PSCI PHARMACEUTICAL SUPPLY CHAIN INITIATIVE
Building responsible supply chains

2026 PSCI China Supplier Conference
PSCI 中国供应商大会（深圳）

数字孪生助力新建及既有建筑能效优化

Digital twin empowered next level energy efficiency in new and existing buildings

张书豪 | 工程咨询部门主管 | 迪索工程咨询（上海）有限公司
ZHANG, Shuhao | Head of Engineering Consulting | Drees & Sommer

议程 Agenda

公司与个人简介

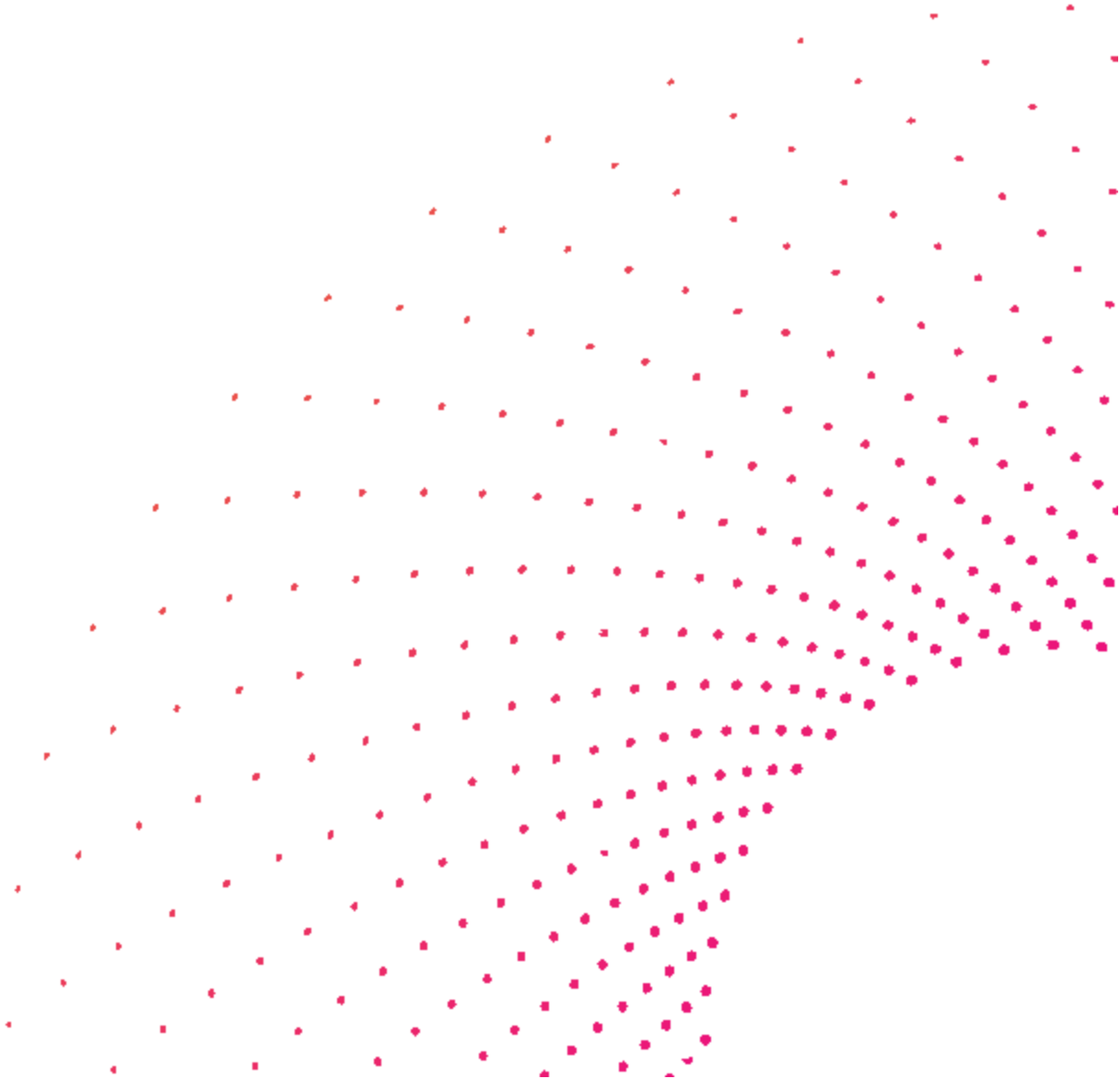
能源经理的挑战与机会

案例一

数字孪生的优势

案例二

提问环节



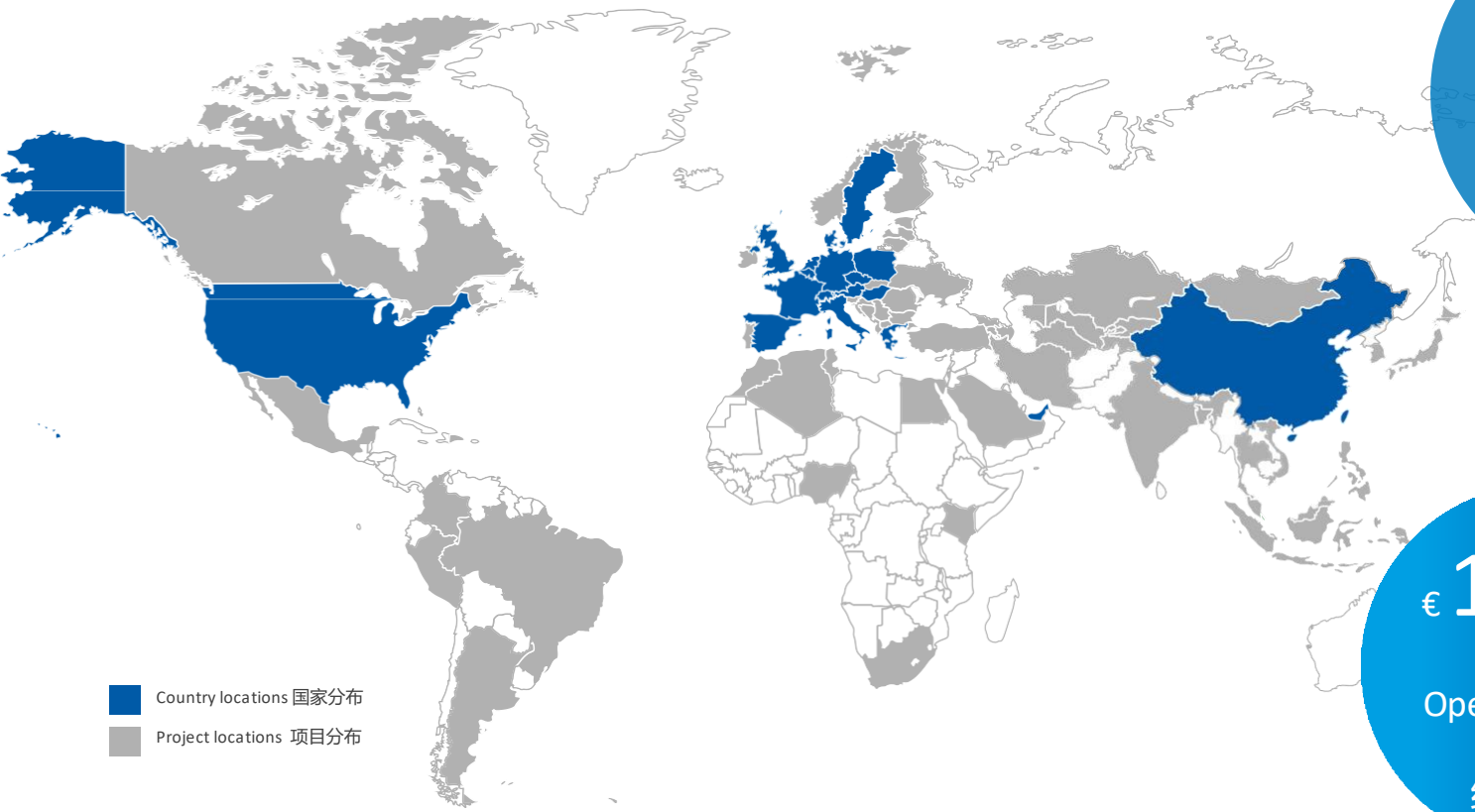
嘉宾介绍 Speaker Bio

- 姓名：张书豪
- 职位：工程咨询部门主管
- 公司：迪索工程咨询（上海）有限公司
- 联系方式： shuhao.zhang@dreso.com

- 背景：
  - 建筑设备工程（暖通空调及给排水）
  - 能源设计与管理
  - 绿色建筑认证（LEED、DGNB、WELL）
  - 可持续发展管理



公司介绍 Company Introduction





> 80
locations worldwide
国际办事处

> 6,500
Employees
员工数

Founded in
成立于
1970

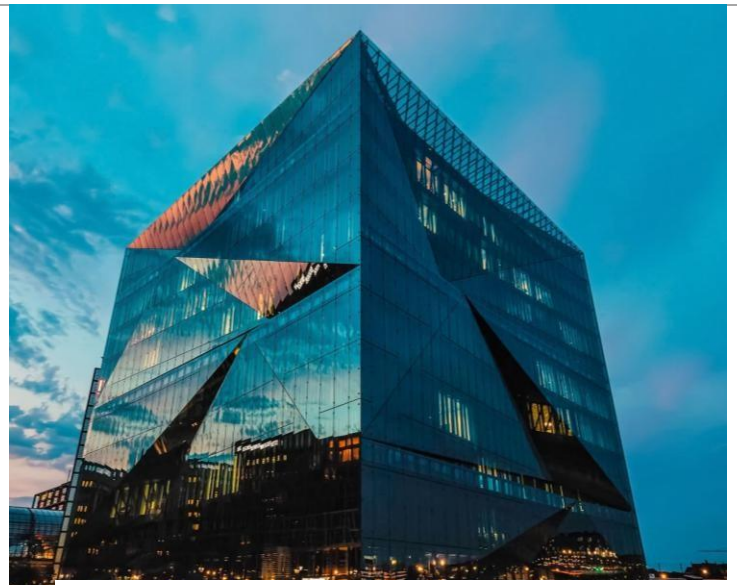
6,922
Construction projects 2025
建筑项目个数

€ 117.5
million
Operating result 2025
经营成果

€ 1,017.1
million
Group sales 2025
集团销售额

Independent
独立管理

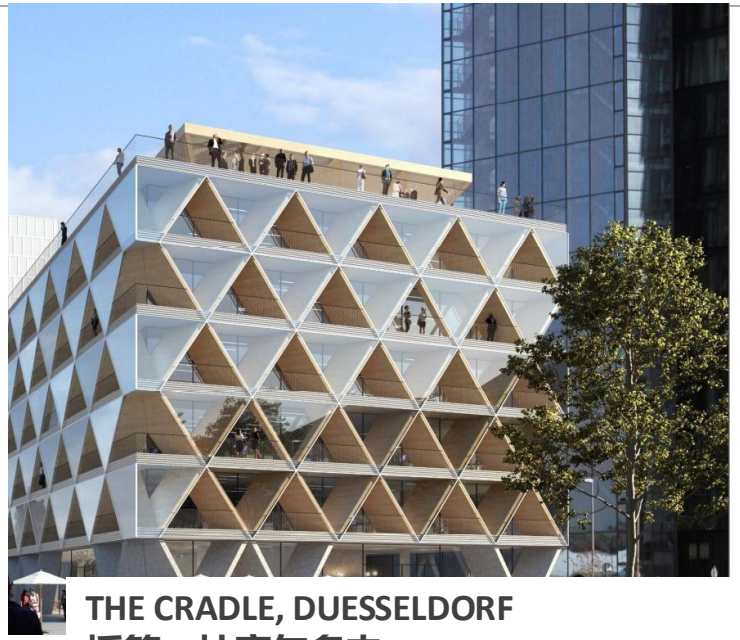
参考项目 Reference Project



THE CUBE, BERLIN

立方体，柏林

项目采用双层玻璃幕墙，实现最佳供暖和制冷效果。系统集成了4,500个传感器，连接至一个数字化、自学习的人工智能平台。该平台通过物联网技术学习用户习惯，并进行预测性维护，实时优化能源使用效率，**节能效果比传统绿色建筑高出25%。**



THE CRADLE, DUESSELDORF

摇篮，杜塞尔多夫

项目采用Cradle-to-Cradle®（从摇篮到摇篮）循环经济理念，在可持续建筑领域树立了全新标杆。通过该理念的指引，项目**显著降低了47%的建筑全生命周期碳排放和38%的运营碳排放。**同时，借助创新工具– – 建筑材料护照、数字孪生和Madaster平台，实现原材料资产的货币化管理。



INNOVATION CAMPUS, STUTTGART

创新园区，斯图加特

这是一座**负能耗建筑**，项目采用Cradle to Cradle®（从摇篮到摇篮）理念打造的创新模块化立面结构。建筑通过一体化建筑光伏、地热能、热泵和热回收系统获取能源，并由先进的智能楼宇自动化系统和专属应用程序进行高效管理与运营。

我们面临的挑战：接下来的5%不再“容易”

- 在第一波对照明、VSD、泄漏点和系统排程等的优化之后，剩余的节能潜力不再容易通过**单独的节能项目**实现。

1 容易实现的节能措施已经基本完成

现在，找到新的节能潜力需要更深入的SEU分析、更强有力的商业案例和多年规划路线图。

2 产量变化掩盖能效

产品组合、运营时间、天气和利用率都可能使简单的能耗追踪变得不可信。

3 节能量随时间递减

控制系统设定值偏离，泄漏回归，手动超控依然存在，操作纪律松懈。

4 能源不属于任何一个人

流程、维护、生产、质量、采购和财务部门都会影响能源使用。

5 资本支出与商业优先事项冲突

项目需要更强有力的M&V和LCC论据来争取投资。

我们能做些什么？

- 成熟的基地需要从单个节能项目转向系统级的能效管理。

基于SEU的管理 | **运营卓越** | **系统集成**

1 有针对性测量

- 按产量、天气和运营时间对EnPI进行标准化
- 比较相同的产线、班次和公用工程
- 合理设置M&V防止节能量漂移

2 优化运营

- 主攻基础负载、启停惯例与待机负载
- 降低压缩空气压力、泄漏及不当使用情况
- 根据实际需求匹配制冷机、泵和风机

3 系统一体化

- 识别同时供暖和制冷工况
- 回收压缩机、制冷机及工艺的废热
- 将公用工程作为一个整体能源系统进行优化

4 嵌入业务流程

- 采用生命周期能源采购标准
- 挑战工艺良率、废料和反工损失
- 将能源纳入设计审阅和资本支出门槛

有哪些工具能帮我解决这个问题?

