних покрівлях без рослинності, і становлять 10–20 дБ у

низькочастотному та середньочастотному діапазонах [154].

2.11. Біомаса

Рациональне використання біомаси, що утворюється внаслідок функціонування міських зелених насаджень, зокрема під час їхнього догляду та обслуговування, є відносно новим, але перспективним напрямом. Додаткові можливості відкриває впровадження проєктів, орієнтованих на вирощування корисних рослин, що дає змогу поєднати екологічні, енергетичні та економічні переваги зеленої інфраструктури.

Порівняльні показники енергетичного потенціалу біомаси [44]:

- Екстенсивний зелений дах (порівняно із сухими малопродуктивними луками) характеризується енергетичним потенціалом близько 13 МВт·год/га·рік, що відповідає приблизно 1,3 кВт·год/м²·рік.
- Напівінтенсивний зелений дах із чагарниковою рослинністю (порівняно із зеленими відходами міських парків) має енергетичний потенціал від 4 до 16 МВт·год/га·рік (або 0,4–1,6 кВт·год/м²·рік) залежно від обсягу сформованої біомаси.
- Інтенсивний зелений дах із газонною рослинністю (порівняно зі скошеною травою міських парків) характеризується енергетичним потенціалом близько 23 МВт·год/га·рік, що відповідає приблизно 2,3 кВт·год/м²·рік.

2.12. Теплоізоляція

У більшості міст світу спостерігається збільшення кількості спекотних днів і тропічних ночей. Зростання використання традиційних систем кондиціонування повітря призводить до підвищення споживання енергії та посилення антропогенного теплового навантаження на міське середовище. Водночас у холодний період року ефективна теплоізоляція дає змогу зменшити втрати тепла будівлями та скоротити витрати на опалення. У багатьох регіонах світу акцент поступово зміщується від потреби в опаленні до потреби в охолодженні будівель. Зелені дахи здатні покращувати теплоізоляційні характеристики будівель як узимку, так і влітку. Якщо не зазначено інше, наведені нижче результати отримані в умовах континентального клімату.

- Узимку зелений дах забезпечує додаткову теплоізоляцію конструкції покрівлі на 2–10 % [2].
- За товщини субстрату 10 см екстенсивний зелений дах забезпечує додатковий термічний опір (R-value) у межах 0,14–0,40 м²·К/Вт за максимального водонасичення, залежно від типу субстрату. Це відповідає приблизно 6–16 мм традиційного теплоізоляційного матеріалу класу WLG 040 [3].
- Узимку втрати тепла через екстенсивний зелений дах із товщиною субстрату 10–15 см є на 3–10 % меншими, ніж через гравійну покрівлю [1].
- Zhao та співавт. (2015) дослідили тепловий потік через зелений і традиційний дахи взимку. Встановлено, що теплопередача через зелений дах була на 23 % нижчою, ніж через традиційний дах, і на 5 % нижчою, ніж через дах, вкритий снігом [115].
- Peñalvo-López та співавт. (2020) дослідили енергоспоживання будівель із зеленими та традиційними дахами на середземноморському узбережжі Іспанії. У типовий літній день використання зеленого даху дозволяло зменшити витрати енергії на охолодження приблизно на 30 %, а взимку — витрати енергії на опалення приблизно на 15 % [116].
- На вже утеплених будівлях екстенсивні зелені дахи забезпечують економію енергії взимку до 8 %, тоді як інтенсивні зелені дахи — до 10 %. У літній період економія енергії на охолодження може досягати 84 %. Загалом зі збільшенням товщини шару субстрату підвищуються теплоізоляційні властивості зеленої покрівлі [117].
- Втрати тепла через покрівлю взимку можуть зменшуватися на 10–30 %, тоді як улітку тепловий потік через покрівлю знижується на 70–90 % [136].
- Озеленена покрівля суттєво зменшує добову амплітуду коливань температури порівняно зі звичайною гідроізоляційною мембраною, що свідчить про ефективніше збереження тепла всередині будівлі та обмеження теплообміну із зовнішнім середовищем [138].

2.13. Подовження строку експлуатації будівель і захист матеріалів від пошкоджень

Зелені дахи виконують функцію захисного буферного шару, який зменшує вплив температурних коливань, сонячного випромінювання та інших атмосферних чинників на покрівлю. Завдяки цьому сповільнюється старіння гідроізоляційних матеріалів, збільшується строк їхньої експлуатації та подовжується життєвий цикл будівлі. Крім того, зелені дахи забезпечують додатковий захист від граду, інтенсивність якого внаслідок зміни клімату зростає, що може сприяти зменшенню витрат на ремонт і страхування будівель. У контексті переходу до більш довговічного та сталого будівництва, а також необхідності підвищення частки реконструкції існуючих будівель,

зелені дахи є ефективним рішенням для підвищення їхньої довговічності та експлуатаційної надійності.

- Залежно від типу зеленого даху 40–80 % сонячного випромінювання поглинається або відбивається рослинністю (приблизно 50 % поглинається листям і 30 % відбивається) [45].
- Використання зеленого даху дозволяє подовжити строк служби гідроізоляції покрівлі на 10–20 років. Якщо типовий строк експлуатації гідроізоляції становить 20–30 років, то після влаштування екстенсивного зеленого даху він може збільшитися до 40 років, що дає змогу синхронізувати строки заміни гідроізоляції та конструкції зеленого даху [46].
- Дослідження стійкості зелених дахів до граду показали, що конструкції з товщиною субстрату не менше 80 мм мають високий рівень захисту. Відповідно до вимог ÖNORM B 3691 та ÖNORM L 1131, за таких умов гідроізоляційна мембрана не зазнає пошкоджень. Таким чином, зелений дах є ефективним захисним шаром, який запобігає пошкодженню гідроізоляції градом і зменшує ризик проникнення води всередину будівлі [89].
- BuGG (Bundesverband GebäudeGrün) у співпраці із ZVDH (Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks) у 2021 році провели опитування серед покрівельників щодо довговічності покрівельних систем. Більшість респондентів зазначили, що строк служби гідроізоляції до першого капітального ремонту перевищує 20 років як під зеленими, так і під біосонячними (biosolar) дахами. Для традиційних покрівель цей показник зазвичай становив 16–20 років, тоді як для покрівель із фотоелектричними панелями без озеленення — лише 11–15 років [118].
- Зелені дахи також знижують максимальну температуру покрівельної мембрани влітку більш ніж на 20 °C і добову амплітуду її температурних коливань приблизно на 30 °C. Це зменшує теплове старіння матеріалів, температурні напруження, вплив ультрафіолетового випромінювання та ризик механічних пошкоджень, що сприяє підвищенню довговічності гідроізоляційної мембрани [136].

2.14. Економічна ефективність

Для кожного інвестора, власника або управителя будівлі важливими є скорочення строку окупності інвестицій, оптимізація експлуатаційних витрат і забезпечення прозорих витрат на утримання об'єкта. Результати численних досліджень свідчать, що витрати на влаштування зелених дахів становлять лише незначну частку загального бюджету будівництва, водночас вони сприяють зменшенню енергоспоживання, підвищують ринкову вартість нерухомості та забезпечують додаткові економічні вигоди протягом життєвого циклу будівлі. Саме тому зелені дахи дедалі частіше розглядають як інвестицію, що має високий потенціал для державної підтримки та фінансування.

- Вартість улаштування зеленого даху становить близько 1,3 % загальної вартості будівництва будівлі [47].
- У багатоквартирних житлових будинках витрати на зелений дах можуть становити лише близько 0,4 % загальної вартості будівництва [47].
- Багатофункціональний зелений дах площею 5000 м² дає змогу економити до 6000 євро на рік завдяки використанню дощової води та охолоджувальному ефекту озеленення [13], [48].
- Теотоніо та співавтори дослідили готовність населення інвестувати у зелені дахи. Результати показали, що найбільшу готовність платити люди демонструють за експлуатовані зелені дахи, доступні для використання. Важливими чинниками є рівень обізнаності про їхні переваги та доступність таких рішень. Найбільшу цінність для респондентів становили рекреаційні можливості, які виявилися важливішими навіть за естетичні переваги [119].
- У літній період зелені дахи забезпечують зниження енергоспоживання на 2,2–16,7 % порівняно з традиційними покрівлями [155].

2.15. Біосолярні зелені дахи

У сучасних містах вільний простір є обмеженим ресурсом, а конкуренція за його ефективне використання постійно зростає. Одночасно перед містами постають нові виклики, пов'язані з досягненням кліматичних та енергетичних цілей Європейського Союзу, скороченням використання викопного палива й розвитком відновлюваних джерел енергії. За таких умов особливого значення набувають багатофункціональні рішення, що дозволяють поєднати кілька функцій в одному просторі.

Одним із найперспективніших таких рішень є біосолярні зелені дахи — системи, які поєднують озеленення покрівлі із сонячними фотоелектричними (PV) та/або сонячними тепловими установками. Інтеграція цих технологій створює позитивний синергетичний ефект: рослинність покращує умови роботи сонячних панелей завдяки охолодженню поверхні покрівлі, а сонячні модулі формують додаткові мікрооселища для рослин і сприяють підвищенню екологічної цінності покрівлі. Такі рішення одночасно підвищують енергоефективність будівель, сприяють адаптації до зміни клімату та забезпечують ефективніше використання міського простору. До основних переваг біосолярних зелених дахів належать:



Джерело: розроблено автором на основі матеріалів European Federation of Green Roof and Living Wall Associations (EFB), 2025.

- Під фотоелектричними (PV) модулями формуються нові оселища для тварин, що сприяє підвищенню біорізноманіття [107].
- На чотирьох біосолярних зелених дахах у районі Відня було зареєстровано 18 видів диких бджіл [156].
- Порівняно з бітумною покрівлею ефективність фотоелектричної системи на екстенсивному зеленому даху була на 6,5 % вищою [157].
- Охолодження, що забезпечується випаровуванням води рослинами, може зменшувати нагрівання фотоелектричних модулів і збільшувати виробництво електроенергії приблизно на 2,6 % [89].
- В іншому дослідженні ефективність фотоелектричної системи на екстенсивному зеленому даху була на 8,3 % вищою, ніж на бітумній покрівлі [158].
- Використання зеленого даху дозволяє збільшити виробництво електроенергії фотоелектричними панелями до $1,3 \pm 0,4$ % порівняно з бетонною покрівлею [159].
- Для фотоелектричних модулів із температурним коефіцієнтом $0,5$ %/K (наприклад, кристалічних кремнієвих модулів) встановлення над зеленим дахом забезпечує підвищення продуктивності приблизно на 4–5 % порівняно з бітумною покрівлею, що пояснюється зниженням робочої температури модулів приблизно на 8 K [49].

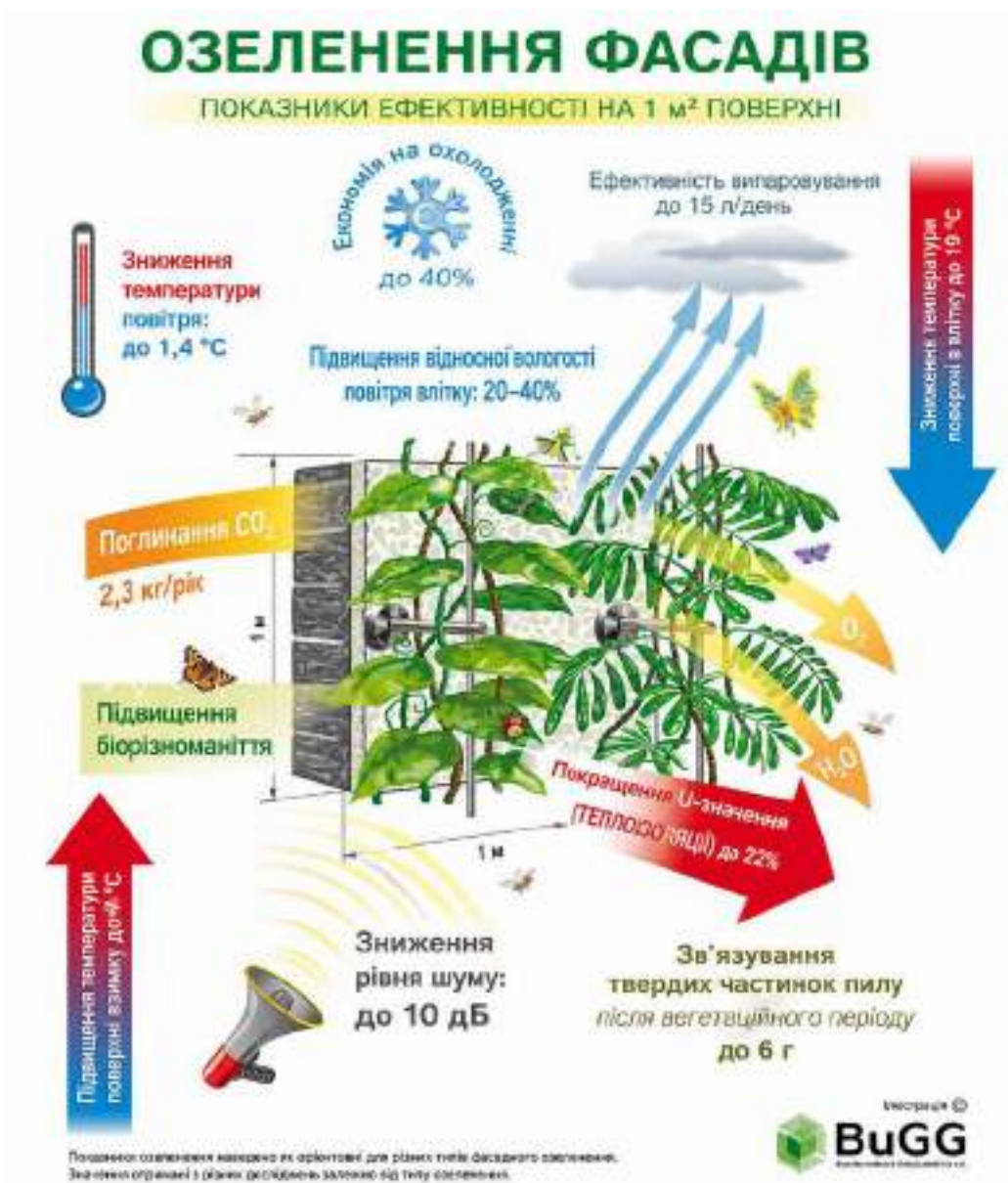
- За даними Henke (2017), додаткове підвищення ефективності фотоелектричних модулів у поєднанні із зеленими дахами становить від 0,8 до 8 % [161].
- Gupta та співавт. (2017) дослідили продуктивність фотоелектричних модулів, встановлених на зелених дахах і на бетонній покрівлі в умовах Сінгапуру. Експериментальні результати показали, що потужність біосолярної системи була приблизно на 8,6 % вищою, ніж у фотоелектричної системи, змонтованої на бетонному даху, тоді як максимальне підвищення коефіцієнта корисної дії сягало 3 %. Автори встановили, що випаровування води рослинами відіграє ключову роль у зниженні температури фотоелектричних елементів і підвищенні продуктивності систем у ясні дні з високою та стабільною сонячною радіацією. Водночас у дні з нижчим рівнем сонячного випромінювання інтенсивність випаровування зменшується, що може знижувати переваги біосолярних систем порівняно з фотоелектричними установками на бетонних дахах [120].
- Порівняння двосторонніх фотоелектричних модулів показало, що використання рослин зі сріблястим листям у поєднанні зі світлим субстратом (із вищим альбедо) забезпечує на 17 % більший виробіток електроенергії, ніж традиційний зелений дах [162].
- Наявність 8-сантиметрового шару озеленоного субстрату під фотоелектричною системою знизилася середню температуру поверхні покрівлі в літній період на 4,5 °C (серпень 2021 року) порівняно з фотоелектричною системою, встановленою без шару субстрату [163].