- 对于成熟基地来说，目标不是设置更多仪表板。目标应该是设置一套体系，将数据转化为经过验证的行动，并避免节能量反弹。

1. 计量与数据采集

智能电表，压缩空气、冷却水、蒸汽、燃气及主要SEU的子表。

2. 能源管理平台与仪表板

能源管理平台，用于实时可视化、EnPI跟踪、基载监控和基地对标分析。

3. 分析与报告

Power BI、Grafana、Seeq 或类似工具，可以根据产量、天气和运行时间对能耗规范化。

4. ISO 50001 治理

SharePoint、Lists、Planner或用于记录节能机会、行动计划、M&V证据和审查的工作流工具。

5. 故障检测与诊断（FDD）、计算机化维护管理系统（CMMS）与数字孪生（Digital Twin）

故障检测、维护系统、仿真和数字孪生用于检测漂移、测试场景和规模优化。

如果没有数字孪生

- 基地可能仍保留有计量表、BMS/SCADA数据和仪表板，但缺乏将运营数据转换为预期能源绩效的集成模型。

1 没有动态的“理论”基准

能源消耗是以固定的月度目标来衡量，而非当前的产量、天气和运营模式。

2 数据零散

能源、控制、生产和维护数据分别存放在独立工具中，导致分析能耗原因的过程耗时耗力。

3 漂移事件发现不及时

设定点漂移、手动超控、堵塞、泄漏以及同时制冷制热可能只有在阶段性查验后才会被发现。

4 方案比选缺少说服力

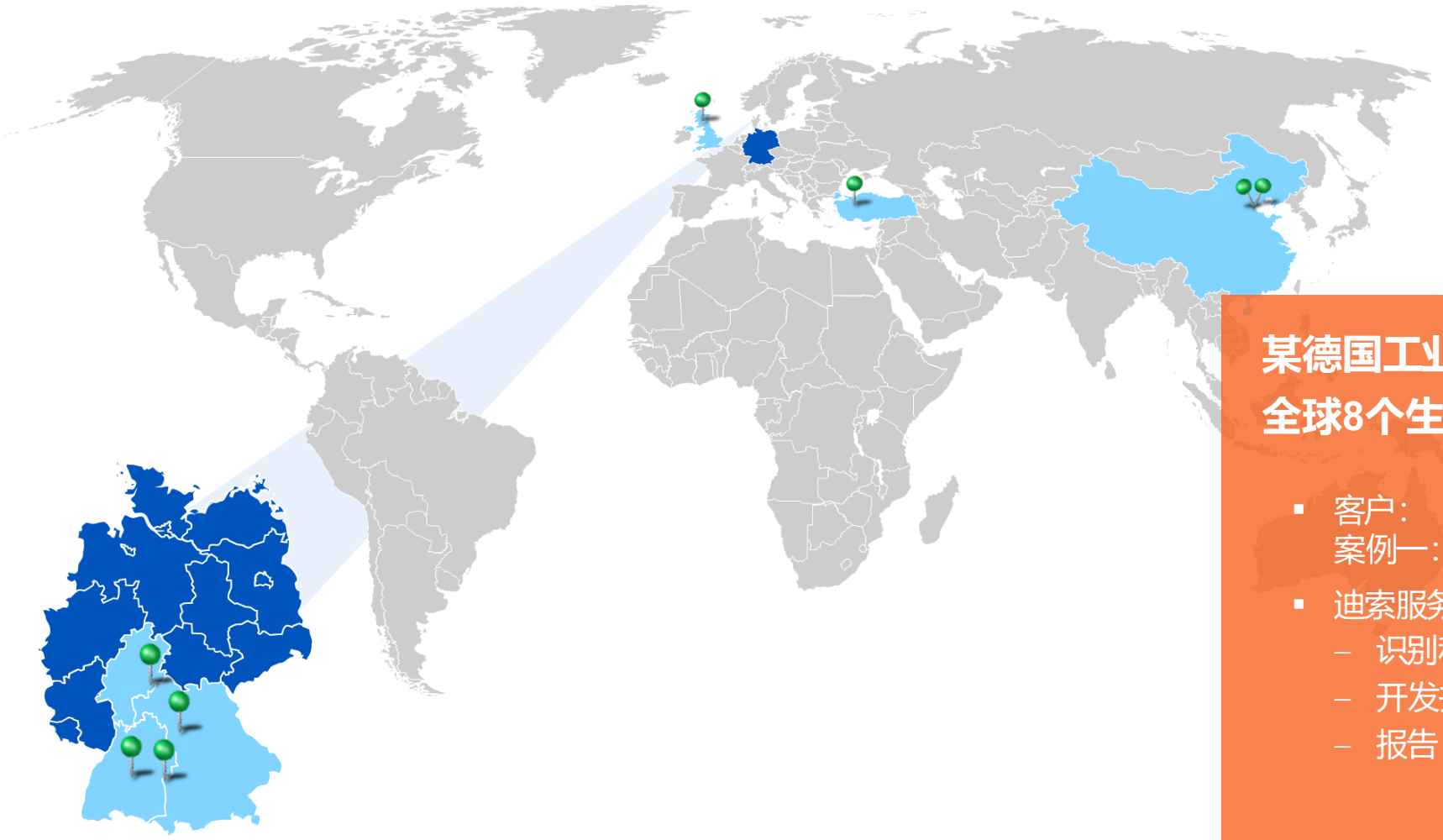
资本支出、热回收或电气化方案常被拿来与简化假设相比，而非系统性分析。

5 节能量更难维持

如果没有持续的“理论值”与“实际值”的比较，经过验证的节能量可能会随着时间悄然流失。

没有数字孪生，能源管理更为被动、手动且基于假设。

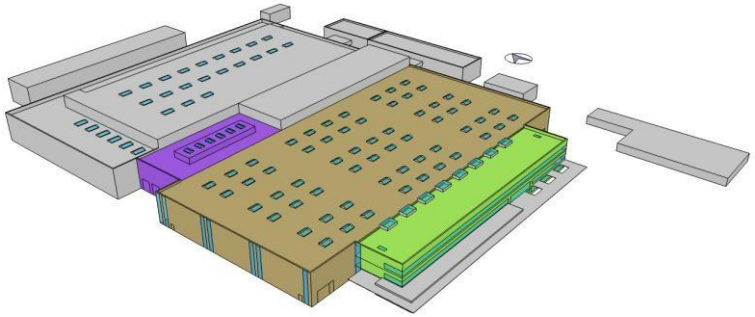
案例一：某德国工业企业

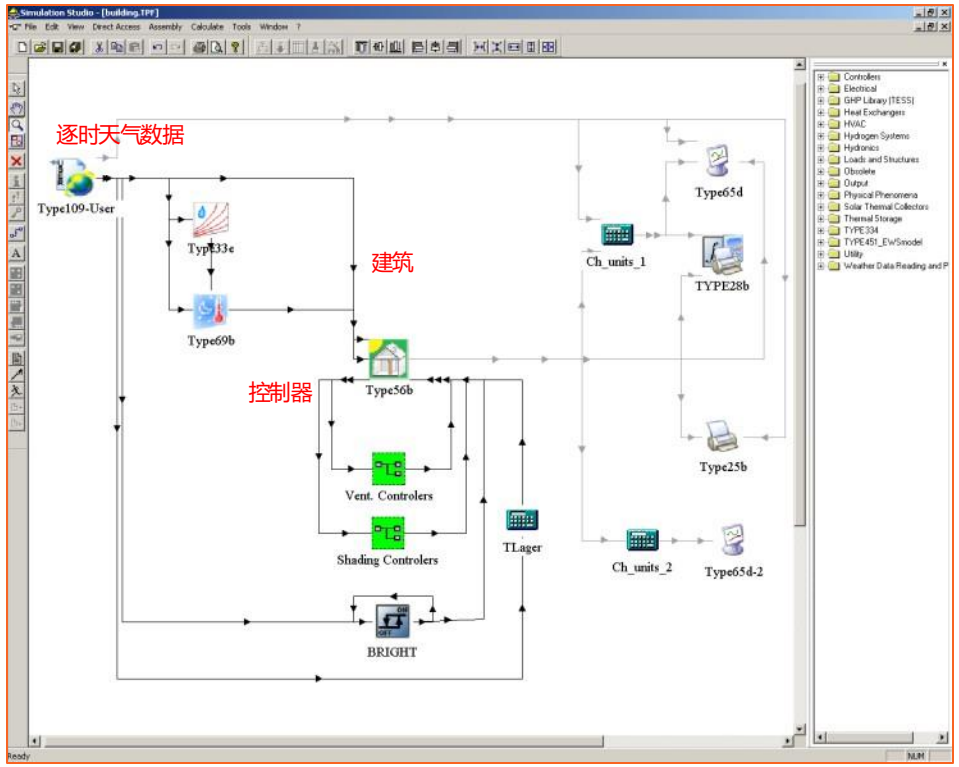


某德国工业企业——GoGreen！
全球8个生产基地的能源效率潜力分析

- 客户：
  案例一：某德国工业企业
- 迪索服务：
  - 识别和评估降低碳排放的节能措施
  - 开发并推荐用能场景（通过数字孪生）
  - 报告

案例一：某德国工业企业





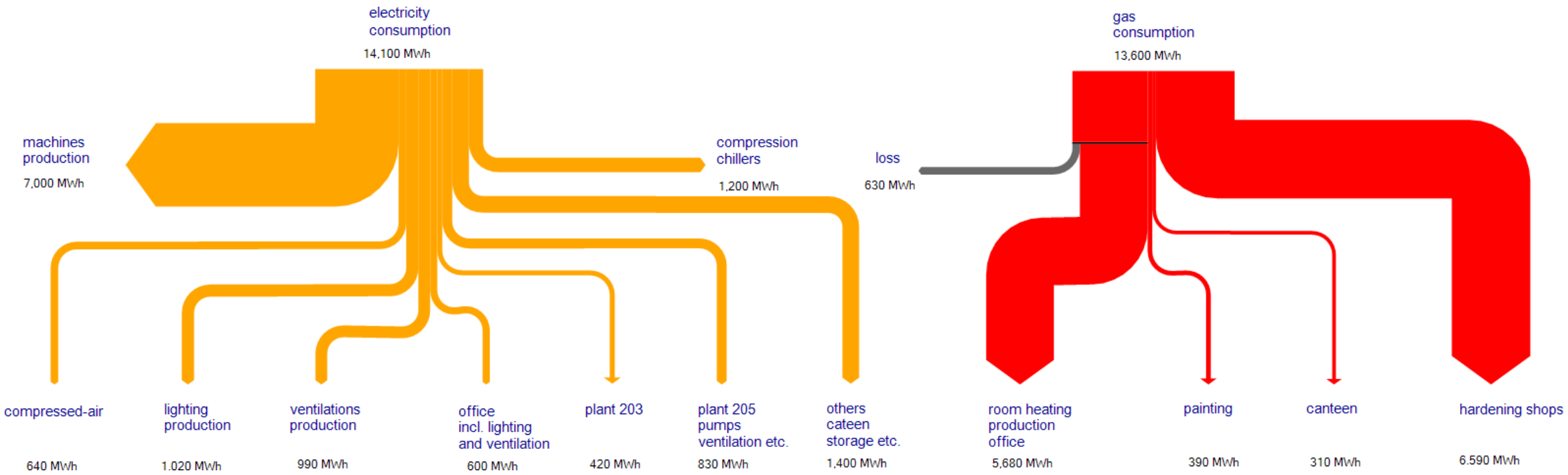
输入

- ✓建筑外维护
- ✓设施数据
- ✓控制（包括设定值）
- ✓运行时间
- ✓本地气象参数（逐时数据）

输出

- ✓逐时温度数据
- ✓逐时能耗数据

案例一：某德国工业企业


electricity consumption
14,100 MWh
machines production
7,000 MWh
compression chillers
1,200 MWh
loss
630 MWh
gas consumption
13,600 MWh
compressed-air
640 MWh
lighting production
1,020 MWh
ventilations production
990 MWh
office incl. lighting and ventilation
600 MWh
plant 203
420 MWh
plant 205 pumps ventilation etc.
830 MWh
others cateen storage etc.
1,400 MWh
room heating production office
5,680 MWh
painting
390 MWh
canteen
310 MWh
hardening shops
6,590 MWh

案例一：某德国工业企业

Energy Efficiency analysis: measures on CO_2 reduction							
		ecological effects			economical effects		
no.	title	energy savings, total [kWh/a]	CO_2 savings absolute [to/a]	CO_2-reduction (related on emission 2010 = target contribution) [%]	one time expenses [€]	cost savings [€/a]	
M4	Using central cold water for MAE cooling (during the survey 2*P1200 G, 1*P800 G and 1*P2000 G without cold water	-16.392	73,8	0,5%	4.440 €	5.648 €	
M5	Ajustment of existing heat recovery system of air compressors (for shower or optional for extension 202)	250.665	50,6	0,4%	5.330 €	6.675 €	
M6	Using gas instead of electricity for waching machine KWT-1000S	-26.342	133,5	1,0%	8.550 €	10.252 €	
M7	Adjust air flow rate in the office area (air flow rate depends on CO2 control)	177.643	89,4	0,6%	6.000 €	8.954 €	
M9	Reducing room temperature in winter (20-->18°C) and increasing room temperature in summer (25-->26°C) on the shop floor	1.244.555	414,0	3,0%	500 €	45.978 €	
M10	Reduction of compressed air pressure from 7,2 to 6,2 bar	90.239	71,1	0,5%	500 €	6.572 €	
M13	Using openable skywindows and avoid operation of return air ventilation AHU02~AHU04	208.139	163,9	1,2%	73.500 €	15.159 €	
M14	Installing heat recovery system of salt bath for room heating	294.912	59,6	0,4%	34.800 €	7.854 €	
总碳排减量			**Σ 1056 tCO_2/a**	**-7.6%**	**133.620 €**	**107,677 €/a**	