© EFB, Weiss-Tessbach E.



3. Переваги зелених стін

Зелені стіни та озеленені фасади із виткими рослинами є двома основними формами вертикального озеленення. Їхня ефективність залежить від конструктивних особливостей системи, використаних матеріалів та інтегрованих функціональних шарів. Більшість зелених стін, відомих також як живі стіни (living walls), являють собою вентилявані фасадні системи із повітряним прошарком між озелененням і стіною будівлі; окремі конструкції додатково містять теплоізоляційний шар. Ефективність озеленених фасадів із виткими рослинами значною мірою визначається біологічними особливостями рослин. Зокрема, вічнозелені види забезпечують інші функціональні характеристики, ніж листопадні, що впливає на їхню екологічну та енергетичну ефективність.



3.1. Температура поверхні

Температура поверхні фасадів істотно впливає як на енергетичну ефективність будівель, так і на мікроклімат прилеглого міського простору. Зелені фасади зменшують нагрівання зовнішніх стін завдяки затіненню та випаровуванню води рослинами, що сприяє зниженню температури поверхні огорожувальних конструкцій і поліпшенню теплового комфорту. У більшості досліджень ефективність вертикального озеленення оцінюють шляхом порівняння озелених і неозелених фасадів, насамперед у літній період або протягом повного річного циклу.

- Різниця температури поверхні між озеленими та неозеленими фасадами становить від 2 до понад 10 К [51].
- Озеленення фасадів забезпечує зниження температури поверхні на 8–19 °С [51].
- Температура поверхні озелених фасадів може бути до 11,6 °С нижчою, ніж температура неозелених стін [52].
- Порівняльні вимірювання показали, що озеленені фасади характеризуються найменшими добовими коливаннями температури зовнішньої поверхні стіни [53].
- Mazzali та співавт. (2013) порівняли температурний режим озелених і неозелених фасадів. У сонячні дні різниця температур між поверхнею неозеленої та озеленої стіни становила від 12 до 20 °С, тоді як у похмурі дні вона зменшувалася до 1–2 °С [124].
- Hoelscher та співавт. (2016) дослідили інтенсивність транспірації (за показниками сокоруху), температуру поверхні озелених і неозелених стін, а також температуру листків трьох видів витких рослин (*Parthenocissus tricuspidata*, *Hedera helix* та *Fallopia baldschuanica*). Додатково вимірювали температуру повітря, відносну вологість та інтенсивність вхідної сонячної радіації. Хоча помітного охолодження повітря у вуличному каньйоні не було зафіксовано, температура поверхні озелених фасадів була до 15,5 °С нижчою, ніж неозелених. Для внутрішньої поверхні стіни максимальна різниця становила 1,7 °С і спостерігалася в нічний час. Автори дійшли висновку, що основний охолоджувальний ефект забезпечує затінення фасаду рослинністю, тоді як внесок транспірації є меншим. Крім того, вертикальне озеленення зменшує радіаційні втрати тепла в нічний період. На думку авторів, озеленення фасадів є ефективним способом зниження теплового навантаження на будівлі за умови достатнього зрошення рослин (до 2,5 л/м² площі фасаду на добу) [126].
- За результатами узагальненого порівняльного дослідження різниця температури поверхні між озеленими та неозеленими фасадами

становить від 1 до 31,9 °C залежно від типу забудови та кліматичних умов [164].

- Навіть частково сформований зелений фасад ефективно перехоплює пряме сонячне випромінювання, знижуючи температуру зовнішньої поверхні стіни до 10,1 °C на південній експозиції та температуру повітря в приміщенні до 2,5 °C [165].
- Повністю сформований зелений фасад забезпечував зниження температури поверхні будівлі на 15,0–16,4 °C залежно від орієнтації фасаду завдяки ефективному екрануванню сонячної радіації, особливо у ранкові години [165].
- Дослідження також показало значний потенціал вертикального та покрівельного озеленення щодо зменшення міського перегріву. За повного озеленення огорожувальних конструкцій будівель максимальне зниження температури повітря на рівні покрівлі досягло 26,0 °C (у середньому вдень – 12,8 °C) в умовах Ер-Ріада, тоді як у вуличному каньйоні максимальне зниження температури становило 11,3 °C, а середнє денне – 9,1 °C [166].

3.2. Ефект міського теплового острова

Ефект міського теплового острова проявляється у підвищенні температури повітря в міських районах, особливо в центральній частині міст, порівняно з прилеглими сільськими територіями. Очікується, що зі зростанням площі міської забудови та посиленням кліматичних змін інтенсивність цього явища збільшуватиметься. Унаслідок цього хвилі спеки стають тривалішими й інтенсивнішими, що створює додаткові ризики для здоров'я населення.

Однією з основних причин формування міського теплового острова є властивості штучних водонепроникних поверхонь, які інтенсивно поглинають, накопичують і повторно випромінюють тепло. Ці процеси визначаються альбедо поверхні, її щільністю, теплоємністю та теплопровідністю. На відміну від них, рослинність і ґрунт використовують значну частину сонячної енергії на випаровування води та транспірацію, що забезпечує природне охолодження навколишнього середовища. Якщо не зазначено інше, наведені нижче показники отримані в умовах континентального клімату Центральної Європи.

- Для систем Living Wall (вентильована зелена стіна) температура повітря в безпосередній близькості до фасаду була на 1,3–3,5 K нижчою за температуру навколишнього повітря в теплий серпневий день [54].
- На відстані 60 см від озелененої стіни температура повітря була на 1,3 °C нижчою, ніж біля неозелененої контрольної стіни [52].
- Озеленені фасади з виткими рослинами, що ростуть із ґрунту, забезпечували зниження температури повітря приблизно на 0,8 °C [52].
- У спекотні літні дні вертикальне озеленення може забезпечувати охолодження повітря до 5 °C [55].
- За результатами узагальнення численних досліджень, зелені фасади та живі стіни в середньому сприяють зниженню міської температури повітря на 1,37 °C [89].

- Моделювання показало, що озеленені фасади можуть знижувати сприйману (відчутну) температуру навколишнього середовища до 13 °С [123].

3.3. Випаровування, затримка води та вологість повітря

Випаровування води є одним із ключових механізмів охолодження озелених фасадів. У процесі евапотранспірації значна частина сонячної енергії витрачається на випаровування води, що знижує температуру поверхні фасаду та навколишнього повітря. Одночасно рослинність сприяє підвищенню відносної вологості повітря, що впливає на формування мікроклімату та тепловий комфорт людей. Ефективність цих процесів залежить від виду рослин, забезпеченості вологою, конструкції системи озеленення та кліматичних умов.

- Виткі рослини на фасадах (за висоти фасаду 20 м) можуть забезпечувати випаровування 10–15 л/м² на добу, що відповідає охолоджувальному ефекту близько 280 кВт·год на фасад за добу [2].
- У літній період відносна вологість повітря поблизу озелених фасадів може бути на 20–40 % вищою, а взимку — на 2–8 % вищою порівняно з неозеленими фасадами [45].
- Панелі з коркового матеріалу здатні утримувати до 0,4 мм опадів після дощу. Це сприяє додатковому забезпеченню вологою фасадних систем озеленення з плющем (*Hedera helix*) і може покривати до 40 % їхньої добової потреби у зрошенні [167].

3.4. Біомаса

Стратегічне використання біомаси, утвореної міською рослинністю, зокрема під час проведення робіт з догляду за зеленими насадженнями, є відносно новим, але перспективним напрямом розвитку. Додаткові можливості відкриваються завдяки реалізації проєктів, спрямованих на вирощування корисних і функціонально цінних рослин у міському середовищі.

Доступні порівняльні оцінки енергетичного потенціалу біомаси [44]:

- Виткі рослини, що ростуть із ґрунту (порівняно з біомасою, отриманою під час обрізування плодівих дерев), залежно від типу біомаси мають енергетичну цінність 5–9 МВт·год/га·рік.
- Системи живих стін (Living Walls) (порівняно із сухими малопродуктивними луками) характеризуються енергетичною цінністю біомаси близько 13 МВт·год/га·рік.

- Опале листя витких рослин, що ростуть із ґрунту (розрахунок виконано для типового озеленого фасаду) має енергетичну цінність близько 23 МВт·год/га·рік.

3.5. Накопичення вуглецю, очищення повітря та поглинання забруднювальних речовин

Міська рослинність і ґрунти здатні затримувати та поглинати дрібнодисперсні тверді частинки й інші атмосферні забруднювачі, що надходять у повітря від промислових підприємств, будівель і транспорту. Ці забруднювачі негативно впливають на здоров'я людини, тому фільтрувальна функція рослинності має важливе значення. Ефективність очищення повітря залежить від здатності рослин осаджувати та затримувати частинки на поверхні листків, площі листової поверхні, частки вічнозелених видів, а також конструктивних особливостей системи озеленення. Крім того, озеленені стіни здатні накопичувати вуглець у рослинній біомасі, а ефективність цього процесу визначається типом конструкції, використаними матеріалами та особливостями догляду.

- Для вертикальної системи озеленення площею 1000 м² із шаром субстрату 20 см та виткими рослинами *Hedera helix* 'Wörner' (південна експозиція) встановлено поглинання близько 2,3 кг CO₂/м²·рік і продукування 1,7 кг O₂/м²·рік, що відповідає приблизно 2 т CO₂ на рік [56].
- Для діоксиду азоту (NO₂) ефективність фільтрації озелених фасадів становить 20–30 % [57].
- Після завершення вегетаційного періоду на листках *Parthenocissus* spp. накопичувалося близько 4 г пилу на 1 м², а на листках *Hedera* spp. — близько 6 г/м², що забезпечувало зменшення концентрації респірабельних твердих частинок до 71 % і, відповідно, сприяло очищенню повітря [58].
- Sternberg та співавт. (2010) за допомогою сканувальної електронної мікроскопії дослідили листки плюща (*Hedera helix* L.), зібрані поблизу автомобільних доріг. Метою роботи було оцінити здатність плюща затримувати пил і атмосферні забруднювачі, які прискорюють руйнування кам'яних споруд і негативно впливають на здоров'я людини. Результати показали, що плющ ефективно виконує функцію «пастки для частинок», особливо в районах із високою інтенсивністю руху транспорту. На його листках накопичувалися дрібнодисперсні частинки розміром менше 2,5 мкм та ультрадрібні частинки менше 1 мкм із максимальною щільністю до 2,9 × 10¹⁰ частинок/м². Автори дійшли висновку, що плющ може не лише зменшувати концентрацію атмосферних забруднювачів, а й сповільнювати процеси руйнування історичних кам'яних фасадів і знижувати ризик негативного впливу транспортних викидів на органи дихання населення [128].
- Озеленення фасадів дозволяє зменшити концентрацію твердих частинок PM₁₀

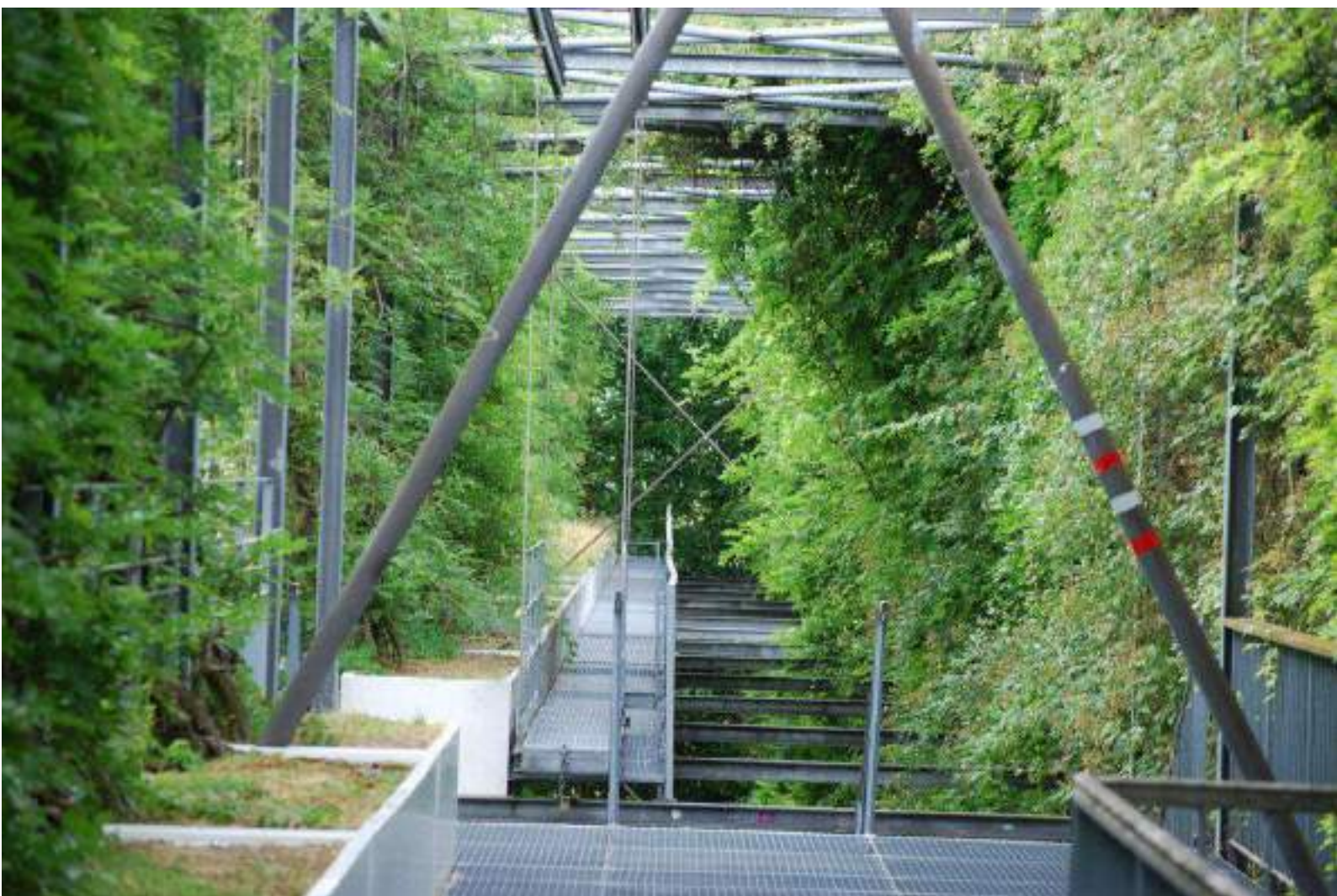
приблизно на 42–60 % [129], [130].

- Концентрація оксидів азоту може зменшуватися на 29 % завдяки зеленим дахам і на 11,7–40 % завдяки озеленим фасадам [89].
- Для вертикальної системи озеленення площею 98 м² середньорічне накопичення вуглецю становило 13,41–97,03 кг С [168].

3.6. Теплоізоляція

У більшості міст світу спостерігається збільшення кількості спекотних днів і тропічних ночей. Зростання використання традиційних систем кондиціонування повітря призводить до підвищення споживання енергії та посилення антропогенного теплового навантаження на міське середовище. Водночас у холодний період року ефективна теплоізоляція дає змогу зменшити втрати тепла будівлями та скоротити витрати на опалення. У багатьох регіонах світу акцент поступово зміщується від потреби в опаленні до потреби в охолодженні будівель. Вертикальне озеленення здатне покращувати теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій як у літній, так і в зимовий періоди. Якщо не зазначено інше, наведені нижче результати отримані в умовах континентального клімату.