案例一：某德国工业企业

“选择经济可行的方案，且能够在不中断工厂运行的情况下实施。”

经计算后的推荐措施数量（回收期<5a）：
8　　(M4，M5，M6，M7，M9，M10，M13，M14)
经计算后的经济性不足的措施数量（回收期>5a）：
6　　(M1，M3，M8，M12，M15，M16)
出于某些原因，未被考虑的措施数量：
2　　(M2，M11)
总措施数量：
16

建议措施实施后的结果：

	8个措施
碳排放减量 [%]	**- 7.6%**
成本估算[€]	133,620 欧元
潜在的运营成本减量[欧元/年]	107,677 欧元/年
平均回收期[年]	1.24 年

数字孪生的优势

- 当数字孪生模型与真实工厂运营数据、工程逻辑和性能目标相结合，可以回答静态仪表板无法解决的能源问题时，它就非常有价值。

1 **实际能耗应该是多少?**

参考值或目标值能更好的预估实际运营的“理论”能耗。

2 **能量漂移在哪里?**

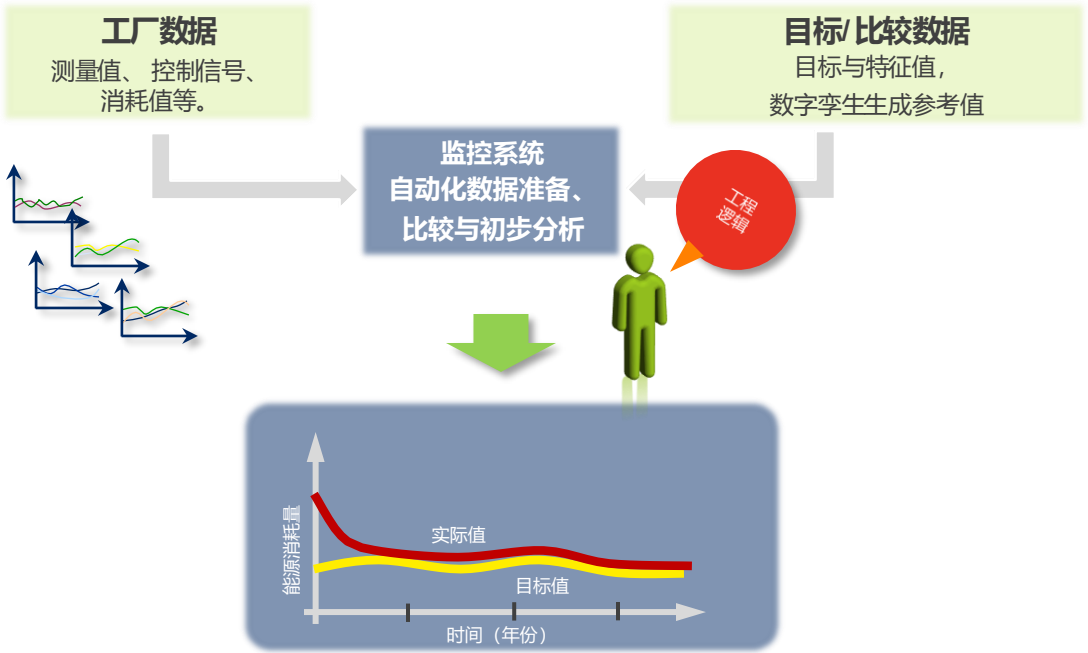
持续比较会凸显偏差、控制问题和效率降低问题。

3 **如果我们改变点什么呢?**

仿真模拟有助于在实施前测试运营变更和投资改造场景。

4 **哪种方案更能创造价值?**

不同方案对能源、成本、碳排放和系统可靠性的影响可以通过更加结构化的方式进行比较。



如果我们在项目初期就采用数字孪生呢?

- 设计阶段采用数字孪生有助于在设备购买前，在平面、公用设施和控制方案敲定前识别节能潜力，从而有效避免二次投资的发生。

1 尽早优化方案

在施工前比较暖通空调的方案、公用设施设计、热回收与电气化选项。

2 避免改造成本

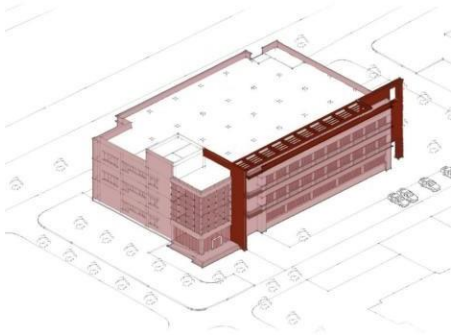
与其盲目的建成工厂再进行改造，不如先完成图纸的“改造”、设备选型及控制逻辑的“改造”。

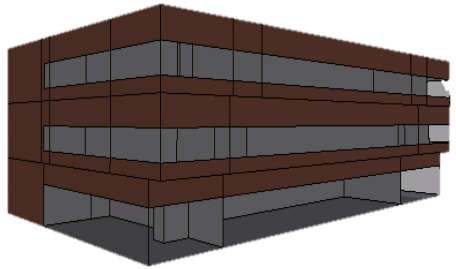
3 虚拟测试系统联动

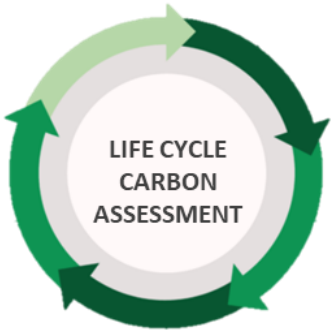
评估制冷机、空调机组、热回收、工艺负荷和碳目标之间的相互作用。

4 提升投资信心

在做出决策前，为比较能源、碳排放、运营支出和资本支出提供强有力的数据支撑。





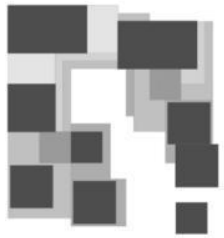


案例二：NISS园区



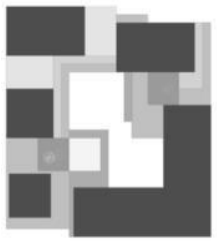
案例二：NISS园区

选项一：木块



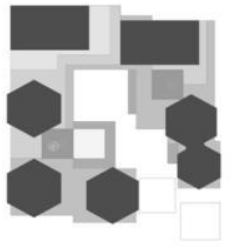


选项二：积木





选项三：鹅卵石



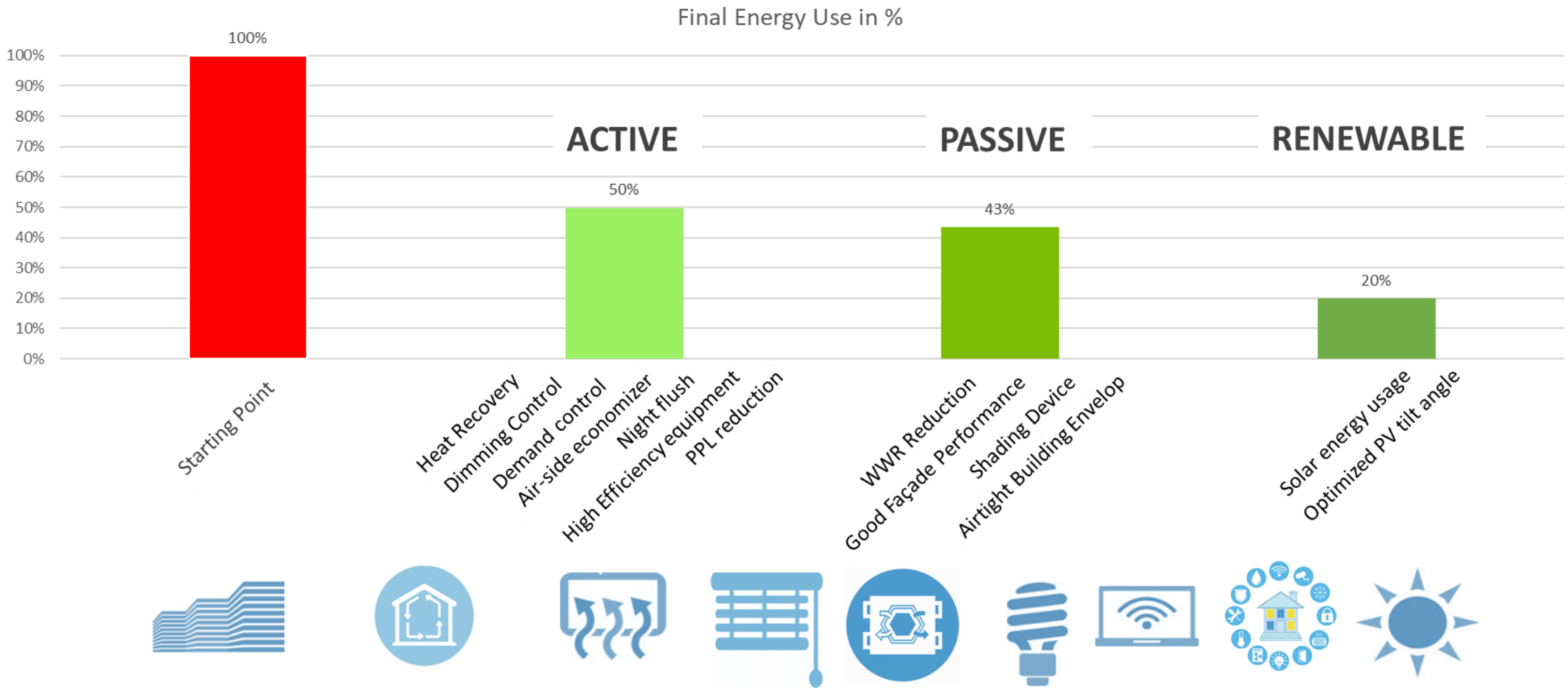




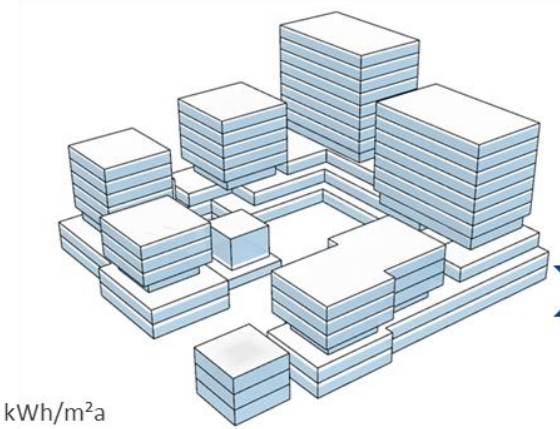




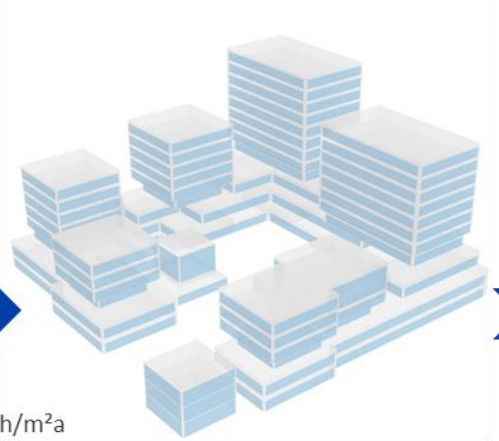
案例二：NISS园区


Final Energy Use in %
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
100%
50%
43%
20%
ACTIVE
PASSIVE
RENEWABLE
Starting Point
Heat Recovery
Dimming Control
Demand control
Air-side economizer
Night flush
High Efficiency equipment
PPL reduction
WWR Reduction
Good Façade Performance
Shading Device