© EFB, Вайс-Тессбах Е.



- Рослинний покрив на фасадах виконує функцію додаткового теплоізоляційного шару, зменшуючи енергетичні витрати на охолодження влітку та опалення взимку [164].
- Зелені стіни, розташовані на західному фасаді будівлі, забезпечували зниження температури внутрішньої поверхні стіни до 10 °C у денний час [169].
- В експериментальному дослідженні зелена стіна знижувала внутрішню (оперативну) температуру всередині модельної будівлі до 5 °C [169].
- Під час дослідження теплоізоляційних властивостей фасаду, вкритого плющем (*Hedera helix*), було встановлено, що різниця температур між зовнішньою поверхнею листкового покриву та поверхнею стіни становила близько 3 °C, що свідчить про теплоізоляційний ефект вертикального озеленення в зимовий період [58].
- Для живих стін (Living Walls) вимірювання, проведені взимку на громадській будівлі у Відні, показали, що температура в повітряному прошарку за системою озеленення сягала до 7 °C [59].
- Для неутепленого фасаду цієї ж будівлі вертикальне озеленення забезпечило зменшення теплового потоку приблизно на 50 % [1].
- Використання настінних систем вертикального озеленення дозволяє знизити коефіцієнт теплопередачі (U-value) приблизно на 22 %, що свідчить про покращення теплоізоляційних властивостей фасаду [131].
- Cameron та співавт. (2015) дослідили енергоспоживання експериментального цегляного модуля, заповненого водою та підтримуваного при постійній температурі 16 °C. Частина модулів залишалася без озеленення, тоді як інші були вкриті плющем (*Hedera helix*). Уже протягом першої зими озеленення забезпечило зменшення енергоспоживання на 21 % порівняно з неозеленими модулями. Протягом другої зими, після повного розвитку рослинного покриву, середня економія енергії досягла 37 %. Автори також встановили, що плющ сприяв підвищенню температури поверхні цегляної стіни взимку. Найбільший енергозберігальний ефект спостерігався за несприятливих погодних умов — під час низьких температур, сильного вітру та опадів [125].
- Perales та співавт. (2022) дослідили вплив індексу площі листкової поверхні (LAI, Leaf Area Index) на енергетичний баланс подвійного фасаду, озеленого бостонським плющем (*Parthenocissus tricuspidata*). Значення LAI змінювалося сезонно, що супроводжувалося відповідними змінами енергоспоживання будівлі: на початку літа (LAI = 4,8) економія енергії на охолодження становила 54 %; наприкінці літа (LAI = 4,4) — 30 %; восени (LAI = 1,7) потреба в опаленні збільшувалася на 5,4 %; узимку (LAI = 0,9) також спостерігалася збільшення

витрат на опалення на 5,4 %; навесні (LAI = 3,6) — на 11,9 %. Зростання енергоспоживання в холодний період року автори пов'язують із сезонною втратою листя. Крім того, дослідження підтвердило вплив орієнтації фасаду на енергетичну ефективність та виявило додатковий нічний теплоізоляційний ефект, за якого рослинний покрив виконував функцію теплового бар'єра [127].

3.7. Захист від шуму

Рівень шумового забруднення у містах постійно зростає, що негативно впливає на здоров'я, самопочуття та якість життя населення. Вертикальне озеленення здатне зменшувати проникнення шуму в будівлі, а також сприяти зниженню рівня шумового навантаження у міському середовищі завдяки поглинанню, розсіюванню та частковому відбиттю звукових хвиль.

- Шар плюща (*Hedera helix*) завтовшки 20 см забезпечував зниження рівня шуму приблизно на 5 дБ [60].
- Озеленений фасад із бостонським плющем (*Parthenocissus tricuspidata*), що росте безпосередньо з ґрунту, забезпечував зниження рівня шуму на 1,7 дБ, тоді як система Living Wall — на 2,7 дБ у діапазоні частот 500–1000 Гц [61].
- В іншому дослідженні фасад, озеленений бостонським плющем (*Parthenocissus tricuspidata*), забезпечував зниження рівня шуму на 4 дБ у діапазоні 500–1000 Гц [62] і на 5 дБ для частот понад 5000 Гц [61].
- Системи Living Wall залежно від частоти звуку, товщини субстрату та конструктивних особливостей забезпечували зниження рівня шуму від 4 до 9,9 дБ [63], а в окремих дослідженнях — близько 5 дБ [51].
- За результатами узагальнення численних досліджень, зелені дахи та озеленені фасади можуть зменшувати рівень шуму в міському середовищі до 10 дБ залежно від частоти звукових хвиль [89].

3.8. Захист від сонячного випромінювання та затінення

Багато інвесторів, власників будівель і управителів нерухомості прагнуть скоротити строк окупності інвестицій та забезпечити економічно ефективну експлуатацію будівель. Дослідження показують, що витрати на вертикальне озеленення є відносно невеликими порівняно із загальною вартістю будівництва. Озеленені фасади сприяють зменшенню споживання електроенергії, підвищують ринкову вартість нерухомості та можуть частково замінювати традиційні системи сонцезахисту.

- Листковий покрив витких рослин поглинає або відбиває 40–80 % сонячного випромінювання [45].

- Листопадні виткі рослини забезпечують затінення фасадів на 70–95 % у період повного розвитку листкового покриву [2].
- Використання рослинних сонцезахисних систем дозволяє зменшити витрати енергії на охолодження приблизно на 43 % [64].
- Для фасадів, озелених виткими рослинами на опорних конструкціях, коефіцієнт сонцезахисту відповідно до DIN 4108-2 становить 0,30–0,62 [65].
- На південних фасадах вертикальне озеленення забезпечує економію первинної енергії (опалення та охолодження) приблизно на 26 % порівняно з традиційними сонцезахисними системами [66].
- Порівняно з фасадами без сонцезахисту економія первинної енергії (опалення та охолодження) може досягати 49 % [66].
- Зелені фасади зменшують надходження сонячного випромінювання на поверхню огорожувальних конструкцій приблизно на 85–100 %, що істотно знижує їх нагрівання [51].
- Подвійний озелениний фасад може забезпечувати коефіцієнт затінення, порівнянний із показниками традиційних архітектурних сонцезахисних елементів, передбачених будівельними нормами (відступи фасаду, консолі, навіси, ламелі та інші конструкції) [165].

3.9. Економічна доцільність та енергозбереження

- Випробування, проведені за контрольованих температурних умов, продемонстрували високий потенціал подвійного озеленого фасаду як пасивної системи охолодження порівняно з еталонною конструкцією. За індексу площі листової поверхні (LAI) 3,5–4,0 у літній період за умов континентального середземноморського клімату було досягнуто економії електроенергії до 34 % [165].
- За умови широкомасштабного впровадження поєднання зелених дахів і озелених фасадів на рівні міста можна істотно зменшити інтенсивність міського теплового острова. Особливо в умовах спекотного клімату це дозволяє знизити температуру міського середовища до більш комфортного для людей рівня та забезпечити економію енергії на охолодження будівель від 32 до 100 %. У будівлях із невеликим навантаженням на охолодження потреба в кондиціонуванні може бути практично повністю усунена завдяки озелененню огорожувальних конструкцій. В інших випадках економія енергії також залишається значною і становить 35–90 % [166].
- Зелені стіни та зелені дахи сприяють формуванню комфортного теплового середовища як усередині будівель, так і в навколишньому міському просторі, підвищують тепловий комфорт населення та зменшують потребу у використанні активних систем кондиціонування повітря [141], [150], [164].

3.10. Біорізноманіття та природа

Біорізноманіття на озелених стінах є напрямом, що активно розвивається. Деякі виробники систем вертикального озеленення вже пропонують конструктивні елементи, призначені для підтримки існування тварин, а в окремих містах стимулюється інтеграція місць гніздування для цільових видів безпосередньо у фасади будівель. Екологічна цінність вічнозелених витких рослин як середовища існування для багатьох видів тварин є беззаперечною.

- Плющ звичайний (*Hedera helix*) використовується як оселище різними видами кажанів, птахів і комах [67], [68]. Зокрема, він забезпечує:
 - 6 видів кажанів;
 - 2 види метеликів;
 - дзюрчалки;
 - види бджіл і ос, що живляться нектаром;
 - пилки використовують павук-плющопряд (ivy silk spider), медоносні бджоли, дикі бджоли та оси;
 - плоди плюща є кормом для вільшанок, садових і звичайних горихвісток, чорних дроздів, дроздів і шпаків;
 - місця гніздування для чорного дрозда, жовтого вівчарика, канаркового в'юрка (Girnitz), зеленька, сірої мухоловки, волового очка та співочого дрозда.
- На 14 вертикальних системах озеленення у Відні (від фасадів із виткими рослинами, що ростуть із ґрунту, до систем Living Wall) зареєстровано 32 види диких бджіл, що належать до 12 родів. Найбільшу різноманітність виявлено на ділянках із *Nepeta faassenii* та видами роду *Sedum* [132].

3.11. Сприйняття

Порівняно із зеленими дахами, озеленені стіни найчастіше розташовані у вуличних каньйонах (відкритому громадському просторі) або у внутрішніх дворах будівель. Тому вони є більш доступним елементом міського озеленення, перебувають у безпосередній взаємодії з мешканцями та є значно помітнішими. Водночас у проєктах реконструкції будівель, особливо за наявності кількох власників, отримання згоди на впровадження будь-яких заходів з озеленення може бути складним. Саме тому громадське сприйняття вертикального озеленення має надзвичайно важливе значення.

- За результатами досліджень, 84 % мешканців будівель з озеленими фасадами та 68 % мешканців будівель без озеленення позитивно оцінюють вертикальне озеленення [69].

- Опитування продемонстрували високий рівень позитивного сприйняття та суспільного схвалення озелених фасадів [70].
- У щільно забудованих міських районах, де природних елементів бракує, озеленені стіни сприймаються як «частинка пам'яті про природу», що має особливо високу символічну цінність [71].
- Зелені фасади створюють зв'язок із природою в міському середовищі, де вона часто є обмеженою. Вони сприяють кращому сприйняттю природних процесів завдяки виразній сезонній мінливості та можливості спостерігати екологічні взаємозв'язки [72].
- Зелені фасади забезпечують візуальне різноманіття у часто одноманітному міському ландшафті. Це підсилює індивідуальність житлового середовища та сприяє формуванню локальної ідентичності [73].

3.12. Пожежна безпека

На відміну від зелених дахів, які в багатьох країнах класифікуються як «тверді покрівлі» (BROOF(t1)), для ширшого впровадження систем вертикального озеленення у містах, а також їх інтеграції до нормативної бази, виникла необхідність проведення суворих пожежних випробувань.

- У випадку життєздатних, належно доглянутих рослин горизонтальне поширення вогню є дуже обмеженим. Крім того, після усунення первинного джерела займання озеленені фасади здатні до самозагасання [111], [114].
- Займання здерев'янілих пагонів і листової маси рослинності можна очікувати за температури приблизно 500 °C [171].
- У проведених експериментах вдавалося уникнути досягнення температури 500 °C у рослинному покриві, якщо над пожежною камерою горизонтально встановлювали протипожежний бар'єр із сталевого листа завтовшки 1,0–2,0 мм, що мав достатній виступ. Такий результат було отримано незалежно від того, чи пліт був безпосередньо прикріплений до випробувального стенда, чи над ним була встановлена система модульного озеленення [171].

© EFB, Гедж Д.



4. Вертикальне озеленення інтер'єрів

Дослідження Федерального агентства з охорони навколишнього середовища Німеччини показують, що дорослі віком від 25 до 69 років проводять у приміщеннях у середньому близько 20 годин на добу, з яких 14 годин — у власних домівках. Рослини позитивно впливають на самопочуття людини, а чим ближче вони до повсякденного життя, тим відчутніший їхній вплив на добробут і комфорт у приміщенні.

4.1. Покращення здоров'я

Зелене середовище позитивно впливає на загальний стан здоров'я людини. Цей позитивний ефект проявляється не лише в житлових будинках і на робочих місцях, а й під час відновлення після тяжких захворювань та хірургічних операцій.

Покращення показників здоров'я (за результатами порівняльних досліджень «до–після»):

- зменшення загальної кількості зареєстрованих симптомів на 21–25 % [74];
- загальне зниження вираженості симптомів [75];
- зменшення частоти кашлю на 37–38 % [74];
- зменшення відчуття втоми на 30–32 % [74];
- зменшення проявів сухості шкіри на 11–23 % [74];
- зменшення частоти головного болю на 18–45 % [74];
- скорочення тривалості відновлення після хірургічних операцій [76].

4.2. Зниження стресу

Стрес має суттєвий негативний вплив на психічне та фізичне здоров'я людини як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі.

- За результатами порівняльного дослідження 47 % респондентів зазначили, що почуваються більш розслабленими у приміщенні з рослинами [77].

4.3. Підвищення добробуту

Самопочуття охоплює різні аспекти, зокрема фізичне, емоційне та економічне благополуччя. Наведені нижче дослідження стосуються фізичного благополуччя, яке ґрунтується на суб'єктивному сприйнятті людиною власного стану. Покращення самопочуття сприяє зменшенню дискомфорту та послабленню негативних симптомів.

- 93 % респондентів повідомили, що почувалися комфортніше в озеленому офісі та віддавали йому перевагу як робочому простору [77].
- Працівники, які працювали в офісах із рослинами, повідомляли про вищу загальну якість життя. Учасники досліджень, які перебували в озеленому середовищі, почувалися фізично й психологічно комфортніше та були більш задоволені своєю роботою порівняно з учасниками, які працювали в інших умовах [78], [79], [80].
- Порівняно з приміщенням без рослин, вертикальне внутрішнє озеленення завдяки підвищенню відносної вологості повітря сприяло зростанню сприйняття комфорту на 29 % [81].

4.4. Шумопоглинання

Шум негативно впливає на самопочуття та загальну якість життя людини. Тривалий вплив шуму може спричинити тимчасове або стійке порушення слуху, а також негативно позначатися на стані здоров'я. Він активує автономну нервову та гормональну системи, впливаючи на фізичне, психічне й соціальне благополуччя.

- Озеленення як високоефективний пористий звукопоглинальний матеріал скорочує (незалежно від конструкції системи) час реверберації та покращує розбірливість мовлення [86].
- Час реверберації зменшується на 0,2 с [77].
- Еквівалентна площа звукопоглинання відносно об'єму приміщення є вищою (0,53 порівняно з 0,43 або 0,33) [77].
- Озеленення фасаду забезпечує індекс звукоізоляції повітряного шуму 22 дБ [133].

4.5. Зростання продуктивності

Продуктивність — це обсяг роботи, який людина здатна виконати за певний проміжок часу. Вона залежить від багатьох чинників. Продуктивна людина працює ефективно, раціонально використовує свій час, досягає кращих результатів за короткий час і зберігає високу мотивацію. Продуктивність зростає на 15% в офісах із рослинами (82).

- Продуктивність праці в офісах із рослинами зростає на 15 % [82].
- Наявність рослин у робочому середовищі позитивно впливає на продуктивність праці та ефективність виконання роботи [83], [134].
- Мотивація працівників у озелених робочих просторах зростає на 29 % [77].

4.6. Підвищення концентрації

Увага — це зосередження свідомих ресурсів на певному об'єкті або явищі. Об'єктом уваги можуть бути сприйняття навколишнього середовища, власна поведінка та дії, а також думки й почуття. Концентрація є показником інтенсивності та тривалості уваги і часто розглядається в контексті навчання та освітнього середовища.

- У кабінетах і навчальних класах із рослинами кількість випадків порушення концентрації зменшувалася на 16 % [74].
- Час реакції у присутності рослин був на 12 % коротшим, ніж за їх відсутності [84].

4.7. Поліпшення мікробіологічної якості повітря

Після пандемії COVID-19 проблема мікробного забруднення повітря у внутрішніх приміщеннях, особливо в дитячих садках, школах, лікарнях і кабінетах лікарів, набула особливої актуальності.

- У приміщенні з рослинами бактеріальне навантаження повітря в середньому було на 65–72 % нижчим, ніж у подібному приміщенні без рослин [34].
- Домогосподарства з більшою кількістю кімнатних рослин характеризувалися нижчим вмістом бактерій людського походження у домашньому пилу [160].

4.8. Випаровування

Випаровування рослин у приміщенні виконує подвійну функцію. З одного боку, воно сприяє цілеспрямованому регулюванню вологості повітря впродовж року (зокрема, усуваючи надмірну сухість повітря під час опалювального сезону, яка є одним із чинників погіршення здоров'я та комфорту мешканців), а з іншого — забезпечує гіротермально комфортний мікроклімат для користувачів будівель.

- Дослідження, проведені в межах науково-дослідного проекту [85], показали:
 - випаровування вертикального внутрішнього озеленення — 50 г/м²/год;
 - відносна вологість повітря у закритому озеленому офісному просторі була на 20 % вищою, ніж у контрольному приміщенні без рослин;
 - за відкритих дверей відносна вологість залишалася на 8–14 % вищою.
- В озеленому офісі було зафіксовано підвищення відносної вологості повітря приблизно на 15–20 % [77].
- Під час опалювального сезону тривалість періоду, коли мікроклімат у приміщенні відповідає гіротермально комфортним умовам, у приміщеннях із рослинами була на 60 % більшою, ніж у приміщеннях без озеленення [87].



5. Використані джерела

1. Scharf, Bernhard, Pitha, Ulrike und Trimmel, H. Thermal performance of green roofs. Copenhagen World Green Roof Congress, 2012. https://www.academia.edu/6649533/Thermal_performance_of_green_roofs
2. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung. Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung, Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2010. http://www.gebaeudekuehlung.de/SenStadt_Regenwasser_dt.pdf
3. Köhler, Manfred und Malorny, Winfried. Wärmeschutz durch extensive Gründächer. Europäischer Sanierungskalender 2009. 2009, S. 195–212.
4. Sukopp, H. und Wittig, R. Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis. 1993, S. 125 ff.
5. Pfoser, Nicole, et al. Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. s.l.: Technische Universität Darmstadt, 2013.
6. Heusinger, J. und Weber, S. Untersuchung mikroklimatischer Aspekte von Dachbegrünungen mittels Messung und Modellierung. TU Braunschweig: s.n., 2013.
7. Köhler, Manfred, Kaiser, Daniel und Wolff, Fiona. Regenwassermanagement mit bewässerten Gründächern zur Gebäudeklimatisierung sowie zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität. s.l.: Hochschule Neubrandenburg, 2018. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2022/bbsr-online-33-2022-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2
8. Harlaß, R. Verdunstung in bebauten Gebieten. s.l.: Universität Dresden, 2008. <https://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A23856/attachment/ATT-0/>
9. Schmidt, M. Energy saving strategies through the greening of buildings. The example of the Institute of Physics of the Humboldt-University in Berlin-Adlershof, Germany. Rio de Janeiro, Brasil: World Energy and Climate Event, 2003. http://www.rio12.com/rio3/proceedings/RIO3_481_M_Schmidt.pdf
10. Bambach, G. Feuchtigkeit in Grünen Wänden messen und steuern. Tagungsband 5. FBB-Symposium Fassadenbegrünung. 24. 10 2012. https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-symposien/Fassadenbegruenungssymposium/5_FBB-Fassadenbegruenungssymposium_2012.pdf
11. Christen, A. und Vogt, R. Energy and radiation balance of a central European city. International Journal of Climatology 24(11). 2004, S. 1395–1421. <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1074>
12. Heusinger, Jannik und Weber, Stephan. Mikrometeorologische Quantifizierung der Energiebilanz, der Verdunstung und des CO₂-Austausches eines extensiven Gründaches. Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2017. 2017, S. 59. https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/wgic_vortraege/Heusinger_Jannik.pdf
13. Dörries, J. und Zens, U. Multifunktionale Dachvegetation. Garten und Landschaft Jg. 113, Nr.10. 2003, S. 22 ff.

14. Smith, K. und Roebber, P.J. Green Roof Mitigation Potential for a Proxy Future Climate Scenario in Chicago, Illinois. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(3). 2011, S. 507–522. <https://journals.ametsoc.org/view/journals/apme/50/3/2010jamc2337.1.xml>
15. Ng, E. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. *Building and Environment*, 47. 2012, S. 256–271. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132311002228>
16. Rosenzweig, C. Mitigating New York City's heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces A report to the New York State Energy Research and Development Authority. 2006. <https://www.nyserda.ny.gov/-/media/Project/Nyserda/Files/Publications/Research/Environmental/EMEP/NYC-Heat-Island-Mitigation.pdf>
17. Peng, L.L.H. und Jim, C.Y. Green-Roof Effects on Neighborhood Microclimate and Human Thermal Sensation. *Energies*, 6(2). 2013, S. 598–618. <https://www.mdpi.com/1996-1073/6/2/598>
18. DeNardo, J.C. Stormwater mitigation and surface temperature reduction by green roofs. *Transactions of the ASAE*, 48(4). 2005, S. 1491–1496. <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=19181>
19. Jim, C.Y. Effect of vegetation biomass structure on thermal performance of tropical green roof. *Landscape and Ecological Engineering* 8(2). 2011, S. 173–187. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11355-011-0161-4>
20. Takebayashi, H. und Moriyama, M. Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. *Building and Environment*, 42(8). 2007, S. 2971–2979. <https://da.lib.kobe-u.ac.jp/da/kernel/90000587/90000587.pdf>
21. Stifter, R. *Dachgärten - Grüne Insel in der Stadt*. Stuttgart: s.n., 1988.
22. Kolb, W. Abflussverhältnisse extensiv begrünter Flachdächer. *Zeitschrift für Vegetationstechnik*. 1987, S. 111-115.
23. Liesecke, H.-J. Untersuchungen zur Wasserrückhaltung extensiv begrünter Flachdächer. *Zeitschrift für Vegetationstechnik*. 1988, S. 56-66.
24. Appl, R. und Mann, G. *Gründächer und Dachgärten*. [Buchverf.] Manfred Köhler. *Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung – Konstruktion – Ausführung*. Köln: s.n., 2012.
25. Palmaricciotti, Giovanni. Abbildung von Extremniederschlägen zur Berechnung des Abflussverhaltens von Dachbegrünungen. *Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2015*. 2015, S. 10-15. https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-symposien/Gruendachsymposium/13_FBB-Gruendachsymposium_2015.pdf
26. Lösken, Gilbert. Abflussverhalten von Extensivbegrünungen bei 0-Grad-Dächern. *Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2015*. 2015, S. 16-26. https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-symposien/Gruendachsymposium/13_FBB-Gruendachsymposium_2015.pdf
27. Mersmann, Marco. Quantifizierbarkeit der Abkühlungswirkung. *Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2011*. 2011, S. 46-50.
28. Mann, Gunter. Faunistische Untersuchungen von drei Dachbegrünungen in Linz. Dachbegrünungen als ökologische Ausgleichsflächen. *Öko-L Zeitschrift für Ökologie, Natur- und Umweltschutz* 18/3. 1996, S. 5 ff. https://www.zobodat.at/pdf/OEKO_1996_3_0003-0011.pdf

29. Köhler, M. und Ksiazek, K. Untersuchungen zur Biodiversität begrünte Dächer. 12. Internat. FBB-Gründachsymposium: s.n., 2014.
https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-symposien/Gruendachsymposium/12_FBB-Gruendachsymposium_2014.pdf
30. Brenneisen, Stephan. Biodiversitätsförderung mit Dachbegrünung - Wie kann die ökologische und naturschutzfachliche Ausgleichs- und Ersatzfunktion optimiert werden? Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2017. 2017, S. 28.
https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/wgic_vortraege/Brenneisen_Stephan.pdf
31. Hietel, Elke. Biodiversität begrünter Dächer. Ergebnisse eines Forschungsprojektes der Forschungsinitiative RLP. Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2016. 2016, S. 8.
https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-vortraege/ditzingen2016/GDS_2016_Elke_Hietel_Biodiversitaet.pdf
32. Hofmann, Michaela. Wildbienen auf Gründächern - Hoch hinaus. GebäudeGrün. 2017, 2, S. 25-29.
33. Witt, R. Wildbienen und Wespen auf Gründächern - Ergebnisse einer Studie aus dem Jahr 2015. Stadt + Grün. 3/2016, S. 35-40 <https://stadtundgruen.de/artikel/wildbienen-und-wespen-auf-gruendaechern-8614>
34. Wolverton, B.C. & Wolverton, J.D.. (1996). Interior plants: their influence on airborne microbes inside energy-efficient buildings. J. Miss. Acad. Sci.. 41. 99-105.
<https://www.calameo.com/read/000914374aa662fe8cbb0>
35. Herfort, S., Tschuikowa, S. und Ibanez, A. CO₂-Bindungsvermögen der für die Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Berlin: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte Humboldt Universität, 2012.
https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-untersuchungen/F002_co2_bindung.pdf
36. Frahm, J.-P. Schadstofffilterung auf dem Dach mit Moosen. Tagungsband 7. Internationales FBBGründachsymposium in Ditzingen 2009. 2009, S. 28-31.
https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-symposien/Gruendachsymposium/7_FBB-Gruendachsymposium_2009.pdf
37. Getter, K., et al. Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs. s.l.: Environmental Science Technology 43, 2009. S. 7564-7570.
<https://lter.kbs.msu.edu/docs/robertson/Getter2009EnvSciTech.pdf>
38. Yang, J., Yu, Q. und Gong, P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. s.l.: Atmospheric Environment 42, 2008. S. 7266-7273.
https://www.researchgate.net/publication/222705703_Quantifying_air_pollution_removal_by_green_roofs_in_Chicago
39. Gorbachevskaya, O., Herfort, S. (2012): Feinstaubbindungsvermögen der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin, 2013.
https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-untersuchungen/F001_feinstaubbindung.pdf
40. Liesecke und Borgwardt. Abbau von Luftschadstoffen durch extensive Dachbegrünung. Versuche mit vorkultivierten Vegetationsmatten und granuliertem Aktivkohle. Stadt und

- Grün. 1997, 46.
41. Lagström, J. Do Extensive Green Roofs Reduce Noise? Malmö: s.n., 2004.
 42. Van Renterghem, T. und Botteldooren, D. Numerical evaluation of sound propagating over green roofs. 2008, Journal of Sound and Vibration 317 (3-5), S. 781-799. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022460X08002654>
 43. Connelly, M. und Hodgson, M. Thermal and Acoustical Performance of Green Roofs. Sound Transmission Loss of Green Roofs. Baltimore: s.n., 2008. https://commons.bcit.ca/greenroof/files/2012/01/2008_grhc_connelly_hodgson.pdf
 44. Hegger, M. UrbanReNet. Vernetzte regenerative Energiekonzepte im Siedlungs- und Landschaftsraum. Schlussbericht, Anlage II. 2012. https://www.researchgate.net/profile/Christoph-Drebes/publication/311100248_UrbanReNet_I_-_Vernetzte_regenerative_Energiekonzepte_im_Siedlungs-_und_Landschaftsraum/links/583d7ad908ae8e63e614d928/UrbanReNet-I-Vernetzte-regenerative-Energiekonzepte-im-Siedlungs-und-Landschaftsraum.pdf
 45. Rath, J., Kiessl, K. und Gertis, K. Auswirkungen von Fassadenbegrünung auf den Wärme- und Feuchtehaushalt von Außenwänden und Schadensrisiko. Stuttgart: s.n., 1989. <https://www.irbnet.de/daten/rswb/89009501418.pdf>
 46. Hämmerle, Fritz. Kosten und Nutzen von Dachbegrünungen. 2002.
 47. Freie und Hansestadt Hamburg. Ökonomische Lebenszyklusbetrachtung. 2017, Hamburgs Gründächer - Eine ökonomische Bewertung, S. 16-17. <https://www.hamburg.de/resource/blob/281306/8023dad2c3130442c4683b45ca71beed/d-eine-oekeonomische-berwertung-data.pdf>
 48. Kaiser, M. Kühlen mit Regenwasser. s.l.: Erneuerbare Energie, Zeitschrift für eine nachhaltige Energiezukunft, 2008. <https://www.aee.at/zeitschrift-erneuerbare-energie?id=251>
 49. Wölfl, K. Dachbegrünung erhöht Erträge der Photovoltaik. Versuchsanlage liefert den Beweis. s.l.: ZinCo GmbH, 2011. <https://www.zinco.de/solarmessung>
 50. Jauch, Martin. Aus Grün wird Grau - Bewässerung extensiver Dachbegrünungen mit Grauwasser. Tagungsband 12. Internationales FBB-Gründachsymposium in Ditzingen 2014. 2014, S. 31. https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-symposien/Gruendachsymposium/12_FBB-Gruendachsymposium_2014.pdf
 51. Pfoser, Nicole. Fassade und Pflanze - Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. s.l.: Dissertation, TU Darmstadt, 2016. https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf
 52. N.-H. Wong. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. Building and Environment, 45(3). 2010 b, S. 663–672. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls - ScienceDirect
 53. Brandhorst, Jörg. Grundlagen der Bauphysik begrünter und unbegrünter Wände. Tagungsband 7. Internationales FBB-Symposium Fassadenbegrünung in Berlin 2014. 2014, S. 40-46.. https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-symposien/Fassadenbegruenungssymposium/7_FBB-

- Fassadenbegruenungssymposium_2014.pdf
54. Pfoser, N. Schadensvermeidung bei der Anbringung von Fassadenbegrünung. Biotope City – International Journal for City as Nature. 2012.
 55. Matzinger, Andreas. Integrierte Maßnahmenplanung unter Berücksichtigung der vielfältigen Potenziale der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS. Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2017. 2017, S. 82
 56. Schröder, F.-G. Automatisierte, biologische, senkrechte, städtische Fassadenbegrünung mit dekorativen funktionellen Parametern; Abschlussbericht zum Kooperationsprojekt im Rahmen von PRO INNO II. Dresden: Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, 2009.
 57. KIT. „Grüne Wände“ gegen Luftverschmutzung. Anpflanzungen an Straßen reduzieren die Belastungen deutlicher als bislang angenommen. s.l.: Presseinformation Nr. 130, le, 21.08.2012, 2012.
https://www.kit.edu/downloads/pi/KIT_PI_2012_130_Gruene_Waende_gegen_Luftverschmutzung.pdf
 58. Bartfelder, F. und Köhler, M. Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünungen. Berlin: PhD Technische Universität Berlin, 1987.
 59. Scharf, B., Pitha, U. und Oberarzbacher, S. Living Walls - more than scenic beauties. s.l.: IFLA – International Federation of Landscape Architects, Landscapes in Transition, 2012.
https://www.academia.edu/6649534/Living_Walls_more_than_scenic_beauties
 60. Köhler, M. Historie und positive Wirkung von Fassadenbegrünungen. Tagungsmappe 1. FBB- Fassadenbegrünungssymposium 2008 in Remscheid. 2008, S. 14 f.
 61. Feldmann, J., Möser, M. und Volz, R. Umweltbelastung durch Verkehrsgeräusche sowie Aspekte der Schallausbreitung und Schallabsorption in Straßenschluchten. o.J.
https://www.researchgate.net/profile/Rudi-Volz/publication/322601365_Umweltbelastung_durch_Verkehrsgeraeusche_sowie_Aspekte_der_Schallausbreitung_und_Schallabsorption_in_Strassenschluchten/links/5a6218554585158bca4afe84/Umweltbelastung-durch-Verkehrsgeraeusche-sowie-Aspekte-der-Schallausbreitung-und-Schallabsorption-in-Strassenschluchten.pdf
 62. Buchta, E., Hirsch, K. und Buchta, C. Lärmindernde Wirkung von Bewuchs in Straßenschluchten und Höfen. Bonn: s.n., 1984.
 63. Wong. Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. 2010, Building and Environment, 45(2), S.411-420.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132309001632>
 64. Ottelé, M. The Green Building Envelope. s.l.: Dissertation Universität Delft, 2011.
<https://www.carlstahl.nl/wp-content/uploads/2019/06/The-Green-Building-Envelope-def.pdf>
 65. Baumann, R. Pflanzliche Verschattungselemente an der Gebäudeoberfläche als Maßnahme zur Reduzierung der Strahlungsbelastung unter sommerlichen Bedingungen. Kassel: s.n., 1980.
 66. Schmidt, Marco. Fassadenbegrünung zur Primärenergieeinsparung durch Gebäudeverschattung und -kühlung. Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2014. 2014, S. 89-91.