Airtight Building Envelop
Solar energy usage
Optimized PV tilt angle

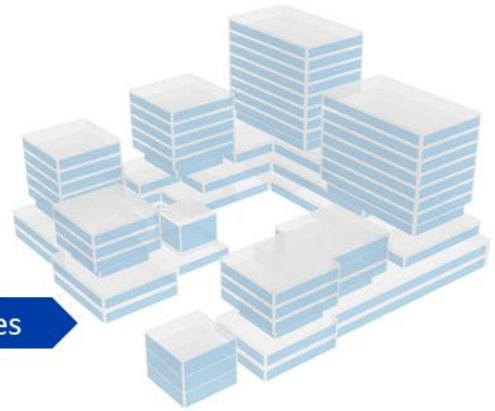
案例二：NISS园区

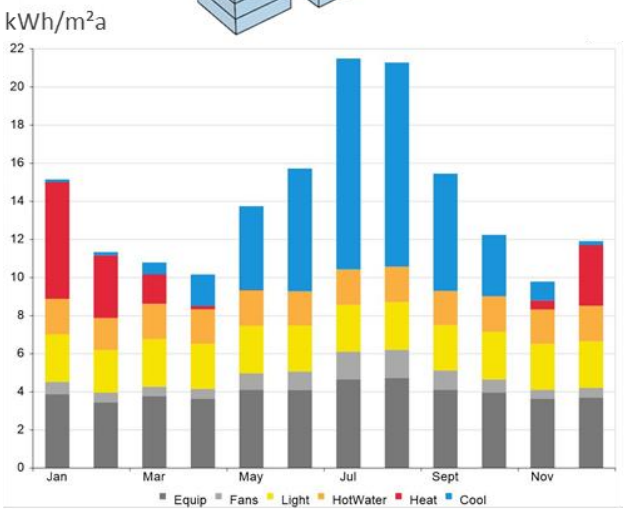


Active strategies

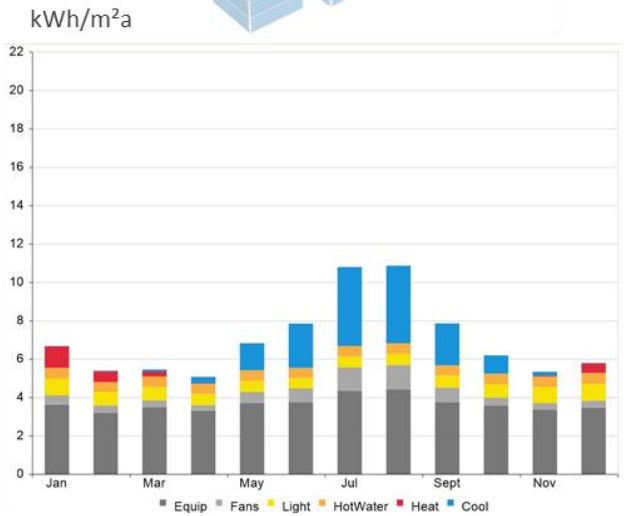


Passive strategies

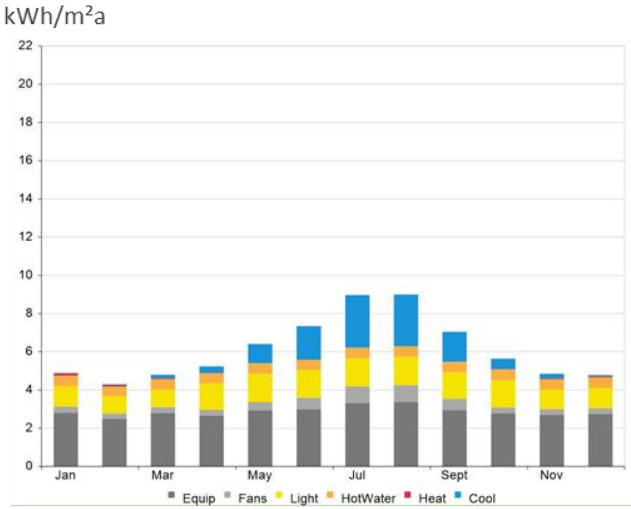




EUI: 169.1 kWh/m²a



EUI: 84.2 kWh/m²a



EUI: 73.3 kWh/m²a

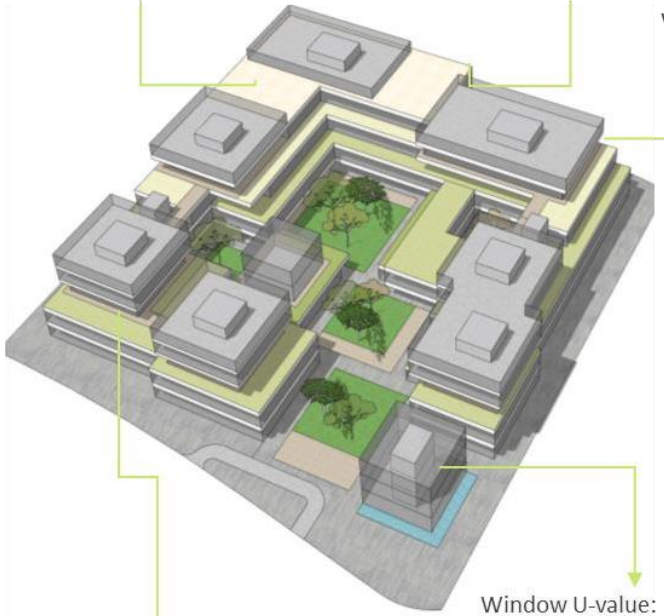
案例二：NISS园区

Envelope

Roof U-value: 0.3W/(㎡*K)

Ext Wall U-value: 0.3W/(㎡*K)

WWR: 0.40



Window U-value: 1.2W/(㎡*K)

Window SHGC: 0.4

Ext Floor U-value: 0.3W/(㎡*K)

Infiltration Rate: 0.1ACH

Internal Loads

Office:
People:
People Density: 8 ㎡/p
Metabolic Rate: 1.2 Met
Occupancy Schedule:

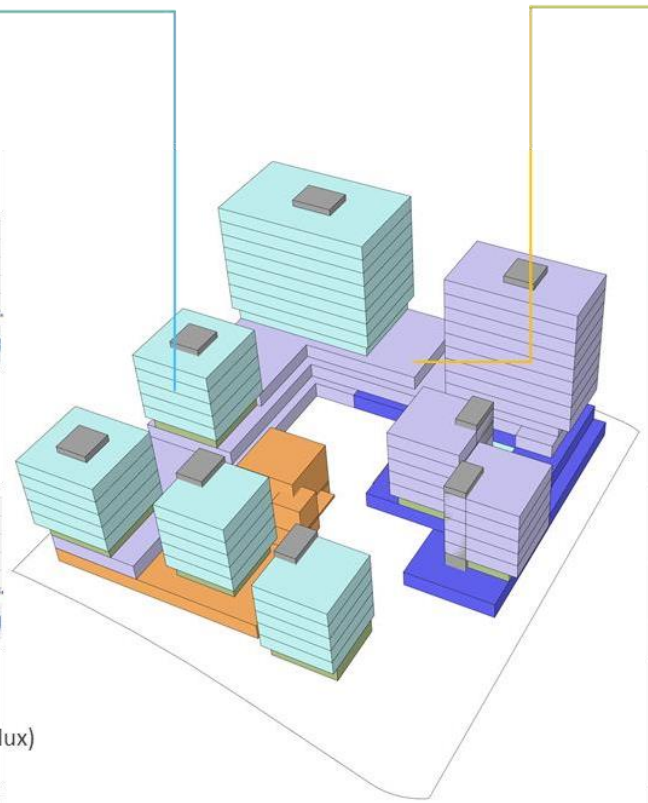


Equipment (Demand control):
Power Density: 8.3 W/㎡
Equipment Schedule:



Lighting:
Power Density: 4.5 W/㎡
Control: Dimming Control(300lux)
Availability Schedule:





Commercial:
People:
People Density: 4 ㎡/p
Metabolic Rate: 1.7 Met
Occupancy Schedule:



Equipment (Demand control):
Power Density: 10 W/㎡
Equipment Schedule:



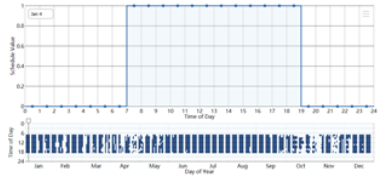
Lighting:
Power Density: 10 W/㎡
Control: Dimming Control(500lux)
Availability Schedule:



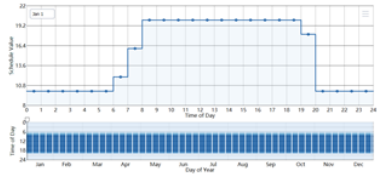
案例二：NISS园区

MEP SYSTEM (according to GB code)

Office:
HVAC Availability Schedule (air-economizer):

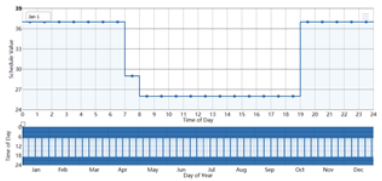


Heating Setpoint Schedule (HTGSETP: 20 ℃):



Heating COP: 4.5

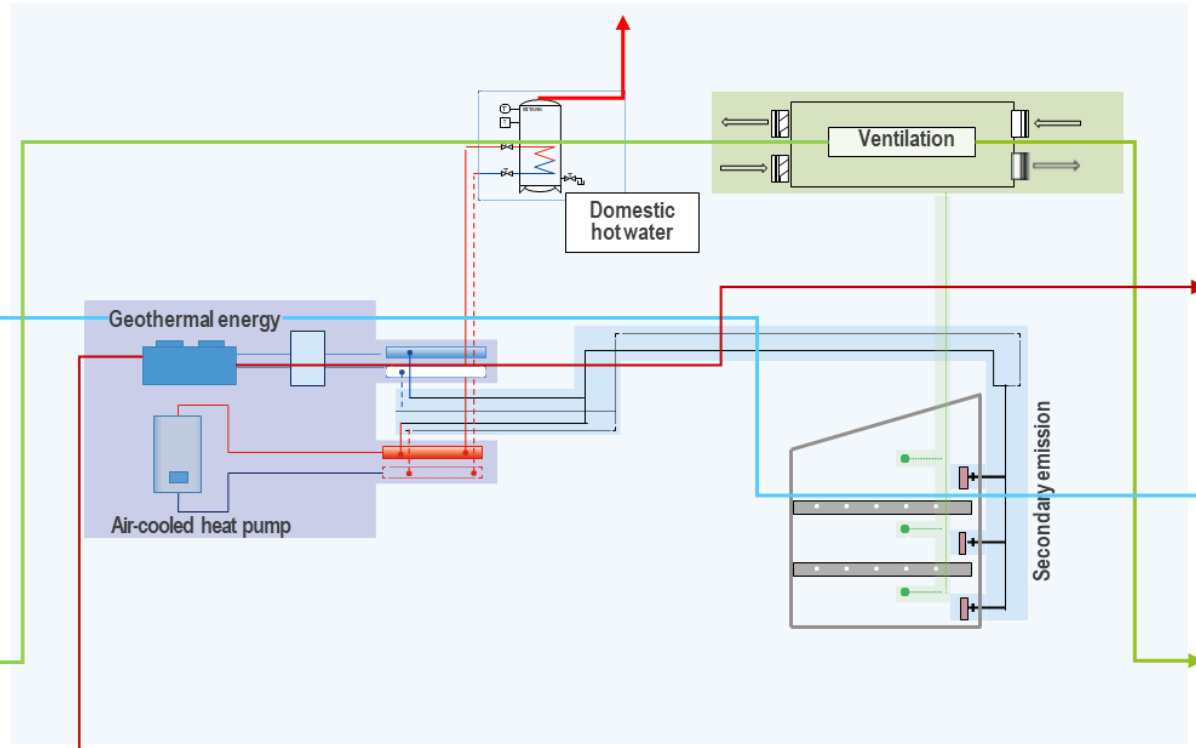
Cooling Setpoint Schedule (CLGSETP: 26 ℃):



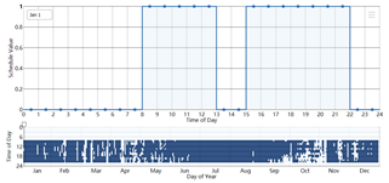
Cooling COP: 6.0

Ventilation:
Fresh Air Rate: 30m³/h/person

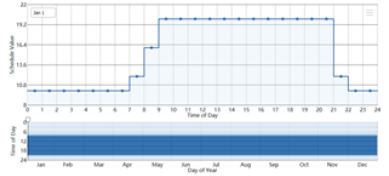
Office & Commercial:
Domestic Hot Water:
Flow Rate: 5L/day/person
Supply temperature: 60℃
DHW COP: 3.0



Commercial:
HVAC Availability Schedule (air-economizer):

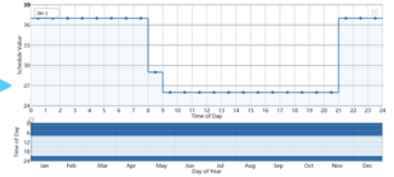


Heating Setpoint Schedule (HTGSETP: 20 ℃):



Heating COP: 4.5

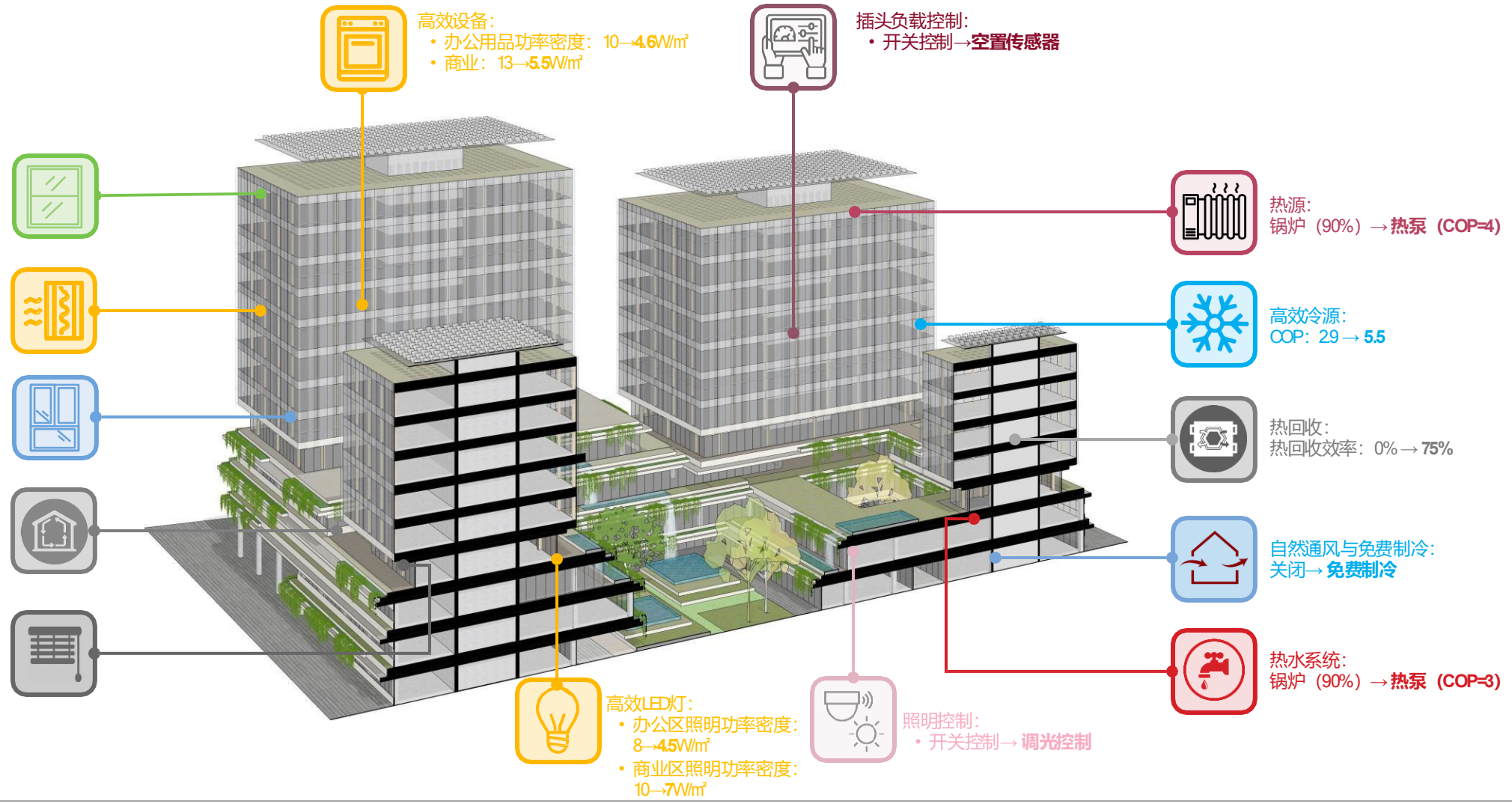
Cooling Setpoint Schedule (CLGSETP: 26 ℃):