67. Köhler, M. Fassaden- und Dachbegrünung. Stuttgart: s.n., 1993.
68. Stocker, Michael. Zur Biodiversität begrünter Fassaden. Tiere in und an Gebäuden. Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2016. 2016, S. 85.
69. Schlößer, S. Zur Akzeptanz von Fassadenbegrünung. Meinungsbild Kölner Bürger - eine Bevölkerungsbefragung. s.l.: PhD Universität Köln, 2003. <https://kups.ub.uni-koeln.de/924/2/Hauptteil.pdf>
70. Gunkel, Susanne. Positive Resonanz kommt von allen Seiten. Dach+Grün. 2013, 1, S. 36-40.
71. MBW. Empfehlungen zur Fassadenbegrünung an öffentlichen Bauwerken. Düsseldorf: Nordrhein- Westfalen, Ministerium für Bauen und Wohnen des Landes, 1991.
72. Preuss, S., Riedel, U. und Szemeitzke, B. Fassadenbegrünung als stadtökologische Bewohneraktivität Bremen: s.n., 1993.
73. BfLR. Lokale Identität und lokale Identifikation. Information zur Raumentwicklung. 1987, 3.
74. Fjeld, T., et al. The effect of interior planting on health and discomfort among workers and school children. Horttechnology 10(1). 2000, S. 46-52. <https://journals.ashs.org/downloadpdf/view/journals/horttech/10/1/article-p46.pdf>
75. Fjeld, T. und Bonnevie, C. The effect of plants and artificial daylight in the wellbeing and health of office workers, school children and health care personnel. Floriade: Plants for People Symposium. 2002. <https://greenplantsforgreenbuildings.org/wp-content/uploads/2014/01/PlantsArtificialDaylight.pdf>
76. Park, S.H. und Mattson, R.H. Therapeutic Influences of Plants in Hospital Rooms on Surgical Recovery. Hortscience 44. 2009, S. 102 - 105. <https://journals.ashs.org/hortsci/downloadpdf/view/journals/hortsci/44/1/article-p102.pdf>
77. Kluge, B.M. BMW-Pilotprojekt: Das grüne Büro. s.l.: Deutsche Gesellschaft für Hydrokultur, 2012. https://www.systemgruen.com/wp-content/uploads/Das_gruene_Buero.pdf
78. Knight, C. und Haslam, S. The relative merits of lean, enriched and empowered offices. Journal of Experimental Psychology Vol. 16. 2010, S. 158 -172. https://www.researchgate.net/publication/44689760_The_Relative_Merits_of_Lean_Enriched_and_Empowered_Offices_An_Experimental_Examination_of_the_Impact_of_Workspace_Management_Strategies_on_Well-Being_and_Productivity
79. Dravigne, A., et al. The Effect of Live Plants and Window Views of Green Spaces on Employee Perceptions of Job Satisfaction. Hortscience 43(1). 2008, S. 183-187. https://www.researchgate.net/publication/288753443_The_Effect_of_Live_Plants_and_Window_Views_of_Green_Spaces_on_Employee_Perceptions_of_Job_Satisfaction
80. Banse, B. Luftreinigung durch Pflanzen - Innenraumbegrünung. Bonn: Zentralverband Gartenbau, 1995.
81. Zluwa, Irene, et al. Vertikale Innenraumbegrünung in Klassenräumen - Ergebnisse zu Systemeignung und Raumklima. GebäudeGrün. 2018, Bd. 3, S. 34-38. GebäudeGrün.online: Verlagsbeilage der Fachmedien in Grün und Bau. <https://www.gruenezukunftschulen.at/wp-content/uploads/2018/11/Ma%C3%9Fnahmenkatalog-Kandlgasse-2.pdf>
82. Nieuwenhuis, M., et al. The relative benefits of green versus lean office space: Three field experiments. Journal of Experimental Psychology. 28. 07 2014, S. 199-214. https://www.researchgate.net/publication/264395358_The_Relative_Benefits_of_Green_Vers

- us_Lean_Office_Space_Three_Field_Experiments
83. Bringslimark, T., Hartig, T. und G.Patil. Psychological benefits of indoor plants in workspaces: putting experimental results into context. *Hortscience* 42(3). 2007, S. 581-587. <https://journals.ashs.org/downloadpdf/view/journals/hortsci/42/3/article-p581.pdf>
 84. Lohr, V.I., Pearson-Mins, C.H. und Goodwin, G.K. Interior plants may improve worker productivity and reduce stress in a windowless environment. *Environmental Horticulture*. 06 1996, S. 97 - 100. <http://hrijournal.org/doi/pdf/10.24266/0738-2898-14.2.97>
 85. Bucher, Anette, et al. Unterstützung der Klimatisierung von energetisch hocheffizienten Gebäuden durch vertikale Innenraumbegrünung. *Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2017*. 2017, S. 30.
 86. Grüne Schulen GRÜNEzukunftSCHULEN. Grüne Schuloasen im Neubau. Fokus Planungsprozess und Bestandsgebäude. Executive Summary, 2020 https://smartcities.at/wp-content/uploads/sites/3/20211116_GZS_Executive-Summary.pdf
 87. Tudiwer, D., Korjenic, A. The effect of an indoor wall system on humidity, mould spores and CO₂ concentration, *Energy and Buildings*, 2017, Bd. 146, S.73-86 <https://repositum.tuwien.at/handle/20.500.12708/146528>
 88. Case Study Biotope city Vienna, OPPLA 21373, provided by Stiftung Biotope City, 2020 <https://oppla.eu/casestudy/21373>
 89. Manso, M., Teotónio, I., Silva, C. M., & Cruz, C. O. (2021). Green roof and green wall benefits and costs: A review of the quantitative evidence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110111. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110111>
 90. Dong, J., Lin, M., Zuo, J., Lin, T., Liu, J., Sun, C., Luo, J. (2020): Quantitative study on the cooling effect of green roofs in a high density urban Area - A case study of Xiamen, China. *Journal of Cleaner Production* 255 (2020) 120152. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120152>
 91. Teemusk A., Mander, Ü. (2009). Temperature regime of planted roofs compared with conventional roofing systems. *Ecological Engineering* 36, 91-95. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.09.009>
 92. Solcerova, A., van den Ven, F., Wang, M., Rijdsdijk, m. van de Giesen, N. (2017). Do green roofs cool the air? *Building and Environment* 111 (2017) 249-255. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.10.021>
 93. Baryla, A., Gnatowski, T., Karczmarczyk, A., Szatyłowicz, J. (2019). Changes in Temperature and Moisture Content of an Extensive-Type Green Roof. *Sustainability* 2019, 11, 2498. <https://doi.org/10.3390/su11092498>
 94. Richter, M. (2021). Klimafolgenanpassung durch Dachbegrünung - Quantifizierung des Potenzials durch Vergleich internationaler Studien und Messungen an Hamburger Beispielen. Dissertation. https://repos.hcu-hamburg.de/bitstream/hcu/643/3/2022-05-12_richter-michael_dissertation.pdf
 95. Pisello, A. L., Piselli, C., Cotana, F. (2015). Thermal Physics and energy performance of an innovative green roof system: The Cool-Green Roof. *Solar Energy* 116 (2015) 337-356 https://www.academia.edu/26126597/Thermal_physics_and_energy_performance_of_an_innovative_green_roof_system_The_Cool_Green_Roof
 96. Goßner, D., Mohri, M., Krespach, j. J. (2021). Evapotranspiration Measurements and

- Assessment of Driving Factors: A Comparison of Different Green Roof Systems during Summer in Germany. *Land* 2021, 10 (12), 1334. <https://doi.org/10.3390/land10121334>
97. Beradi, U. (2016). The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits. *Energy and Buildings* 121 (2016) 217-229. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.021>
 98. Catalano, C., Laudicina, V.A., Badalucco, L., Guarino, R. (2018). Some European green roof norms and guidelines through the lens of biodiversity: Do ecoregions and plant traits also matter? *Ecological Engineering* 115 (2018) 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.01.006>
 99. Köhler, M.; Ksiazek-Mikenas, K. (2018): Green Roofs as Habitats for Biodiversity. In: Perez, G., u. K. Perini (Hrsg.). *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. 239-249. Elsevier Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00022-7>
 100. Vanstockem, J.; Bastiaens, A.; Helsen, K.; Somers, B.; Hermy, M., 2019: Community assembly on extensive green roofs: Effects of dispersal-, abiotic- and biotic filtering on the spontaneous species- and functional diversity. *Journal of Vegetation Science* 30: 1078-1088. <https://doi.org/10.1111/jvs.12789>
 101. Filazzola, A., Shrestha, N., MacIvor, S. (2019). The contribution of constructed green infrastructure to urban biodiversity: A synthesis and meta-analysis. *J Appl Ecol*. 2019: 1–13. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13475>
 102. Ksiazek-Mikenas, K. (2017): The Potential of Green Roofs to Provide Habitat for Native Plant Conservation Dissertation. *Bot. Garten Chicago, Chicago*. https://www.researchgate.net/publication/285578811_The_potential_of_green_roofs_to_support_urban_biodiversity
 103. Heller, P. (2020). Heuschreckenerhebungen auf begrünten Dächern in Basel, Zürich und Aarau – Kurzbericht zuhanden der ZHAW Forschungsgruppe Stadtoekologie. <https://www.zhaw.ch/storage/lsvm/institute-zentren/iunr/stadtoekologie/heuschrecken-auf-gruendaechern.pdf>
 104. MacIvor, J. S., & Lundholm, J. (2011). Insect species composition and diversity on intensive green roofs and adjacent level-ground habitats. *Urban ecosystems*, 14(2), 225-241. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-010-0149-0>
 105. Kratschmer, S., Kriechbaum, M., & Pachinger, B. (2018). Buzzing on top: Linking wild bee diversity, abundance and traits with green roof qualities. *Urban Ecosystems*, 1-18. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-017-0726-6>
 106. Coffman, R. R., & Waite, T. (2011). Vegetated roofs as reconciled habitats: rapid assays beyond mere species counts. *Urban Habitats*, 6(1). https://www.urbanhabitats.org/v06n01/vegetatedroofs_full.html
 107. Nash, C., Clough, J., Gedge, D., Lindsay, R., Newport, D., Ciupala, M. A., & Connop, S. (2016). Initial insights on the biodiversity potential of biosolar roofs: a London Olympic Park green roof case study. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 62(1-2), 74- 87. <https://doi.org/10.1080/15659801.2015.1045791>
 108. Dettmar, J., Drebes, C., Sieber, S. (2020). Energetische Stadtraumtypen – Strukturelle und energetische Kennwerte von Stadträumen. Stuttgart.
 109. Brunetti, G., Papagrighiu, I.-A., Simunek, J., Stumpp, C. (2021). Green Roofs for domestic

- wastewater treatment: Experimental analysis of nitrogen turnover. *Journal of Hydrology* 603 (2021) 127132. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127132>
110. Kuronuma, T., Watanabe, H., Ishihara, T., Kou, D., Touda, K., Ando, M., Shindo, S. (2018). CO₂ Payoff of Extensive Green Roofs with Different Vegetation Species. *Sustainability* 2918, 10, 2256. <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/7/2256>
 111. Quelle: Engel, T. (2023) Brandschutz für biogene Fassaden – Experimentelle Untersuchungen als Grundlage brandschutztechnischer Prinzipien, Dissertation TU München. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1715368/1715368.pdf>
 112. Heusinger, J., Weber, S. (2017). Extensive green roof CO₂ exchange and its seasonal variation quantified by eddy covariance measurements. *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.052>
 113. Kratschmer, S.; Kriechbaum, M.; Pachinger, B. (2018): Buzzing on top: Linking wild bee diversity, abundance and traits with green roof qualities. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-017-0726-6>
 114. Engel, T.; Werther, N. (2024) Fire Safety for Green Facades: Part 1: Basics, State-of-the Art Research and Experimental Investigation of Plant Flammability. *Fire Technology: Fire Safety for Green Façades: Part 1: Basics, State-of-the-Art Research and Experimental Investigation of Plant Flammability | Fire Technology* <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1740594/6davegy1lpwtor52zl1xljxpl.s10694-024-01566-0.pdf>
 115. Zhao, M., Srebric, J., Berghage, R. D., Dressler, K. A. (2015). Accumulated snow layer influence on the heat transfer process through green roof assemblies. *Building and Environment* 87 (2015) 82-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.12.018>
 116. Penalvo-Lopez, E., Carcel-Carrasco, J., Alfonso-Solar, D., Valencia-Salazar, I., Hurtado-Perez, E., (2020). Study of the Improvement on Energy Efficiency for a Building in the Mediterranean Area by the Installation of a Green Roof System. *Energies* 2020, 13, 1246. <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/5/1246>
 117. Zirkelbach, D., Schafaczek, B. (2013). Ermittlung von Materialeigenschaften und effektiven Übergangsparmetern von Dachbegrünungen zur zuverlässigen Simulation der hygrothermischen Verhältnisse in und unter Gründächern bei beliebigen Nutzungen und unterschiedlichen Standorten. IBP-Bericht HTB-13/2013. <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/de/dokumente/publikationen/ht/abschlussbericht-hygrothermische-energetische-auswirkung-gruendaechern.pdf>
 118. BuGG – Bundesverband GebäudeGrün (2021). BuGG-Marktreport GebäudeGrün 2021 – Dach-, Fassaden und Innenraumbegrünung Deutschland. Eigenverlag. ISSN 2750-3763 https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Marktreport/BuGG-Marktreport_Gebaeudegruen_2021.pdf
 119. Teotonio, I., Oliveira Cruz, C., Matos Silva, C., Morais, J. (2020). Investing in Sustainable Built Environments: The Willingness to Pay for Green Roofs and Green Walls. *Sustainability* 2020, 12, 3210. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/8/3210>

120. Gupta, S., Anand, P., Kakkar, S., Sagar, P., Dubey, A. (2017). Effect of evapotranspiration on performance improvement of photovoltaic-green roof integrated system. *International Journal of Renewable Energy*. Vol. 12, No. 1, January-June 2017 <https://thaiscience.info/Journals/Article/IIRE/10985921.pdf>
121. Walker, R., Schenk, D., Jauch, M., Krummradt, I., Schmitz, H.-J., Iohr, D., Meinken, E. (2016). Optimierung der Evapotranspirations- und Kühlleistung extensiver Dachbegrünungen durch gezielte Nutzung von Grauwasser. Abschlussbericht über das AZ 28577-23 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderte Forschungsprojekt. <https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-28577.pdf>
122. Krampfl, R. (2016): Bedeutung von Flachdächern für den Bruterfolg der Haubenlerche (*Galerida cristata*) an ausgewählten Standorten in Wien. Edited by Wiener Umweltschutzabteilung - MA 22. Wien. https://www.zobodat.at/pdf/MA22-Wien_111_0001-0008.pdf
123. PROGREENCITY (2014): Modellierung von Fassadenbegrünungen auf den Außenraum-Vergleich mit einem extremen Szenario. Zugriff am 15.11.2015
124. Mazzali, U., Peron, F., Romagnoni, P., Pulselli, R. M. (2013). Experimental investigation on the energy performance of Living Walls in a temperate climate. *Building and Environment* 64 (2013), 57-66. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036013231300084X>
125. Cameron, R. W. F., Taylor, J., Emmett, M. (2015). A Hedera green façade e Energy performance and saving under different maritime-temperate, winter weather conditions. *Building and Environment* 92 (2015), 111-121. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.04.011>
126. Hoelscher, M.-T., Nehls, T., Jäniche, B., Wessolek, G. (2016). Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation. *Energy and Buildings* 114 (2016) 283-290. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778815300761>
127. Perez, G., Goma, J., Chafer, M., Cabeza, L. F. (2022). Seasonal influence of leaf area index (LAI) on the energy performance of a green façade. *Building and Environment* 207 (2022), 108497. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132321008921>
128. Sternberg, T., Viles, H., Cathersides, A., Edwards, M. (2010). Dust particulate absorption by ivy (*Hedera helix* L) on historic walls in urban environments. *Science of the Total Environment* 409 (2010) 162-168 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.09.022>
129. Pugh, T., MacKenzie, A.R., Whyatt, J.D., Hewitt, C.N. (2012). Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. *Environ Sei Techno*, 46:7692-9. <https://doi.org/10.1021/es300826w>
130. Jayasooriya, V., Ng, A., Muthukumaran, S. & Perera, B. (2017). Green infrastructure practices for improvement of urban air quality. *Urban For Urban Green*, 21, 34-47. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.007>
131. ZAE Bayern (Hrsg.). (2018) Messungen des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) an Vertiko- Begrünungselementen. 2018 – unveröffentlicht
132. Lanner, J. (2022): Endbericht Wildbienen an Vertikalbegrünungen. <https://www.wien.gv.at/kontakte/ma22/studien/pdf/wildbienen-vertikalbegrueenungen.pdf>
133. Kloster, N., Malla, F., Lorenz, L. (2021). Akustische Eigenschaften von vertikalen

- Begrünungssystemen. *GebäudeGrün*, 3/2020, 32f.
134. Raanaas, R., Evensen, K. H., Rich, D. Sjostrom, G., Patil, G. (2011). Benefits of indoor plants on attention capacity in office setting. *Journal of Environmental Psychology* 31 (2011) 99-105. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.11.005>
 135. Cirkel, D., Voortman, B., van Veen, T., & Bartholomeus, R. (2018). Evaporation from (Blue-) Green Roofs: Assessing the Benefits of a Storage and Capillary Irrigation System Based on Measurements and Modeling. *Water*, 10(9), 1253. <https://doi.org/10.3390/w10091253>
 136. Liu K, Minor J. Performance evaluation of an extensive green roof 1. Washington DC.: Presentation at Green Rooftops for Sustainable Communities; 2005. p. 1–11. https://sustainabletechnologies.ca/app/uploads/2013/03/NRC_EastviewGRrept.pdf
 137. Bevilacqua, P., Mazzeo, D., Bruno, R., Arcuri, N. Experimental investigation of the thermal performances of an extensive green roof in the Mediterranean area. *Energy Build* 2016;122:63–79 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778816302183>
 138. Bevilacqua, P., Mazzeo, D., Bruno, R., Arcuri, N. Surface Temperature Analysis of an Extensive Green Roof for the Mitigation of Urban Heat Island in Southern Mediterranean Climate – 2017 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778817318984>

 139. Xiao M., Lin Y., Han J., Zhang G. A review of green roof research and development in China. *Renew Sustain Energy Rev* 2014;40:633–48. https://www.researchgate.net/publication/267747871_A_Review_of_Green_Roofs_Research_and_Development_in_China
 140. Santamouris, M., (2014) Cooling the cities - a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Sol Energy* 2014;103:682–703 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X12002447>
 141. Stec W.J., van Paassen A.H.C., Maziarz A. Modelling the double skin facade with plants. *Energy Build* 2005;37:419–27. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778804002531>
 142. Esfahani, R.E., T.A. Paço, T.A., Martins, D., Arsénio, P. (2022). Increasing the resistance of Mediterranean extensive green roofs by using native plants from old roofs and walls. *Ecological Engineering*: 178, 106576 <https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10400.5/26868/1/Increasing%20the%20resistance%20of%20Mediterranean%20extensive%20green%20roofs%20by%20using%20native%20plants%20from%20old%20roofs%20and%20walls.pdf>
 143. Rocha, B., Paço, T. A., Luz, A. C., Palha, P., Milliken, S., Kotzen, B., Branquinho, C., Pinho, P., & de Carvalho, R. C. (2021). Are Biocrusts and Xerophytic Vegetation a Viable Green Roof Typology in a Mediterranean Climate? A Comparison between Differently Vegetated Green Roofs in Water Runoff and Water Quality. *Water*, 13(1), 94 <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/1/94>
 144. Paço, T. A., Cruz de Carvalho, R., Arsénio, P., & Martins, D. (2019). Green Roof Design Techniques to Improve Water Use under Mediterranean Conditions. *Urban Science*, 3(1),14. <https://www.mdpi.com/2413-8851/3/1/14>

145. Silva, J., Paço, T. A., Sousa, V., & Silva, C. M. (2021). Hydrological Performance of Green Roofs in Mediterranean Climates: A Review and Evaluation of Patterns. *Water*, 13(18), 2600. <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/18/2600>
146. Ecology of Green Roofs - GROOVES (Green Roofs Verified Ecosystem Services) - Regional biodiversity agency of Ile-de-France – 2021 https://en.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/000pack2/Etude_2782/green_roofs_ba t.pdf
147. Hédont M., Steffen J. and P. Prunier. La biodiversité floristiques des toitures végétalisées du canton de Genève. In Rochefort S., Prunier P. Boivin P., Camponovo R. & D. Consuegra. Rapport final du projet “Toitures végétalisées” (TVEG) | Plante & Cité Suisse. 2014. 193 S.
148. Prunier P. & J. Steffen (Ed.) 2018. Végétalisation des surfaces minérales urbaines. Toitures, murs, carrières: retours d'expériences. Résumés des communications et programme de la journée. 18 p. https://plante-et-cite.ch/wp-content/uploads/2018/06/R%C3%A9sum%C3%A9s_journ%C3%A9e_valorisation_8juin.pdf
149. Pineda-Martos, R. et al. (2024). Implementing Nature-Based Solutions for a Circular Urban Built Environment https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-45980-1_28
150. Wong I, Baldwin AN. Investigating the potential of applying vertical green walls to high-rise residential buildings for energy-saving in sub-tropical region. *Building and Environment* 97(10):34-39 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132315301906>
151. Varela, Z., Real, C., Branquinho, C., do Paço, T. A., & Cruz de Carvalho, R. (2021). Optimising Artificial Moss Growth for Environmental Studies in the Mediterranean Area. *Plants*, 10(11), 2523. <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/11/2523>
152. Cruz de Carvalho, R., Varela, Z., do Paço, T. A., & Branquinho, C. (2019). Selecting Potential Moss Species for Green Roofs in the Mediterranean Basin. *Urban Science*, 3(2), 57. <https://www.mdpi.com/2413-8851/3/2/57>
153. Fournier M. & P. Boivin. Etude des substrats et de l'hydrologie des toitures végétalisées du canton de Genève. In Rochefort S., Prunier P. Boivin P., Camponovo R. & D. Consuegra. Rapport final du projet “Toitures végétalisées” (TVEG) | Plante & Cité Suisse. 2016. 193 S. https://plante-et-cite.ch/wp-content/uploads/2018/06/TVEG_compil_final_R.pdf
154. Connelly, M., Hodgson, M. Experimental investigation of the sound transmission of vegetated roofs. *Applied Acoustics* 74 (10) (2013) 1136–1143. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2013.04.003>
155. Coma, J., Pérez, G., Solé, C., Castell, A., & Cabeza, L. F. (2016). Thermal assessment of extensive green roofs as passive tool for energy savings in buildings. <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/78475e9a-b693-4401-91fb-9b5c716c1506/content>
156. Gruchmann-Bernau, E. (2019): Wildbienen auf Solargründächern in Großraum Wien, Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien https://efb-greenroof.eu/wp-content/uploads/2025/03/20190314_Masterarbeit_GruchmannBernau_WildbienenaufSolargr undachern-.pdf
157. Köhler, M., Wiartalla, W. & Feige, R. (2007): Interaction between PV-Systems and extensive green roofs. Session 3.3: Energy and Thermal Performance at the Fifth Annual Greening

- Rooftops for Sustainable Communities Conference, Minneapolis
<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20926951>
158. Hui, S. & Chan, S. (2011): Integration of green roof and solar photovoltaic systems. Paper submitted to Joint Symposium: Integrated Building Design in the New Era of Sustainability, Hongkong. http://ibse.hk/cmhui/JS-2011-samhui_fullpaper01.pdf
 159. Osma-Pinto, G., Ordóñez-Plata, G. (2019): "Measuring factors influencing performance of rooftop PV panels in warm tropical climates"; *Solar Energy*, Volume 185, Pages 112-123, Measuring factors influencing performance of rooftop PV panels in warm tropical climates - ScienceDirect
 160. Dockx, Y., Täubel, M., Bijnens, E. M., Witters, K., Valkonen, M., Jayaprakash, B., Hogervorst, J., Nawrot, T. S., & Casas, L. (2022). Indoor green can modify the indoor dust microbial communities. *Indoor Air*, 32(3), e13011. <https://lirias.kuleuven.be/retrieve/683483>
 161. Henke, A. (2017): Photovoltaik in Kombination mit Dach- und Fassadenbegrünungen. *GebäudeGrün*, 1/04, pg. 30-33. Ulrich Patzer Verlag, Berlin
 162. Baumann et al. (2018): Performance Analysis of Vertically Mounted Bifacial PV Modules on Green Roof System
https://www.researchgate.net/publication/328020470_Performance_Analysis_of_Vertically_Mounted_Bifacial_PV_Modules_on_Green_Roof_System
 163. Steffen J., Heiniger C., Mörch F., Winkelmann J. & P. Prunier. 2024. Projet PLANETE (PLANtes, Énergie & Température). Rapport final. HEPIA & SIG, Genève. 57 p.
 164. Besir, A. B., and E. Cuce. Green roofs and facades: A comprehensive review; 2018. p. 927-928. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117313680?via%3Dihub>
 165. Pérez G., Coma J., Sol S., & Cabeza L. F. (2017). Green facade for energy savings in buildings: The influence of leaf area index and facade orientation on the shadow effect. <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/fa1e295d-ef7f-429c-9cfd-3c73c1d0a76c/content>
 166. Alexandri, E. and Jones, P. (2008) Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment* 43 (2008) 480–493. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.055>.
 167. Talhinhos, P., Ferreira, J. C., Ferreira, V., Soares, A. L., Espírito-Santo, D., & Paço, T. A. d. (2023). In the Search for Sustainable Vertical Green Systems: An Innovative Low-Cost Indirect Green Façade Structure Using Portuguese Native Ivies and Cork. *Sustainability*, 15(6), 5446 <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/6/5446>
 168. Marchi M, Pulselli RM, Marchettini N, Pulselli FM, Bastianoni S. Carbon dioxide sequestration model of a vertical greenery system. *Ecol Model* 2015;306:46–56 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380014003925>
 169. Djedjig R., Belarbi R., & Bozonnet E. (2017). Green wall impacts inside and outside buildings: experimental study. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217356679>
 170. Rodrigues, M., Arsénio, P., & Paço, T. A. d. (2024). The Use of Drought-Tolerant Vegetation on Green Roofs: A Method for the Digital Photographic Monitoring of Its Development. *Horticulturae*, 10(1), 106. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010106>
 171. Magistratsabteilung 39. (2020). Brandverhalten von Grünfassaden in großmaßstäblichen

Versuchen. Wiener Wohnbauforschung. Project team: Danzinger K., Pommer G., Pomper S.,
Werner D. <https://www.wohnbauforschung.at/index.php?id=502>

6. Про EFB – Європейську Федерацію асоціацій зелених дахів і стін

Європейська федерація асоціацій зелених дахів і стін (EFB) – це неприбуткова організація, заснована у 1997 році як Європейська «парасолькова» організація для національних асоціацій зеленої інфраструктури, яка забезпечує активне представництво міжнародних інтересів на європейському рівні.

EFB забезпечує дружню мережу для своїх нинішніх 18 національних членів, охоплюючи понад 1600 малих і середніх підприємств, університети, науково-дослідні інститути, міські органи влади, державні керівники та різні структури, пов'язані з плануванням і архітектурою, що займаються виробництвом, постачанням і будівництвом зелених дахів і стін. Члени активні у різних сферах організують конференції та заходи з знань, розробляють рекомендації, стандарти, досліджують і впроваджують проекти.

Ключові напрямки роботи EFB:

- європейська «парасолькова» мережа національних асоціацій у сфері зелених дахів і зелених стін;
- представництво інтересів галузі на європейському рівні;
- відкрита комунікація із суспільством через інформаційні кампанії, соціальні мережі, інтерв'ю та професійні заходи;
- обмін знаннями та найкращими практиками під час конференцій, семінарів, вебінарів, робочих зустрічей та інших професійних заходів;
- експертна підтримка з питань розвитку ринку, підприємництва та корпоративної соціальної відповідальності у сфері природоорієнтованих рішень (Nature-based Solutions, NBS) для будівель;
- обмін досвідом щодо технологій озеленення будівель у різних кліматичних умовах;
- експертна підтримка у розробленні політик Європейського Союзу, будівельних норм, стандартів та стратегічних документів у сфері природоорієнтованих рішень;
- співпраця з Європейською комісією та участь у міжнародних робочих групах і професійних платформах;
- реалізація спільних ініціатив із провідними європейськими організаціями, зокрема SoGreen, ELCA, IFLA Europe, EILO, ENA, WUP, WGIN, ECTP та іншими.



7. Національні асоціації зелених дахів і зелених стін у Європі

Австрія: Verband für Bauwerksbegrünung (VfB)



Місія Австрійської асоціації зелених дахів і живих стін (VfB), заснованої у 1991 році, полягає у підвищенні обізнаності громадськості про переваги, роботи з технічними стандартами якості та подальшому розвитку та інформуванні зацікавлених сторін про різні аспекти. З 2017 року австрійська асоціація є 100% власником австрійського центру компетенцій та центрального координаційного підрозділу GRÜNSTATTGRAU з понад 380 партнерами.