Cooling COP: 6.0

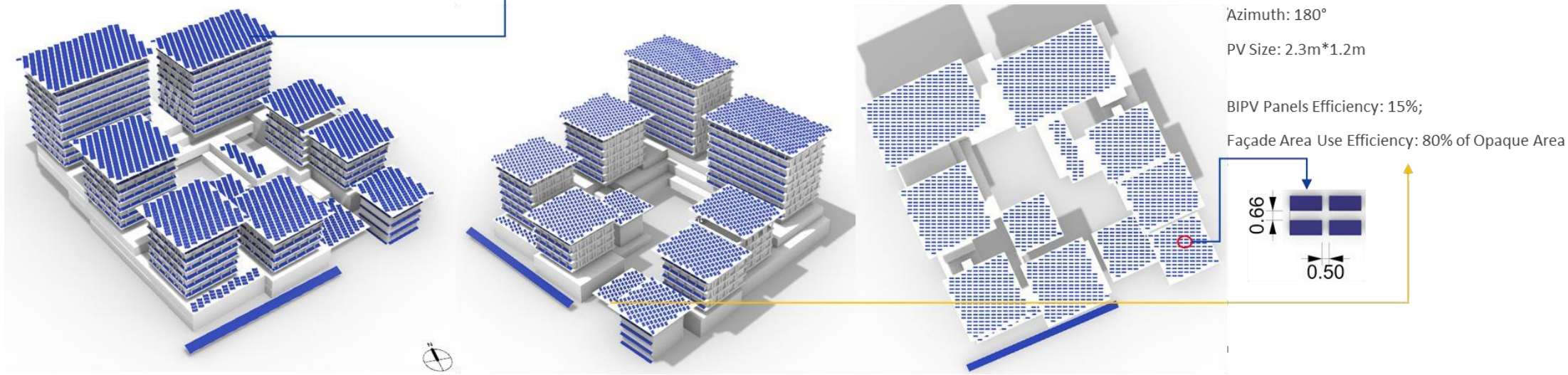
Ventilation:
Fresh Air Rate: 19m³/h/person

案例二：NISS园区


高效设备：
• 办公用品功率密度：10→4.6W/m²
• 商业：13→5.5W/m²
插头负载控制：
• 开关控制→空置传感器
降低窗墙比：67%→40%
更好的隔热效果：
• 屋顶：0.5→0.2W/(m²*K)
• 外墙：0.8→0.2W/(m²*K)
• 外露地板：0.7→0.2W/(m²*K)
高性能玻璃：
• U值：2.2→1.2W/(m²*K)
• Tvi：0.6→0.4
• SHGC：0.35→0.30
提高外围护的气密性：
• 0.5 ACH→0.1 ACH
遮阳系统：
• 无遮阳→动态遮阳
热源：
锅炉（90%）→热泵（COP=4）
高效冷源：
COP：2.9→5.5
热回收：
热回收效率：0%→75%
自然通风与免费制冷：
关闭→免费制冷
热水系统：
锅炉（90%）→热泵（COP=3）
高效LED灯：
• 办公区照明功率密度：8→4.5W/m²
• 商业区照明功率密度：10→7W/m²
照明控制：
• 开关控制→调光控制

案例二：NISS园区

Valley Option



PV Panels Efficiency: 25%;

Tilt Angle: 25°

Azimuth: 180°

PV Size: 2.3m*1.2m

BIPV Panels Efficiency: 15%;

Façade Area Use Efficiency: 80% of Opaque Area

Notice:

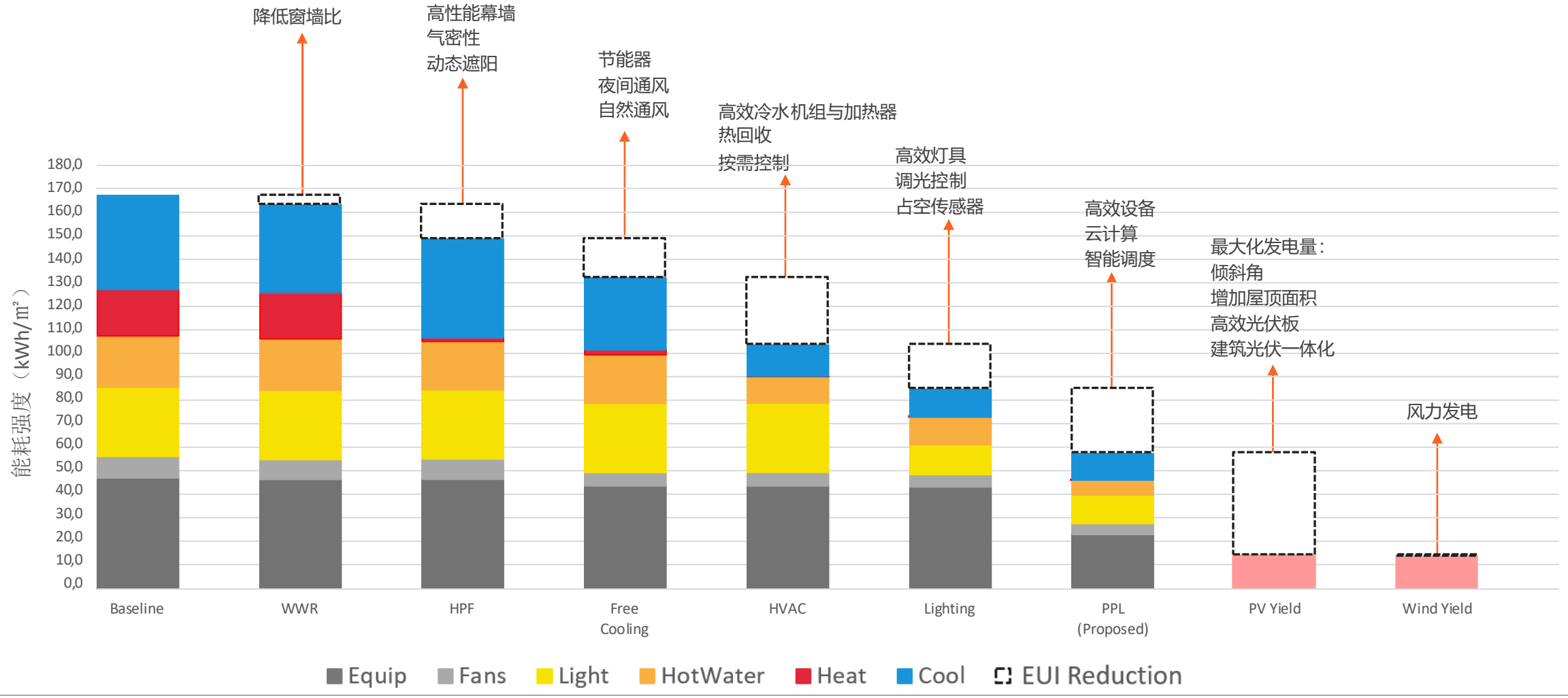
. Roof extended for 4 meters

2. BIPV on South and West Façade

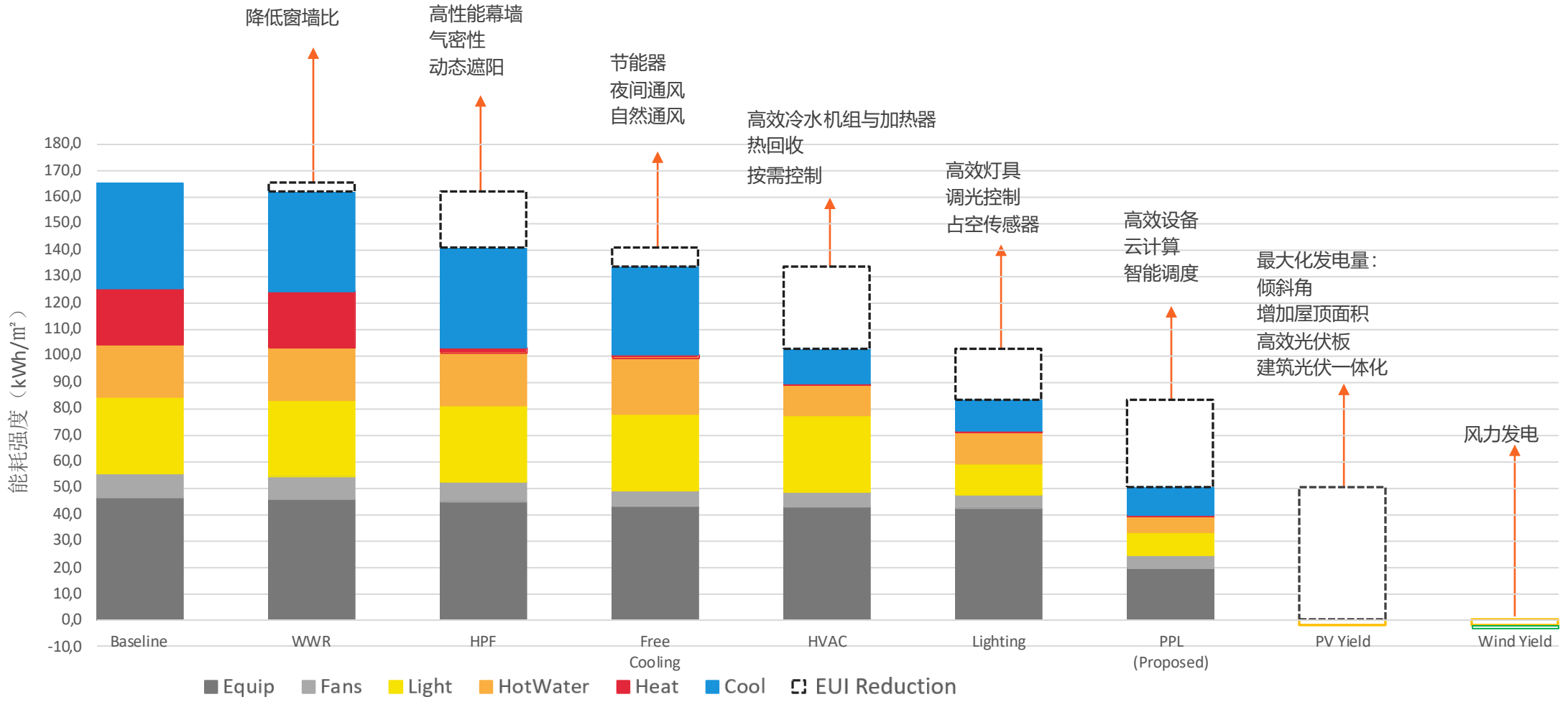
Total Annual On-site Electricity Yield: 3.01 GWh

Coverage of Energy Use: 51.9 kWh/m²a (more area would be necessary)

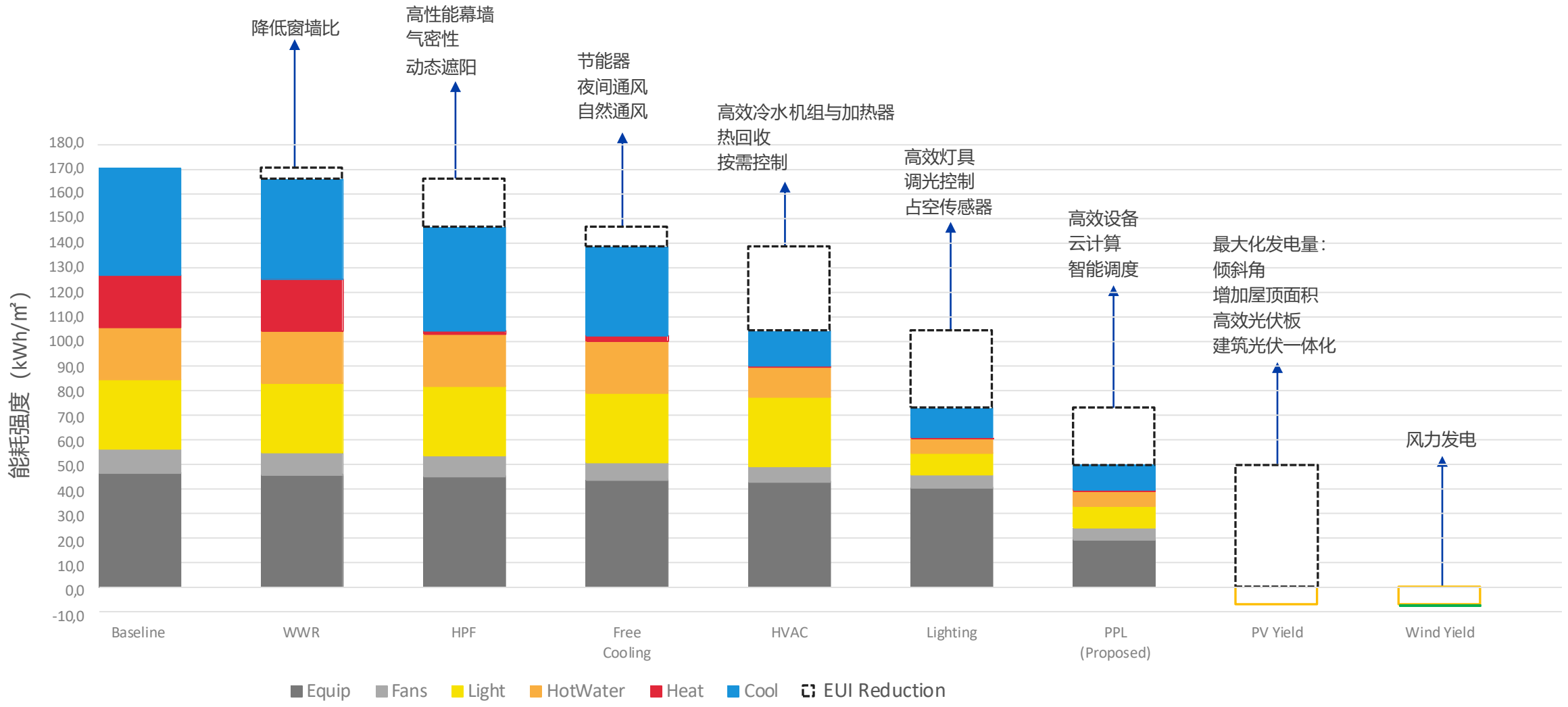
案例二：NISS园区（木块）



案例二：NISS园区（积木）

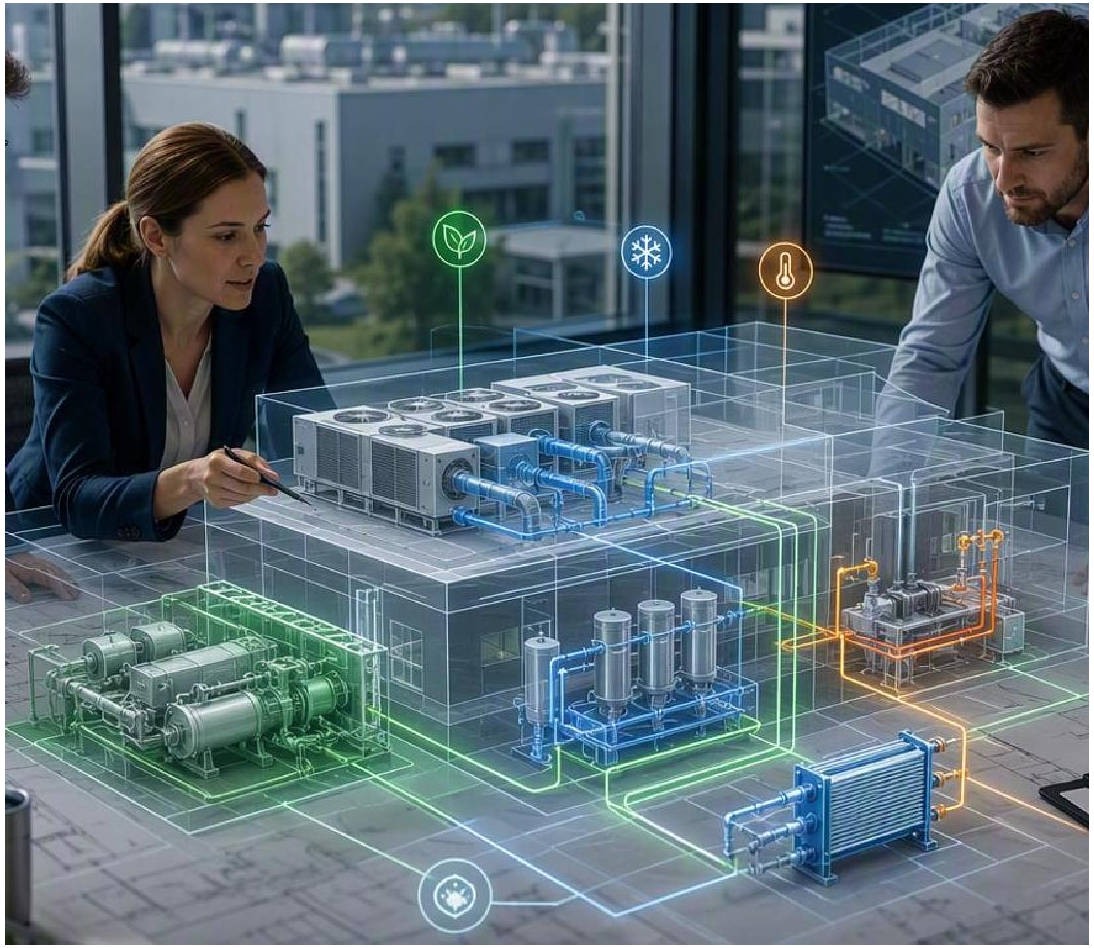


案例二：NISS园区（鹅卵石）



生命周期方法：设计孪生与运营孪生

- 运用数字孪生最好的方式不是设计与运营的对比；它应该是一个贯穿整个设施生命周期且逐渐成熟孪生体。
- 设计孪生避免未来运行的低效；运营孪生确保设计性能得以实现且持续。



提问环节 Q&A