Бельгія: Belgische Federatie voor DAK en GEVELgroen (BFDG)



З моменту заснування у 2021 році місія BFDG полягає у підвищенні якості та обізнаності зелених дахів і озелених стін на будівельному ринку, а також у підвищенні якості та репутації зелених дахів і озелених фасадів на будівельному ринку. Для досягнення цього різні спеціалізовані комітети зосереджуються на визначенні кваліфікації різних рівнів та взаємозв'язку між ними на основі європейських рекомендацій і наукової експертизи.

Хорватія: Національна асоціація з озеленення дахів і фасадів (GRoF)



Заснована в липні 2024 року, GRoF — це добровільна професійна асоціація, яка сприяє інтеграції зелених дахів і фасадів у міське планування. У відповідь на фрагментовані практики вона має на меті визначити чіткі стандарти та посилити роль будівництва зелених насаджень у будівельній політиці. З 2025 року GRoF є частиною мережі EFB.

Чеська Республіка: Svaz zakládání a údržby zeleně, z.s.(SZÚZ.) - Asociace zelených střech a fasád (AZSF)



Чеська асоціація зелених дахів і живих стін (AZSF) була заснована у 2013 році під егідою Чеської асоціації ландшафтного садівництва (SZÚZ). Вона складається з фізичних і юридичних осіб, які активно займаються бізнесом у сферах ландшафтного дизайну та зелених насаджень на будівлях, особливо на зелених дахах і фасадах. Організація проводить семінари, публікує експертні рекомендації, звіти зеленого ринку та організовує національний конкурс «Зелений дах року».

Франція: Association de la végétalisation de l'îlot bâti et des infrastructures vertes (ADIVET)



Adivet, французька професійна асоціація з озеленення забудованих територій та міської інфраструктури, була заснована у 2002 році і наразі налічує понад 80 членів. Вона об'єднує всіх учасників ланцюга створення вартості: від клієнтів — власників проєктів, менеджерів проєктів, експертів і технічних інспекторів — до компаній, що займаються впровадженням гідроізоляції та ландшафтного дизайну, а також навчальних і науково-дослідних організацій, пов'язаних професійних організацій і постачальників повних рішень або їх компонентів.

Її місія спрямована на сприяння озелененню будівель та інфраструктури відповідно до найкращих практик. Вона публікує професійні правила, керівництво та рекомендації, організовує конференції, проводить навчання, взаємодіє з державними органами, підтримує сектор у його розробці та науково-дослідних проєктах тощо.

Німеччина: Bundesverband GebäudeGrün e. V. (BuGG)



Bundesverband GebäudeGrün e. V. (BuGG), утворена шляхом злиття двох раніше незалежно існуючих асоціацій Deutscher Dachgärtner Verband e.V. (DDV) та Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB), представляє понад 560 членів із різних секторів зелених дахів,

стін і внутрішнього озеленення. Він сприяє розвитку «зеленого» через адвокацію, технічну експертизу, нетворкінг і громадську діяльність. BuGG пропонує ресурси, нейтральні до компаній, такі як рекомендації, інформаційні листи та ринкові звіти, проводить симпозиуми та нагороди, а також співпрацює з політиками та торговими асоціаціями для просування практик озеленення по всій Німеччині.

Угорщина: Magyar kertépítők országos szövetsége (MAKEOSZ) **Zöldtető- és zöldfal építők országos szövetsége (ZEOSZ)**



MAKEOSZ (Асоціація ландшафтних підприємців Угорщини) представляє ландшафтних підприємців, які прагнуть високоякісної професійної роботи. Спеціалізований підрозділ (ZEOSZ) зосереджується на зелених дахах і стінах, що відображає значну роль цих моделей у портфелях багатьох членів. MAKEOSZ просуває екологічне будівництво через рекомендації, освіту та співпрацю.

Італія: Associazione Italiana Verde Pensile (AIVER)



AIVER — це неурядова неприбуткова організація, заснована у 1997 році, яка просуває всі національні заходи, пов'язані з зеленими дахами, зеленими фасадами та іншими технологіями з функціями, пов'язаними з зеленою природою в архітектурі. Вона об'єднує всіх, хто професійно та науково працює у сфері зелених дахів або цікавиться темою зелених дахів, щоб поєднати ресурси та енергію.

Нідерланди: Vereniging Bouwwerk Begroeners (VBB)



VBB — це Нідерландська асоціація озеленення будівельників, заснована у 2008 році. Вона слугує платформою для знань для багатофункціональних і зелених дахів, озелених фасадів і внутрішнього озеленення. Як власник ліцензії нідерландського стандарту якості VBB-FLL, місія VBB — ділитися знаннями, надавати консультаційні послуги та підтримувати високий стандарт якості в секторі зеленіння.

Польща: Польська Асоціація «Зелені Дахи» (PSDZ)



Члени підрозділу Польської асоціації зелених дахів, включаючи дослідників, архітекторів, консультантів і урядовців, з 2009 року зосереджуються на зелених дахах і живих стінах. Асоціація просуває зелену інфраструктуру, а її переваги приносить через тренінги та конференції. Мета — співпраця з муніципальними установами, сприяючи формуванню місцевої та національної політики щодо важливості зеленої інфраструктури для міст. Вона працює над створенням національних рекомендацій і політик для заохочення використання зелених дахів і стін.

Португалія: Associação Nacional de Coberturas Verdes (ANCV)

GREENROOFS®

INNOVATED BY ANCV

ANCV — це неприбуткова організація, заснована у 2015 році, яка має на меті популяризувати зелену інфраструктуру в містах, особливо ту, що можна встановити на будівлях, таких як зелені дахи, підкреслюючи важливість і численний внесок, який вони можуть зробити у створенні здорових, сталих, біорізноманітних і стійких міських територій.

Румунія: Asociația Constructorilor de Acoperișuri, Pereți și Fațade Verzi – (Converde)



Converde виникла після тривалого періоду, протягом якого засновники індивідуально намагалися сприяти розвитку зеленого ринку дахів і фасадів Румунії. Їхнє спільне усвідомлення призвело до створення у 2023 році молоді та професійної організації. Він співпрацює з архітекторами, забудовниками та муніципалітетами для інтеграції зеленої інфраструктури в міське планування, водночас виступаючи за підтримуюче законодавство та стандарти.

Скандинавія: Скандинавська асоціація зеленої інфраструктури (SGIA)



SGIA — це неприбуткова організація, до якої входять представники з академічних кіл, муніципальних департаментів, підприємців у сфері зелених дахів, архітекторів, забудовників та інших організацій, зацікавлених у зелених дахах і міській зеленій інфраструктурі. Асоціація будує міст між скандинавськими акторами зеленої інфраструктури, створюючи платформу для обміну знаннями, натхнення та співпраці між учасниками, які прагнуть розвитку стійкої зеленої інфраструктури. SGIA активно працює над спрямуванням розвитку скандинавських міст у напрямку придатних для життя міст через процес ренатурації міських територій, таким чином досягаючи користі як для природи, так і для людей, і для економіки.

Швейцарія: Schweizerische Fachvereinigung Gebäudebegrünung (SFG)



Заснована у 1996 році, SFG об'єднує професіоналів, планувальників і компанії для просування зелених дахів, фасадів і інтер'єрів у Швейцарії. Відома своєю відданістю сталій якості та професійному виконанню, вона публікує визнані стандарти та рекомендації QA. Сьогодні він визнаний провідною національно спеціалізованою установою у сферах зелених дахів, озеленення фасадів та внутрішнього озеленення з акцентом на біорізноманіття та сонячні зелені дахи.

Іспанія: Asociación Española de Cubiertas Verdes y Ajardinamientos Verticales (ASESCUVE)



Заснована у 2010 році, ASESCUVE є місцем зустрічі професіоналів, які розробляють зелені дахи та вертикальне озеленення в Іспанії. Її місія — просувати зелені дахи та фасади, відстоювати регуляції та технічні стандарти, а також сприяти міській сталості за допомогою рішень, заснованих на природі, які позитивно впливають на міське середовище. Вона надає технічне навчання, представляє сектор у державних установах і співпрацює над національними та європейськими проектами для розвитку зеленої інфраструктури.

Іспанія: PRONATUR Naturación y Agricultura Urbana (PRONATUR)

PRONATUR — це іспанське товариство сприяння природи в міських і сільських районах, засноване у 1992 році. Вона сприяє та координує діяльність між університетом, адміністрацією та компаніями для покращення природи в урбанізованому середовищі з соціально-економічними аспектами. Деякі з пріоритетних напрямків — загальне здоров'я, довкілля, зміна клімату, сталий міський сільське господарство, збереження природних ресурсів, біорізноманіття, циркулярна економіка, управління водними ресурсами, ландшафтний дизайн і рекреація — усе це застосовується для розвитку дослідницьких проєктів, організації заходів, публікації книг і статей у співпраці з державними та приватними установами, як міжнародними, так і національними та місцевими.

Велика Британія: Організація зелених дахів (GRO)



GRO — це незалежна неприбуткова торгова асоціація, створена для підтримки та розвитку індустрії зелених покривель у Великій Британії. Заснована у 2008 році, GRO представляє виробників, підрядників, постачальників та різних зацікавлених сторін, таких як НУО, академічні кола та архітектори. Організація розробила Кодекс найкращих практик GRO Green Roof, вперше опублікований у 2011 році та оновлений у 2014 та 2021 роках, щоб забезпечити галузеві стандарти та рекомендації. Кодекс широко впроваджений у будівельному секторі Великої Британії.

Україна: Українська асоціація зеленої інфраструктури (UAGI)



UAGI — це неурядова організація, яка об'єднує експертів ландшафтної галузі, науковців та ентузіастів, що працюють над створенням сталих міст через озеленення міських територій. Заснована у 2023 році для поєднання міжнародного досвіду партнерів із практичними навичками професіоналів та науковців української ландшафтної індустрії. Напрямами діяльності UAGI є післявоєнне відновлення міст України із застосуванням природоорієнтованих рішень, поширення міжнародного досвіду та найкращих світових практик, організація професійних заходів, підтримка наукових досліджень, розвиток освіти, а також поєднання науки, практики, бізнесу та органів влади задля створення сучасних, стійких і зелених міст..

8. Перелік науково-дослідних установ, що спеціалізуються на дослідженнях озеленення будівель

Австрія

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Університет наук про життя Відень, ВОКУ	Інститут ґрунтової біоінженерії, ландшафтного будівництва та рослинної інженерії IBLB	Стангл Р., Піта У., Шарф Б.	https://boku.ac.at/en/baunat/iblb
Університет наук про життя Відень, ВОКУ	Інститут ландшафтного планування (ILAP)	Рейнвальд Ф.; Шнайдер, Г.	https://boku.ac.at/en/rali/ilap
Університет наук про життя Відень, ВОКУ	Інститут ландшафтного розвитку, рекреації та планування охорони природи ILEN	Бранденбург С.	https://boku.ac.at/en/rali/ilen
Університет наук про життя Відень, ВОКУ	Інститут санітарної інженерії та контролю забруднення води (SIG)	Лангерграбер Г.	https://boku.ac.at/en/wau/sig
Технічний університет Відня	Дослідницький підрозділ екологічних будівель	Коренік А.	https://www.tuwien.at/en/cee/mbb/obt
Технічний університет Відня	Ландшафтна архітектура дослідницького підрозділу	Гаук Т.	https://ar.tuwien.ac.at/en/faculty/Institutes/Institute-of-Urban-Design-and-Landscape-Architecture/landscape-architecture-and-landscape-planning
Віденський медичний університет	Центр громадського здоров'я	Халуза, Д.	https://www.meduniwien.ac.at/web/en/about-us/organisation/medical-science-divisions/center-for-public-health/
Дослідження Джоаннеума	Інститут клімату, енергетичних систем і суспільства	Кальтенеггер І., Швайгер Г.	https://www.joanneum.at/life/en/
Австрійський технологічний інститут	Кліматостійкі міські маршрути	Тетцер Т.	https://www.ait.ac.at/en/research-topics/climate-resilient-urban-pathways
Інститут будівельної екології IBO — Наукова асоціація та GmbH		Figl G.	https://www.ibo.at/en/
GRÜNSTATTGRAU Research-and Development GmbH		Форманек С.	https://gruenstattgrau.at/en/partner/database/
Alchemia Nova — Інститут циркулярної економіки та природоорієнтованих рішень			https://www.alchemia-nova.net/
Дослідницький інститут вертикальної ферми GmbH		Подмірсеґ Д.	https://verticalfarminstitute.com/
Green4Cities GmbH		Шнепф Д., Шарф Б.	https://www.green4cities.com/en/
GreenPass GmbH		Краус Ф., Шарф Б.	https://greenpass.io/
AEE Intec — Інститут сталих технологій			https://www.aee-intec.at/index.php?params=&lang=en

Чеська Республіка

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Університетський центр енергоефективних будівель CTU (UCEEB)	Дослідницька група міської екогідрології (теплові показники, пожежа, утримання)	Снехота М.	https://www.uceeb.cz/en/home/
Брненський технічний університет (BUT)	Факультет цивільного будівництва – передові матеріали, конструкції та технології (AdMaS) (утримання, енергетичний баланс)		https://admas.eu/en/
Університет Яна Євангелісти Пуркіне в Усті-над-Лабем (UJEP)	Інститут економічної та екологічної політики (IEEP) (екологічна економіка)	Хекрле М.	https://www.ieep.cz/en/
Výzkumný ústav pro krajinu (VUKOZ) (Landscape Research Institute)	(тестування субстрату)	Дубський М.	https://www.vukoz.cz/
Чеський університет наук про життя (ČZU)	Факультет екологічних наук (FŽP) – кафедра екології – екологія комах (біорізноманіття комах)	Кнапп М.	https://www.fzp.czu.cz/cs/r-6894-o-fakulte/r-6895-katedry-a-soucasti/r-7298-katedry/r-7299-katedra-ekologie/r-13227-vyzkumne-skupiny/r-13220-ekologie-hmyzu/r-13221-aktuality
Університет Південної Богемії (JČU)	Факультет природничих наук – кафедра ботаніки – Група відновленої екології (ботанічне біорізноманіття)	Řehouňková K.	https://www.restoration-ecology.eu/

Франція

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Науково-технічний будівельний центр (CSTB)			https://www.cstb.fr/
Центр досліджень ризиків, довкілля, мобільності та міського планування (Cerema)			https://www.cerema.fr/en/cerema
Національний музей природознавства (MNHN)			https://www.mnhn.fr/en
Інститут екології та екологічних наук Парижа (iEES Paris)			https://iees-paris.fr/en/
Лабораторія води, навколишнього середовища та міських систем (Licy)			https://www.leesu.fr/?lang=en

Німеччина

Університет/Науково-дослідний інститут	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Нюртінген-Гайслінгенський університет (HfWU)	Факультет ландшафтної архітектури, довкілля та міського планування	Пфозер Н.	https://www.hfwu.de/
Технічний університет Мюнхена (TUM)	Факультет архітектури	Людвіг Ф.	https://www.arc.ed.tum.de/en/gtla/professorship/
Hochschule Geisenheim University (HGU)	Інститут ландшафтного дизайну та технології рослинності	Біргелен А. Столлберг, М.	https://www.hs-geisenheim.de/forschung/institute/landschaftsbau-und-vegetationstechnik/ueberblick-institut-fuer-landschaftsbau-und-vegetationstechnik
Дрезденський університет прикладних наук (HTW)	Факультет сільського господарства/навколишнього середовища/хімії	Гюнтгер Г.	https://www.htw-dresden.de/en/luc
Університет прикладних наук Нойбранденбурга (HSNB)	Кафедра ландшафтних наук та геоматики		https://www.hs-nb.de/fachbereich-landschaftswissenschaften-und-geomatik/
Університет прикладних наук імені Вайгенштефана-Трісдорфа (HSWT)	Інститут садівництва	Бухер, А.	https://www.hswt.de/en/research/research-profile/research-institutions/institute-of-horticulture
Технічний університет Берліна (TUB)	Інститут ландшафтної архітектури та екологічного планування	Ріхтер С. Шмідт М.	https://www.tu.berlin/en/ilaup
Берлінський університет прикладних наук і технологій (BHT)	Кафедра наук про життя та технологій	Grade S.	https://www.bht-berlin.de/v
Університет Касселя	Кафедра архітектури, міського планування та ландшафтного планування	-	https://www.uni-kassel.de/fb06/en/
Оснабрюкський університет прикладних наук	Факультет сільськогосподарських наук та ландшафтної архітектури	Кіл К.	https://www.hs-osnabrueck.de/wir/fakultaeten/aul/
Університет HafenCity Гамбург (HCU)	Департамент сталого міського та інфраструктурного планування (USIP)	Дікхаут В. Ріхтер М.	https://www.hcu-hamburg.de/master/reap
Університет Лейбніца в Ганновері (LUH)	Інститут ландшафтної архітектури	-	https://www.ila.uni-hannover.de/en/
Баварський державний інститут виноградарства та садівництва (LWG) Файтсхьохгайм	Інститут міських зелених зон і ландшафтного дизайну	Еппел Дж.	https://www.lwg.bayern.de/landespflege/index.php
Баварський центр прикладних енергетичних досліджень (ZAE Bayern) Вюрцбург	Енергоефективність	Еберт Г.П.	https://en.zae-bayern.de/
Інститут сільськогосподарських та міських екологічних проєктів (IASP) при Гумбольдтському університеті Берліна	Відділ біогенної сировини	Герфорт С.	https://www.iasp-berlin.de/forschung/biogene-rohstoffe

Університет/Науково-дослідний інститут	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Інститут сталої ландшафтної архітектури (INLA) при HfWU		Knoll S.	http://www.hfwu-inla.de/
Центр компетенції з побудови озеленення та міського клімату e.V. Нюртінген		Пекрун С.	https://www.kgs-nt.de/en-gb/home
Центр екологічних досліджень імені Гельмгольца (UFZ)	Кафедра системної екологічної біотехнології (SUBT)	Меллер Л.	https://www.ufz.de/index.php?en=34238
Ботанічний сад Франкфурта-на-Майні		Альбертернст Б.Наврат С.	https://www.botanischergarten-frankfurt.de/projekte/lebendige-daecher-zusammen-mit-der-kfw-stiftung
Центр прикладних енергетичних досліджень (CAE)	Інститут енергетичних досліджень	Еберт Г. Рейм М.	https://www.cae-zero-carbon.de
Федеральний інститут досліджень і випробувань матеріалів (BAM)	Відділ будівельних матеріалів	Фон Вердер Ю.	https://www.bam.de/Navigation/EN/Home/home.html
Інститут Фраунгофера з фізики будівель	-	Гофбауер В.	https://www.ibp.fraunhofer.de
Німецький інститут досліджень текстилю+волокна (DITF)	Центр текстилю Smart Living	Рітмюллер С.	https://www.ditf.de
Незалежний інститут екологічних питань (UfU Berlin)	Департамент захисту клімату та трансформаційної освіти	Розенвінкель С.	https://www.ufu.de
Інститут акустики та фізики будівель при Штуттартському університеті		Вокнер М.	https://www.iabp.uni-stuttgart.de
Інститут екологічного, міського та регіонального розвитку (IÖR)		Янссен Г.	https://www.ioer.de
Інститут досліджень екологічної економіки (IÖW)	Клімат і енергетика	Кегель Дж.	https://www.ioew.de
Інститут статистики та будівництва TU Дармштадт	Галузь енергоефективності у будівництві	Бішара Н.	http://www.ismd.tu-darmstadt.de
Інтер 3 Берлін	Інститут управління ресурсами	Кондра М.	https://www.inter3.de
Рейн-Вестфальський технічний університет (RWTH)	Інститут міського планування та транспорту	Віте А. Гайне С.	https://www.rwth-aachen.de/go/id/a
Інститут підготовки та досліджень садівництва (LVG)		Шарсіч К.	https://lvg-heidelberg.info/
Технічний університет Кельна	Факультет рослинних, енергетичних та механічних систем	Клостер Н.	http://www.th-koeln.de
Технічний університет Нюрнберга	Відділ будівництва та інженерії, технологій і будівельної оболонки	Кріппнер Р.	https://www.th-nuernberg.de
Технічний університет Бінген	Науки про життя та інженерія	Гітел Е.	https://www.th-bingen.de
Технічний університет	Інститут геоекології	Вебер С.	https://www.tu-braunschweig.de

Університет/Науково-дослідний інститут	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Брауншвейга			
Технічний університет Дортмунда	Факультет ресурсів і енергетичних систем	Кайзер М.	https://www.tu-dortmund.de
Технічний університет Дрездена	Інститут ландшафтного дизайну	Лохаус І.	https://tu-dresden.de
Інститут підготовки та досліджень садівництва та арборикультири (LVAG)	-	Кайзер Д.Шульц Г.	https://www.lvga-bb.de
Кельнський університет	Інститут біологічної освіти	Едельман Г.	https://biologiedidaktik.uni-koeln.de
Університет HAWK для прикладних наук і мистецтв	Факультет менеджменту, соціальної роботи та будівництва	Кесмаєр М.	https://www.hawk.de/en
Університет прикладних наук Цитгау/Герліц	Факультет машинобудування	Шольц С.	https://www.hszzg.de
FH Münster University of Applied Sciences	Факультет цивільного будівництва	Uhl M.	https://www.fh-muenster.de

Угорщина

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Будапештський технологічний та економічний університет (BME)	Відділ будівництва	Горват С.	https://www.epszerk.bme.hu/en/
Угорський університет сільського господарства та наук про життя (MATE)	Інститут ландшафтно-архітектури, кафедра міського планування та муніципальної зеленої інфраструктури	Баторине Надь І. Р.	https://tajepiteszet.unim-mate.hu/telep%C3%BCI%C3%A9s%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9szeti-%C3%A9s-telep%C3%BCI%C3%A9si-z%C3%B6ldinfrastrukt%C3%BArantsz%C3%A9k

Португалія

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Лісабонський університет	Вищий інститут агрономії (ISA) — Поєднання ландшафту, довкілля, сільського господарства та продовольства (LEAF)	Афонсу ду Пасу Т.	https://www.isa.ulisboa.pt/en/leaf/presentation
Лісабонський університет	Вищий інститут агрономії (ISA) — Кафедра наук і інженерії біосистем (DCEB)		https://www.isa.ulisboa.pt/dceb/apresentacao

Іспанія

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Університет Севільї	Дослідницька група AGR-268 - Озеленення міст та біосистемна інженерія (NATURIB)	Фернандес Канйеро Р.	https://grupo.us.es/naturib/
Університет Льейди	Група досліджень інноваційних технологій сталого розвитку	Перес Г.	https://it4s.cat/
Технічний університет Картахени	Факультет агрономії — науково-дослідний підрозділ ландшафтного та міського садівництва	Очоа Дж.	https://personas.upct.es/perfil/jesus.chocha

Швеція

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Шведський університет сільськогосподарських наук (SLU)	Кафедра ландшафтно-архітектури, планування та управління	Емільсон Т.	https://www.slu.se/en/departments/department-of-landscape-architecture-planning-management/
Лундський університет	Відділ інженерії водних ресурсів	Сьоренсен Й.	http://www.tvrl.lth.se/english
IVL Шведський інститут екологічних досліджень	Рішення, засновані на природі, у міському середовищі	Ганссон К.	https://www.ivl.se/english/ivl/our-offer/our-services/nature-based-solutions-in-an-urban-environment.html
Дослідницький інститут RISE	Забудовані середовища, адаптація до клімату, міський розвиток	Шаде Дж.	https://www.ri.se/en/expertise-areas/projects/environmental-investment-of-green-roofs-tools-and-comparisons-with-lca

Швейцарія

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Університет прикладних наук Західної Швейцарії	Інститут природного ландшафту землі (inTNP) — лабораторія зелених дахів	Прюньє П.	https://www.hesge.ch/hepia/en/laboratoire/green-roofs-laboratory
Школа наук про життя та управління об'єктами ZHAW	Інститут природних ресурсних наук — Дослідницький підрозділ Розвиток зелених зон Інститут навколишнього середовища та природних ресурсів (IUNR) Веденсвіль	Бреннейзен С. Бауманн Н. Трахсель, Гайсман, Е.	https://www.zhaw.ch/en/lsfm/institutes-centres/iunr https://www.zhaw.ch/en/lsfm/institutes-centres/iunr/urban-ecosystems
Hochschule Luzern Technik & Architektur	Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE Institut für Bauingenieurwesen IBI Forschungsgruppe Fassaden und Metallbau	Сеттембріні Г.	https://www.hslu.ch/de-ch/technik-architektur/ueberuns/organisation/kompetenzzentren-und-forschungsgruppen/bau/gebuedetechnik-und-energie/ https://www.hslu.ch/de-ch/technik-

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
		Арнольд К.	architektur/ueber- uns/organisation/kompetenzzentren-und- forschungsgruppen/bau/kompetenzzentru m-gebaeudehuelle-und- ingenieurbau/gebaeudehuelle/bauteile- und-systeme/

Велика Британія

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Відкритий університет	Школа навколишнього середовища, наук про Землю та екосистеми	Масейк К.	https://www5.open.ac.uk/stem/environment-earth-ecosystem-sciences/
Університет Західної Англії	Школа архітектури та забудованого середовища	Рамбл Х.	https://www.uwe.ac.uk/about/colleges-and-schools/arts-technology-and-environment/architecture-and-environment
Університет Суонсі	Факультет гуманітарних і соціальних наук	Бохата К.	
Шеффілдський університет	Зелений даховий центр	Dunnett N.	https://www.sheffield.ac.uk/architecture-landscape/research/landscape/ecology/green-roof
Школа архітектури Бартлетта – Університетський коледж Лондона	Факультет забудованого середовища	Кемерон Б.	https://www.ucl.ac.uk/bartlett/
Університет Солфорда	Школа науки, інженерії та навколишнього середовища	Елкаді Г.	https://hub.salford.ac.uk/ignition-living-lab

Україна

Університет / Науково-дослідна установа	Факультет / інститут / кафедра	Контактна особа	Посилання
Київський національний університет будівництва та архітектури	Департамент охорони праці та охорони навколишнього середовища	Ткаченко Т.	https://eng.knuba.edu.ua/

Додаток А. Принципи перекладу та редакційного опрацювання українського видання

Це видання є офіційним українським перекладом публікації Benefits of Green Roofs, Green Walls and Indoor Greening: Quantified Data, Values and Research Results (2025), підготовленим за офіційним дозволом European Federation of Green Roof and Living Wall Associations (EFB)

Під час підготовки українського видання основним принципом було максимально точне відтворення змісту, структури та логіки оригінальної публікації. Редакційне опрацювання виконувалося лише у випадках, коли буквальний переклад не відповідав нормам сучасної української літературної мови або міг призвести до неоднозначного тлумачення.

Під час адаптації українського видання було застосовано такі редакційні підходи:

- збережено структуру, нумерацію розділів, таблиць, рисунків та бібліографічних посилань оригінального видання;
- усі кількісні показники, статистичні дані та результати досліджень наведено без змін;
- термінологію адаптовано відповідно до сучасної української наукової та професійної практики у сферах зеленої інфраструктури, ландшафтної архітектури, урбаністики, екології та природоорієнтованих рішень;
- окремі терміни, що не мають ustalених українських відповідників, залишено в міжнародному написанні або подано разом з англійським скороченням (наприклад, Nature-based Solutions (NBS));
- у випадках, коли в оригінальному виданні використовуються назви організацій, стандартів, нормативних документів, програм або міжнародних ініціатив, вони наведені мовою оригіналу або в офіційно прийнятому українському перекладі;
- графічні матеріали українського видання адаптовано зі збереженням змісту, структури та інформаційного наповнення оригіналу;
- посилання на джерела наведено відповідно до нумерації оригінального видання.

Редакційний колектив свідомо утримувався від доповнення або інтерпретації авторського тексту. Усі висновки, кількісні показники, рекомендації та оцінки належать авторам оригінального видання і не відображають офіційної позиції перекладача або видавця українського видання.

У разі виникнення розбіжностей між українським перекладом та оригінальним англійським текстом пріоритет має офіційне англійське видання, підготовлене European Federation of Green Roof and Living Wall Associations (EFB).

Додаток Б. Основні терміни та їх українські відповідники

Під час підготовки українського видання використано термінологію, що відповідає сучасній науковій та професійній практиці у сферах зеленої інфраструктури, ландшафтної архітектури, містобудування, екології та природоорієнтованих рішень. Для окремих понять, щодо яких українська термінологія ще не є повністю уніфікованою, наведено рекомендовані відповідники, використані у цьому виданні.

Термін англійською	Український відповідник
Green infrastructure (GI)	Зелена інфраструктура
Green roof	Зелений дах
Extensive green roof	Екстенсивний зелений дах
Semi-intensive green roof	Напівінтенсивний зелений дах
Intensive green roof	Інтенсивний зелений дах
Green wall	Озеленена стіна
Living wall	Жива стіна (модульна система вертикального озеленення)
Green façade (Green facade)	Озеленений фасад
Indoor greening	Озеленення інтер'єрів
Urban greening	Озеленення міських територій
Urban vegetation	Міська рослинність
Urban Heat Island (UHI)	Міський тепловий острів
Nature-based Solutions (NBS)	Природоорієнтовані рішення
Ecosystem services	Екосистемні послуги
Biodiversity	Біорізноманіття
Pollinator	Запилювач
Stormwater management	Управління дощовими водами
Rainwater retention	Утримання (затримання) дощової води
Evapotranspiration	Евпотранспірація
Evaporation	Випаровування
Transpiration	Транспірація
Surface temperature	Температура поверхні
Air temperature	Температура повітря
Cooling effect	Охолоджувальний ефект
Carbon sequestration	Поглинання та накопичення вуглецю
Carbon storage	Накопичення вуглецю
Carbon dioxide (CO ₂)	Діоксид вуглецю (CO ₂)
Fine particulate matter (PM)	Дрібнодисперсні тверді частинки (PM)
Air pollution	Забруднення атмосферного повітря
Thermal insulation	Теплоізоляція
Sound insulation	Звукоізоляція
Noise reduction	Зниження шуму

Термін англійською	Український відповідник
Fire safety	Пожежна безпека
Habitat	Оселище
Habitat creation	Створення оселищ
Native species	Місцеві види
Invasive species	Інвазійні види
Substrate	Субстрат
Growing medium	Субстрат для вирощування рослин
Vegetation layer	Рослинний шар
Roof membrane	Покрівельна мембрана
Leaf Area Index (LAI)	Індекс площі листкової поверхні (LAI)
Albedo	Альbedo
Photovoltaic (PV) system	Фотоелектрична система (PV)
Biosolar roof	Біосолярний зелений дах
Climate resilience	Кліматична стійкість
Sustainable city	Стале місто
Urban resilience	Міська стійкість